



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA

Ministério da Educação
Secretaria de Educação
Profissional e Tecnológica

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

**DEIVISSON MENDES DOS SANTOS SILVA
ICARO PABLO SILVEIRA SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFICULDADES NA PRÁTICA DE
EXECUÇÃO DE ESTACA METÁLICA E ESTACA HÉLICE CONTÍNUA:
ESTUDO DE CASO DE OBRAS NA CIDADE DE SALVADOR-BA**

**SALVADOR - BA
DEZEMBRO- 2024**

**DEIVISSON MENDES DOS SANTOS SILVA
ICARO PABLO SILVEIRA SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFICULDADES NA PRÁTICA DE EXECUÇÃO DE
ESTACA METÁLICA E ESTACA HÉLICE CONTÍNUA: ESTUDO DE CASO DE
OBRAS NA CIDADE DE SALVADOR-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Edificações Integrado ao Ensino Médio do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia– Campus Salvador,
como requisito parcial à obtenção do título
de Técnico em Edificações.

Orientador(a): Prof.a Dra. Regina Maria
Cunha Leite

Professor de metodologia da pesquisa e
orientador profissional: Prof. Dr. Luis
Claudio Alves Borja

Msc. Michele dos Anjos de Santana

**SALVADOR - BA
DEZEMBRO- 2024**

FICHA CATALOGRÁFICA

Biblioteca Raul V. Seixas – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA - Salvador/BA.

S586

Silva, Deivisson Mendes dos Santos.

Análise comparativa de dificuldades na prática de execução de estaca metálica e estaca hélice contínua: estudo de caso de obras na cidade de Salvador-BA / Deivisson Mendes dos Santos Silva; Icaro Pablo Silveira Santos . Salvador, 2024.

34 p. ; 30 cm.

Trabalho de conclusão de curso (Técnico em Edificações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Regina Maria Cunha Leite .

Orientadores profissionais: Prof. Dr. Luis Claudio Alves Borja; Prof^ª. M.a. Michele dos Anjos de Santana.

1. Fundações profundas . 2. Estacas metálicas . 3. Estacas hélice contínua. 4. Gestão de consumo. I. Leite, Regina Maria Cunha. (orient.). II. Borja, Luis Claudio Alves (orient. prof.). III. Santana, Michele dos Anjos de (orient. prof.) . IV. IFBA. V. Título.

CDU 2 ed. 691

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus pela oportunidade de chegarmos até aqui, pelo Seu sustento e força a cada dia. Toda honra e glória são exclusivamente Dele. Obrigado, Senhor, por todas as Tuas obras e maravilhas realizadas em nossas vidas. Teus servos são gratos.

Gostaríamos de expressar profunda gratidão à nossa orientadora, Regina Leite, por nos acompanhar ao longo deste processo de conclusão de curso. Agradecemos imensamente por sua orientação e por ser uma mestra exemplar em sala de aula.

(DEIVISSON)

Agradeço à minha noiva, o amor da minha vida, pelo apoio incondicional que me permitiu chegar até aqui. Só quero agradecer e dizer que te amo.

Agradeço aos meus pais e familiares pelo apoio e incentivo aos meus estudos. Sei que a educação é a única forma de construir um mundo melhor.

Quero agradecer a meus amigos e colegas por toda ajuda e companheirismo.

(ICARO PABLO)

Agradeço aos meus pais pelo apoio às minhas ideias, por não deixarem cim que eu desistisse desse ensino técnico e por estarem sempre ao meu lado.

Agradeço aos meus amigos que me ajudaram quando estava aflito e desamparado.

Quero Agradecer ao meu irmão que muitas vezes serviu de inspiração para continuar nessa batalha do dia a dia.

Agradeço aos docentes que tem nos ensinado a cada dia como tornamos ótimos profissionais.

**DEIVISSON MENDES DOS SANTOS SILVA
ICARO PABLO SILVEIRA SANTOS**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE DIFICULDADES NA PRÁTICA DE
EXECUÇÃO DE ESTACA METÁLICA E ESTACA HÉLICE CONTÍNUA:
ESTUDO DE CASO DE OBRAS NA CIDADE DE SALVADOR-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – Campus Salvador, como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Edificações.

Orientador(a): Prof.a Dra. Regina Maria Cunha Leite

APROVADO EM: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Regina Maria Cunha Leite - Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador

Prof. Dr. Luis Claudio Alves Borja - Professor EBTT
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador

Prof. Me. Juliane Santos Souza - Professor EBTT
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus Salvador

RESUMO

Este estudo tem como objetivo principal investigar os desafios técnicos e práticos encontrados na execução de fundações profundas, utilizando estacas metálicas e hélices, em áreas urbanas com características geológicas complexas, como a cidade de Salvador. A pesquisa identifica os principais obstáculos enfrentados durante a instalação de fundações, considerando a variabilidade dos solos, as restrições urbanas e a necessidade de otimizar os processos construtivos. A metodologia adotada foi o estudo de caso que analisou duas obras de construção civil em Salvador, com características geológicas distintas, focando na execução de fundações em estacas. Foram feitas visitas às obras e foram aplicados questionários aos profissionais envolvidos, como engenheiros, técnicos e operários, para identificar as principais dificuldades práticas enfrentadas em cada método de fundação, possibilitando uma visão detalhada dos desafios encontrados durante a execução das estacas metálicas e hélices. A pesquisa revelou aspectos como a variabilidade dos solos, que dificulta a instalação das estacas além das restrições urbanas, como o acesso limitado a áreas de difícil mobilização de equipamentos pesados. Estes resultados contribuem para o aprimoramento das técnicas de execução de fundações em áreas com características geotécnicas e urbanísticas similares.

Palavras-chave: Fundações profundas; Estacas metálicas; Estacas hélice contínua;

ABSTRACT

The main objective of this study was to investigate the technical and practical challenges encountered in the construction of deep foundations using steel piles and helixes in urban areas with complex geological characteristics, such as the city of Salvador. The research sought to identify the main obstacles faced during the installation of these foundations, considering soil variability, urban restrictions and the need to optimize construction processes. Through an in-depth analysis of these challenges, the study proposed technical and practical solutions to ensure the safety and durability of buildings and the optimization of construction processes, contributing to the improvement of foundation engineering practices in urban areas with similar characteristics. The methodology adopted for this work consisted of a case study that analyzed two civil construction projects in Salvador, with different geological characteristics, focusing on the construction of pile foundations. Questionnaires were applied to the professionals involved, such as engineers, technicians and workers, to identify the main practical difficulties faced in each foundation method, enabling a detailed view of the challenges encountered during the construction of steel piles and helixes. The research revealed aspects such as soil variability, which made it difficult to install piles, requiring adjustments to the construction methods, in addition to urban restrictions, such as limited access to areas where heavy equipment is difficult to mobilize. These factors had a direct impact on the schedule and costs of the works, since the adaptation of the methods generated increases in the execution time and the need for additional resources. The analysis of the collected data allowed the identification of practical solutions adopted by professionals to mitigate these challenges, such as the use of smaller equipment or more efficient drilling technologies, in addition to proposing improvements in construction processes to optimize foundations in complex urban environments. These results contributed to the improvement of foundation execution techniques in areas with similar geotechnical and urban characteristics, offering a solid basis for the implementation of safer and more efficient practices in the civil construction sector.

Keywords / Palabras clave / Mots clés: Deep foundations. Metal stake. Continuous helix pile. Consumption management

LISTA DE FIGURAS

Figura	1 – Execução de estaca metálica	15
Figura	2 – Execução de estaca hélice contínua	18
Figura	3 – Quadro metodológico	19
Figura	4 – Deslocamento da estaca	23
Figura	5 – Adição da estaca para distribuição de cargas	23
Figura	6 – Estaca de suplemento	23
Figura	7 – Estaca de comprimento.....	23
Figura	8 – Quebra da estaca	24
Figura	9 – Guincho.....	25
Figura	10 – Terreno desobstruído.....	25
Figura	11 – Uso de EPI.....	25
Figura	12 – Instruções do uso de EPI	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estaca metálica	21
Quadro 2 – Estaca hélice contínua	26
Quadro 3 – Quadro comparativo... ..	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFBA: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR: Norma Brasileira

TCC: Trabalho de conclusão de curso

MPA: Megapascal

EPI: Equipamento de Proteção Individual

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT / RESUMEN / RÉSUMÉ.....	6
LISTA DE FIGURA.....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVO.....	12
1.1.1 Objetivo gerais.....	12
1.1.2 Objetivo específico.....	12
2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS.....	13
2.1 ESTACA METÁLICA.....	14
2.2 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA.....	16
3 METODOLOGIA.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
5 CONCLUSÕES.....	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A construção civil, em constante evolução, fundamenta-se em práticas que buscam garantir a segurança e a estabilidade das edificações. Nesse contexto, as fundações emergem como elementos fundamentais, responsáveis por assegurar que o peso das estruturas seja adequadamente distribuído pelo solo. As estacas, como tipos de fundações profundas, desempenham um papel vital nesse processo, destacando-se as estacas metálicas e as estacas hélice contínuas, cujos usos têm crescido significativamente no setor. (Gehlen, 2016)

Com a adoção de novas tecnologias na construção civil, discute-se amplamente como essas inovações podem beneficiar incorporadores e proprietários. No entanto, é essencial reconhecer que, assim como os métodos tradicionais, as novas tecnologias podem trazer desafios operacionais e técnicos que impactam a execução das obras. (Mucheti, 2008)

A complexidade da execução de estacas é condicionada por variáveis geotécnicas e logísticas que muitas vezes não são previstas em projetos iniciais. Por exemplo, a presença de solos moles, rochas e lençóis freáticos elevados pode afetar a capacidade de carga das estacas, exigindo ajustes durante o processo de cravação. Além disso, o ambiente urbano de cidades como Salvador impõe limitações físicas, como a escassez de espaço para manobras de equipamentos, o que pode comprometer a eficiência da obra. A disponibilidade e o estado de manutenção dos equipamentos utilizados na cravação das estacas são igualmente relevantes, uma vez que falhas mecânicas podem resultar em desvios críticos de inclinação e profundidade, comprometendo a integridade da estrutura. (Brito, 1987)

O controle de qualidade durante a execução das fundações é fundamental, e os testes de integridade, embora essenciais, frequentemente são negligenciados devido a restrições orçamentárias e prazos limitados. Assim, a identificação e análise das dificuldades práticas que surgem durante a execução de estacas metálicas e hélice é imperativa para a melhoria dos processos de engenharia civil. Esta pesquisa visa investigar os desafios enfrentados em obras na cidade de Salvador, reconhecendo as condições geológicas variadas e as complexidades logísticas que caracterizam a região.

Por outro lado, diante desse cenário, a presente investigação busca responder à seguinte questão: quais são as dificuldades práticas encontradas durante a execução de obras com estacas metálicas e estacas hélice em Salvador?

Compreender essas dificuldades é crucial para aprimorar as práticas de construção, assegurando não apenas a eficiência dos projetos, mas também a segurança das edificações.

A metodologia deste trabalho consiste em um estudo de caso que analisa duas obras de construção civil com características distintas, focando na execução de fundações em estacas. Foram aplicados questionários aos profissionais envolvidos, como engenheiros, técnicos e colaboradores, para identificar as principais dificuldades práticas enfrentadas em cada método de fundação.

Portanto a relevância deste trabalho se estabelece na análise detalhada das dificuldades práticas na execução de fundações com estacas em Salvador, cidade marcada por sua rica diversidade geológica e desafios urbanos. Este estudo propõe-se a discutir soluções viáveis que possam ser implementadas para otimizar as práticas de engenharia na construção civil, contribuindo assim para a sustentabilidade e segurança das edificações na capital baiana. Assim, busca-se não apenas elucidar as complexidades do processo construtivo, mas também oferecer uma base sólida para futuras pesquisas e inovações na área de fundações.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Analisar as dificuldades encontradas e as estratégias adotadas no processo construtivo de execução de fundações em estaca metálica e estaca hélice.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Acompanhar obras que estejam realizando o processo de execução dos tipos de estacas selecionadas e identificar os processos das estacas quanto aos desafios da prática de execução e estratégias adotadas.
- Analisar as informações sobre as dificuldades práticas de execução das estacas metálicas e hélice contínua.

2 FUNDAÇÕES PROFUNDAS

Fundações são elementos estruturais responsáveis por transferir o peso de uma edificação para o solo, garantindo sua estabilidade e segurança. Elas se dividem em duas categorias principais: rasas e profundas. As fundações rasas, como sapatas e blocos, são utilizadas quando o solo superficial apresenta capacidade de suporte suficiente. Já as fundações profundas, como estacas e tubulões, são adotadas em solos mais fracos ou em construções com cargas elevadas, atingindo camadas de solo mais resistentes. O projeto de fundações leva em consideração o tipo de solo, a carga da estrutura e as condições ambientais, sendo fundamental para a durabilidade e segurança da edificação. (Azeredo,1977)

2.1 ESTACA METÁLICA

As estacas metálicas, que inicialmente eram utilizadas principalmente como estruturas de contenção e pilares de divisa, evoluíram para se tornarem uma solução comum em fundações, especialmente como estacas de deslocamento. Essa evolução visou principalmente a redução das vibrações geradas durante a cravação, seja de estacas pré-fabricadas, estacas tipo Franki ou estacas tubulares. Diferentemente das estacas moldadas in loco, que requerem a remoção de solo por meio de escavação, as estacas metálicas são cravadas diretamente no terreno, utilizando equipamentos do tipo bate-estaca, o que torna seu processo de execução mais eficiente e menos disruptivo. (Velloso, 1987)

Produzidas industrialmente, as estacas metálicas podem ter perfis laminados ou soldados, simples ou compostos, e seus tubos podem ser dobrados ou canelados, com ou sem costura e trilhos. Elas se destacam por sua capacidade de atravessar materiais difíceis, como lentes de pedregulhos ou concreções, como laterita e limonita, onde a maioria das estacas moldadas in loco não consegue penetrar. Isso faz com que as estacas metálicas sejam competitivas tanto em termos técnicos quanto econômicos em relação a outros tipos de fundações. (Velloso, 1987)

A execução das estacas metálicas geralmente é feita através de um método de cravação por percussão livre, utilizando um bate-estaca que consiste em uma torre, uma plataforma, um guincho mecânico e um martelo. O guincho eleva o martelo, que, ao ser solto, provoca o deslocamento vertical da estaca. O equipamento é projetado para se mover sobre pranchas, esteiras ou rolos, e pode incluir guindastes adaptados para suportar martelos automáticos ou vibratórios. A altura da torre deve ser compatível com o comprimento da estaca, e os guinchos precisam ter capacidade de carga adequada para o peso do martelo e da estaca.

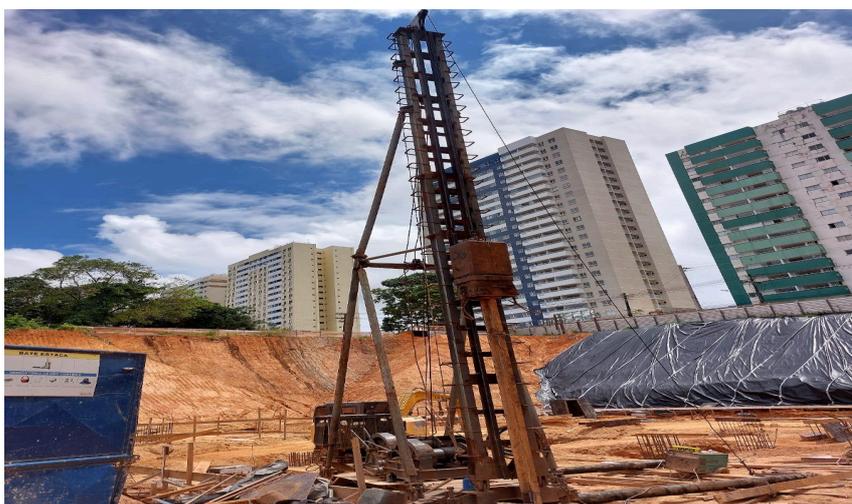
Ao contrário das estacas moldadas in loco, a execução das estacas metálicas não exige a remoção de material, tornando o processo muito mais limpo e eficiente. O armazenamento e manuseio dessas estacas devem seguir as instruções do fabricante, pois seu peso elevado geralmente inviabiliza o descarregamento manual. A locação das estacas é feita com a marcação de piquetes no solo, e, para proteger essas marcas durante a movimentação dos equipamentos, o diâmetro da estaca deve ser preenchido com areia após a locação. (Mucheti, 2008)

O içamento das estacas é realizado por um cabo auxiliar do guincho, trazendo a estaca para a posição vertical. A torre do bate-estaca deve ser aprumada antes que a estaca seja posicionada, garantindo que a folga entre o martelo e o capacete não exceda 3 cm, com encaixes de folga inferiores a 2 cm. A introdução da estaca no solo ocorre pela deformação permanente resultante da energia do martelo, e não é necessário verificar a estabilidade e resistência da estaca se os desvios forem inferiores a 1/100.

As emendas das estacas devem ser projetadas para suportar as solicitações que podem ocorrer durante o transporte, cravação e uso. Elas podem ser realizadas com soldas de topo e talas soldadas, sendo estas últimas as mais recomendadas, pois reduzem o tempo de execução e aumentam a produtividade. O controle da cravação pode ser feito por meio de nega, repique e ensaios de carregamento dinâmico, conforme as diretrizes da NBR 13.208. É essencial também realizar provas de carga estática ou dinâmica para avaliar a capacidade de carga das estacas e seu comportamento sob diferentes cargas. (Abnt, 2007)

As estacas metálicas, com sua alta resistência e facilidade de emenda, são especialmente vantajosas, mesmo em solos difíceis. Contudo, devido ao seu custo elevado, é essencial realizar um estudo de viabilidade para determinar se são a opção mais adequada para um projeto específico, sempre com a orientação de profissionais capacitados e competentes. (Abnt, 2010)

Figura 1- Execução de estaca metálica



Fonte:(Autoria própria,2024)

2.2 ESTACA HÉLICE CONTÍNUA

A estaca hélice contínua monitorada é uma solução inovadora e eficaz no âmbito das fundações profundas, caracterizando-se como um método de concreto moldado in loco. O processo de execução deste tipo de fundação inicia-se com a introdução de um trado helicoidal em rotação, que penetra o solo, permitindo a perfuração sem a remoção do material escavado. Essa característica é fundamental, pois garante a integridade das paredes laterais do furo, evitando desmoronamentos durante a escavação. Assim que a cota de assentamento da ponta da estaca é alcançada, o concreto é injetado pela haste central do trado, simultaneamente à retirada do mesmo, o que assegura a manutenção do confinamento das paredes laterais do furo. (Gehlen, 2016)

De acordo com a norma ABNT NBR 6122:2010, este processo não apenas promove a eficiência da execução, mas também se destaca por sua versatilidade, pois pode ser aplicado em uma ampla gama de tipos de solo, independentemente da presença de lençol freático. A elevada produtividade desse método é um dos fatores que o tornam uma das melhores soluções de fundação, possibilitando a execução de até 400 metros de estacas em um único dia. Essa capacidade produtiva, combinada com a qualidade do serviço, traduz-se em economia significativa para o orçamento da obra. (Abnt, 2010)

A emenda das estacas hélice contínua é um processo essencial para garantir a continuidade da estaca quando a profundidade necessária ultrapassa o comprimento de uma única seção do tubo. As estacas hélice são compostas por um tubo metálico com uma hélice de aço, que escava o solo à medida que o tubo é cravado, criando o furo onde o concreto será posteriormente inserido. Quando a profundidade exigida excede o comprimento de uma seção padrão, é necessário emendar duas ou mais seções de tubo. A emenda deve ser realizada com precisão, pois sua qualidade afeta diretamente a resistência e a estabilidade da estaca, sendo fundamental para o desempenho da fundação. (Gehlen, 2016)

A qualidade do concreto utilizado na estaca é crucial para o sucesso do processo. Recomenda-se que o slump do concreto seja de, no mínimo, 25 ± 2 cm, garantindo sua fluidez e adequação ao lançamento. Após a concretagem, a introdução da armadura é realizada com cuidado, respeitando os parâmetros técnicos estabelecidos.

A monitorização contínua durante todas as etapas do processo é um diferencial que garante a qualidade e conformidade do serviço executado. O uso de tecnologia de monitoramento por computador permite o acompanhamento em tempo real de diversos parâmetros, como excentricidade e desaprumo, que são essenciais para garantir a integridade estrutural da fundação, em conformidade com a ABNT NBR 14859-1:2018, que trata das exigências de controle de execução de fundações. (Abnt, 2018)

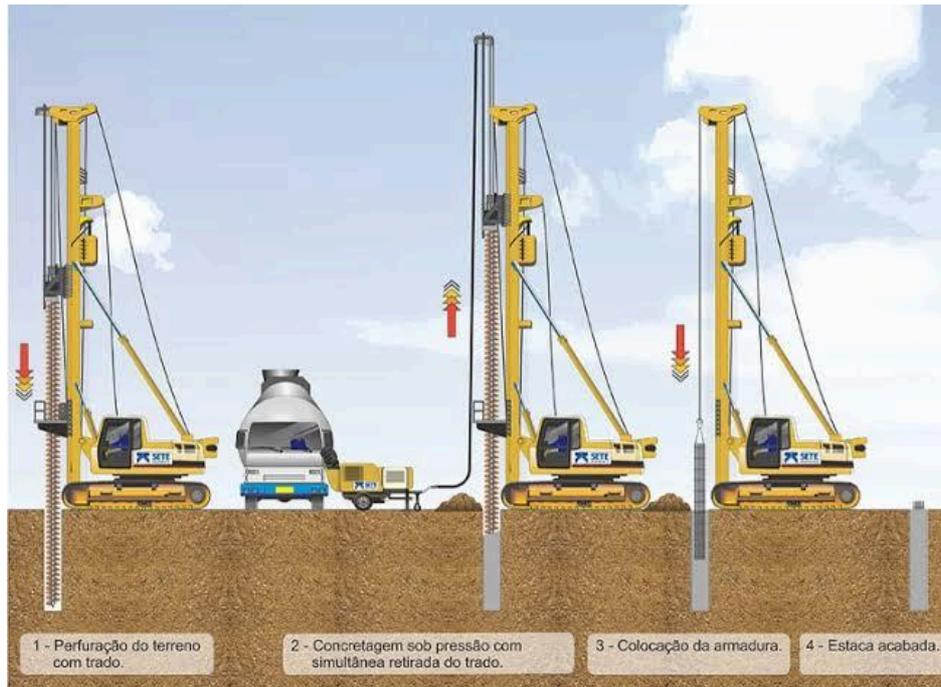
Um aspecto notável das estacas hélice contínua é a minimização de vibrações e ruídos durante sua execução. Diferentemente das estacas pré-moldadas, que podem causar perturbações significativas nas estruturas vizinhas, as estacas hélice contínua são escavadas, o que resulta em um impacto quase nulo nas obras adjacentes. Essa característica é particularmente importante em áreas urbanas, onde a proteção das edificações vizinhas deve ser priorizada. A prática recomenda a realização de laudos técnicos nas edificações vizinhas antes e após a execução das fundações, a fim de mitigar potenciais litígios. (Mucheti, 2008)

Além disso, a técnica de concretagem submersa possibilita a execução de fundações em níveis de água elevados, garantindo a qualidade do concreto ao evitar a contaminação por água. A pressão monitorada durante a injeção do concreto expulsa a água do furo, preservando as propriedades mecânicas do material. Apesar das vantagens, a implementação das estacas hélice contínua requer uma análise criteriosa das condições do terreno. Solos com matacões ou rochas duras podem inviabilizar o processo, e o acesso ao local deve ser considerado, especialmente em terrenos íngremes ou sem áreas adequadas para a instalação dos equipamentos necessários. A utilização de equipamentos de grande porte é imprescindível para a execução deste tipo de fundação, incluindo máquina perfuratriz, trado contínuo e bomba de injeção de concreto, além de um sistema de monitoramento computadorizado que deve acompanhar todos os dados operacionais, conforme as diretrizes estabelecidas na ABNT NBR 13752:2016. (Abnt, 2016)

Em suma, a estaca hélice contínua monitorada se estabelece como uma solução de fundação altamente eficiente e versátil no Brasil, oferecendo vantagens significativas em termos de produtividade, qualidade e custo-benefício. Contudo, é imprescindível que a viabilidade técnica e econômica deste método seja

cuidadosamente avaliada para cada projeto, garantindo que as características do terreno e as condições locais sejam compatíveis com sua aplicação.

Figura 2- Execução de estaca hélice contínua



Fonte: (Pereira, 2017)

3 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada neste TCC consiste em um estudo de caso dividido em quatro etapas, conforme ilustrado na figura 3. As obras analisadas são de porte médio, o que implica desafios específicos na execução de fundações profundas, como estacas metálicas e hélices, em um contexto de complexidade geológica e restrições urbanas. Através desta pesquisa busca-se identificar as principais dificuldades encontradas neste tipo de projeto, focando em aspectos técnicos e práticos relevantes para otimizar os processos construtivos em obras de porte intermediário. Observa-se também um avanço físico significativo nas obras A e B, cada uma com metas específicas a serem cumpridas no cronograma. A obra A, executada por uma empresa especializada em fundações, possui um ritmo mais acelerado na execução das fundações profundas, com prazos mais curtos e metas restritas. Em contraste, a obra B, realizada por uma construtora e incorporadora, tem prazos mais longos devido ao seu escopo mais amplo, que envolve a integração de diversas etapas do processo construtivo, como superestrutura e acabamentos. A diferença nos prazos reflete a natureza distinta das empresas e o nível de especialização requerido em cada obra, impactando diretamente o planejamento e a execução das atividades. O questionário foi elaborado com base em orientações e na revisão da literatura. Através dessa pesquisa, buscamos compreender melhor os obstáculos encontrados pelos profissionais da construção civil, assim como identificar fatores críticos que impactam a qualidade e a eficiência das fundações em projetos de engenharia.

Figura 3- Quadro metodológico



Fonte : (Autoria Própria,2024)

(1) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica foi realizada por meio da análise de textos disponíveis, incluindo artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, livros, normas e resoluções. O principal objetivo desta etapa foi compreender as práticas relacionadas à execução de fundações, com foco específico nas estacas metálicas e estacas hélice, e identificar as dificuldades enfrentadas em obras na cidade de Salvador-BA. Essa revisão busca reunir informações que ajudem a elucidar os desafios práticos e técnicos na instalação dessas fundações, contribuindo para uma melhor compreensão dos fatores que impactam a eficiência e a segurança das construções na região.

(2) VISITA TÉCNICA ÀS OBRAS

As visitas técnicas foram realizadas com o objetivo de analisar as dificuldades encontradas no processo construtivo de fundações em estacas metálicas e estacas hélices. Essas visitas foram programadas para obras que utilizam esses tipos de fundação, permitindo a coleta de dados diretamente no campo. Durante as visitas, foram observados os métodos de execução, as condições do solo e os equipamentos empregados, o que possibilitou uma compreensão aprofundada dos desafios enfrentados na prática.

(3) APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO

Foi aplicado um questionário aos engenheiros, técnicos e colaboradores envolvidos nas obras, com o intuito de coletar informações sobre as dificuldades práticas enfrentadas na execução de fundações em estacas metálicas e estacas hélices. Essa abordagem permitiu a identificação de desafios específicos e a obtenção de informações valiosas sobre as condições de trabalho e os métodos construtivos utilizados nas obras na cidade de Salvador-BA.

(4) ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Foi realizada uma análise e discussão dos dados coletados, com foco nas dificuldades práticas identificadas na execução de fundações em estacas metálicas e estacas hélices. Essa análise contemplou as informações obtidas por meio dos questionários aplicados aos engenheiros, técnicos e operários, permitindo uma compreensão detalhada dos desafios enfrentados nas obras em Salvador-BA. A discussão dos resultados visa não apenas apresentar os problemas identificados, mas também propor possíveis soluções e melhorias para a prática da engenharia na região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados das visitas técnicas nas obras A e B, incluindo entrevistas com os engenheiros responsáveis, técnicos e colaboradores. O Quadro 1 mostra os resultados das entrevistas sobre estacas metálicas, enquanto o Quadro 2 exhibe os resultados das entrevistas sobre estacas hélice contínua.

QUADRO 1- Estaca metálica

QUESTIONÁRIO ESTACA METÁLICA - OBRA (A)		
Período de coleta. De 20/08 á 23/09. 2024		
	PROBLEMAS	SOLUÇÕES
M E T Á L I C A	Quais são as principais dificuldades encontradas durante a cravação do solo, como a recusa do solo?	A variação nas camadas do solo (heterogeneidade) pode dificultar a cravação das estacas devido às diferentes resistências encontradas. Obstáculos naturais, como matacões, também complicam o processo, exigindo técnicas específicas para perfurá-los ou contorná-los.
	Quais são as principais dificuldades encontradas durante a cravação do solo, como a quebra de estacas?	A variação nas propriedades do solo pode causar tensões desiguais, aumentando o risco de quebra das estacas. Obstáculos como matacões podem levar à fratura das estacas devido à resistência súbita e elevada, exigindo soluções técnicas específicas.
	Quais problemas podem ocorrer durante a cravação do solo, como o desvio de trajetória, ruídos e vibrações excessivas?	A utilização de emendas foi necessária para atingir as profundidades do projeto. A execução seguiu rigorosamente os procedimentos técnicos, garantindo a qualidade e a segurança das emendas.
	Quais os problemas de corrosão foram identificados e como foram solucionados?	não houve corrosão.
L O G Í S T I C A	Houve dificuldade na mobilização dos equipamentos para o canteiro de obras?	A mobilização dos equipamentos ocorreu conforme o planejado, sem maiores dificuldades. A preparação adequada do terreno, com nivelamento e limpeza, foi fundamental para garantir a eficiência das operações. Terrenos com inclinação ou irregularidades podem comprometer a mobilidade dos guindastes, que necessitam de uma base plana e estável para operar.
	O planejamento da execução das foi estacas adequado? Quais as principais dificuldades encontradas?	O planejamento inicial era adequado, porém as condições climáticas adversas, com chuvas frequentes, exigiram ajustes no cronograma. Além disso, a presença de matacões não identificados no solo gerou desafios adicionais, demonstrando a

		importância da flexibilidade na execução de obras.
	Quais os principais riscos identificados durante a execução das estacas? Houve acidente de trabalho?	Os principais riscos durante a execução das estacas estão associados à falta do uso correto de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como capacetes, botas e luvas. Embora os operários sejam treinados, a negligência individual pode levar a acidentes. Por isso, a fiscalização constante e a conscientização sobre a importância da segurança são fundamentais para prevenir acidentes de trabalho
	Houve algum aumento significativo nos custos da obra em relação ao previsto? Quais os principais fatores que contribuíram para esse aumento?	Observamos um aumento nos custos dos materiais utilizados para a execução das estacas, como previsto no planejamento financeiro da obra. A gestão eficiente dos custos permitiu que esses aumentos fossem absorvidos sem comprometer o orçamento geral da obra.
M E L H O R I A S	Quais as soluções adotadas para superar as dificuldades encontradas?	Antecipando os desafios com planejamento detalhado, garantindo fácil acesso a materiais, equipe experiente e soluções eficazes para imprevistos.
	Quais as principais recomendações para melhorar a execução de obras com estacas metálicas?	Para otimizar obras com estacas metálicas, priorize: equipe qualificada, rigor no projeto, normas de segurança e plano para imprevistos como falhas na estaca, garantindo qualidade e durabilidade.

Fonte: (Autoria própria,2024)

O questionário foi aplicado de forma coerente e imparcial aos engenheiros, técnicos e operários das empresas envolvidas na obra de fundação, visando formalizar experiências e questões adquiridas em campo. As dúvidas sobre a execução das estacas metálicas, como o empenamento, foram respondidas de maneira eficaz. Em casos de empenamento, é essencial observar a verticalidade e calcular quantas estacas adicionais são necessárias para atender à tensão estimada. (Conforme pode ser observado nas figuras 4 e 5).

FIGURA 4- Deslocamento da estaca



Fonte: (Autoria própria,2024)

FIGURA 5- Adição da estaca para distribuição de cargas



Fonte: (Autoria própria,2024)

Se as estacas não alcançarem a cota desejada, devem-se utilizar comprimentos ou suplementos para garantir que atinjam a profundidade necessária, mantendo a base trabalhável. O comprimento utilizado como emenda permite que a estaca alcance profundidades maiores, enquanto o suplemento é necessário quando a estaca está próxima do ponto de nega, utilizando uma extensão de pelo menos 2 metros junto ao martelo para maior eficiência. (Conforme pode ser observado nas figuras 6 e 7).

FIGURA 6- Estaca de suplemento



Fonte:(Autoria própria,2024)

FIGURA 7- Estaca de comprimento



Fonte: (Autoria própria,2024)

A quebra das estacas pode ocorrer devido a diversos fatores, como o transporte desde a fábrica até o canteiro de obras, onde podem ser expostas a choques ou manuseio inadequado. Durante a locomoção dentro da obra, o risco de danos também é significativo, pois o atrito com outros materiais ou o impacto contra superfícies duras pode comprometer a integridade das estacas. Além disso, no próprio uso, quando as estacas não suportam a carga exigida durante a instalação ou ao longo da vida útil da obra, podem ocorrer falhas estruturais. Esses fatores podem resultar na necessidade de adaptações, como o reaproveitamento de estacas quebradas, cortando-as e soldando-as para restabelecer sua funcionalidade, sem prejudicar a estabilidade ou resistência do sistema de fundação. A abordagem de reaproveitamento, utilizando estacas menores com, no mínimo, 2 metros de comprimento, garante a manutenção da segurança e viabilidade do projeto, conforme ilustrado na figura 8.

FIGURA 8- Quebra da estaca



Fonte: (Autoria própria,2024)

A locomoção não apresentou grandes problemas, pois o pré-planejamento da limpeza e nivelamento da área de atuação do bate-estacas foi executado corretamente. Em dias de chuva, o equipamento era coberto com lona, e sua utilização era suspensa para evitar danos e possíveis alterações nos resultados de

cravação devido à umidade do solo, que poderia levar a desarme, empenamento ou quebra de estaca. (Conforme pode ser observado nas figuras 9 e 10)

FIGURA 9- Guincho



Fonte: (Autoria própria,2024)

FIGURA 10- Terreno desobstruído



Fonte: (Autoria própria,2024)

Quanto à segurança do trabalho, todos os envolvidos na execução da obra estavam equipados com botas, capacetes, óculos de proteção, protetores de ruído e outros EPIs exigidos na entrada do canteiro. Visitantes também precisavam estar adequadamente equipados para adentrar o local. Graças aos cuidados da empresa de fundações e à responsabilidade dos funcionários, não houve acidentes durante a obra, demonstrando que mão de obra especializada não só melhora a execução, mas também prioriza a segurança. (Conforme pode ser observado nas figuras 11 e 12).

FIGURA 11- Uso de EPI



Fonte:(Autoria própria,2024)

FIGURA 12- Instruções do uso de EPI



Fonte: (Autoria própria,2024)

As melhorias sugeridas pelos entrevistados enfatizam a necessidade de uma análise mais aprofundada do terreno e do projeto, garantindo uma execução constante e evitando desvios. É fundamental manter soluções rápidas e eficazes para problemas como quebras ou empenamentos. Uma produção especializada, com profissionais experientes, seguindo rigorosamente o projeto e tendo fácil acesso a materiais de correção e suporte, é essencial para o sucesso da obra.

QUADRO 2- Estaca hélice contínua

QUESTIONÁRIO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA - OBRA (B)		
Período de coleta. De 07/11 á 14/11. 2024		
	PROBLEMAS	SOLUÇÕES
HÉLICE CONTÍNUA	Quais foram as principais dificuldades encontradas na execução das estacas? (ex: instabilidade do solo, dificuldade de atingir a profundidade projetada, problemas na concretagem, presença de obstáculos no solo)	É fundamental alinhar-se com a concreteira responsável em relação à programação da bomba e à granulometria do concreto. Isso porque a armadura pode não ser capaz de descer e se posicionar corretamente no concreto, caso haja incompatibilidade. Além disso, a locomoção da bomba deve ser considerada, já que ela possui uma torre alta, o que pode levar a atrasos, especialmente se o terreno apresentar cotas diferentes, dificultando a execução de duas hélices no mesmo dia.
	Houve alguma variação significativa no diâmetro da estaca após a concretagem? quais as possíveis causas?	Não houve problemas citados
	Quais os problemas relacionados à qualidade do concreto foram identificados? (ex: segregação, baixa resistência)	Não houve problemas citados
	Houve algum tipo de dificuldade na execução em solos com alta umidade ou saturados?	Não, o solo era adequado para esse tipo de estaca. Na verdade, a umidade do solo facilitou o processo de cravação da estaca.

L O G Í S T I C A	Houve dificuldade na mobilização dos equipamentos para o canteiro de obras?	Sim, isso ocorre porque o equipamento precisa realizar diversas etapas, como fazer o furo, inserir o concreto e posicionar a armação, em vários pontos diferentes. Isso exige que o equipamento execute várias voltas. No entanto, a operação é sempre planejada de forma logística, iniciando pelas extremidades e finalizando no centro.
	O planejamento da execução das estacas foi adequado? Quais as principais dificuldades encontradas?	Na obra visitada, não foram observados problemas. No entanto, em outras obras executadas pelo engenheiro responsável, houve dificuldades relacionadas à quebra de equipamentos, ao processo de terraplanagem e à preparação do solo, o que demandou mais tempo para a limpeza do terreno.
	Quais os principais riscos identificados durante a execução das estacas? Houve acidente de trabalho?	Não houve acidentes devido à experiência dos operários com esse tipo de fundação. Um dos principais riscos é a cravação próxima a muros altos, já que a vibração gerada e a movimentação do solo podem causar o desabamento do muro.
	Houve algum aumento significativo nos custos da obra em relação ao previsto? Quais os principais fatores que contribuíram para esse aumento?	Não houve, pois a execução ocorreu conforme o planejamento.
M E L H O R I A S	Quais as soluções adotadas para superar as dificuldades encontradas?	Com mão de obra especializada, acompanhamento técnico e rigoroso cumprimento das normas de segurança, a execução de estacas hélice contínua proporciona maior confiabilidade e durabilidade à obra, além de minimizar riscos e garantir a qualidade final.
	Quais as principais recomendações para melhorar a execução de obras com estacas metálicas e hélice contínua?	Planejar com antecedência as possíveis dificuldades nas obras, aproveitando a experiência adquirida ao longo da carreira profissional. Além disso, é essencial manter uma comunicação constante com os engenheiros estruturais e projetistas, garantindo que eventuais problemas sejam resolvidos de maneira mais eficiente.

Fonte: (Autoria própria,2024)

A pesquisa realizada com a equipe envolvida na obra de fundação teve como objetivo avaliar a execução das estacas hélice contínua e identificar oportunidades de melhoria. Através de um questionário aplicado de forma imparcial aos engenheiros, técnicos e colaboradores, foi possível coletar dados valiosos sobre as experiências e desafios encontrados no campo.

A execução das estacas, em sua maioria, ocorreu de forma eficiente e dentro do esperado. A escavação, etapa crucial do processo, demonstrou ser mais eficaz em terrenos com umidade adequada, facilitando o avanço da hélice. A importância de um planejamento detalhado da área de trabalho, com limpeza e nivelamento adequados, foi fundamental para otimizar a locomoção do equipamento e evitar imprevistos.

Quanto à especificação de estacas pré-moldadas, a pesquisa evidenciou a necessidade de um alinhamento completo com o fornecedor, garantindo que as características dos materiais, como resistência à compressão (MPa) e granulometria da brita, estejam de acordo com o projeto. O uso de sílica como aditivo ao concreto mostrou-se uma solução eficaz para prevenir futuros problemas como fissuras e patologias.

A segurança do trabalho foi um ponto forte da obra. Todos os envolvidos utilizavam os equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, e a empresa implementou medidas preventivas para garantir um ambiente de trabalho seguro. A ausência de acidentes demonstra a importância de contar com uma equipe qualificada e comprometida com a segurança.

As sugestões apresentadas pelos profissionais da obra enfatizaram a necessidade de uma análise geotécnica mais aprofundada do terreno, permitindo antever possíveis desafios e adotar medidas preventivas. Além disso, a importância de uma equipe multidisciplinar, com profissionais experientes em diferentes áreas, foi ressaltada para garantir a qualidade e a eficiência da execução.

A pesquisa realizada demonstrou que a execução de estacas hélice contínua é um processo que requer planejamento, conhecimento técnico e equipe qualificada. A escolha adequada dos materiais, a preparação do terreno e a adoção de medidas de segurança são fatores determinantes para o sucesso da obra. Ao seguir as recomendações apresentadas neste relatório, é possível otimizar o processo construtivo e garantir a durabilidade da fundação.

QUADRO 3- Quadro comparativo

QUADRO COMPARATIVO		
PROBLEMAS	HÉLICE CONTÍNUA	METÁLICA
RUÍDOS E VIBRAÇÕES	Ela se destaca por menor poluição sonora .	Ela gera maior poluição sonora.
EFICIÊNCIA	Tem seu destaque em solos secos e principalmente úmidos.	Tem seu destaque em solos secos e resistentes.
CUSTO	Seu custo é menor, graças à sua demanda e facilidade de encontrar equipamentos e matéria prima.	Seu custo é elevado por conta da baixa demanda de equipamento e processo de execução.
SEGURANÇA	Mais seguro por conta de ser um equipamento monitorado por computadores auxiliando na segurança	Sua segurança é razoável, pois depende em sua maioria da execução especializada dos operários.
MOBILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTO	Se destaca em grande eficiência na mobilização em terrenos limpos e nivelados.	Se destaca em grande eficiência na mobilização em terrenos limpos e nivelados.
DECORRÊNCIAS CLIMÁTICAS.	Dias úmidos e chuvosos trazem sua maior eficiência no processo de escavação da estaca.	Dias secos trazem melhor eficiência, já dias úmidos e chuvosos podem dificultar a cravação e danificar o equipamento.
RESISTÊNCIA	Ela se destaca por sua maior eficiência lateral.	Se destaca por sua maior resistência de ponta e em solos mais resistentes.

Fonte: (Autoria própria,2024)

5 CONCLUSÕES

Este trabalho abordou as dificuldades práticas na execução de fundações profundas com estacas metálicas e estacas hélice contínua em obras realizadas na cidade de Salvador, caracterizada por condições geotécnicas diversas e desafios típicos de áreas urbanas. A análise comparativa entre as duas soluções de fundação revelou que as estacas metálicas se destacam pela alta resistência, sendo eficientes em solos mais complexos, mas apresentam custos elevados e limitações logísticas. Já as estacas hélice contínua, mais versáteis e com menor impacto ambiental, são especialmente indicadas para solos úmidos e áreas urbanas devido à baixa geração de vibrações e ruídos.

Os resultados demonstraram que, enquanto as estacas metálicas são vantajosas em terrenos mais duros e exigem maior resistência de ponta, sua execução pode ser mais lenta e sujeita a imprevistos em condições climáticas adversas, como chuvas e alta umidade. As estacas hélice contínua, por sua vez, destacam-se pela facilidade de cravação em solos úmidos e pela maior segurança e eficiência no processo, embora demandem mais espaço para locomoção devido ao tamanho dos blocos "in loco". O planejamento adequado, o uso de tecnologias de monitoramento e a capacitação das equipes emergiram como fatores essenciais para superar as dificuldades e otimizar a execução desses métodos.

Os objetivos deste trabalho foram plenamente atingidos, com a realização de um levantamento comparativo detalhado entre as soluções de fundação, a identificação das principais dificuldades enfrentadas e a proposição de melhorias para aumentar a eficiência no setor. A análise das condições do solo foi fundamental para a escolha assertiva das fundações, destacando a importância de estudos geotécnicos robustos. Melhorias como planejamento rigoroso, uso de tecnologias e capacitação contínua das equipes foram identificadas como medidas cruciais para superar os desafios e garantir a eficiência no processo construtivo.

Dentre as dificuldades enfrentadas, a obtenção de informações detalhadas sobre os métodos de fundação e a interação com empresas especializadas foi um desafio significativo. Além disso, as fortes chuvas registradas em Salvador durante o período de pesquisa afetaram a disponibilidade de engenheiros e empresas envolvidas nas obras. Contudo, as visitas e coleta de dados ocorreram de maneira eficaz, proporcionando informações valiosas para o desenvolvimento deste estudo.

Conclui-se que as soluções discutidas neste trabalho têm grande potencial para aprimorar a execução de fundações em Salvador e podem servir de referência prática para projetos em contextos geotécnicos e urbanos similares, contribuindo para maior segurança, durabilidade e eficiência no setor da construção civil.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT; Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

ABNT; Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023: informação e documentação: referência – elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT; Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.752: Perícias de Engenharia na construção civil. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT; Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14.859: Laje pré-fabricada de concreto. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT; Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.208: Estacas-Ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro, 2007.

ALMEIDA, H. R. de. Monitoração de estacas e o problema de tensões na cravação. 1985. Dissertação de Mestrado – COPPE (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, 1985.

ALONSO, U. R. Previsão e controle das fundações. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1991.

ALVES, A. M. de L.; LOPES, F. de R.; DANZIGER, B. R. Métodos dinâmicos para previsão e controle do comportamento de estacas cravadas. Teoria e Prática na Engenharia Civil, v. 4, n. 4, p. 12-21, 2004.

AQUINO, I. de S. Como escrever artigos científicos. São Paulo: Saraiva, 2010.

As Etapas Executivas das Estacas Hélice Contínua em Detalhes. Montes Claros, APL engenharia. s.d. Disponível em:

<<https://blog.apl.eng.br/as-etapas-executivas-das-estacas-helice-continua-em-detalhes/>> Acesso em 22 jul. 2024.

FREITAS, Marcio. Tecnologia e Engenharia de Fundações e Contencções: Estacas hélice contínua. 12aed. Osasco: Geofix. s.d. Disponível em: https://www.geofix.com.br/biblioteca/12_curso_eng_Aula_Teoria_03_2022.pdf. Acesso em 22 jul. 2024

GEHLEN, Douglas. Dimensionamento e comparativo entre estacas franki, hélice contínua e strauss. Repositório institucional da Universidade Federal do Paraná, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14527/1/PB_COECI_2016_2_34.pdf. Acesso em 22 jul. 2024.

JACOBSEN, Profa.Dra.Alessandra de Linhares. Metodologia científica. Orientação ao TCC.2016. Artigo. (Doutorado em gestão e liderança) - Universidade Federal de Santa Catarina.Professora.Santa Catarina.2016. Disponível em:<<https://cursodegestaoelideranca.paginas.ufsc.br/files/2016/03/Apostila-Orienta%C3%A7%C3%A3o-ao-TCC.pdf>>. Acesso em: 25 abr 2024.

GIL, A. C.. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 1991.
LOPES, Izabela. Utilização De Estacas Tipo Hélice Contínua Na Construção Civil. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Ipatinga, 2023. Disponível em:<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/57837/1/IZABELA_LOPES.pdf> Acesso em: 10 ago. 2024.

MUCHETI, L. C. Estacas hélice segmentadas: execução, verificação de integridade e estudo do comportamento. Biblioteca digital de teses e dissertações da USP, 2008. Disponível em:<https://www.fecfau.unicamp.br/~pjra/wp-content/uploads/2023/07/Estacas_Helic_e_Segmentada_MUCHETI_2008.pdf>. Acesso em 22 jul. 2024.

VELLOSO, P. P. C. Fundações: Aspectos Geotécnicos v. 2 e 3. 5a ed., Departamento de Engenharia Civil, PUC/RJ, 1987.

BRITO, José Luis Wey de. Fundações do edifício. São Paulo, EPUSP, 1987.

AZEREDO, Hélio Alves de. O Edifício Até sua Cobertura. São Paulo. Ed. Edgar Blucher Ltda.,1977.

PEREIRA, Caio. Estaca Hélice Contínua – Vantagens e Desvantagens. Escola Engenharia,2017.Disponível

em:<https://www.escolaengenharia.com.br/estaca-helice-continua/>. Acesso em: 11 de dezembro de 2024.