

**ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO
ALTO: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS
ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA**

**FLÁVIA ALBUQUERQUE
MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA**

TRINDADE, GO
2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS TRINDADE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO
ALTO: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS
ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA**

**FLÁVIA ALBUQUERQUE
MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA**

Trabalho de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Trindade,
como requisito parcial para obtenção do Grau
de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Otto de Aguiar
Ritzmann Marzall.

Coorientador: Prof. M.Sc. Aleones José da Cruz
Júnior.

Trindade, GO
2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

F48e Flavia; Albuquerque; , Mariana; Oliveira;
ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO ALTO:
ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS ESCAVADAS COM
FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA / Mariana; Oliveira;
Flavia; Albuquerque;; orientador Vinicius Otto
Marzall; co-orientador Aleones José da Cruz Júnior.
-- Trindade, 2023.
41 p.

TCC (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) -- Instituto
Federal Goiano, Campus Trindade, 2023.

1. Fundações profundas. 2. Viabilidade econômica.
3. Estacas hélice Contínua. 4. Estacas escavadas
estabilizadas com fluido estabilizante. I. Marzall,
Vinicius Otto, orient. II. Júnior, Aleones José da
Cruz , co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 89/2023 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao primeiro dia do mês de dezembro de 2023, com início às 19 horas, na presença da Banca Examinadora presidida pelo Prof. **Vinícius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall** e composta pelos avaliadores:

1. Prof. Msc. **Jeanisson César Mariano Silva**
2. Eng. Msc. **Mariane Cardoso da Silva Aguiar**

As alunas **Flávia Rodrigues Albuquerque e Mariana Araújo de Oliveira** apresentaram o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO ALTO: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA** como requisito curricular indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano Campus Trindade.

A Banca Examinadora deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO do referido trabalho, divulgando o resultado formalmente ao aluno e demais presentes e eu, na qualidade de Presidente da Banca, lavrei a presente ata que será assinada por mim, pelos demais examinadores e pelas alunas.

Trindade-GO, 01 de dezembro de 2023.

Presidente da Banca Examinadora

Avaliador 01 – Jeanisson César Mariano Silva

Avaliador 02 – Mariane Cardoso da Silva Aguiar

Aluna – Flávia Rodrigues Albuquerque

Aluna – Mariana Araújo de Oliveira

Documento assinado eletronicamente por:

- Flávia Rodrigues Albuquerque, 2019108200840364 - Discente, em 04/12/2023 08:28:43.
- Jeanisson Cesar Mariano Silva, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCTEDIS-TR, em 01/12/2023 21:39:28.
- Mariana Araujo de Oliveira, 2019108200840232 - Discente, em 01/12/2023 21:15:08.
- Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/12/2023 20:29:33.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 01/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 552854

Código de Autenticação: f628d00c5d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha, S/N, Setor Cristina II, TRINDADE / GO, CEP 75380-000

(62) 3506-8000

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Mariana Araujo de Oliveira / Flávia Rodrigues Albuquerque

Matrícula:

2019108200840232 / 20191082008

Título do trabalho:

ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO
ALTO: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 29 / 01 / 2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

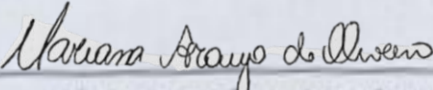
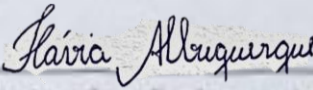
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Trindade/Go

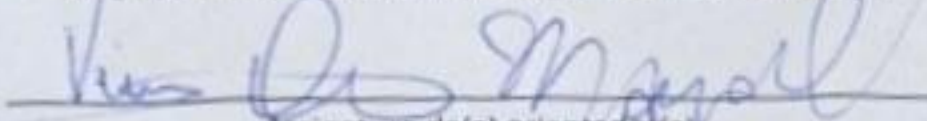
Local

29 / 01 / 2024

Data

 
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

FLÁVIA ALBUQUERQUE
MARIANA ARAUJO DE OLIVEIRA

**ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIO
ALTO: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS
ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA.**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em _____, pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:

M.Sc. Mariane Cardoso da Silva Cardoso
SETE – Serviços Técnicos Especializados

Prof. M.Sc. Jeanisson César Mariano Silva
Instituto Federal Goiano (IF Goiano/Trindade)

Prof. Dr. Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall
Instituto Federal Goiano (IF Goiano/Trindade)

Prof. M.Sc. Aleones José da Cruz Júnior.
Instituto Federal Goiano (IF Goiano/Trindade)

Trindade, GO
Novembro, 2023

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus por ter nos sustentado e nos guiado em todos os caminhos, desde os mais fáceis até os mais desafiadores.

A nossa família por não medir esforços para nos proporcionar uma boa educação.

Aos orientadores Vinicius e Aleones, pelas orientações, atenção, dedicação, confiança, respeito e paciência.

Aos nossos colegas de sala pelo apoio e disposição em compartilharem os conhecimentos.

Ao Instituto Federal Goiano - Câmpus Trindade pelo incentivo à pesquisa científica e à formação profissional.

A Opus Incorporadora, em especial ao Eng^o Eduardo Mendes, pelo apoio e incentivo.

BIOGRAFIA DO ALUNO

Flávia Albuquerque, natural da cidade de Goiânia-GO, é graduanda em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano – Campus Trindade. Em 2021, iniciou como Jovem Aprendiz na Opus Incorporadora, onde concentrou seus esforços em aprimorar seu conhecimento sobre fundações e mapeamento de custos de obras. Essa experiência despertou um interesse em prosseguir com pesquisas na área de fundações, com o objetivo de aprofundar seu entendimento sobre a melhor execução de fundações, levando em consideração prazo e custo.

Mariana Araujo de Oliveira, natural de Rubiataba-GO e graduanda em Engenharia Civil pelo Instituto Federal Goiano – Campus Trindade. Após o estágio em 2020, focado em orçamento e planejamento de obras, despertou seu desejo na área e proporcionou um aprofundamento de seus conhecimentos para o desenvolvimento da pesquisa. A etapa de fundações surgiu como um desafio adicional para expandir sua competência profissional. O objetivo deste projeto é aplicar as experiências adquiridas tanto no ambiente profissional quanto no acadêmico, com ênfase em gestão de prazo e custo, aliando-as ao vasto interesse em aprimorar seu entendimento na área de fundações.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. - Custos dos materiais e execução - Estacas HCM.....	28
Tabela 2. - Custos dos materiais e execução - Estacas EFE.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Execução da EFE	15
Figura 2. Ilustração da sequência executiva da EFE.....	15
Figura 3. Execução da HCM	16
Figura 4. Ilustração da sequência executiva da HCM.....	17
Figura 5. Ilustração Esquema do sistema de perfuração <i>air lift</i>	19
Figura 6. Gráfico comparativo dos prazos de execução	33
Figura 5. Esquema genérico de montagem de prova de carga estática a compressão.....	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
	2.1 Geral.....	13
	2.2 Específicos	13
3	REFERENCIAL TEORICO	13
	3.1 Fundações Profundas	14
	3.1.1 Estacas Hélice Contínua Monitorada (HCM).....	15
	3.1.2 Estacas Escavadas com Fluido Estabilizante (EFE)	17
	3.2 Planejamento e orçamento	20
	3.2.1 Linha de Balanço	21
4	CAPÍTULO ÚNICO	22
5	ANALISES COMPLEMENTARES	33
	5.1 Estudo do impacto do tempo na execução das fundações	33
	5.2 Provas de carga estatica instrumentadas para controle de fundações	34
6	CONCLUSÕES	31
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS COMPLEMENTARES.....	38
	ANEXOS	41

RESUMO

O crescimento das cidades tem ocasionado construções cada vez mais verticalizadas e exigido soluções de fundações para acessar camadas mais resistentes. No centro-oeste brasileiro, de modo geral, têm sido adotadas estacas tipo hélice contínua para capacidade de carga e conceitos de radier estaqueado para previsão de recalques. Contudo, nos últimos anos, estacas escavadas de grande diâmetro com fluido estabilizante têm sido consideradas como soluções de fundação alternativas, possibilitando a dissipação de um nível maior de carga e aproveitando a disponibilidade de equipamentos. Assim, este trabalho mostra um estudo de caso de viabilidade econômica de dois métodos executivos de fundações, estaca hélice contínua e estaca escavada com fluido estabilizante em um edifício de 38 pavimentos em Goiânia. Foram considerados aspectos geotécnicos, solicitações estruturais, volume de concreto das estacas e dos blocos de coroamento, quantidade de armação, mão de obra e demais insumos. As estacas escavadas de grande diâmetro mostraram viabilidade econômica em termos dos insumos, no entanto, necessitam de maior cronograma. Também se ressalta a importância de realização de prova de carga estática instrumentada como medida de controle e verificação do comportamento real. Observou-se ainda que estacas hélice podem ser vantajosas desde que filosofias de projeto de radier estaqueado sejam seguidas.

Palavras-chave: Fundações profundas, Viabilidade econômica, Estacas hélice Contínua, Estacas escavadas estabilizadas com fluido estabilizante.

ABSTRACT

The rapid urbanization has led to the construction of increasingly tall buildings, demanding foundation solutions to access more resistant layers. In the Brazilian central-west region, continuous flight auger piles have been commonly used for load-bearing capacity, while piled raft concepts have been employed to predict settlements. However, in recent years, large-diameter bored piles with stabilizing fluid have emerged as alternative foundation solutions, allowing for higher load dissipation and making use of available equipment. This study presents a case study on the economic feasibility of two foundation methods, namely continuous flight auger piles and bored piles with stabilizing fluid, for a 38-story building in Goiânia. Geotechnical aspects, structural demands, concrete volume for piles and pile caps, reinforcement quantities, labor, and other inputs were considered. The large-diameter bored piles demonstrated economic feasibility in terms of inputs, although a longer construction schedule was required. It is also emphasized the importance of conducting instrumented static load tests as a measure of control and verification of actual behavior. Furthermore, it was observed that continuous flight auger piles can be advantageous when designed following piled raft design philosophies.

Keywords: Deep foundations, Economic feasibility, Continuous flight auger piles, Bored piles with stabilizing fluid.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento das cidades tem gerado um aumento significativo na densidade de ocupação de espaços centrais, resultando na necessidade de construções mais altas em terrenos cada vez mais reduzidos. Como resultado desse cenário, a etapa de fundação de edifícios altos tornou-se crucial e mais complexa, especialmente em áreas urbanas densamente desenvolvidas, onde a necessidade de acessar camadas mais resistentes do solo e lidar com cargas significativamente elevadas se torna necessário. Nesse contexto, diferentes técnicas de fundação têm sido desenvolvidas para atender a essas demandas. Poulos (2017) discute os principais aspectos inerentes ao avanço das construções de edifícios super altos, e afirma que no geral, os aspectos positivos tendem a superar os aspectos negativos, e a busca contínua por uma altura cada vez maior comprova essa direção de desenvolvimento da civilização moderna.

No centro-oeste do Brasil, em particular em Goiânia, têm sido comumente adotadas as estacas do tipo Hélice Contínua Monitorada (HCM), que apresentam eficiência em acessar camadas mais resistentes fornecendo a capacidade de carga típica para a construção de prédios altos na região, com alturas entre 120m a 180m. Um ponto negativo dessa técnica, entretanto, é que podem resultar em grande número de estacas e conseqüentemente em grandes blocos, podendo ainda ser utilizado o conceito de radier estaqueado para redução dos níveis de recalques. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada para alicerçar edifícios altos na região, devido a disponibilidade dos equipamentos e também atendendo aos cronogramas de obra.

Nos últimos anos, no entanto, as estacas Escavadas com Fluido Estabilizante (EFE) de grande diâmetro, têm sido consideradas como alternativa às HCMs, pois permitem a absorção de um nível maior de carga, diminuindo consideravelmente o número de estacas e conseqüentemente o tamanho e associação de blocos, aproveitando também a recente viabilidade e disponibilidade de equipamentos adequados para sua execução. Como deméritos ao uso da EFE podem ser citadas a necessidade de insumos adicionais, além de apresentar uma produtividade menor, demandando um cronograma maior para execução das fundações.

Uma das etapas preliminares do desenvolvimento de projeto de fundações consta, a depender da abordagem, num orçamento prévio comparativo das escolhas dos tipos de soluções, que é influenciada por aspectos geotécnicos, estruturais, normativos e executivos. Este orçamento prévio é fundamental na tomada de decisão do tipo de fundação adotado no projeto executivo. Este trabalho não pretende substituir o orçamento mencionado como uma solução que sirva para todos os casos, porque o estudo analisa condições específicas de uma obra e os valores locais atuais. Todavia a reflexão sobre o estudo de caso pode trazer contribuições

valiosas para a comunidade geotécnica sobre a prática atual de fundações. Trabalhos semelhantes de análise de viabilidade técnico financeira entre estacas HCM e EFE foram realizados por Abreu (2017), Naves (2018) e Schimuneck (2020).

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a viabilidade econômica dos métodos executivos de fundações em estacas HCM e EFE, para um edifício de 38 pavimentos em Goiânia, observando aspectos geotécnicos e solicitações estruturais. Onde serão considerados o volume de concreto das estacas e dos blocos de coroamento, quantidade de aço, mão de obra e demais insumos envolvidos. Ao realizar essa análise comparativa, será possível avaliar as vantagens e desvantagens de cada técnica e trazer reflexões para as condições específicas da obra analisada.

Também são discutidos aspectos gerais de projeto e execução das duas soluções que poderiam levar a diferenças nos quantitativos e valores, alterando os resultados obtidos neste trabalho. Além disso, realizar uma análise comparativa entre as duas fundações, considerando o volume de concreto das estacas e dos blocos de coroamento, quantidade de aço, mão de obra e demais insumos envolvidos.

2.2 Específicos

- Demonstrar a importância da realização de provas de carga estática instrumentada como medida de controle e verificação do comportamento real das fundações;
- Discutir aspectos gerais de projeto e execução das duas soluções que poderão levar a diferenças nos quantitativos e valores.

3 REFERENCIAL TEORICO

Nesta seção serão apresentados os principais conceitos relacionados a escolha de fundações profundas em edifícios altos, relacionadas ao tema proposto.

3.1 Fundações profundas

As fundações podem ser classificadas em profundas ou superficiais, de acordo com a profundidade na qual estão assentadas e a forma de transmissão de esforços para o solo. A NBR 6122 – Projeto e execução de fundações (ABNT, 2019), define fundação profunda como:

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, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m. [Item 3.27 da NBR 6122 (ABNT, 2019), p. 17]

As fundações profundas são normalmente utilizadas quando os solos superficiais não apresentam capacidade de suportar elevadas cargas, ou estão sujeitos a processos erosivos, e também, quando existe a possibilidade da realização de uma escavação futura nas proximidades da obra.

Conforme Velloso e Lopes (1998), algumas características do solo podem impor um determinado tipo de fundação, como, por exemplo, uma camada consideravelmente espessa de argila mole na qual não é possível utilizar sapatas. Por outro lado, caso a obra permita mais de um tipo de fundação, é recomendável que seja realizada uma avaliação de custos e prazos, de forma a adotar a melhor solução. Nesta avaliação, é importante considerar a localização da edificação, a presença de subsolos, as cargas e vãos da estrutura, a presença de substâncias corrosivas, entre outros fatores que poderão limitar a escolha de determinada fundação (VELLOSO e LOPES, 1998).

Segundo Poulos (2017), os prédios altos desempenham um papel fundamental nas cidades modernas. De acordo Craighead (2009), um prédio alto é definido como uma estrutura de vários andares na qual a maioria dos ocupantes depende de elevadores para chegar aos seus destinos. Embora não haja uma definição universalmente aceita para determinar quando um prédio é considerado alto, geralmente é aceito que prédios com mais de 40 andares podem ser considerados arranha-céus.

Com o avanço da construção de edifícios de grande altura nas últimas duas décadas, os termos "supertall" ou "super arranha-céu" têm sido utilizados para descrever prédios com uma altura de 300 metros ou mais. Mais recentemente, o termo "megatall" tem sido aplicado a edifícios com mais de 600 metros de altura. O CTBUH (*Council for Tall Buildings and the Urban Habitat*) estabelece as seguintes faixas de altura para edifícios:

- 200-300 m: prédios altos;
- 300-600 m: super arranha-céus;
- > 600 m: megatall.

Edifícios altos exercem carga significativa sobre o solo devido ao seu peso. As fundações profundas são projetadas para distribuir essa carga de forma mais eficiente e segura, evitando o colapso ou afundamento excessivo do solo. A capacidade de carga do solo superficial pode ser insuficiente para suportar a carga total de um edifício alto. As fundações profundas são

projetadas para alcançar camadas mais profundas do solo com maior capacidade de carga, garantindo a estabilidade estrutural.

As estacas são elementos estruturais alongados, geralmente feitos de concreto ou aço, que são cravados ou perfurados no solo até atingirem camadas resistentes. Existem diferentes tipos de estacas, como estacas pré-moldadas, estacas moldadas in loco e estacas metálicas, e a escolha depende das características do solo e dos requisitos de carga do edifício.

A escolha depende de vários fatores, incluindo as características do solo, nível de água a carga do edifício, a disponibilidade de materiais e a viabilidade econômica. Geralmente, engenheiros geotécnicos e estruturais realizam estudos e análises detalhadas para determinar a melhor solução de fundação profunda para um edifício alto específico.

3.1.1 Estacas Hélice Contínua Monitorada (HCM)

De acordo com Magalhães (2005) a Fundação em Hélice Contínua Monitorada (HCM) é uma fundação profunda, moldada “in loco” e executada mediante a introdução de um trato helicoidal contínuo, como mostra por exemplo a Figura 1. É uma técnica que combina a execução de estacas de hélice contínua com o monitoramento em tempo real dos parâmetros de instalação. Os procedimentos executivos Estacas Hélice Contínua Monitorada (HCM), estão no anexo N da NBR – 6122 (ABNT, 2019).



Figura 1 – Execução da HCM.
Fonte: Próprio Autor (2021).

A HCM possui uma haste central com uma espiral em forma de hélice na extremidade inferior, que realiza a perfuração do solo. Durante a execução, a haste de perfuração com a hélice é introduzida (por rotação) no terreno, por meio de torque apropriado do equipamento para vencer a sua resistência. Ao alcançar a profundidade desejada inicia-se a fase da concretagem por bombeamento de concreto pelo interior da haste tubular. Sob a pressão do concreto, a tampa provisória é expulsa e o trado passa a ser retirado, sem rotação, mantendo-se o concreto injetado sempre sob pressão positiva. O método executivo da estaca hélice contínua exige a colocação da armadura após o término da concretagem do fuste da estaca. A armadura, em forma de gaiola, é introduzida na estaca por gravidade sendo empurrada pelos operários ou com auxílio de um pilão de pequena carga, conforme ilustrado na Figura 2.

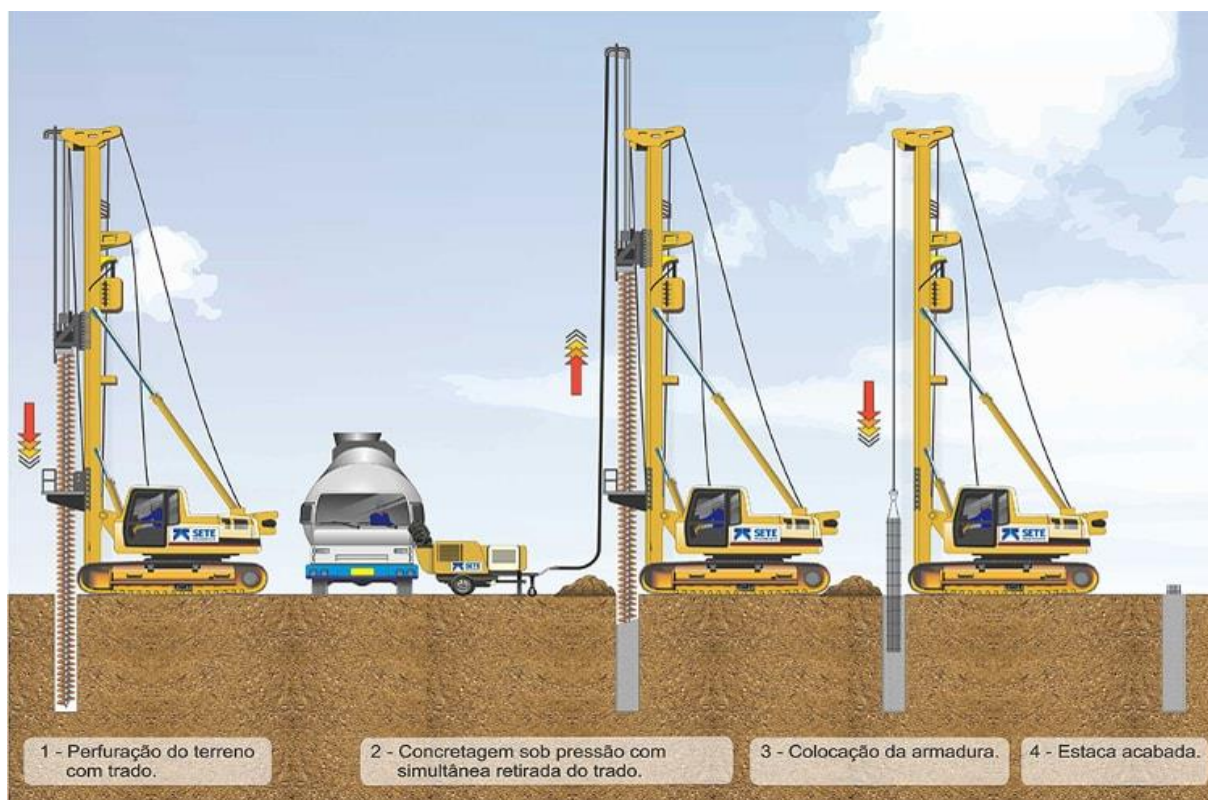


Figura 2 – Ilustração da sequência executiva da HCM.

Fonte: Modificado de Sete Engenharia (2010).

O monitoramento em tempo real é uma etapa crucial na HCM. sensores são instalados ao longo da estaca para medir e registrar parâmetros importantes durante a execução, como torque, velocidade de rotação, carga axial e consumo de concreto. Esses dados são transmitidos para um sistema de monitoramento, que permite acompanhar o processo de instalação e tomar decisões em tempo real com base nas informações coletadas.

O monitoramento contínuo durante a execução da estaca permite a detecção de eventuais problemas, como a presença de camadas de solo de baixa resistência ou a ocorrência

de obstruções. Essas informações podem ser utilizadas para ajustar os parâmetros de execução, garantindo a qualidade da fundação e evitando retrabalhos ou falhas futuras. Além disso, o monitoramento em tempo real também contribui para o controle de qualidade e a rastreabilidade da execução das estacas. Os registros obtidos durante o processo podem ser utilizados como documentação técnica e comprovação da qualidade da fundação.

3.1.2 Estacas Escavadas com Fluido Estabilizante (EFE)

As estacas escavadas com fluido estabilizante (EFE), são um tipo de fundação profunda, essas estacas são formadas pela escavação de um furo no solo enquanto um fluido estabilizante é injetado no furo para estabilizar as paredes e evitar o desmoronamento, como mostra a Figura 3.



Figura 3 – Execução da EFE.
Fonte: Próprio Autor (2022).

Para Hachich et al. (1998) o processo executivo da estaca escavada com fluido estabilizante compreende as seguintes etapas: Colocação da camisa-guia, perfuração, com o simultâneo preenchimento com fluido estabilizante ou lama bentonítica, colocação da armação, após desarenação ou troca da lama bentonítica, colocação da armadura e concretagem de baixo para cima com auxílio da tremonha, como representado na Figura 4.

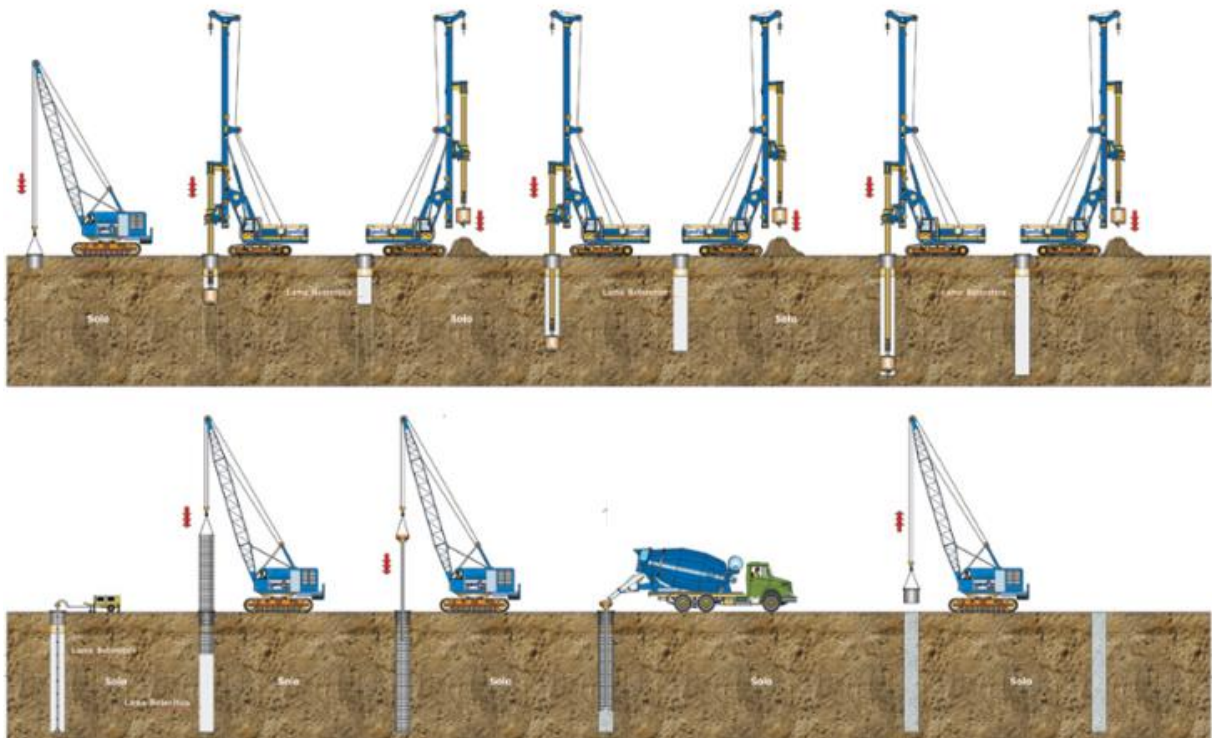


Figura 4 – Ilustração da sequência executiva da EFE.
 Fonte: Modificado por Geofix (2015).

O anexo J da NBR – 6122 (ABNT 2019) determina a verificação da quantidade de areia suspensa, e em função dela proceder sua troca ou desarenação para garantir a qualidade durante toda a concretagem. Pode haver ainda serviços adicionais para uma total limpeza do fundo da escavação através do sistema *air lift*, com o propósito de melhorar o contato do concreto com solo ou rocha. O método *air lift* é o procedimento de elevação por ar, também chamado de bomba *Löscher* ou bomba de mamute, princípio conhecido no ramo de fundações especiais e funciona de acordo com o qual a água é distribuída verticalmente em tubos, ou a partir de furos de sondagem, sendo a fonte de energia o ar comprimido. Durante as operações de perfuração, a original segunda fase de entrega de água e ar é convertida em uma terceira fase de entrega de sedimentos de água-ar-rocha (WIRTH,1981), ilustrado na figura 5.

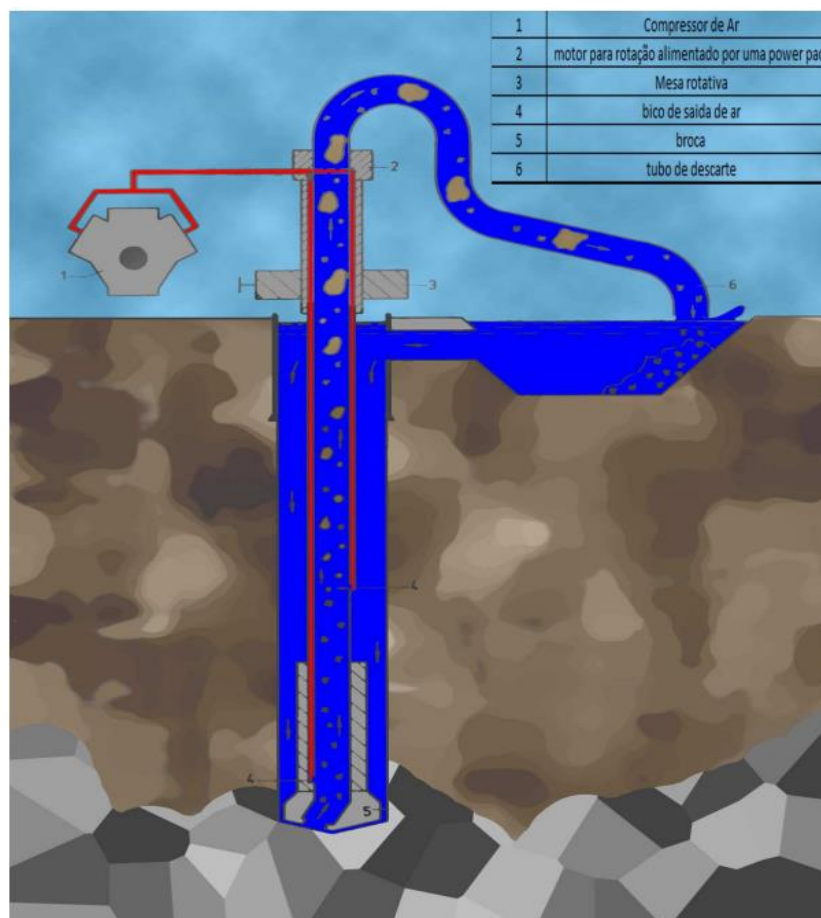


Figura 5 – Ilustração Esquema do sistema de perfuração *air lift*.
 Fonte: Adaptado por WIRTH (1981).

O método de operação da bomba de ar pode ser explicado da seguinte forma: O ar comprimido é injetado através de uma linha de ar (tubo) e difundido em um tubo grande submerso em um líquido. Bolhas de ar sobem através do líquido e o impulsionam verticalmente para cima, isso alivia a carga da coluna d'água e o líquido é elevado pela pressão atmosférica. O ar também pode ser injetado no anel de dois tubos concêntricos submersos em um líquido e difundidos no tubo central para elevação de ar. (ALLEN, 1976).

O fluido estabilizante é uma mistura de água e argila natural (bentonita) ou aditivos químicos, como polímeros. Essa mistura tem a capacidade de estabilizar o solo, o que proporciona suporte às paredes do furo durante a escavação. Esse líquido viscoso cria uma pressão hidrostática que equilibra as pressões do solo ao redor, impedindo que o furo desmorone. A verificação das características do fluido deve ser realizada por meio de ensaios (peso específico, viscosidade, pH e teor de areia), como determina O anexo J da NBR – 6122 (ABNT, 2019).

3.2 Planejamento e orçamento

Planejamento e orçamento de fundações de obras são etapas essenciais para garantir o sucesso e a viabilidade financeira de um projeto de construção. É crucial que o planejamento e o orçamento sejam bem elaborados para evitar problemas durante a execução da obra.

O planejamento envolve o processo de estabelecer metas amplas e abrangentes, a fim de definir as atividades que devem ser realizadas dentro de uma empresa, de modo a contribuir para o desenvolvimento de um processo comum de operação do negócio (BOMFIM, 2007). A importância de um planejamento adequado é enfatizada por Lunkes e Schnorrenberger (2009), que apontam que o desafio e o principal objetivo das empresas ao elaborar seu planejamento consiste em antecipar eventos futuros, a fim de maximizar a utilização das capacidades existentes, prevenir e corrigir os efeitos de vulnerabilidades, bem como desenvolver e agregar novas habilidades e competências para garantir a continuidade da organização.

Quando uma empresa implementa um processo de planejamento de um projeto, ela consegue estabelecer objetivos e diretrizes abrangentes, que orientam suas atividades a serem cumpridas em curto ou médio prazo. Atualmente, as empresas estão adotando medidas de otimização e aprimoramento de sistemas, pois, devido à globalização, os pequenos empreendimentos sentem-se motivados a adotar uma administração moderna e inovadora (BARBOSA FILHO; PARISI, 2006). Através dessa estratégia, as empresas se organizam e obtêm informações para aprimorar e otimizar o processo de tomada de decisão (FREZATTI, 2004).

De acordo com Goldman (2004), o orçamento de uma obra é uma informação essencial que interessa ao empreendedor. É importante ressaltar que a construção envolve despesas significativas e, portanto, é crucial determinar esses custos para avaliar a viabilidade do projeto em estudo. O orçamento é utilizado para estabelecer metas a serem alcançadas em cada departamento da organização. Ele explicita as expectativas da administração central em relação às atividades de cada setor interno da empresa, especialmente no que diz respeito aos custos planejados e à receita prevista (KNOLSEISEN, 2003).

De acordo com Cazal (2004), o orçamento pode ser definido como uma atividade que representa a implementação de uma parte anual do planejamento de longo prazo. Ele expressa esse plano em termos financeiros, levando em consideração as condições atuais. Embora seja um conceito associado ao planejamento empresarial, seu escopo pode ser aplicado ao campo da Engenharia, uma vez que a essência do orçamento é prever os gastos de um projeto ou empreendimento.

3.2.1 Linha de balanço

A técnica conhecida como linha de balanço (Line of Balance – LOB) teve sua origem na indústria manufatureira. Foi criada pela Marinha dos Estados Unidos em 1942 com o objetivo de programar e controlar projetos que envolvessem a repetição de atividades (SUHAIL e NEALE, 1994).

Do ponto de vista conceitual, a LOB refere-se a um sistema bidimensional de eixos coordenados, onde um dos eixos representa a variável tempo e o outro eixo representa as unidades de repetição (Figuras 6). A unidade de repetição indica a quantidade de trabalho contida em uma subdivisão da obra. Nesse plano, o ritmo das várias atividades necessárias para a conclusão da obra é programado. Quando a produtividade é constante (e a dimensão das equipes é mantida), o gráfico resultante consiste em um conjunto de linhas diagonais, o que é chamado de LOB. Na programação por LOB, cada atividade é representada por uma linha, e a inclinação dessa linha depende da produtividade. Quando a produtividade varia, a linha de progresso da atividade deixa de ser reta, pois a inclinação da linha varia de acordo com o aumento ou diminuição da produtividade. Portanto, o termo LOB, no sentido de uma "linha reta de balanço", implica produtividade constante (PACHECO, 2006).

De acordo com Alencar (2018), a técnica conhecida como LOB baseia-se na associação dos fluxos produtivos ao ritmo de produção. Essa abordagem descreve a construção como um fluxo contínuo e rítmico de linhas de produção, onde é essencial garantir a continuidade do trabalho. Na LOB, o foco está na progressão de uma atividade através das várias unidades de repetição. Cada LOB acompanha o avanço de uma atividade, o que facilita a compreensão do progresso das diferentes atividades.

A garantia da continuidade dos serviços, sincronização adequada, tempo de folga apropriado, redução da variabilidade e melhor utilização dos recursos e mão de obra, garantia aprimorada do prazo de conclusão da obra, além do aumento da transparência do processo, são alcançados por meio do balanceamento adequado das atividades na LOB (DEPEXE et al., 2006). Bulhões (2005) aponta que a LOB possibilita fácil análise visual e complementa ressaltando a importância da mesma na definição do ritmo de trabalho de cada processo e na identificação de interferências entre as equipes de produção.

Um dos maiores benefícios da Linha de Balanço é permitir a visualização do fluxo de trabalho do projeto, facilitando o planejamento da continuidade das atividades. É possível então entender como está o aproveitamento das equipes e os ritmos de produção.

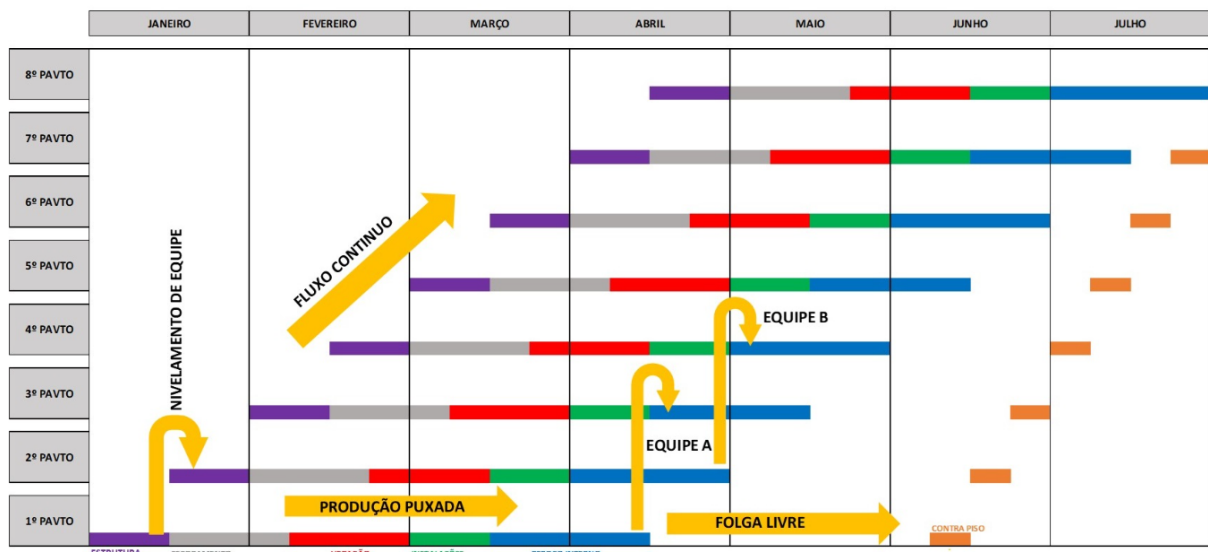


Figura 6 – Representação de uma LOB.
 Fonte: Soluções Engenharia (2019).

4 CAPÍTULO ÚNICO – ARTIGO PUBLICADO EM CONGRESSO NACIONAL

O artigo a seguir, foi submetido ao congresso nacional SEFE 10, o 10º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia. O SEFE é reconhecido como o maior seminário do Hemisfério Sul na área de Engenharia de Fundações e Geotecnia e tem sido realizado desde 1985 pela Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia - ABEF. Nesta 10ª edição, o SEFE tem como objetivo relatar e destacar casos de obras. O Comitê Técnico encorajou a submissão de artigos sobre obras bem-sucedidas, que tenham sido executadas com técnicas estabelecidas ou inovadoras, como defendido e analisado nos artigos.

A primeira etapa foi o envio do resumo, que deveriam ser digitados em um campo específico do sistema e conter até 200 palavras. O prazo para o envio dos resumos foi até o dia 02/05/2023, o resumo foi aprovado (Anexo 1). O artigo completo deveria ser enviado por aquele cujo o resumos foi aprovado, através de um sistema eletrônico, em formato PDF, até o dia 12/08/2023. Após o envio do artigo, o mesmo passou por uma revisão. Dia 11/10/2023, foi enviado um e-mail de aprovação do artigo (Anexo 2), que foi aprovado sem ressalvas.

O SEFE 10 será realizado entre os dias 4 e 7 de dezembro de 2023, no Pro Magno Centro de Eventos, em São Paulo. O tema principal da conferência será "**Engenharia de Fundações: Desafios e Inovações para um Mundo em Transformação**". O evento abordará esse tema por meio de cursos, workshops, palestras e mesas-redondas, com o objetivo de promover discussões sobre inovações e avanços científicos no campo da engenharia geotécnica.



Estudo Comparativo de Fundações em Edifício Alto: Estacas Hélice Contínua versus Estacas Escavadas com Fluido Estabilizante em Goiânia

Flávia Albuquerque 1

Estudante, Instituto Federal Goiano - Campus Trindade, Trindade, GO, Brasil,
flavia.albuquerque@estudante.ifgoiano.edu.br

Mariana Araujo de Oliveira 2

Estudante, Instituto Federal Goiano - Campus Trindade, Trindade, GO, Brasil,
mariana.oliveira@estudante.ifgoiano.edu.br

Vinicius Otto de Aguiar Ritzmann Marzall 3

Instituto Federal Goiano - Campus Trindade, Trindade, GO, Brasil,
vinicius.marzall@ifgoiano.edu.br

Aleones José da Cruz Júnior 4

Instituto Federal Goiano - Campus Trindade, Trindade, GO, Brasil,
aleones.junior@ifgoiano.edu.br

RESUMO: O crescimento das cidades tem ocasionado construções cada vez mais verticalizadas e exigido soluções de fundações para acessar camadas mais resistentes. No centro-oeste brasileiro, de modo geral, têm sido adotadas estacas tipo hélice contínua para capacidade de carga e conceitos de radier estaqueado para previsão de recalques. Contudo, nos últimos anos, estacas escavadas de grande diâmetro com fluido estabilizante têm sido consideradas como soluções de fundação alternativas, possibilitando a dissipação de um nível maior de carga e aproveitando a disponibilidade de equipamentos. Assim, este trabalho mostra um estudo de caso de viabilidade econômica de dois métodos executivos de fundações, estaca hélice contínua e estaca escavada com fluido estabilizante em um edifício de 38 pavimentos em Goiânia. Foram considerados aspectos geotécnicos, solicitações estruturais, volume de concreto das estacas e dos blocos de coroamento, quantidade de armação, mão de obra e demais insumos. As estacas escavadas de grande diâmetro mostraram viabilidade econômica em termos dos insumos, no entanto, necessitam de maior cronograma. Também se ressalta a importância de realização de prova de carga estática instrumentada como medida de controle e verificação do comportamento real. Observou-se ainda que estacas hélice podem ser vantajosas desde que filosofias de projeto de radier estaqueado sejam seguidas.

PALAVRAS-CHAVE: Fundações profundas, Viabilidade econômica, Estacas hélice Contínua, Estacas escavadas estabilizadas com fluido estabilizante.

ABSTRACT: The rapid urbanization has led to the construction of increasingly tall buildings, demanding foundation solutions to access more resistant layers. In the Brazilian central-west region, continuous flight auger piles have been commonly used for load-bearing capacity, while piled raft concepts have been employed to predict settlements. However, in recent years, large-diameter bored piles with stabilizing fluid have emerged as alternative foundation solutions, allowing for higher load dissipation and making use of available equipment. This study presents a case study on the economic feasibility of two foundation methods, namely continuous flight auger piles and bored piles with stabilizing fluid, for a 38-story building in Goiânia. Geotechnical

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



sefe 10

aspects, structural demands, concrete volume for piles and pile caps, reinforcement quantities, labor, and other inputs were considered. The large-diameter bored piles demonstrated economic feasibility in terms of inputs, although a longer construction schedule was required. It is also emphasized the importance of conducting instrumented static load tests as a measure of control and verification of actual behavior. Furthermore, it was observed that continuous flight auger piles can be advantageous when designed following piled raft design philosophies.

KEYWORDS: Deep foundations, Economic feasibility, Continuous flight auger piles, Bored piles with stabilizing fluid.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

1 Introdução

O crescimento das cidades tem gerado um aumento significativo na densidade de ocupação de espaços centrais, resultando na necessidade de construções mais altas em terrenos cada vez mais reduzidos. Como resultado desse cenário, a etapa de fundação de edifícios altos tornou-se crucial e mais complexa, especialmente em áreas urbanas densamente desenvolvidas, onde a necessidade de acessar camadas mais resistentes do solo e lidar com cargas significativamente elevadas se torna necessário. Nesse contexto, diferentes técnicas de fundação têm sido desenvolvidas para atender a essas demandas. Poulos (2017) discute os principais aspectos inerentes ao avanço das construções de edifícios super altos, e afirma que no geral, os aspectos positivos tendem a superar os aspectos negativos, e a busca contínua por uma altura cada vez maior comprova essa direção de desenvolvimento da civilização moderna.

No centro-oeste do Brasil, em particular em Goiânia, têm sido comumente adotadas as estacas do tipo Hélice Contínua Monitorada (HCM), que apresentam eficiência em acessar camadas mais resistentes fornecendo a capacidade de carga típica para a construção de prédios altos na região, com alturas entre 120m a 180m. Um ponto negativo dessa técnica, entretanto, é que podem resultar em grande número de estacas e conseqüentemente em grandes blocos, podendo ainda ser utilizado o conceito de radier estaqueado para redução dos níveis de recalques. Essa abordagem tem sido amplamente utilizada para alicerçar edifícios altos na região, devido a disponibilidade dos equipamentos e também atendendo aos cronogramas de obra.

Nos últimos anos, no entanto, as estacas Escavadas com Fluido Estabilizante (EFE) de grande diâmetro, têm sido consideradas como alternativa às HCMs, pois permitem a absorção de um nível maior de carga, diminuindo consideravelmente o número de estacas e conseqüentemente o tamanho e associação de blocos, aproveitando também a recente viabilidade e disponibilidade de equipamentos adequados para sua execução. Como deméritos ao uso da EFE podem ser citadas a necessidade de insumos adicionais, além de apresentar uma produtividade menor, demandando um cronograma maior para execução das fundações.

Dessa forma, objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica dos métodos executivos de fundações em estacas HCM e EFE, para um edifício de 38 pavimentos em Goiânia, observando aspectos geotécnicos e solicitações estruturais, onde serão considerados o volume de concreto das estacas e dos blocos de coroamento, quantidade de aço, mão de obra e demais insumos envolvidos. Ao realizar essa análise comparativa, será possível avaliar as vantagens e desvantagens de cada técnica e trazer reflexões para as condições específicas da obra analisada.

Além disso, o estudo também busca demonstrar a importância da realização de provas de carga estática instrumentada como medida de controle e verificação do comportamento real das fundações, de modo a garantir a segurança e a eficiência do sistema de fundação escolhido. Também são discutidos aspectos gerais de projeto e execução das duas soluções que poderiam levar a diferenças nos quantitativos e valores, alterando os resultados obtidos neste trabalho.

Uma das etapas preliminares do desenvolvimento de projeto de fundações consta, a depender da abordagem, num orçamento prévio comparativo das escolhas dos tipos de soluções, que é influenciada por aspectos geotécnicos, estruturais, normativos e executivos. Este orçamento prévio é fundamental na tomada de decisão do tipo de fundação adotado no projeto executivo. O presente trabalho não tem a pretensão de substituir tal orçamento, como uma solução padrão universal, uma vez que o estudo de caso reflete condições específicas de uma obra, e valores unitários regionais do tempo presente. Todavia a reflexão sobre o estudo de caso pode trazer contribuições valiosas para a comunidade geotécnica sobre a prática atual de fundações. Trabalhos semelhantes de análise de viabilidade técnico financeira entre estacas HCM e EFE foram realizados por Abreu (2017), Naves (2018) e Schimunek (2020).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



2 Materiais e Método

A obra definida como estudo de caso localiza-se no setor Marista em Goiânia, Goiás, no Centro-Oeste do Brasil, nas coordenadas $16^{\circ}42'13.9''S$ $49^{\circ}15'47.8''W$, conforme mostra a Figura 1. No terreno será construída uma torre constituída por 38 pavimentos mais 2 subsolos e altura aproximada de 118 metros. Para o desenvolvimento dos projetos de fundações foram executadas campanhas de sondagens à percussão (Standard Penetration Test – SPT), entre abril/2021 e fevereiro/2022, com um total de 5 furos seguindo os preceitos da NBR 6484 (2020).

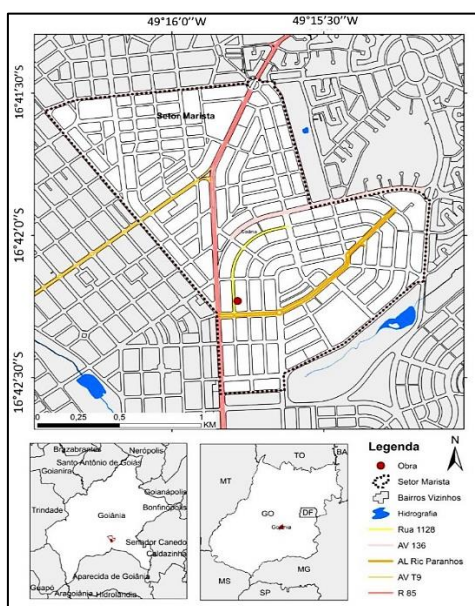


Figura 1. Localização do estudo de caso.

A Figura 2 mostra a locação dos furos de sondagem e um perfil típico construído a partir das sondagens. Os projetos de fundação foram desenvolvidos partindo exclusivamente dos resultados das campanhas de sondagens e da planta de locação de cargas do edifício (projeto estrutural), observando as cargas que serão transmitidas pelos elementos estruturais do edifício para a fundação.

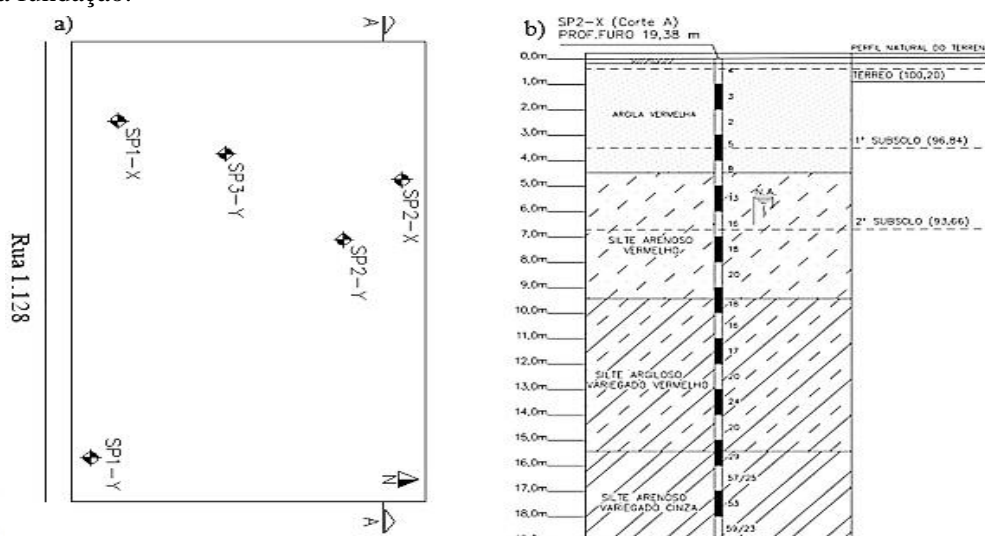


Figura 2. a) Locação das sondagens; b) Perfil de solo definido pelas sondagens SPT.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Para o estudo de caso do presente trabalho foram analisados os dois projetos de fundação elaborados pelo projetista contratado pela construtora, o primeiro em estaca HCM e o segundo estaca EFE. As Provas de Carga Estática (PCE) foram executadas no nível do terreno natural anteriores à escavação do terreno em estacas HCM, ainda para a configuração do primeiro projeto desenvolvido, no entanto, o projeto executado foi em estacas EFE. Na Figura 3 são mostrados em planta baixa a distribuição de estacas de cada projeto.

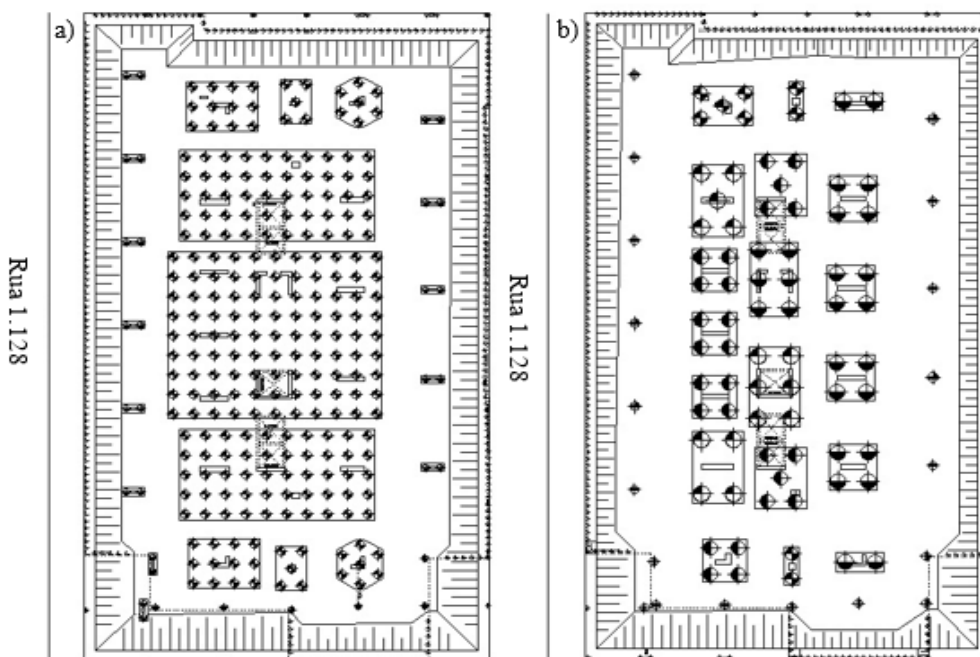


Figura 3. Soluções de fundação: a) em estacas HCM; b) em estacas EFE.

Para o levantamento de todos os quantitativos envolvidos neste estudo foram considerados os procedimentos executivos descritos no anexo N e anexo J da NBR 6122 (ABNT, 2019), respectivamente, para estacas HCM e EFE. Também foram levados em consideração detalhes executivos previstos nos projetos para estacas HCM e EFE, e de fato executados nas estacas EFE. Além disso também foram observados os detalhes e procedimentos de campo que constam no manual de especificações de produtos e procedimentos da ABEF (ABEF, 2004), para assim definir todos os quantitativos envolvidos nas duas soluções de fundação estudadas no presente trabalho.

Os valores unitários dos insumos adotados neste estudo foram os praticados no mercado regional de Goiânia e adotados no planejamento da obra na época do empreendimento. Tal premissa serviu de base para que os valores totais refletissem a prática de mercado do estudo de caso. Durante a confecção dos orçamentos, observou-se que a utilização de sistemas de custos unitários de referência como SINAPI poderia levar a diferenças, que a depender da composição do serviço apresentariam discrepâncias em relação à ocorrência local real.

3. Análise de Resultados

A partir dos quantitativos levantados para cada projeto e dos valores unitários adotados pode-se fazer o levantamento dos custos totais de cada serviço envolvido. As Tabelas 1 e 2 apresentam os custos para cada solução de projeto de fundação em estacas HCM e EFE.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





Tabela 1 - Custos dos materiais e execução - Estacas HCM.

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Mobilização/desmobilização				R\$ 8.000,00
1.1	Mobilização/desmobilização da perfuratriz	1,0	vb	R\$ 8.000,00	R\$ 8.000,00
2	Execução das estacas				R\$ 293.060,00
2.1	Perfuração Ø50 cm	420	m	R\$ 50,00	R\$ 21.000,00
2.2	Perfuração Ø70 cm	3.600	m	R\$ 70,00	R\$ 252.000,00
2.3	Máquina para auxiliar na execução das estacas	1,2	mês	R\$ 17.000,00	R\$ 20.060,00
3	Retirada de material escavado das estacas				R\$ 88.634,00
3.1	Retirada do solo das estacas	1.820	m³	R\$ 48,70	R\$ 88.634,00
4	Aço das estacas	37.280	kg	R\$ 7,20	R\$ 268.416,00
5	Concreto Usinado - Estacas				R\$ 908.118,20
5.1	Concreto Fck 30 MPa	1.500	m³	R\$ 576,00	R\$ 864.000,00
5.2	Taxa de bombeamento	35	dia	R\$ 1.200,00	R\$ 42.000,00
5.3	Cimento comum F 32 CPHI 50kg	70	sacos	R\$ 30,26	R\$ 2.118,20
6	Ensaio de prova de carga instrumentada				R\$ 86.000,00
6.1	Materiais e preparação	1	vb	R\$ 58.000,00	R\$ 58.000,00
6.2	Instrumentação	2	unidade	R\$ 5.000,00	R\$ 10.000,00
6.3	Ensaio	2	unidade	R\$ 9.000,00	R\$ 18.000,00
7	Arrasamento das estacas				R\$ 8.803,00
7.1	Arrasamento da cabeça das estacas	88,03	m³	R\$ 100,00	R\$ 8.803,00
8	Retirada do entulho do Arrasamento das estacas				R\$ 5.281,80
8.1	Retirada do entulho do Arrasamento das estacas	88,03	m³	R\$ 60,00	R\$ 5.281,80
9	Escavação dos blocos				R\$ 161.561,43
9.1	Retirada do solo dos blocos	2.271	m³	R\$ 15,00	R\$ 34.061,43
9.2	Locação de escavadeira hidráulica	2	mês	R\$ 51.000,00	R\$ 102.000,00
9.3	Locação de mini escavadeira hidráulica	2	mês	R\$ 17.000,00	R\$ 25.500,00
10	Corte dobra e montagem de aço - Blocos				R\$ 1.565.989,70
10.1	Aço dos blocos	210.200	kg	R\$ 6,30	R\$ 1.324.259,75
10.2	Amação do aço dos blocos	210.200	kg	R\$ 1,15	R\$ 241.729,95
11	Concreto Usinado - Blocos				R\$ 1.435.453,75
11.1	Concreto Fck 45 MPa	2.384	m³	R\$ 595,70	R\$ 1.420.327,51
11.2	Taxa de bombeamento	12	dia	R\$ 1.200,00	R\$ 14.400,00
11.3	Cimento comum F 32 CPHI 50kg	24	sacos	R\$ 30,26	R\$ 726,24
12	Custos de administração				R\$ 242.204,70
12.1	Equipe de apoio	3,18	mês	R\$ 22.865,00	R\$ 72.710,70
12.2	Administração da obra	3,18	mês	R\$ 53.300,00	R\$ 169.494,00
Total					R\$ 5.071.522,58

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





Tabela 2 - Custos dos materiais e execução - Estacas EFE.

Item	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total
1	Mobilização/desmobilização				R\$ 60.000,00
1.1	Mobilização/desmobilização (incluindo máquina para acompanhamento)	1,0	vb	R\$ 60.000,00	R\$ 60.000,00
2	Execução das estacas				R\$ 770.100,00
2.1	Perfuração Ø70 cm	210,0	m	R\$ 240,00	R\$ 50.400,00
2.2	Perfuração Ø80 cm	65,0	m	R\$ 270,00	R\$ 17.550,00
2.3	Perfuração Ø110 cm	160,0	m	R\$ 420,00	R\$ 67.200,00
2.4	Perfuração Ø120 cm	460,0	m	R\$ 450,00	R\$ 207.000,00
2.5	Perfuração Ø130 cm	460,0	m	R\$ 480,00	R\$ 220.800,00
2.6	Perfuração Ø140 cm	290,0	m	R\$ 510,00	R\$ 147.900,00
2.7	Caminhão pipa para o abastecimento da central de fluido	75.000,0	litros	R\$ 0,35	R\$ 26.250,00
2.8	Topografo para acompanhamento da execução das estacas	2,8	mês	R\$ 11.000,00	R\$ 30.800,00
3	Retirada de material escavado das estacas				R\$ 95.598,10
3.1	Retirada do solo das estacas	1.963,0	m³	R\$ 48,70	R\$ 95.598,10
4	Corte dobra e montagem de aço - Estacas				R\$ 206.940,40
4.1	Aço das estacas	27.229,0	kg	R\$ 6,30	R\$ 171.542,70
4.2	Armação do aço das estacas	27.229,0	kg	R\$ 1,30	R\$ 35.397,70
5	Concreto Usinado - Estacas				R\$ 934.046,52
5.1	Concreto Fck 30 MPa	1.510,0	m³	R\$ 576,00	R\$ 869.760,00
5.2	Taxa de bombeamento	51,0	dia	R\$ 1.200,00	R\$ 61.200,00
5.3	Cimento comum F 32 CPII 50kg	102,0	sacos	R\$ 30,26	R\$ 3.086,52
6	Ensaio de prova de carga instrumentada				R\$ 216.789,00
6.1	Materiais e preparação	1,0	vb	R\$ 65.789,00	R\$ 65.789,00
6.2	Instrumentação	1,0	unidade	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
6.3	Ensaio	1,0	unidade	R\$ 146.000,00	R\$ 146.000,00
7	Arrasamento das estacas				R\$ 17.312,00
7.1	Arrasamento das estacas	173,1	m³	R\$ 100,00	R\$ 17.312,00
8	Retirada do entulho do Arrasamento das estacas				R\$ 10.387,20
8.1	Retirada do entulho do Arrasamento das estacas	173,1	m³	R\$ 60,00	R\$ 10.387,20
9	Escavação dos blocos				R\$ 144.406,50
9.1	Retirada do solo dos blocos	1.127,1	m³	R\$ 15,00	R\$ 16.906,50
9.2	Locação de escavadeira hidráulica	2,0	mês	R\$ 51.000,00	R\$ 102.000,00
9.3	Locação de mini escavadeira hidráulica	1,5	mês	R\$ 17.000,00	R\$ 25.500,00
10	Corte dobra e montagem de aço - Blocos				R\$ 711.757,80
10.1	Aço dos blocos	91.251,0	kg	R\$ 6,30	R\$ 574.881,30
10.2	Armação do aço dos blocos	91.251,0	kg	R\$ 1,50	R\$ 136.876,50
11	Concreto Usinado - Blocos				R\$ 526.556,06
11.1	Concreto Fck 45 MPa	867,0	m³	R\$ 595,70	R\$ 516.471,90
11.2	Taxa de bombeamento	8,0	dia	R\$ 1.200,00	R\$ 9.600,00
11.3	Cimento comum F 32 CPII 50kg	16,0	sacos	R\$ 30,26	R\$ 484,16
12	Custos de administração				R\$ 380.825,00
12.1	Equipe de apoio	5,0	mês	R\$ 22.865,00	R\$ 114.325,00
12.2	Administração da obra	5,0	mês	R\$ 53.300,00	R\$ 266.500,00
	Total				R\$ 4.074.718,58

Ao observar os resultados das Tabelas 1 e 2 percebe-se que a solução em estacas HCM mostra-se mais econômica em termos dos custos envolvidos para execução das estacas e das PCE, ao passo que a solução em estacas EFE mostrou-se mais econômica para os serviços dos blocos. Cabe ressaltar que no estudo de caso o tempo necessário para execução de toda a solução de fundação em estacas EFE foi de 2,8 meses, e o tempo planejado para a solução em estacas HCM seria de 1,2 meses, sendo esse tempo calibrado por execução de outras obras anteriores semelhantes executadas em estacas HCM.

Ao final a solução em estaca HCM apresentou um custo de R\$ 5.071.522,58, e a solução em estacas EFE de R\$ 4.074.718,58. Assim, a solução em estaca EFE mostrou uma economia de

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



24% em relação às estacas HCM. Cabe ainda ressaltar que a execução das estacas EFE mostrou a necessidade de uma maior quantidade de insumos envolvidos, com velocidade de execução menor, com conseqüente necessidade maior de tempo quando comparado às estacas HCM.

Na Figura 4 são apresentados de modo comparativo os valores por serviços previstos nas Tabelas 1 e 2. Cabe notar que em termos de valores por serviço as estacas EFE mostraram maiores valores que as estacas HCM, principalmente, nos custos de mobilização, perfuração das estacas, ensaios de PCE e administração. Ao passo que as estacas HCM mostraram maiores custos nos serviços de aço das estacas e dos blocos, concreto e escavação dos blocos.

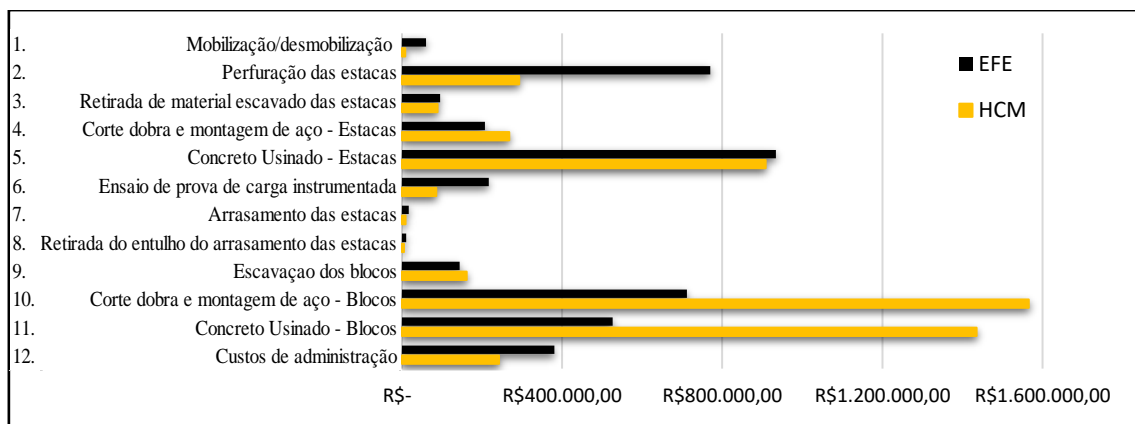


Figura 4 – Gráfico comparativo dos custos dos materiais e execução.

A execução de PCE para cargas muito elevadas, como previstas para as fundações em estacas EFE, são representativamente mais caras (300%), e considerando a obrigatoriedade de execução que consta na NBR 6122, não há como eliminar estes custos. De modo geral, pode-se melhorar consideravelmente a qualidade de informação obtida pela PCE ao instrumentar com sensores para monitorar as cargas ao longo da estaca, assim obtendo as parcelas de carga dissipadas por atrito lateral e percebidas na ponta, estudos realizados por Silva et al (2022) mostraram economias da ordem de 25% dos custos globais da fundação ao otimizar o número de estacas HCM a partir dos resultados de instrumentação.

Uma solução alternativa para tornar menores os custos de PCE em estacas EFE pode ser instrumentar estacas de menor diâmetro, onde os resultados de tensões cisalhantes unitárias (adesões) pudessem ser extrapolados para estacas de maiores diâmetros, assim tornando viável a PCE com execução de cargas menores que resultam em um custo menor. Cabe ressaltar que a experiência local ainda é limitada com estacas EFE em relação ao nível de adesão e capacidade de resistência e embutimento de ponta que pode ser considerada para os solos regionais, e PCE's mesmo sendo caras não podem ser dispensadas.

A solução de fundação em estacas HCM mostrada na Figura 3 e com custos levantados na Tabela 1, poderia ser bem diferente, com menores quantitativos e valores totais, caso o projeto fosse desenvolvido com a premissa de que o radier pode suportar parte das cargas, e de que as estacas estariam em pontos localizados e em sua maioria suportando cargas limites, abordagem conhecida como “*creep-piling*” (Poulos, 2001). Atualmente no mercado regional a filosofia de radier estaqueado tem sido considerada em projetos de fundação somente para previsão de recalques usando ferramentas numéricas, sendo que inicialmente o estaqueamento foi determinado usando uma abordagem convencional onde cerca de 95% das cargas seriam absorvidas pelas estacas, o que resulta num número elevado de estacas.

Recomendações específicas previstas na NBR 6122 (ABNT, 2019), no anexo J, para estacas EFE podem tornar o processo executivo mais demorado, como cuidados adicionais, se for considerada dissipação de carga na ponta da estaca, também relacionadas ao controle de qualidade

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





da lama e dos materiais em suspensão, que podem se tornar contaminação caso não sejam expurgados. Também cabe ressaltar que a norma recomenda que pelo menos uma estaca seja exumada até o nível de água, e que não sejam executadas estacas adjacentes com espaçamento menor 5D em períodos menores que 12 horas, cuidados que tornam ainda mais demorados a execução de estacas EFE.

4 Conclusões

O presente trabalho apresentou uma análise comparativa de viabilidade financeira de um estudo de caso de duas soluções de fundação, em estacas HCM e EFE, para uma obra de edifício vertical de 38 pavimentos, com 118 metros de altura, onde os quantitativos e valores unitários refletem a realidade de mercado de um caso objetivo. Assim podem ser enumeradas as principais conclusões:

- Para o estudo de caso a solução em estacas EFE mostrou uma economia de cerca de 24% em termos dos valores totais previstos para fundação. Em contraponto mostrou necessidade de um prazo de execução de 2,3 vezes maior que as estacas HCM.
- Os custos de execução relacionados aos blocos de fundação na solução em estacas HCM, mostraram ser bem maiores, cerca de 1,9 vezes, inviabilizando a solução em comparação com estacas EFE.
- A solução em estacas HCM resultam em blocos de grandes dimensões com associações de vários pilares, e muitas vezes são chamados de radiers, e apesar de serem considerados na estimativa de recalques, não são considerados na capacidade de carga das fundações, ou seja, o item que mais onera a solução representa um subdimensionamento, uma vez que quantidade de carga que poderia ser dissipada por ele não é considerada.
- As estacas HCM apresentaram vantagem em termos de produtividade, uma vez que a perfuração e a concretagem podem ser realizadas em um único processo. Além disso, a técnica oferece maior controle na execução e menor geração de resíduos.

O estudo comparativo entre as fundações de estacas HCM e estacas EFE demonstrou que ambas as técnicas de fundação são exequíveis para o tipo de solo encontrado na região. No entanto, a escolha entre as duas técnicas deve ser feita com base em uma análise cuidadosa de fatores como custos, prazos, controle com provas de carga, disponibilidade de equipamentos e experiência da equipe de construção.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano Câmpus Trindade pelo incentivo à pesquisa científica e à formação profissional. A Opus Incorporadora Ltda por fornecer todos os dados para a pesquisa e permitir sua publicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, L.P. (2017). *Avaliação de projeto de fundação em estaca escavada x estaca Hélice contínua*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, TO, 81 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2019). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro. 120 p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2020). NBR 6484: *Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 32p.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





- Associação Brasileira de Empresas de Fundações e Geotecnia (2004). Manual de Especificações de Produtos e Procedimentos ABEF. São Paulo: PINI, 3ª edição, 2004. 410 p.
- ANTUNES, W.R.; TAROZZO, H. Execução de fundações profundas: estacas tipo hélice contínua. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p.345-348.
- ALONSO, U.R. Execução de fundações profundas: estacas injetadas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998a. p. 361-372.
- Naves, L.A.V. (2018). *Análise comparativa técnico-econômica entre fundações tipo estaca escavada e hélice contínua monitorada para um projeto de edificação situado na orla 14 em palmas - TO*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, TO, 54 p.
- Pulos, H.G. (2001). Methods of analysis of piled raft foundations. A Report Prepared on Behalf of Technical Committee TC18 on Piled Foundations, International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering.
- Poulos, H.G. (2017). Tall Building Foundation Design. 1º ed. CRC Press, Boca Raton.
- Schimuneck, E.G. (2020). *Dimensionamento e comparativo entre estacas hélice contínua e escavada: estudo de caso*. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí, RS, 91 p.
- Silva, G. S. V.; Miranda Junior, G.; Rodriguez, T. G. (2022) Economia no custo das fundações através da utilização de provas de carga prévias em 22 casos de obras. In: ANAIS DO XX CONGRESSO BRASILEIRO DE MECANICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTECNICA, 2022, Campinas. *Anais eletrônicos...* ABMS, Campinas-SP. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobramseg-2022/trabalhos/economia-no-custo-das-fundacoes-atraves-da-utilizacao-de-provas-de-carga-previas?lang=pt-br>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



5. ANALISES COMPLEMENTARES

Nesta seção serão discutidos tópicos complementares não discutidos no artigo, e que fazem parte da presente pesquisa.

5.1 Estudo do impacto do tempo na execução das fundações

Foi elaborado uma linha balanço para representar o prazo de execução de cada tipo de fundação, permitindo uma visualização clara das atividades e suas respectivas datas de início e término. Com a linha de balanço foi possível observar o tempo necessário para a execução de cada tipo de fundação. De acordo com a Figura 6, a solução em estacas HCM teve um prazo de execução de 1,2 meses, já solução de fundação em estacas EFE mostra que teve um tempo de execução de 2,8 meses. O tempo planejado para a solução em estacas HCM foi calibrado por execução de obras anteriores semelhantes executadas em estacas HCM.

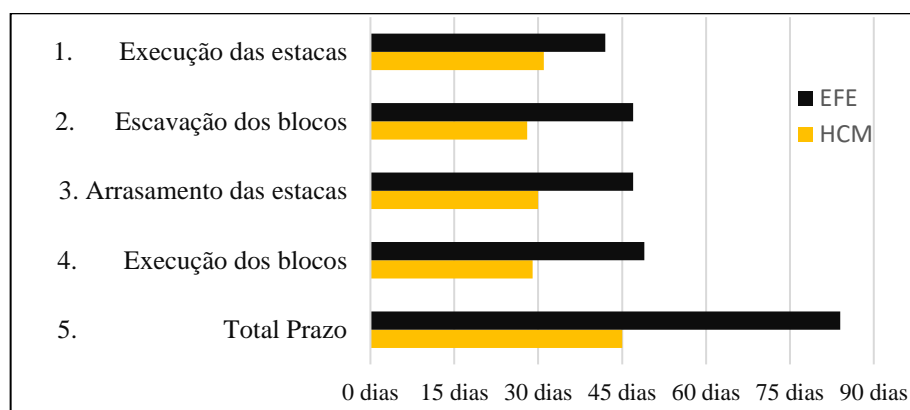


Figura 6 – Gráfico comparativo dos prazos de execução.

Fonte: Próprio Autor (2023).

O gráfico indicou que a solução em estacas EFE requer um prazo de execução 2,3 vezes maior do que a solução em estacas HCM. Isso significa que, o prazo da obra para solução em estacas EFE mais tempo do que a solução em estacas HCM.

Ao escolher uma solução de fundação para um empreendimento, é necessário levar em conta diversos fatores, incluindo o prazo de execução, pois pode ter um impacto direto no cronograma da obra e no prazo de entrega do empreendimento como um todo. É importante que os responsáveis pelo planejamento e gerenciamento da obra considerem essa diferença de prazo ao tomar decisões sobre o modelo de fundação a ser utilizado. Isso permitirá uma programação mais precisa e realista, levando em conta o tempo necessário para concluir as etapas relacionadas às estacas, evitando atrasos e garantindo que o empreendimento seja entregue dentro do prazo estabelecido.

5.2 Provas de carga estática instrumentadas para controle de fundações

Prova de carga estática em estacas (PCE) é um procedimento padronizado pela norma NBR 12131 (ABNT, 2006), e segundo a NBR 16903 (ABNT, 2020), basicamente uma PCE resume em aplicar esforços à fundação profunda e registrar os deslocamentos correspondentes.

A PCE é considerada o teste mais preciso para avaliar o desempenho de elementos isolados de fundação, pois é realizada em escala real. De acordo com Albuquerque (2001), a realização da PCE é justificada por diversos motivos:

- Compreender o mecanismo de distribuição de carga, devido à falta de conhecimento das propriedades do solo onde as fundações serão construídas;
- Mudanças nas condições iniciais causadas pela execução das estacas;
- Comportamento complexo do conjunto estaca-solo, que é difícil de modelar numericamente ou analiticamente.

A NBR 6122 (ABNT, 2019) exige, no seu item 9.2.2.1, a realização de prova de carga, determinando quantidades mínimas com base em critérios específicos, e reconhece que se faz necessário o monitoramento de outras grandezas, dentre elas forças em profundidade. A figura 7 ilustra um esquema genérico do ensaio de PCE com um sistema de reação em estacas amplamente utilizado nas obras atualmente, nessa configuração, tirantes de reação estão conectados a estacas tracionadas, conforme descrito por Silva (2011).

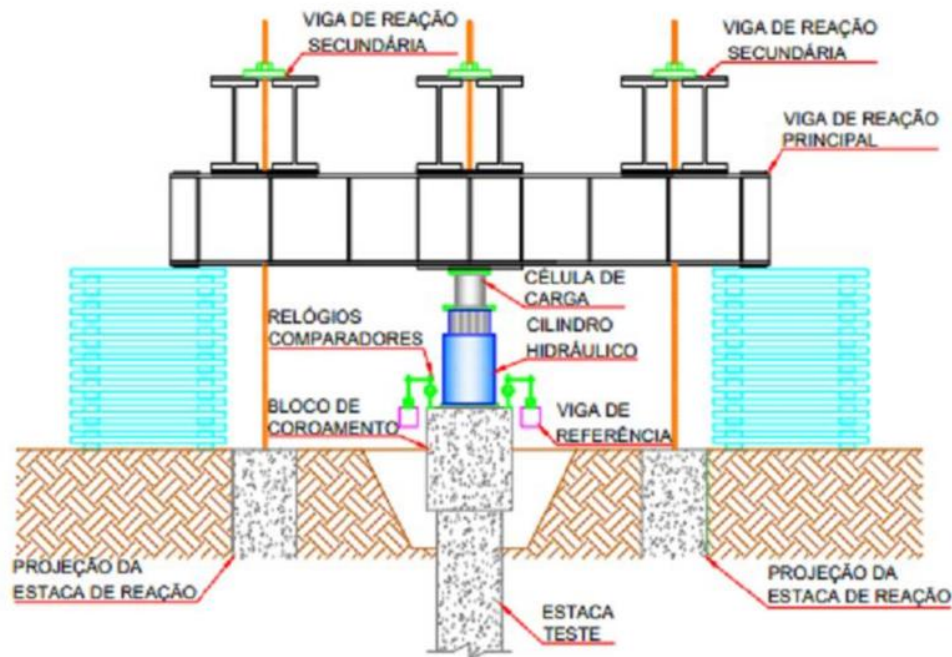


Figura 7 – Esquema genérico de montagem de prova de carga estática a compressão.
Fonte: Souza e Albuquerque (2020).

A NBR 16903 (ABNT, 2020) diz que para a realização da PCE teve conter algumas informações em projeto: especificação da carga máxima de trabalho e da carga máxima de ensaio; apresentação da locação; detalhamento das estacas, contemplando, seus diâmetros, comprimentos e armadura; esquema de montagem da prova de carga, com posicionamento do sistema de reação, das vigas de referência e do sistema de aplicação de carga; especificação do tipo de carregamento; projeto do bloco de coroamento do elemento de fundação. Ou seja, é preciso a elaboração de um projeto para execução da PCE.

Segundo o item 9.2 da 16903 (ABNT, 2020), os resultados da PCE devem ser apresentados em relatório contendo no mínimo as seguintes informações:

- Identificação do ensaio e sua localização;
- Data e hora do início e do fim da prova;
- Planta de locação, indicando a estaca-teste e os pontos de realização dos ensaios de campo para a caracterização do solo;
- Apresentação das características do terreno através das sondagens mais próximas;
- Planta e corte da montagem da prova de carga, mostrando os sistemas de reação, de aplicação de carga e os dispositivos de leitura e referência;
- Dimensões geométricas (comprimento, seção transversal, volume de base, se houver, e, eventualmente, inclinação);
- Cotas do topo e da ponta da estaca;
- Data de execução;
- Características estruturais da estaca (armadura, concreto etc.);
- Dados do equipamento de execução e dos controles executivos, conforme o tipo da estaca;
- Informações referentes a eventuais não conformidades durante a execução;
- Identificação dos equipamentos de medição de força, de aplicação de carga e medição de deslocamentos incluindo o posicionamento dos deflectômetros no topo da estaca-teste;
- Certificados de calibração dos medidores de força e de deslocamento;
- Tabelas com todas as leituras das medições de carga, tempos e deslocamentos realizadas durante todo o ensaio;
- Perturbações dos dispositivos de carga e de medição;
- Modificações na superfície do terreno contíguo à estaca;
- Eventuais alterações nos pontos de fixação das referências de leituras;

- Desaprumos do dispositivo de carga;
- Deformações excessivas dos elementos de reação;
- Eventuais desvios a esta Norma devido a contingências locais;
- Condições climáticas antes e durante a execução da prova de carga, quando solicitado;
- Curva carga x deslocamento e tempo x deslocamento, demonstrando a carga e o deslocamento da leitura inicial e final de cada estágio, adotando-se uma escala em que a reta ligando a origem e o ponto da curva correspondente à carga estimada de trabalho e resulte em uma inclinação de $20^\circ \pm 5^\circ$ com o eixo das cargas;
- Referência aos projetos de fundação e de prova de carga que foram utilizados;
- Referência da norma NBR 16903.

E de acordo com a NBR 16903 (ABNT, 2020) PCE com instrumentação ao longo do comprimento da estaca-teste, devem ser apresentadas as descrições detalhadas dos instrumentos utilizados, sua posição e os resultados obtidos, em forma de tabela, a formulação usada para a interpretação dos dados e a interpretação gráfica da análise.

A execução da PCE pode viabilizar a redução do coeficiente de segurança, NBR 6122 (ABNT, 2019) prevê a possibilidade de redução do fator de segurança de 2,0 para 1,6, em qualquer estaqueamento onde seja feito um número previamente estabelecido de ensaio. A determinação dos valores da resistência última por ponta e lateral é aprimorada quando a PCE instrumentada é executada. Para obter tais ganhos é importante, contudo, que a PCE seja realizada antes do início da execução das fundações.

No presente estudo do caso, as PCEs instrumentadas foram executadas no nível do terreno natural anteriores à escavação do terreno em estacas HCM, no entanto, o projeto executado foi em estacas EFE. A utilização de estacas de grande diâmetro, como as estacas EFE, demanda o uso de equipamentos de grande capacidade de carga, o que resulta em custos significativos, como possível observar no item 6 do gráfico comparativo dos custos dos materiais e execução (Figura 4 do artigo), 2,5 vezes mais quando comparado com execução de PCE em HCM, considerando a necessidade de cumprir a exigência de execução mencionada na NBR 6122 (ABNT, 2019), é inevitável evitar esses custos.

Em geral, é possível significativamente aprimorar a qualidade das informações obtidas por meio da PCE ao realizar a instrumentação, instalar sensores para monitorar as cargas ao longo da estaca, essa abordagem permite obter dados sobre as parcelas de carga dissipadas por atrito lateral e as percebidas na ponta, ver trabalho de CRUZ JUNIOR (2016).

Além disso, é importante ressaltar que na região do estudo do caso ainda não há conhecimento sobre o comportamento específico das estacas EFE, mesmo que seja uma técnica reconhecida, ainda não se acumulou experiência suficiente com esse tipo de fundação.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou uma análise comparativa de viabilidade financeira de um estudo de caso de duas soluções de fundação, em estacas HCM e EFE, para uma obra de edifício vertical de 38 pavimentos, com 118 metros de altura, onde os quantitativos e valores unitários refletem a realidade de mercado de um caso objetivo. Assim podem ser enumeradas as principais conclusões:

- Para o estudo de caso a solução em estacas EFE mostrou uma economia de cerca de 20% em termos dos valores totais previstos para fundação. Em contraponto mostrou necessidade de um prazo de execução de 2,3 vezes maior que as estacas HCM.
- Os custos de execução relacionados aos blocos de fundação na solução em estacas HCM, mostraram ser bem maiores, cerca de 1,9 vezes, inviabilizando a solução em comparação com estacas EFE.
- A solução em estacas HCM resultam em blocos de grandes dimensões com associações de vários pilares, e muitas vezes são chamados de raders, e apesar de serem considerados na estimativa de recalques, não são considerados na capacidade de carga das fundações, ou seja, o item que mais onera a solução representa um subdimensionamento, uma vez que quantidade de carga que poderia ser dissipada por ele não é considerada.
- As estacas HCM apresentaram vantagem em termos de produtividade, uma vez que a perfuração e a concretagem podem ser realizadas em um único processo. Além disso, a técnica oferece maior controle na execução e menor geração de resíduos.

A execução da Prova de Carga Estática (PCE) pode viabilizar a redução do coeficiente de segurança, a realização da PCE instrumentada, com a instalação de sensores para monitorar as cargas ao longo da estaca, aprimora a determinação dos valores da resistência última por ponta e lateral. Essa abordagem permite obter dados mais precisos sobre as parcelas de carga dissipadas por atrito lateral e as percebidas na ponta, contribuindo para a melhoria da qualidade das informações obtidas.

No presente estudo de caso, as PCEs instrumentadas foram realizadas em estacas HCM, enquanto o projeto executado foi em estacas EFE. O uso de estacas de grande diâmetro, como as estacas EFE, implica em custos significativos devido à necessidade de equipamentos de grande capacidade de carga. Os custos envolvidos na execução das estacas EFE, são 2,5 vezes

maiores em comparação com a execução de PCE em HCM. Considerando a exigência de cumprir a norma NBR 6122 (ABNT, 2019) em relação à execução da PCE, é inevitável evitar esses custos.

É importante ressaltar que, na região do estudo de caso, ainda não se dispõe de conhecimento suficiente sobre o comportamento específico das estacas EFE, apesar de ser uma técnica reconhecida. A falta de experiência acumulada com esse tipo de fundação reforça a importância da realização da PCE e da instrumentação para obter informações mais precisas e confiáveis sobre o desempenho das estacas EFE.

O estudo comparativo entre as fundações de estacas HCM e estacas EFE revelou que ambas as técnicas de fundação são viáveis para o tipo de solo encontrado na região. No entanto, a seleção entre as duas técnicas deve ser realizada após uma análise criteriosa de fatores como custos, prazos, testes de carga, disponibilidade de equipamentos e experiência da equipe de construção.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS COMPLEMENTARES

ALBUQUERQUE, P. J. R. **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: Estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ALENCAR, L. B. S. de. **Avaliação do impacto do uso da técnica de linha de balanço no gerenciamento da cadeia de suprimentos em obras de rodovia**. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. ARANTES, P.C.F.G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2008, 108p.

ALLEN J. H., **Oil & Gas drilling large diameter holes**, Smith Tool Co., Compton, Califórnia, 1976.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2006). NBR 12131: **Estacas – Prova de carga estática – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro, 2006. 8p.

BARBOSA FILHO, F; PARISI, C. **Análise da aderência ao modelo Beyond Budgeting Round Table: O Caso Sadia SA**. Revista Universo Contábil, v. 2, n. 1, p. 26-42, 2006.

BOMFIM, C. A. G. P. **Planejamento financeiro e orçamento operacional em uma microempresa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Administração, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

BULHÕES, I.R. PICCHI, F.A. e FOLCH, A.T. **Actions to implement continuous flow in the assembly of prefabricated concrete structure**. 14th Annual Conf. of the Int'l. Group for Lean Constr. (IGLC 14), Santiago, Chile, 2006.

CAZAL, Amós Silva. **Concepção de empresários da Associação Comercial e Industrial de Arthur Nogueira – SP sobre orçamento empresarial**. Monografia (Bacharelado) Curso de Administração do Centro Universitário Adventista. Campus Engenheiro Coelho. São Paulo, 2004. UNASP.

CRUZ JUNIOR, A. J. **Instrumentação de fundações estaqueadas**. Dissertação (Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2016, 208p.

Drilling Technique manual Copyright WIRTH maschinen- und Bohrgerate-Fabrik GmbH, Erkelenz, 8.ed. 1981.

EPEXE, M. D.; MELO, M. C. de; DORNELES, J. B.; KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. M. **Aplicação das práticas da Linha de Balanço segundo os princípios da Lean Construction**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, p. 11, Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2006.

F. M. **Aplicação das práticas da Linha de Balanço segundo os princípios da Lean Construction**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, p. 11, Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2006.

FREZATTI, F. **Além do orçamento: existiria alguma chance de melhoria do gerenciamento?** Brazilian Business Review, v. 1, n. 2, p. 122-140, 2004.

GEOFIX, **Estacas Escavadas de Grande Diâmetro e/ou Barrete**. Disponível em <<http://www.geofix.com.br/servico-estaca-barrete.php>>. Acesso em: 16 de outubro de 2023. DEPEXE, M. D.; MELO, M. C. de; DORNELES, J. B.; KEMMER, S. L.; HEINECK, L.

GOLDMAN, P. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira: a estrutura de um setor de planejamento técnico**. 4 ed. São Paulo: PINI, 2004.

HACHICH, W; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; E NIYAMA, S., 1996. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo. 1ª Edição.

KNOLSEISEN, Patrícia Cecília. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. 2003. 122f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

LUNKES, R. J.; SCHNORRENBARGER, D. **Controladoria: na coordenação dos sistemas de gestão**. São Paulo: Atlas, 2009.

MAGALHÃES, P.H.L., 2005. **Avaliação dos Métodos de Capacidade de Carga e Recalque de Estacas Hélice Contínua via Provas de Carga**. UnB, DF.

PACHECO, M. T. G. **Redução do tempo de atravessamento através da redução do tempo de ciclo em programação por linha de balanço mediante a escolha da unidade de repetição sobre influência do efeito aprendido: Uma visão enxuta**. Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil) UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006, 94p.

SETE Engenharia, **Execução de Fundações: Estacas Hélice Contínua Monitoradas**. Disponível em <<https://sete.eng.br/servicos/execucao-de-fundacoes>>. Acesso em: 16 de outubro de 2023.

SOUZA, J. I. G.; ALBUQUERQUE, P. J. R. **Avaliação do atrito lateral de estacas comprimidas por meio do emprego de dados de estacas de reação utilizadas em provas de carga**. XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 2020. Disponível em:<<https://www.fecfau.unicamp.br/~pjra/wp-content/uploads/2022/08/Avaliac%CC%A7a%CC%83o-do-Atrito-Lateral-de-Estacas-Comprimidas-por-meio-do-Emprego-de-Dados-de-Estacas-de-Reac%CC%A7a%CC%83o-Utilizadas-em-Provas-de-Carga-.pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2023.

SUHAIL, Saad A.; NEALE, Richard H. **CPM/LOB: New methodology to integrate cpm and line of balance**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 120, n.3, p. 667-684, September 1994.

VELLOSO, Dirceu; LOPES, Francisco de Rezende. **Concepção de obras de fundação**. In: HACHICH et al. (eds), Fundações: teoria e prática. São Paulo: Pini, 1998, p211-226.

ANEXOS



**04 a 07
dezembro/2023
São Paulo**

sefe 10

ARTIGOS APROVADOS

Adaptação de fundações por estacas do tipo hélice contínua para aproveitamento da energia geotérmica superficial

Estudo comparativo de fundações em edifícios altos: Estacas hélice contínua versus Estacas escavadas com fluido estabilizante em Goiânia - GO

Análise da redução do atrito lateral em estacas hélice contínua executadas em terrenos em corte a partir do Ensaio Bidirecional – estudo de caso

Anexo 1 – Resumo aprovado, permitindo o envio completo do artigo.



São Paulo, 11/10/2023

Prezado(a) autor(a) FLAVIA ALBUQUERQUE,

Gostaríamos de informar que seu artigo 1152 - ESTUDO COMPARATIVO DE FUNDAÇÕES EM EDIFÍCIOS ALTOS: ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA VERSUS ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE EM GOIÂNIA-GO foi avaliado e aprovado para publicação nos anais do SEFE 10.

Na segunda quinzena de novembro/2023, comunicaremos a forma de apresentação escolhida pelo Comitê Técnico para que possa ter a oportunidade de apresentar seu artigo no Seminário.

A apresentação deverá atender os requisitos de formatação, tempo disponível e grade horária. O template será disponibilizado em momento oportuno.

Para maiores informações pedimos a gentileza que entrem em contato pelo e-mail secretaria@gseventos.com.br ou pelo telefone (62) 9 9977-8712 ou (62) 9 8499-9462.

Atenciosamente,



Eng. Frederico Falconi

Presidente do Comitê Científico

Anexo 2 – Comprovante do artigo aceito para publicação.