



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ - UFOPA**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**EUKLA ALINNE ALVES DE SOUSA**

**ESTUDO DE FUNDAÇÕES DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA  
EM UMA OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

ITAITUBA-PA

2025

**EUKLA ALINNE ALVES DE SOUSA**

**ESTUDO DE FUNDAÇÕES DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA  
EM UMA OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Itaituba, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Me Andrews Malone Pontes Da Costa

ITAITUBA-PA

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas (SIBI) da UFOPA Catalogação de Publicação na Fonte. UFOPA  
- Biblioteca Campus Itaituba

Sousa, Eukla Alinne Alves de.

Estudo de fundações do tipo estaca hélice contínua em uma obra pública no município de Itaituba-PA / Eukla Alinne Alves de Sousa. - Itaituba, 2025.

46f.: il; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus de Itaituba, Curso de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Andrews Malone Pontes da Costa.

1. Estacas. 2. Fundações Profundas. 3. Hélice Contínua. 4. Itaituba. 5. Usina da Paz. I. Costa, Andrews Malone Pontes da. II. Título.

UFOPA/ Biblioteca Campus Itaituba

CDD 23. ed. 624.154

**EUKLA ALINNE ALVES DE SOUSA**

**ESTUDO DE FUNDAÇÕES DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA  
EM UMA OBRA PÚBLICA NO MUNICÍPIO DE ITAITUBA-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil na Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Itaituba, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Conceito:

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Me. Andrews Malone Pontes Da Costa  
Orientador - Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Prof. Me. Luamim Sales Tapajós  
Avaliador - Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Prof. Mikhail de Araújo Santyago  
Avaliador - Universidade Federal do Oeste do Pará



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

### ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao vigésimo sétimo dia do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e cinco, às 15h, realizou-se no auditório do Campus Universitário de Itaituba, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da discente **Eukla Alinne Alves de Sousa**, intitulado: “**Estudo de fundações do tipo estaca hélice contínua em uma obra pública no município de Itaituba-PA**”, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Os trabalhos foram conduzidos pelo professor Esp. **Andrews Malone Pontes da Costa**, orientador do discente e presidente da Banca Examinadora, constituída também pelos membros convidados, o professor Me. **Luamim Sales Tapajós** e o professor Me. **Mikhail de Araújo Santyago**. Após apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, a Banca Examinadora passou à arguição da discente. Encerrados os trabalhos de arguição, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre a apresentação e defesa oral do discente, considerando-o aprovado com nota 10. Proclamados os resultados pelo presidente da Banca, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu, **Andrews Malone Pontes da Costa**, na qualidade de professor orientador do Trabalho de Conclusão de Curso avaliado, lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da Banca Examinadora.

Itaituba - PA, 27 de fevereiro de 2025.

Presidente/orientador(a): \_\_\_\_\_

Membro: \_\_\_\_\_

Membro: \_\_\_\_\_

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANDREWS MALONE PONTES DA COSTA  
Data: 28/02/2025 14:29:22-0300  
Verifique em <https://validar.j6.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** MIKHAIL DE ARAUJO SANTYAGO  
Data: 28/02/2025 17:33:53-0300  
Verifique em <https://validar.j6.gov.br>

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LUAMIM SALES TAPAJÓS  
Data: 28/02/2025 17:37:22-0300  
Verifique em <https://validar.j6.gov.br>

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao criador, por me permitir chegar até aqui. Pelo folego de vida, pela paciência e sabedoria no decorrer de toda a minha vida. Gratidão por ter escolhido o caminho mais difícil e árduo, mas hoje pude falar que consegui.

Ao meu pai, que em meio a tantos problemas e dificuldades, soube me criar e educar, a ele que mesmo com uma família para sustentar e filhos para criar, nunca deixou de estudar, pregando para mim que o estudo era uma forma justa de me proporcionar um futuro melhor.

A minha mãe, que abriu mão do sonho dela quando era mais jovem para que eu pudesse ter ela presente nas fases em que eu mais precisava. Foi ela quem me ensinou a tabuada, me ensinou a ler e a escrever perfeitamente.

Aos meus amigos, Ana Beatriz e Victor Baú, que tornaram esses cinco anos mais leves, sem vocês seria difícil vivenciar e suportar tanta pressão. Gratidão por cada trabalho, cada memória e pela amizade de vocês.

Aos professores dessa universidade que se tornaram mais que mestres, se tornaram amigos. Obrigada pelos ensinamentos ao longo de todos esses anos.

Ao meu orientador, Me Andrews Malone, por todos os ensinamentos em sala de aula e por todo o cuidado e orientação em toda a estrutura deste trabalho, ao qual me apoiou e ajudou de todas as maneiras que estivesse ao alcance, meus mais sinceros agradecimentos.

E agradeço a mim, por tantas vezes ter pensado em desistir em meio a tantos problemas e por não ter cedido a essa escolha. A universidade foi mais que um sonho, foi uma batalha cheia de dores, que hoje posso dizer, vencida!

*"A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula."*

**Lee Iacocca**

## RESUMO

A pesquisa investiga a utilização de fundações do tipo hélice contínua em uma obra pública do município de Itaituba/PA. Tendo como objetivo principal, analisar a eficiência e as práticas construtivas dessa fundação, levando em consideração as especificidades do solo arenoso predominante na região. A pesquisa se sustenta em uma análise técnica, que explora os métodos de execução, os equipamentos utilizados e as normas da ABNT relevantes para a construção civil, além disso, foi realizada uma visita de campo na Usina da Paz como um dos meios de coleta de dados. A decisão de utilizar a hélice contínua é justificada pela capacidade de execução em solos instáveis, a agilidade na instalação, e a minimização de ruídos, fatores essenciais em áreas urbanas. O estudo evidencia a importância da adaptação da fundação em relação a resistência do solo e às cargas estruturais da edificação, ressaltando a exigência de um projeto adequadamente embasado que considere as características geotécnicas locais. Dessa forma, a abordagem não apenas garante a segurança da estrutura, como também reflete a viabilidade e a eficiência do método construtivo no contexto da obra, ou seja, em zonas urbanizadas.

**Palavras chaves:** Estacas, Fundações Profundas, Hélice Contínua, Itaituba, Usina da Paz.

## **ABSTRACT**

The research investigates the use of continuous screw foundations in a public construction project in the municipality of Itaituba/PA. The main objective is to analyze the efficiency and construction practices of this foundation, considering the specific characteristics of the predominant sandy soil in the region. The research is based on a technical analysis that explores the execution methods, the equipment used, and the relevant ABNT standards for civil construction. Additionally, a field visit was conducted at the Usina da Paz as one of the data collection methods. The decision to use continuous screws is justified by their ability to be installed in unstable soils, the speed of installation, and the minimization of noise essential factors in urban areas. The study highlights the importance of adapting the foundation to the soil's strength and the structural loads of the building, emphasizing the necessity of a well-grounded project that considers local geotechnical characteristics. Thus, the approach not only ensures the safety of the structure but also reflects the viability and efficiency of the construction method in the context of the project, particularly in urbanized areas.

**Keywords:** Piles, Deep Foundations, Continuous Helix, Itaituba, Usina da Paz.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fundação superficial.....	18
Figura 2: Fundação indireta ou profunda .....	19
Figura 3: Tipos de estacas.....	20
Figura 4: Esquema construtivo da estaca escavada.....	21
Figura 5: Equipamentos de Execução da estaca strauss .....	22
Figura 6: Processo executivo da estaca raiz .....	23
Figura 7: Etapas da estaca hélice contínua .....	24
Figura 8: Trado helicoidal .....	25
Figura 9: Estaca cravada pré-moldada de concreto .....	26
Figura 10: Estacas metálicas.....	27
Figura 11: Estacas de madeiras .....	27
Figura 12: Estaca Franki.....	28
Figura 13: Esquema do tubulão.....	29
Figura 14: Fundação tipo caixão.....	30
Figura 15: Limpeza do terreno com a escavadeira hidráulica.....	32
Figura 16: Compactação do terreno .....	33
Figura 17: Nivelamento do terreno com a motoniveladora .....	34
Figura 18: Perfuratriz com haste helicoidal.....	36
Figura 19: Solo arenoso.....	37
Figura 20: Composição arenosa.....	37
Figura 21: Estacas de aço .....	38
Figura 22: Arrasamento da estaca.....	39
Figura 23: Bloco de coroamento.....	40
Figura 24: Prova de carga estática .....	41

## **LISTAS DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EMBRAFE	Empresa Brasileira de Fundações Especiais
EPI	Equipamento de Proteção Individual
INBRAEP	Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadas
PCE	Prova de Carga Estática
SPT	Standart Penetration Test

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>16</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Fundações .....</b>	<b>17</b>
4.1.1 Fundação superficial (rasa ou direta) .....	17
4.1.2 Fundação profunda (indireta) .....	18
.....	19
<b>4.2 Estacas.....</b>	<b>19</b>
4.2.1 Estacas Escavadas .....	20
4.2.1.1 Processo executivo .....	20
4.2.2 Estaca Strauss .....	21
4.2.3 Estaca Raiz .....	22
4.2.4 Estaca Hélice Continua .....	24
4.2.5 Estacas Cravadas ou de deslocamento .....	25
4.2.5.1 Etapas de Execução.....	28
4.2.6 Estaca Franki .....	28
<b>4.3 Tubulão .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Caixões.....</b>	<b>29</b>
.....	<b>30</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>31</b>
5.1 Limpeza do terreno – terraplanagem .....	31
5.1.1 Compactação do solo.....	33
5.1.2 Planificação do terreno.....	34
5.1.3 Perfuratriz.....	34

5.1.4 Solo do local da obra.....	36
5.1.5 Estacas.....	38
5.1.6 Cota de arrasamento.....	39
5.1.7 Bloco de Coroamento.....	39
5.1.8 Ensaio de prova de Carga Estática – PCE.....	40
<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fundação é a parte inicial e crucial de uma construção. É ela quem irá apresentar todo o suporte estrutural, impedindo que a estrutura afunde ou se deforme ao decorrer de sua construção, afetando sua forma. Cada tipo de solo apresenta uma característica diferente, como resistência à compressão e capacidade de carga, por exemplo. Diante desse motivo, é necessário que cada fundação seja escolhida de acordo com as particularidades do solo.

Pfeng *et al* (2014), mencionam em seu artigo que o SPT (*Standard Penetration Test*) é o método de sondagem mais utilizado em obras, por seu custo benefício quando comparado a outros e pela facilidade na sua execução. Os autores ainda reforçam a importância dessa sondagem, devido a seus resultados alcançados, como o nível do lençol freático, tipos e níveis de camada do solo, assim como a resistência dos mesmos. Resultados esses, que servem como base para definir qual o melhor tipo de fundação para a futura estrutura.

Alonso (2020) cita que dentre os problemas mais comuns em uma edificação se destacam as fissuras, deslocamentos, assentamentos e rotações e que essas patologias podem prejudicar drasticamente uma construção. Diante desse fato, é necessário que tais problemas sejam identificados e analisados, como a verificação geológica e a energia geotérmica do solo, para que medidas preventivas sejam tomadas a fim de evitar futuros gastos significativos, assegurando a qualidade da obra.

Nesse sentido, a realização do presente estudo de caso em campo, procura informar sobre a construção da fundação indireta tipo estaca hélice contínua, através de informações a respeito da sua etapa construtiva corroborando o atendimento da mesma, aos parâmetros normativos, ensaios de sondagem, e demais ações necessárias com base nas especificações normativas da ABNT NBR 6122/2022.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise técnica sobre a fundação da Usina da Paz em Itaituba/PA.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um estudo técnico sobre a fundação profunda tipo estaca.
- Analisar as práticas construtivas para a fundação tipo estaca.
- Propor medidas de contenção e melhorias para as práticas construtivas em fundação profunda tipo estaca.

### 3 JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa tem como objetivo fundamentar a pesquisa de campo para análise da eficiência e conhecimentos sobre as normas técnicas e sua ligação com a adaptação e execução de fundações, da estaca hélice contínua, através de uma visita de campo em uma obra no município de Itaituba/PA, ressaltando a importância desse estudo, uma vez que, não é comum esse tipo de fundação na cidade devido à exigência de equipamentos especializados e mão de obra específica. Nos últimos tempos houve um avanço gradativamente em relação as tecnologias acessíveis no mercado, por exemplo, à estaca do tipo hélice contínua, que apresenta uma grande versatilidade e agilidade, sendo capaz de executar várias estacas durante um único dia e não necessita de fatores como o solo, o nível de água no local e as condições climáticas (VELLOSO; LOPES, 2010). Além dessa demanda, à estaca hélice é caracterizada por apresentar uma rápida facilidade na sua execução, agilizando o tempo de construção da edificação. É importante analisar um estudo de fundações que agrega a segurança e a prática construtiva com base na legislação vigente. É perceptível que a escolha adequada da fundação é fundamental, para o correto desempenho estrutural da edificação. Desse modo, analisar uma fundação profunda permite o estudo empírico técnico onde se permite a análise da performance da fundação, tendo como característica patológica, seja por erro de projeto ou erro de execução, trincas, fissuras e rachaduras no modelo estrutural da edificação. A adoção de práticas construtivas se faz necessária, bem como, o estudo de fundações. O presente estudo justifica-se pela necessidade da pesquisa qualitativa para maior entendimento sobre a execução de estaca hélice contínua.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Fundações

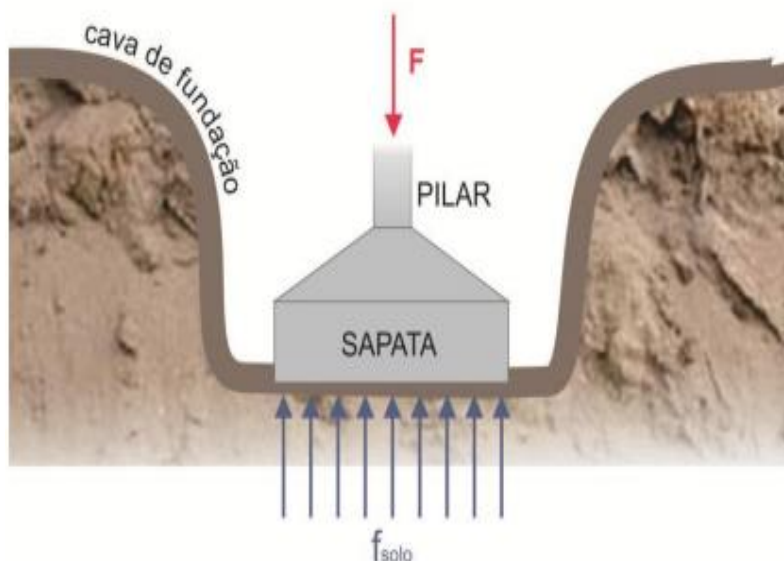
Segundo Albuquerque (2019), a fundação apresenta papel fundamental na atuação de uma elaboração construtiva. É ela quem recebe os carregamentos oriundos do esqueleto da estrutura, como seu peso próprio, as sobrecargas dessa construção, bem como as ações de vento e empuxos, realizando a distribuição de maneira ordenada ao solo, afim de evitar futuras trincas e fissuras em sua edificação.

Em concordância com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) (6122/2022), as fundações se agrupam em dois tipos: fundações superficiais (rasa ou direta) e em fundações profundas.

#### 4.1.1 Fundação superficial (rasa ou direta)

A NBR 6122/2022 define que a fundação superficial “é o elemento de fundação em que a carga é transmitida ao terreno pelas tensões distribuídas sob a base da fundação (...) menor dimensão da fundação”. Elas consistem aquelas em que o peso da estrutura do imóvel é propagado através da carga do pilar para o solo mediante as pressões disseminadas pelo alicerce da fundação, de acordo com a figura 1.

Figura 1: Fundação superficial



Fonte: Barros, 2011

Barros (2011), salienta que as fundações diretas são executadas em valas rasas, com uma profundidade máxima de 3,0 metros e seguem caracterizadas quando a camada resistente à carga da edificação, onde a base da fundação está estabelecida, não ultrapassa a duas vezes a sua menor medida ou se encontra a menos de 3 metros de altura de profundidade.

Ainda segundo a NBR 6122/2022 as fundações superficiais são classificadas em sapatas, radier, bloco de fundação, sapata associada e sapata corrida.

#### 4.1.2 Fundação profunda (indireta)

Pereira (2016), define fundação profunda como aquela em que o carregamento que é originário da superestrutura é difundido para a fundação pela resistência de ponta (base), pela resistência de fuste (lateral), ou pelas duas, conforme a figura 2. As fundações profundas se dividem em estacas, tubulões e caixões.

Segundo o blog Diprotec, as fundações profundas devem ser utilizadas quando a camada do solo resistente estiver abaixo de 3,0 metros de profundidade, quando o solo não apresentar expectativas de recalques e

deformações e quando há o aparecimento de camadas moles mesmo após as camadas mais resistentes.

Figura 2: Fundação indireta ou profunda



Fonte: Barros, 2011

## 4.2 Estacas

Carvalho (2013), define que a fundação tipo estaca é realizada total e inteiramente por equipamentos e máquinas sem que haja a necessidade de descida do operário para o solo. As estacas são caracterizadas por seu comprimento ser bem mais superior que sua espessura, por sua perfuração ao solo, e por apresentar uma ótima vantagem em relação ao seu suporte de cargas em áreas de mais difícil acesso. Elas ainda podem ser classificadas como estacas escavadas e cravadas e podem ser feitas de madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado ou mistos.

Figura 3: Tipos de estacas



Fonte: Carvalho, 2013

#### 4.2.1 Estacas Escavadas

De acordo com o site União Fundação de Obras Civas, estacas escavadas se classificam por “aquelas em que ocorre a retirada de material em sua perfuração no solo. São do tipo moldada “in loco” e podem ser realizadas com ou sem revestimento, com ou sem a utilização de fluido estabilizante”. São famosas por oferecerem uma ampla diversidade de aplicações, pela facilidade de acesso a bentonita no meio construtivo, com ausência de ruído devido seu processo ser realizado por rotação, tornando a obra menos poluída sonoramente.

##### 4.2.1.1 Processo executivo

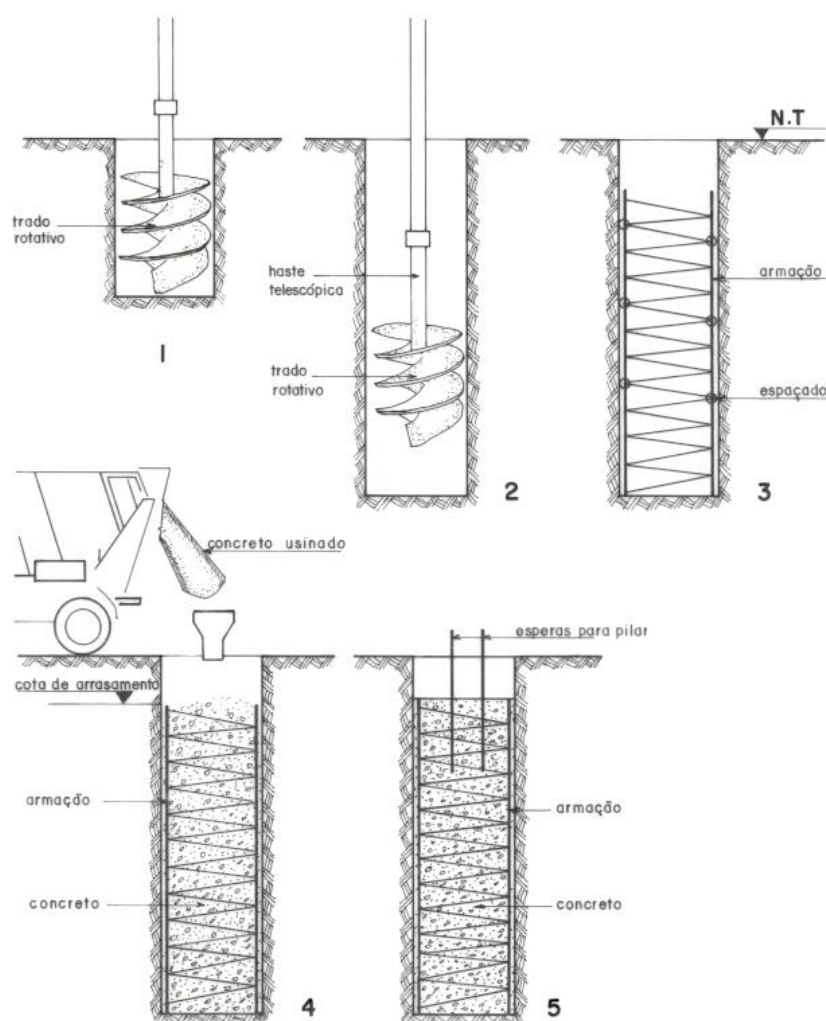
Além de que, seu processo seja livre de barulhos, as estacas escavadas devem ser executadas de maneira cautelosa, uma vez que, em solos com presença de água, ou com camadas moles, esse processo seja mais delicado.

Se dão da seguinte maneira:

- ✓ Estudo do solo: necessário conhecimento geotécnico do terreno;
- ✓ Perfuração: realizada por trado helicoidal, a medida da estaca escavada, de acordo com o projeto;
- ✓ Posição da armadura: posicionada de acordo com as dimensões previstas em planta;

- ✓ Concretagem: logo após posicionada a armadura, é realizada a concretagem também seguindo o projeto, evitando que o concreto seja lançado de uma altura muito alta, afim de evitar possíveis patologias nessa concretagem.

Figura 4: Esquema construtivo da estaca escavada



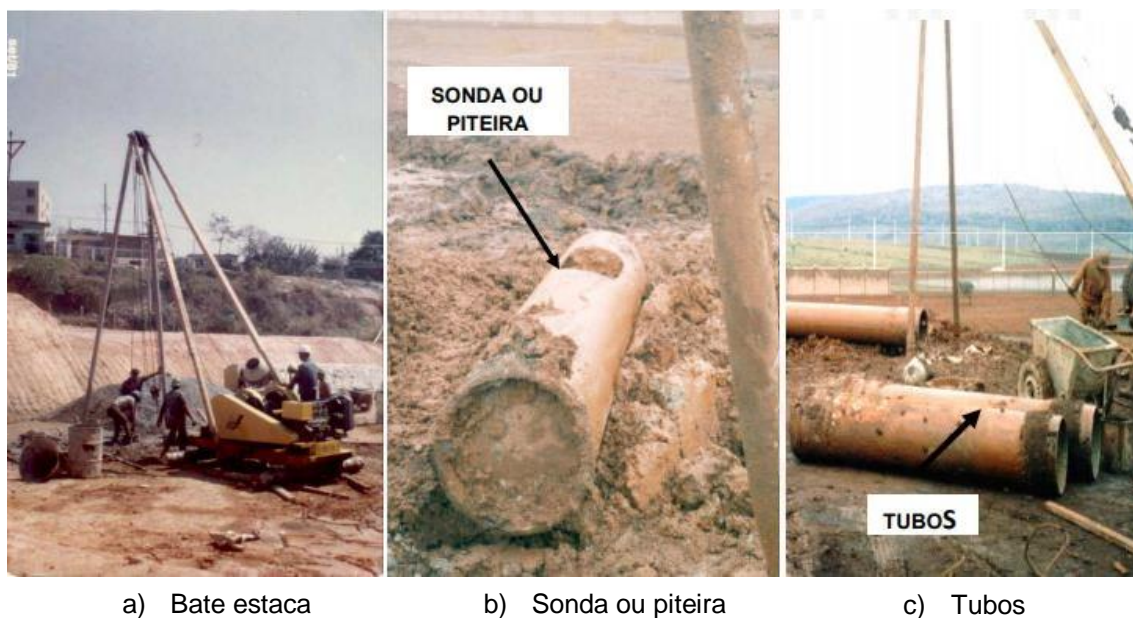
Fonte: Total Construção, 2024

#### 4.2.2 Estaca Strauss

Estacas Strauss são estacas escavadas “moldadas in loco”, ou seja, é necessário a retirada do terreno do solo para sua concretagem. São definidas por serem concretadas no local da obra. Elas surgiram devido à necessidade da criação de estacas que poderiam substituir as pré-moldadas cravadas, buscando

evitar as vibrações e barulhos em sua execução. É caracterizada por utilizar um equipamento chamado bate-estaca strauss em sua execução (PEREIRA, 2019).

Figura 5: Equipamentos de Execução da estaca strauss



Fonte: Total construção, 2024

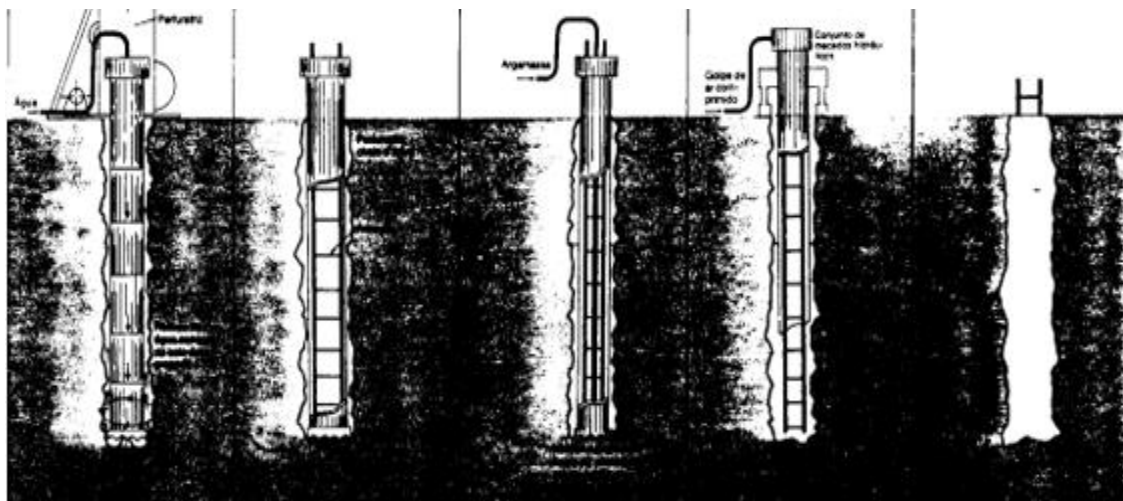
Ainda segundo Pereira (2019), além de não possuir a base alargada, esse tipo de fundação não é necessariamente armada. Nesse caso, sua armadura tem como função apenas a de ancoragem ou arranque.

#### 4.2.3 Estaca Raiz

Alonso (1998), cita que sua origem inicialmente se destacava por essas estacas estarem limitadas a 200 mm de diâmetro, sendo conhecidas até hoje como estacas que apresentam um pequeno diâmetro. No entanto, atualmente elas são executadas entre 100 e 400 mm.

Esse tipo de estaca é caracterizado por possuir um pequeno diâmetro e seu processo de execução é realizada “in loco” através de rotação ou rotopercurssão, além de poder ser executada na direção vertical ou inclinada.

Figura 6: Processo executivo da estaca raiz



Fonte: Barros, 2003

Esse processo se dá através da perfuração com um tubo totalmente revestido em que o solo é retirado continuamente através da água, lama bentonítica ou o ar que é colocada entre o tubo para facilitar a remoção. Após esse processo é realizada a colocação da armadura, a medida em que ocorrer a concretagem, o tubo de revestimento é retirado (BARROS, 2003).

#### 4.2.3.1 Principais características da estaca raiz

Caio (2018), destaca algumas características da estaca raiz, as quais ele julga principais, como:

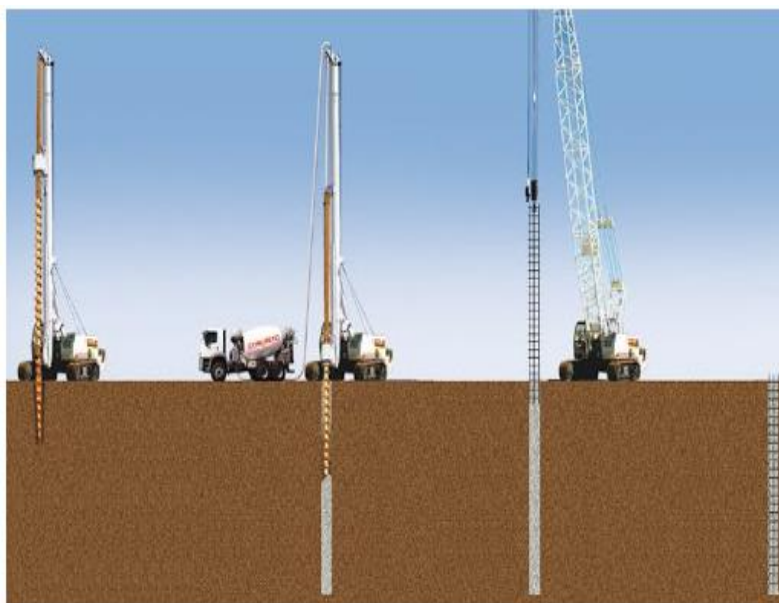
- ✓ Alta capacidade de carga (até 140 tf)
- ✓ Recalques muito reduzidos
- ✓ Possibilidade de execução em área restritas e alturas limitadas
- ✓ Perturbação mínima do ambiente circunstante
- ✓ Podem ser executadas em qualquer tipo de terreno e em direções especiais (inclinadas)
- ✓ Podem ser executadas com utilização a compressão ou a tração
- ✓ São moldadas in loco

- ✓ São inteiramente armadas ao longo de todo seu comprimento
- ✓ Possui elevada tensão de trabalho do corpo da coluna (fuste)

#### 4.2.4 Estaca Hélice Contínua

Esse tipo de estaca apresenta um processo de escavação contínua, executada a trado e injeção de concreto de acordo com a retirada do trado, conseqüentemente. A perfuração é realizada pela hélice por meio do torque e assim que ele se estende por seu comprimento é realizado o bombeamento através do tubo, enquanto a hélice é removida, cautelosamente. “As estacas hélice contínua são executadas por meio do uso de uma haste tubular que possui uma hélice que é introduzida no terreno pela aplicação de um torque” (PEREIRA, 2018).

Figura 7: Etapas da estaca hélice contínua



Fonte: Carluc, 2023

Rebello (2008), comenta que a sua execução é feita por monitoramento eletrônico, e através desse processo, ele coleta dados importantes como o torque, a velocidade de rotação da hélice, a pressão do bombeamento e a perda dos materiais. Esta estaca apresenta diversas vantagens, podendo ser realizada em qualquer tipo de solo e atravessa o lençol freático, no entanto não consegue ultrapassar rochas e matacões devido ao baixo torque.

Figura 8: Trado helicoidal



Fonte: Educa civil, 2020

A estaca hélice continua trouxe inúmeras inovações para o setor atualmente. As perfuratrizes da estaca hélice continua são equipamentos utilizados para instalar as estacas desse tipo de fundação. São formadas por um trado helicoidal, podendo ser usadas em uma ampla variedade de situações, desde edifícios e até pontes (FUNDAÇÕES JF).

#### 4.2.5 Estacas Cravadas ou de deslocamento

Segundo Costa (2022), “as estacas de cravação (ou deslocamento) se caracterizam por não promover a retirada da massa de solo, deslocando o horizonte onde são introduzidas”. Também conhecidas como pré-moldadas, são peças pré-fabricadas de madeira, metal, concreto ou do tipo franki e são incorporadas ao solo através de percussão, prensagem ou vibração. Esse método caracteriza-se por presenças de ruídos e vibrações, podendo afetar construções vizinhas.

São designadas para solos moles e sem boa resistência, por permanecerem cravadas em seu interior, deve ser evitada em solos que contenham camadas duras e resistentes ou blocos.

Conforme a EMBRAFE (Empresa Brasileira de Fundações Especiais Ltda), as estacas pré-moldadas são amplamente utilizadas na construção civil, devido sua facilidade de execução. Também podem ser utilizadas em obras

como pontes e viadutos. A cravação dessas estacas também oferece menor impacto ambiental, pois gera uma menor quantidade de resíduos quando comparados a outros tipos de fundações.

Figura 9: Estaca cravada pré-moldada de concreto



Fonte: Foá

Moscolini (2019), afirma que as estacas metálicas são produzidas industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa, e variações. Ele ainda ressalta que suas maiores aplicações estão no setor industrial, em construções com diversos andares, pontes e viadutos, em estruturas de contenção devido sua facilidade.

Figura 10: Estacas metálicas



Fonte: Pereira, 2018

O autor ainda fala sobre as estacas de madeira, revelando que elas são muito antigas, não muito utilizadas nos dias de hoje. As estacas de madeira são consideradas como estacas de deslocamento, pois não há a necessidade de retirada de material do solo. Antes das invenções dos outros tipos de estacas, a de madeira era muito utilizada no passado até mesmo em fundações de cidades, como é o caso de Veneza, na Itália.

Figura 11: Estacas de madeiras



Fonte: Madeireira Imobilis, 2023

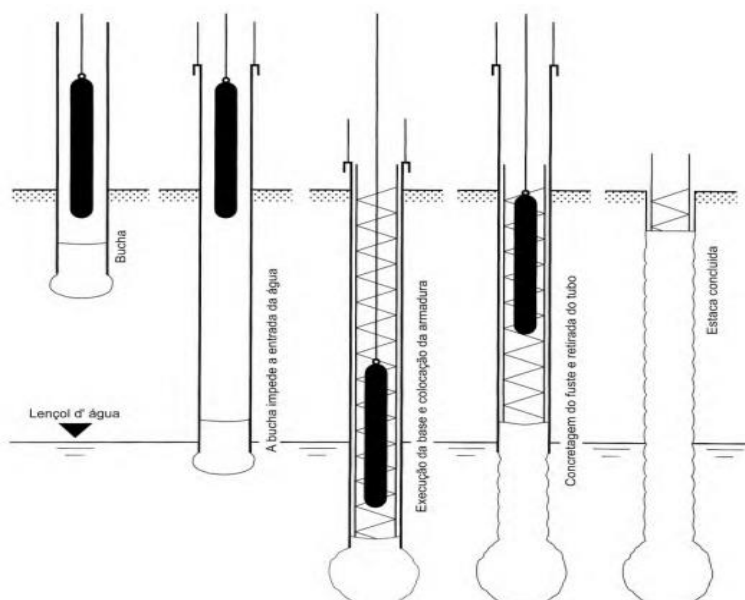
#### 4.2.5.1 Etapas de Execução

De acordo com Gontijo (2023), o processo executivo da estaca cravada se dá de maneira simples e prática. Por ser realizada por meio de cravação, dispensa grande quantidade de equipamentos e até mesmo mão de obra específica.

#### 4.2.6 Estaca Franki

Velloso, Lopes (2010), comentam sobre as etapas da construção deste tipo de fundação. Sua execução se dá através da cravação por meio de golpes de um pilão caindo de vários metros de altura, pilão esse que pode variar de 1 a 4 toneladas, peso que varia de acordo com o diâmetro da estaca, de acordo com a NBR 6122/2010. Logo após a cravação, é realizado o alargamento da base ou bulbo com o auxílio de uma bucha seca de material granular ou de concreto magro. Feita a colocação da armadura logo após o alargamento do bulbo, é feita a concretagem.

Figura 12: Estaca Franki

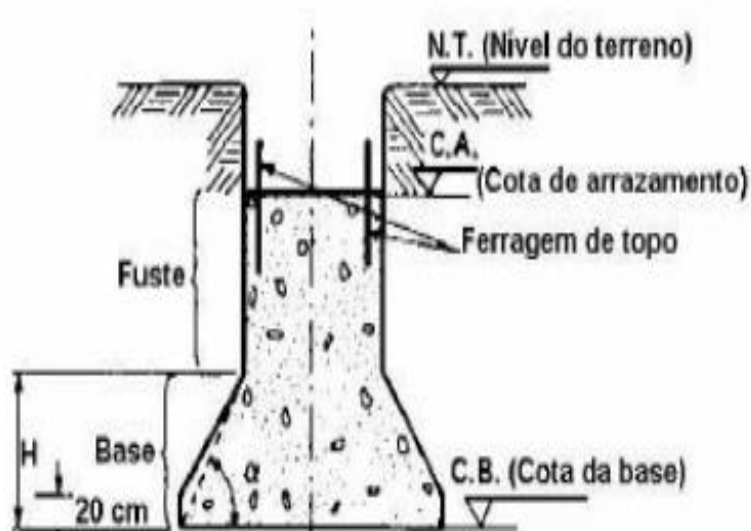


Fonte: Velloso, Lopes, 2010

### 4.3 Tubulão

Segundo a NBR 6122, O tubulão consiste em uma fundação escavada de formato circular que permite uma maior área de contato com o solo. Nesse tipo de fundação indireta se faz necessário a descida de operários para realizar o alargamento da base, sendo indicado para solos pobres e de baixa resistência.

Figura 13: Esquema do tubulão



Fonte: Alonso, 1983

Braja (2016), comenta que é mais vantajoso o tubulão, pois além de possuir uma alta resistência as cargas laterais, ao ser realizado o alargamento da sua base é possível que ele fique mais resistente na sua carga de elevação.

### 4.4 Caixões

Segundo Marochi *et al* (2019), “os caixões são definidos como sendo elementos compostos por um formato inteiramente prismático, sendo concretados na superfície e instalados por meio de uma escavação interna”. Sua base pode ou não ser de forma alargada e utilizar ar comprimido ou não em sua etapa construtiva.

Figura 14: Fundação tipo caixão



Fonte: Diprotec, 2023

Huckeber (2024), cita que os caixões são estruturas fechadas que são afundadas no solo até atingir a camada necessária. Logo após atingir essa profundidade, o caixão é concretado totalmente, formando assim uma base sólida.

## 5 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho baseia-se na pesquisa qualitativa realizada em campo na obra da usina sobre a fundação profunda da estaca hélice contínua. Fundação essa, muito utilizada em obras de grande porte e que sejam um tanto desafiadoras. Um exemplo disso é a sua aplicação em obras amplas, pois essas estacas resistem a grandes cargas e atingem longas profundidades. Esse tipo de fundação foi a escolhida para ser executada em uma obra pública chamada Usina da Paz, localizada na Avenida dos Ipês, Bairro Jardim América, S/n, no município de Itaituba, no Pará. Projeto este, considerado um dos maiores programas de cidadania e assistência social do Brasil. Esta obra, além de apresentar uma estrutura física grandiosa, ainda oferecerá serviços gratuitos a população, como: atendimento médico, odontológico, psicológico, esportes, teatro, e outros benefícios a sociedade.

A sua escolha se deve também ao fato de que sua execução não provoca desconforto e nem barulho aos habitantes que residem próximo ao local da construção. Além de possuir uma rápida execução, sua capacidade de carga permite uma ótima estabilidade nas estruturas e resistência ao cisalhamento, garantindo conforto e segurança. Outro ponto importante a se destacar é que a estaca hélice contínua é muito útil em solos argilosos, arenosos ou saturados, em que outro tipo de fundação não se adequaria a situação, como fundações rasas.

Fato este, que será visto no decorrer do trabalho, uma vez que, uma característica marcante nesta obra é o tipo de solo visualizado durante a execução da estaca. Este tipo de fundação se adapta aos mais diferentes tipos de solos, por esse motivo, ela é bastante escolhida entre os engenheiros de projeto. O modelo da haste, helicoidal, permite com que haja uma repartição mais distribuída entre as cargas, possibilitando, assim, mais estabilidade na estrutura.

### 5.1 Limpeza do terreno – terraplanagem

O início da execução se deu através da movimentação de terra, etapa responsável pela limpeza e compactação do terreno para criar uma camada nivelada afim de receber a fundação e conseqüentemente a futura construção. A limpeza ocorreu com o auxílio de maquinas pesadas (escavadeira hidráulica), utilizada para realizar a escavação e retirada de materiais deste terreno.

Figura 15: Limpeza do terreno com a escavadeira hidráulica



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

Armac (2021), comenta que a escavadeira é um material utilizado para escavar e realizar grandes movimentações de terra, sendo muito útil em obras de grande porte, pois possibilitam um rápido e eficiente manuseio. Ele ainda frisa que, as escavadeiras são equipamentos multifuncionais, podendo ser empregue em setores como agronegócio, entre outros.

As escavadoras são máquinas providas de um equipamento de retro (balde) ou equipamento de carregamento frontal, destinadas a trabalhos de escavação, terraplanagem, aterros e desaterros, e mais frequentemente, o de abertura de valas para a colocação de tubos de óleos, tubos de descarga de esgotos ou de condutas tubulares em geral, para grandes distâncias (VALDEZ, 1996, pg. 40).

O autor ainda relata que esse maquinário é responsável pelo início do processo de terraplenagem do terreno, rebaixando a topografia dessa região, buscando um terreno mais plano e amplo.

#### 5.1.1 Compactação do solo

Como mostra a figura 16, no local foi desempenhado a compactação do terreno. Esse processo é caracterizado por compactar materiais, neste caso, o solo, com o uso do rolo compactador. Essa máquina pesada é bastante utilizada em ramos da construção civil, pois acaba tornando a superfície plana, densa e sólida. Esse processo é importante, pois além de proporcionar mais estabilidade ao solo, acaba eliminando a água e porosidade desse terreno. O valor do aluguel do rolo pode variar de acordo com seu peso e a potência do motor.

Figura 16: Compactação do terreno



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

De acordo com Rech (2022), logo após o nivelamento do terreno, seja ele pela retirada ou acréscimo de terra, é necessário que seja realizada a compactação, afim de mitigar os vazios que ficam entre as partículas da terra, com a finalidade de tornar o terreno estável e livre de infiltrações de água ou de qualquer outro fluido que prejudique este solo.

### 5.1.2 Planificação do terreno

Em seguida foi realizada a planificação do terreno com o auxílio da motoniveladora (imagem abaixo), com o objetivo de nivelar o perímetro determinado em projeto do solo. É interessante destacar que, o aluguel dessa máquina pesada pode ser em valor por hora trabalhada, diária ou mensalmente. De acordo com uma pesquisa via internet ao site da BN negócios, o valor da hora se encontra em R\$ 300,00 (trezentos reais), valor da diária em R\$ 2100,00 (dois mil e cem reais) e o valor da mensalidade em R\$ 39.600,00 (trinta e nove mil e seiscentos reais).

Figura 17: Nivelamento do terreno com a motoniveladora



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

O processo final da terraplanagem é caracterizado pela planificação do terreno com a motoniveladora, sendo considerada um dos equipamentos mais importantes nesse processo. Esta etapa condiz em espalhar a terra, nivelando todo o perímetro. Após toda essa sequência, o terreno já estará pronto para receber a fundação e conseqüentemente a estrutura da obra.

### 5.1.3 Perfuratriz

Segundo a INBRAEP (Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante), a perfuratriz também é caracterizada como uma máquina pesada, responsável pela realização de furos, cavações de poços, mineração, entre outros, e podem variar em relação aos seus métodos de perfurações. Ela é composta pelo motor, broca, coluna de perfuração e o sistema de controle. Antes do início da perfuração, é necessário que o local destinado a ela esteja limpo, plano e livre de escombros presentes na obra.

Para a obra da Usina da paz foi utilizada uma perfuratriz com perfuração rotativa com o auxílio de uma haste helicoidal para os furos da fundação das estacas hélice contínua. Uma particularidade dessa máquina é o modo de operação, sendo manuseada por um operador especializado através do monitoramento eletrônico. O motor da máquina gera energia para a mesma poder realizar a perfuração com a broca no terreno (figura 18). O sistema de monitoramento permite ao operador que ele controle a perfuratriz para definir a profundidade e a velocidade desse furo, de acordo com as especificações em projeto.

Um ponto essencial na execução desse procedimento deve ser a proteção do profissional atuante na área. O responsável deve estar de posse de EPI (Equipamento de Proteção Individual), como luvas, óculos e capacete, afim de evitar possíveis lesões que possam ser causadas no decorrer da operação. Após o uso do equipamento, o mesmo deve passar por uma manutenção temporariamente, como limpeza, lubrificação das peças desgastadas, verificação de possíveis elementos danificados, por exemplo. Visto que, a cidade de Itaituba não demanda das peças necessárias para a manutenção da perfuratriz, a mesma acaba necessitando de peças que não se encontram no local. Dessa maneira, um equipamento como esse acaba se originando de fora.

Figura 18: Perfuratriz com haste helicoidal



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

Além dos diversos tipos de fundações, destacam-se as fundações profundas, caracterizadas pelo uso das estacas com o uso da perfuratriz hidráulica da hélice contínua (BARBOSA, 2009).

Em conformidade com a NBR 6122 (2010), a estaca hélice contínua é uma estaca de concreto, executada por rotação, através de um trado helicoidal contínuo com a injeção de concreto pela própria haste, com a colocação da armadura após a concretagem da estaca.

#### 5.1.4 Solo do local da obra

O perfil do solo presente no local foi o solo arenoso, um tanto comum nessa área, uma vez que, antes de ser habitado e construído a área era uma grande fazenda com presença de lagos. Segundo Fidalgo (2011), a areia é o componente mais familiar para nós, pois acabamos enxergando a olho nu. Ela acaba variando de 2,0 a 0,5 mm, e é ela que transmite uma sensação áspera quando tocada. Ainda conforme os autores, o solo chamado de textura arenosa é aquele que apresenta grande quantidade de areia, acima de 70%, como é o caso do solo desse estudo.

Figura 19: Solo arenoso



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

Um ponto interessante de se observar nos solos arenosos é a presença de grandes deficiências de fósforo e matéria orgânica. Isso aconteceu devido a presença em média de 70% de sua composição ser de areia, tornando-se permeáveis e com baixa capacidade de retenção de água (BRADY; WEIL, 2013).

Figura 20: Composição arenosa



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

Barcellos (2024), ressalta que os solos arenosos são constituídos em sua maioria por partículas de areia, que foram formados por pequenos fragmentos de rochas que acabaram se deteriorando ao longo de um período. Ele salienta a

característica de aspereza ao toque, uma vez que as partículas são soltas. Em relação a tonalidade desse solo, pode variar de um bege claro para um marrom escuro, dependendo da quantidade de materiais orgânicos e minerais.

#### 5.1.5 Estacas

A NBR 6122/1996 frisa que as estacas são caracterizadas como elementos de fundações profundas em que não há a necessidade da descida do operário, podendo ser confeccionadas em aço, concreto pré-moldado, concreto moldado *in situ* e/ou mistos. O material utilizado para as estacas da obra da usina da paz foram as estacas de aço, conforme a imagem a seguir.

Figura 21: Estacas de aço



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

As estacas de aço são caracterizadas por serem elementos estruturais alongados, com formatos arredondados (cilíndricos), produzidos a partir de aço de alta resistência. Geralmente são cravadas ou perfuradas no solo, com a função de transmitir através delas as cargas da estrutura para as camadas mais intrínsecas da terra (SULMINAS, 2024).

Sabbatini *et al* (2007), relata que a armadura tem a função de estruturar o concreto simples, ajudando o mesmo a resistir aos diferentes tipos de solicitações, principalmente as de tração. As estacas hélices são estacas de aço com uma hélice na ponta, rotacionada para cravar o solo, retirando a matéria.

### 5.1.6 Cota de arrasamento

Após todo o processo de escavação e concretagem dessas estacas por meio da perfuratriz, é deixada uma cota de arrasamento para cada estaca. A NBR 6122/2010 explica que essa cota é a altura em que deve ser deixada o topo dessa estaca depois de concluída. Na figura 22 é possível identificar o arrasamento. O arrasamento é necessário devido a uma altura excessiva dessas estacas depois de concretadas ou cravadas, devido a uma ultrapassagem do nível necessário para o recebimento da armadura do bloco de coroamento (MEGA DEMOLIDORA, 2025). Assim, assegurando uma estabilidade e uniformidade nessas fundações.

Figura 22: Arrasamento da estaca



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

Ainda de acordo com a norma, deve ser observada as cotas de arrasamento e o tamanho das esperas de acordo com o projeto. O trecho que passar após o tamanho ideal da cota de arrasamento deve ser removido. Essa remoção deve ser feita de forma que não prejudique a estrutura da cota, com cuidado e com o auxílio de ponteiros ou marteletes.

### 5.1.7 Bloco de Coroamento

A NBR 6118/2014 conceitua blocos como “estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis por critério análogo ao definido para sapatas.” Ou seja, ele é um elemento estrutural de concreto armado, que é *moldado in loco*, com a função de receber as cargas provenientes da edificação e distribuí-las para as estacas, de maneira que o solo possa receber essas forças.

Segundo Guerra, quando se diz assunto as estacas, os blocos de coroamento podem ser executados sobre diversas estacas, mas o que define a quantidade de estacas é a capacidade de carga de cada uma e a resistência do solo. Logo abaixo está um dos blocos de coroamento executado pela empresa.

Figura 23: Bloco de coroamento



Fonte: Engeko Engenharia, 2024

O elemento estrutural é feito de concreto armado e pode ser executado em diferentes formas, dependendo das cargas aplicadas, quantidade de estacas e também o número de pilares (CARVALHO, 2022). Pereira (2021) classifica os blocos de coroamento como rígido e flexível, pois devido ao tipo de bloco, irá afetar em mudanças no seu comportamento estrutural e no cálculo do método de dimensionamento.

#### 5.1.8 Ensaio de prova de Carga Estática – PCE

Desde o ano de 2010, segundo a NBR 6122, se tornou obrigatório os testes de prova de carga estática no mínimo em 1% das estacas da construção.

Esse ensaio permite a garantia de que o estaqueamento esteja em conformidade com os previstos em projeto e a qualidade desejada (GEOPROVA, 2024). Ela mede a resistência e a durabilidade dos materiais, geralmente aplicada em obras de grande porte, como é o caso da usina. Essa prova resulta em resultados da capacidade de carga e o comportamento elástico das estacas.

É a NBR 16903/2020 que determina os procedimentos para a execução da prova estática em fundações profundas, a mesma regulamenta os materiais, montagem do ensaio, projeto dos testes, aplicação e remoção de carga e a análise e interpretação dos resultados.

Figura 24: Prova de carga estática



Fonte: GeoProva, 2024

De acordo com Velloso e Lopes (2010), as provas de carga estática são realizadas nas estacas para averiguar o comportamento calculado e esperado no projeto. A prova de carga estática é basicamente a observação que essa estrutura irá apresentar, ou seja, o comportamento estático da mesma. Esse tipo de ensaio pode ser classificado em destrutivo e não destrutivo. Destrutivo significa que esse ensaio tem a função de testar o comportamento dessa estrutura até seu ponto de rompimento, no caso, na situação última de carregamento. O não destrutivo é testado só em estados de serviços, sem que ocorra a ruína, acabando por permitir que essa estrutura seja colocada novamente em utilização, em casos que sejam considerados aceitáveis (OLIVEIRA; MORENO JUNIOR, 2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mediante a visita que foi realizada in loco, foi realizado uma entrevista com o engenheiro responsável pela obra, onde o mesmo respondeu aos questionamentos sobre os desafios da execução da fundação tipo estaca hélice contínua. Algumas perguntas destinadas ao responsável foram se ocorreram problemas no processo de execução. Ele admitiu que não foi uma fundação fácil de ser realizada, visto que, o solo foi considerado 84% (oitenta e quatro por cento) arenoso em ensaios granulométricos, predominando granulometrias médias. Esse tipo de solo acabou prejudicando no processo de perfuração das estacas, devido a situação a qual o solo arenoso começou a absorver a água do concreto, acelerando a pega, então foi necessário o trabalho com slumps maiores.

Outra dificuldade mencionada pelo engenheiro em relação ao solo é que o mesmo apresentava pouco grau de compactação, sendo necessário a solicitação de reaterro em radieres, para não ocorrer o risco de recalques. Também foi mencionado pelo mesmo o clima da região, considerado como clima tropical com chuvas intensas na época, que acabavam saturando bastante o solo, tornando inexecutável a execução de concreto e a compactação em alguns pontos. Ademais, foi citado a necessidade de grandes volumes de cortes e empréstimos naquela região.

O responsável comentou que cada estrutura da obra possuía uma fundação diferente devido as variedades de cargas estruturais nesses pontos. Em construções menores como escritórios, compartimentos para atendimento ao público, em que suas edificações eram de alvenarias, foram utilizadas fundações rasas e nos outros complexos compostos de estruturas metálicas como a Usina, e espaços para teatros, a utilização das fundações profundas.

## CONCLUSÃO

Foi observado que, devido ao tipo de solo, a escolha da fundação poderia ser também de estacas metálicas e estacas de concreto armado, pois são mais eficazes em solos mais instáveis, como é o caso explícito. A estaca hélice contínua provavelmente foi a escolhida devido seu custo benefício, já que é considerada uma escolha de fundação mais comum entre os engenheiros.

Diante deste fato, observou-se que a decisão dessa estaca se deu devido ao tamanho do porte da obra, pois a mesma possui a estrutura metálica em grande parte de sua composição. Também foi interessante perceber que as profundidades das estacas foram diferentes, de acordo com cada estrutura presente no terreno, devido a mudança da composição do solo em distintas áreas dessa obra. Outro ponto a se esclarecer: os diferentes tipos de fundações presentes na construção. Outras estruturas menores foram acometidas pelo uso de fundações rasas, devido menores cargas estruturais.

A fundação do tipo estaca hélice contínua é caracterizada por ser um tipo de fundação viável para solos instáveis e em situações em que seja necessário a ausência de ruídos, como é o caso da construção dessa usina, devido construções vizinhas próximas a escolha do terreno. Entre suas características, destacam-se a rápida execução, ausência de ruídos e também a instalação rápida dos equipamentos para a execução. Resumindo, a estaca hélice contínua é uma alternativa para projetos em áreas urbanas e também para situações que sejam necessárias controle da velocidade e das vibrações.

Este trabalho buscou informações relevantes ao processo de execução dessas fundações, baseando-se em entrevistas e imagens que agregaram para o conhecimento do leitor, afim da compreensão clara e objetiva. A pesquisa objetificou-se no passo a passo dessa execução, exemplificando a fundação como sendo considerada rara em relação as obras da cidade.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Douglas. **Conheça os tipos de fundações mais utilizados na construção civil**. 2019. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/tipos-de-fundacoes/>. Acesso em: 10 set. 2024.

ALONSO, Urbano Rodriguez. **Previsão e controle das fundações: uma introdução ao controle**. 3. ed. Ed. Edgard Blucher: São Paulo, 2020.

Arasamento de estacas. Disponível em: <https://megademolidora.com.br/arasamento-de-estacas>. Acesso em: 8 jan. 2025.

ARMAC. **O que é uma escavadeira? Você sabe?** Disponível em: <https://armac.com.br/blog/maquina/escavadeiras/o-que-e-uma-escavadeira-voce-sabe/#:~:text=Como%20h%C3%A1%20muitas%20aplica%C3%A7%C3%B5es%20para%20esse%20tipo%20de,movimentar%20terra%3B%208%20abastecimento%20de%20caminh%C3%B5es%20e%20ca%C3%A7ambas>. Acesso em: 27 jan. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:2014: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16903:2020 – Solo- Prova de carga estática em fundação profunda**. Rio de Janeiro, 2020.

AZEREDO, H. A. de (1997). **O edifício até sua cobertura**, Ed Edgard Blucher LTDA, 2ª Ed.

BARBOSA, Christiane Lima. **Fluxo contínuo: ferramenta do Sistema de Produção Enxuta aplicado ao processo de produção de estacas pré-moldadas de concreto para fundações**. 2009.

BARCELLOS, Stéfano. **Solo arenoso: características**. Saber Tecnologias, 2024. Disponível em: <https://sabertecnologias.com.br/artigo/solo-arenoso-caracter-sticas>. Acesso em: 28 jan. 2025.

BARROS, C. **Apostila de fundações**. Pelotas: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

BARROS, Márcia. **Apostila de Fundações**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil. 2003.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 790p.

Braja, M. DAS. **Fundamentos da Engenharia Geotécnica**. Tradução da 6° ed americana. São Paulo: Cengage Learning, 2007

CARVALHO, Matheus. **Bloco de coroamento**. Carluc. Disponível em: <https://carluc.com.br/fundacao/bloco-de-coroamento/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

CLUBE DO CONCRETO. **Bloco de coroamento: o que é, método de execução e tipos**. Disponível em: <https://www.clubedoconcreto.com.br/2024/04/bloco-de-coroamento-o-que-e-metodo-de.html>. Acesso em: 8 jan. 2025.

DAS, Braja M. **Princípios de Engenharia de Fundações**. 8. ed. São Paulo: Gisela Carnicelli, 2016.

EMBRAFE. **Cravação de estacas pré-moldadas: tudo que você precisa saber**. Disponível em: <https://www.embrafe.com.br/blog/categorias/artigos/cravacao-de-estacas-pre-moldadas-tudo-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 28 jan. 2025.

FIDALGO, “**Solos: Tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas**”. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/solos/livros/SOLOS%20CRESCIMENTOS%20DE%20PLANTAS.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2025.

FUNDAÇÕES JF. **Perfuratriz hélice contínua**. Disponível em: <https://fundacoesjf.com.br/perfuratriz-helice-continua/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

GeoProva. **Prova de carga estática**. Disponível em: <https://geoprova.com.br/prova-carga-estatica.html>. Acesso em: 8 jan. 2025.

Gontijo Fundações. **"Escolhendo a Fundação Profunda Certa: Estaca Cravada, Hélice Contínua e Estaca Escavada"**. Acesso em 13 set. 2024. Disponível em: <https://gontijoengenharia.com.br/escolhendo-a-fundacao->



REBELLO, Yopanan C. P. et al. **Fundações: Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. São Paulo: Zigurate, 2008.

RECH. **O que é terraplanagem e quais suas etapas?** Disponível em: <https://blog.rech.com/o-que-e-terraplanagem-e-quais-suas-etapas/#:~:text=O%20ajuste%20final%20de%20planifica%C3%A7%C3%A3o%20da%20terra%20%C3%A9,para%20espalhar%20a%20terra%2C%20níveland o%20todo%20o%20terreno>. Acesso em: 27 jan. 2025.

SABBATINI, Fernando Henrique; CARDOSO, Francisco Ferreira; FRANCO, Luiz Sérgio; BARROS, Mercia Maria S. Bottura de. **Produção de armadura**. Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Disponível em: <https://docentes.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/armadura-ferragem/producao-de-armadura>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SULMINAS AÇO. **Estacas de aço para fundação**. Disponível em: <https://sulminasaco.com.br/estacas-de-aco-para-fundacao/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

VALDEZ, Mario. **Sistemas Hidráulicos**. Lisboa, Portugal Vol. 2, ed. M.V., 1996.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: Critérios de Projeto, Investigação do Subsolo, Fundações Superficiais, Fundações Profundas**. São Paulo: Oficina de textos. 2010

ABNT. NBR 6122:2022 – **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.