



**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JEFFERSON AUGUSTO BERTOLO FREITAS**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO SEMIEMPÍRICOS  
COM OS ENSAIOS DE CARREGAMENTO ESTÁTICO EM FUNDACÕES  
PROFUNDAS DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA**

**Sinop-MT  
2024**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JEFFERSON AUGUSTO BERTOLO FREITAS**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO SEMIEMPÍRICOS  
COM OS ENSAIOS DE CARREGAMENTO ESTÁTICO EM FUNDACÕES  
PROFUNDAS DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Departamento de Engenharia Civil, do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof<sup>o</sup> Pedro Matiazzi da Silva

**Sinop-MT  
2024**

**JEFFERSON AUGUSTO BERTOLO FREITAS**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO SEMIEMPÍRICOS  
COM OS ENSAIOS DE CARREGAMENTO ESTÁTICO EM FUNDACÕES  
PROFUNDAS DO TIPO ESTACA HÉLICE CONTÍNUA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Avaliadora do Curso de Engenharia –  
do Centro Universitário Fasipe - UNIFASIPE como requisito para a obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: 10/06/2024.

---

Professor(a) Orientador(a): Pedro Matiazzi de Silva  
UNIFASIPE

---

Professor(a) Avaliador(a): Kênia Araújo de Lima Scariot  
UNIFASIPE

---

Professor(a) Avaliador(a): Raiza Guimarães  
UNIFASIPE

## **DEDICATÓRIA**

A todos que sempre estiveram do meu lado e acreditando em mim, meus familiares que sempre estiveram presentes e torcendo por minha vitória.

## **AGRADECIMENTO**

-Primeiramente a Deus que sempre me deu forças e nunca me abandonou nos momentos de angustia tristeza, sempre se fez presente escutando minhas orações dando forças na minha caminhada, sem a benção dele nada disso seria realidade.

-Aos meus pais, que sempre estiveram comigo ensinando a dar meus primeiros passos e passando seus conhecimentos.

-Agradecer a minha namorada Maria Eduarda que sempre me ajudou e acreditou em mim, ela foi fundamental para conclusão desse trabalho.

-À professor (a) orientador que sempre tirou minhas dúvidas de forma objetivas e visando o êxito deste trabalho.

-Aos demais professores do curso que passaram seus conhecimentos ao longo dessa formação.

-E a todos que de certa forma estão envolvidos direto e indireto nessa parte de aprendizado da minha vida sempre serão lembrados.

FREITAS, J. A. B. Estudo comparativo dos métodos de cálculo semiempíricos com os ensaios de carregamento estático em fundações profundas do tipo estaca hélice contínua. 2024  
43 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso II – Centro Educacional Fasipe – UNIFASIPE

## RESUMO

As fundações são responsáveis pela transferência de cargas vindas da supraestrutura para o solo e seu dimensionamento correto é de suma importância para a estabilidade e segurança da estrutura. Para a escolha do tipo ideal de fundação, o projetista precisa levar em consideração o tipo de solo, nível de lençol freático e demais características de solo, analisadas através de ensaios geotécnicos, comumente o SPT. Este trabalho apresenta uma análise comparativa entre o método semi-empírico de Aoki e Velloso e a prova de carga com carregamento lento, para uma estaca hélice contínua, visando comparar e analisar ambos. Com os resultados obtidos foi possível observar que o método de Aoki-Velloso atingiu um resultado muito abaixo da resistência atingida na prova de carga estática, sendo 58,3% da carga de ruptura obtida pelo método Van der Veen. É válido ressaltar que o ensaio de prova de carga validou o dimensionamento, provando que para o solo da região esse ensaio é efetivo.

**Palavras-chave:** Capacidade de carga; Ensaio geotécnico; Fundação profunda; Método semi-empírico.

FREITAS, J. A. B. Estudo comparativo dos métodos de cálculo semiempíricos com os ensaios de carregamento estático em fundações profundas do tipo estaca hélice contínua. 2024  
43 folhas.

Trabalho de Conclusão de Curso II – Centro Educacional Fasipe – UNIFASIPE

## ABSTRACT

Foundations are responsible for transferring loads from the superstructure to the ground and their correct dimensioning is extremely important for the stability and safety of the structure. To choose the ideal type of foundation, the designer needs to take into account the type of soil, groundwater level and other soil characteristics, analyzed through geotechnical tests, commonly SPT. This work presents a comparative analysis between the semi-empirical method of Aoki and Velloso and the load test with slow loading, for a continuous helix pile, aiming to compare and analyze both. With the results obtained, it was possible to observe that the Aoki-Velloso method achieved a result well below the resistance achieved in the static load test, being 58.3% of the breaking load obtained by the Van der Veen method. It is worth noting that the load proof test validated the design, proving that this test is effective for the soil in the region.

**Keywords:** Battery capacity; Geotechnical testing; Deep foundation; Semi-empirical method.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fundações superficiais.....	16
<b>Figura 2:</b> Sequência executiva: (a) perfuração; (b) concretagem; (c) colocação da armadura. .....	17
<b>Figura 3:</b> Fases de execução estaca raiz. ....	18
<b>Figura 4:</b> Procedimento executivo: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após locação de armadura, (d) estaca pronta. ....	20
<b>Figura 5:</b> Estaca tipo Franki .....	21
<b>Figura 6:</b> Ensaio SPT .....	22
<b>Figura 7:</b> Sistema de reação para execução a prova de carga estática, (a) cargueira, (b) estacas de tração e (c) tirantes ancorados ao solo .....	24
<b>Figura 8:</b> Sistema de medição para prova de carga.....	24
<b>Figura 9:</b> Fluxograma.....	28
<b>Figura 10:</b> Montagem da prova de carga na estaca PCE01.....	29
<b>Figura 11:</b> Localização dos pontos do ensaio SPT.....	30

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Valores de $K$ e $\alpha$ .....	26
<b>Tabela 2:</b> Fatores de Correção $F_1$ e $F_2$ .....	27
<b>Tabela 3:</b> Resultados da estaca ensaiada. ....	31
<b>Tabela 4:</b> Resultado do método Aoki Velloso.....	34

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Carga-recalque .....	31
<b>Gráfico 2:</b> Ensaio de recalque PCE01 .....	32
<b>Gráfico 3:</b> Comparação da Carga obtida pelo método semi-empírico X Carga obtida em ensaio. .....	35

## LISTA DE ABREVIACOES

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

**CPT** – Ensaio de penetração do Cone;

**EHC** – Estaca Hélice Contínua;

**F.S** – Fator de Segurança;

**IPT** – Instituto de Pesquisas Tecnológica;

**SPT** – *Standard Penetration Test*;

**NBR** – Norma Brasileira Regulamentadora;

**PCE01** – Prova de carga estática 01;

**SP08** – Sondagem a percurso 08.

## LISTA DE SÍMBOLOS

**cm** – Centímetro

**cm<sup>2</sup>** – Centímetro quadrado

**m** – Metro

**m<sup>2</sup>** – Metro quadrado

**mm** – Milímetros

**%** – Porcentagem

**kN** – Kilonewton

**kgf** – Quilograma-força

**tf** – Tonelada-força

**kg** – Quilograma

**Mpa** – Mega Pascoal

**F<sub>yk</sub>** - Resistência característica do aço

**K** – Fator de correção em função do tipo de solo, em kgf/cm<sup>2</sup>

**N<sub>p</sub>** – Índice de resistência a penetração do amostrador no solo na ponta da estaca

**N<sub>L</sub>** – Índice de resistência a penetração do amostrador no solo ao longo do fuste

**R** – Resistência total

**d** – Diâmetro

**r** – Raio

**P<sub>rup</sub>** – Capacidade de carga

**P<sub>trab</sub>** – Capacidade de trabalho

**A** – Área da seção transversal da ponta da estaca, em m<sup>2</sup>

**N** – Índice de resistência a penetração do amostrador no solo

**F1** – Fator de escala e execução

**F2** – Fator de escala e execução

**U** – Perímetro da seção transversal do fuste, em metros

**α** – Fator de correção em função do tipo de solo, em porcentagem

**ΔL** – Profundidade da camada, em metros

**N<sub>SPT</sub>** – Número de golpes aplicados na cravação dos 30 cm finais do ensaio SPT.

**A<sub>P</sub>** – Área da seção transversal da ponta da estaca, em m<sup>2</sup>;

**q<sub>c</sub>** – Valor de resistência de ponta

**f<sub>s</sub>** – Atrito lateral

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 Problematização</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.3.1 Geral .....	15
1.3.2 Específicos .....	15
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1 Fundações rasas</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2 Fundações Profundas</b> .....	<b>16</b>
2.2.1 Estaca Hélice contínua .....	16
2.2.2 Estaca raiz .....	18
2.2.3 Estaca Strauss .....	19
2.2.4 Estaca Franki .....	20
<b>2.3 Estudo de solo – Ensaio SPT</b> .....	<b>21</b>
<b>2.4 Prova de Carga</b> .....	<b>22</b>
2.4.1 Prova de Carga Estática .....	23
2.4.1.1 Ensaio com carregamento lento .....	25
2.4.1.2 Ensaio com carregamento rápido .....	25
<b>2.5 Métodos semi-empíricos</b> .....	<b>25</b>
2.5.1 Método de Aoki-Velloso .....	26
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Prova de Carga Estática em Fundação Profunda</b> .....	<b>29</b>
<b>3.2 Método semi-empírico</b> .....	<b>29</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1 Prova de Carga</b> .....	<b>31</b>
4.1.1 Curva de Recalque .....	31
<b>4.4 Método semi-empírico - Aoki e Velloso</b> .....	<b>33</b>
<b>4.5 Comparativo entre carga obtida pelo ensaio estático e carga obtida pelo método semi-empírico.</b> .....	<b>35</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>41</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia de fundações é a subdivisão da engenharia geotécnica que é responsável por avaliar o comportamento do subsolo associado a transferências de cargas. Essa parte da engenharia se dedica à elaboração de projetos e verificação da execução do sistema de fundações, composto por elementos estruturais e diversas camadas de solo que os cercam (VELLOSO, 2019).

Visando as construções verticais, alguns estudos do solo são necessários, tal como a resistência a penetração ( $N_{SPT}$ ), análise granulométrica e limites de consistência, que facilitam a determinação da tipologia do solo e suas particularidades. No Brasil um dos principais ensaios geotécnicos utilizados é o ensaio do *Standard Penetration Test* (SPT), que fornece subsídio para elaboração de projetos de fundações. Isso se deve ao fato de se aplicar cálculos semi-empíricos para definição da capacidade de carga de fundações que se correlacionam com o índice de resistência obtidos nos ensaios SPT.

Para o dimensionamento da fundação, além das propriedades do terreno, é necessário também a familiaridade das plantas de carga da estrutura. O método de cálculo semi-empírico, é aquele em que as propriedades dos materiais são estimadas com base em correlações, métodos teóricos e experimentos. Ao empregar o método semi-empírico na determinação das tensões admissíveis são aplicadas algumas estimativas quanto as propriedades do solo e, em seguida, utilizados em fórmulas teóricas.

Em função de sua aplicação rotineira, é relevante compreender o comportamento em termos de capacidade de carga baseados em correlações com resultados de ensaios de campo tal como as provas de carga.

## **1.1 Problematização**

Durante a execução de obras em fundações profundas com elevado número de estacas, faz-se necessário à validação do dimensionamento das fundações por meio de ensaios de prova de cargas em algumas dessas estacas. Este ensaio fornece dados para a avaliação da efetividade do dimensionamento realizado. Nesse contexto, pode-se questionar: Qual a diferença entre os valores de resistência obtidos através do ensaio de prova de carga e calculados através dos métodos semi-empíricos para uma edificação no município de Sinop?

## **1.2 Justificativa**

Tendo em vista a importância do estudo e dimensionamento correto das fundações de edificações e empreendimentos de engenharia, especialmente em estruturas com grandes carregamentos, faz-se necessário a análise entre os valores projetados e os valores obtidos por ensaios em campo, de modo a validar o dimensionamento realizado, garantindo assim a segurança da edificação e ainda servir de balizamento para otimizar e melhorar futuros empreendimentos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Geral**

Comparar os resultados dos métodos semi-empíricos para previsão de capacidade de carga de estaca hélice contínua com os resultados de capacidade de carga atingidos por meio da prova de carga.

### **1.3.2 Específicos**

- Realizar a prova de carga estática para determinação da capacidade de carga.
- Realizar os cálculos manualmente para determinação da capacidade de carga pelo método semi-empírico Aoki e Velloso.
- Comparar a capacidade de carga entre o método semi-empírico Aoki e Velloso e a prova de carga estática.

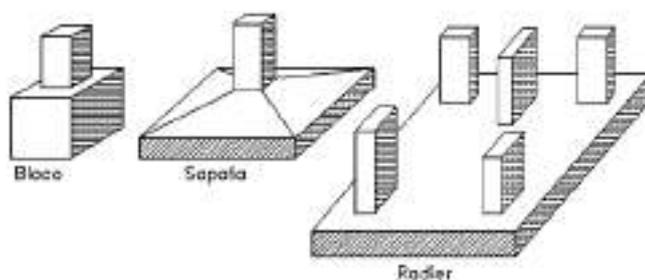
## 2. REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com a norma NBR 6122 (ABNT, 2019) fundações são a parte da estrutura responsável por transmitir as cargas oriundas da superestrutura ao solo, sendo que podem ser classificadas como fundações rasas ou profundas.

### 2.1 Fundações rasas

As fundações rasas podem ser do tipo sapatas, *radier* ou bloco (figura 1), são elementos cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão, sendo que a transferência de esforços ao solo é dada por sua base (NBR 6122:2019).

**Figura 1:** Fundações superficiais



**Fonte:** VELLOSO E LOPES, (2010)

### 2.2 Fundações Profundas

Fundações profundas são aquelas que a transferência de cargas ao solo é dada através da base (chamada de resistência de ponta), pela superfície lateral (chamada de resistência de fuste) ou através das duas combinações, sendo a base desta fundação apoiada a uma profundidade de oito vezes superior ao seu menor tamanho em planta ou no mínimo 3 metros, incluindo neste grupo estão as estacas e tubulões a céu aberto (ABNT:2019).

Esse tipo de fundação é empregada quando o terreno apresenta aspectos geológicos que impeça o assentamento da fundação rasa nas primeiras camadas do solo, em consequência da baixa resistência de absorção das cargas que serão transmitidas ao solo, podendo gerar recalque, podendo acarretar ao colapso da estrutura (PEREIRA, 2019).

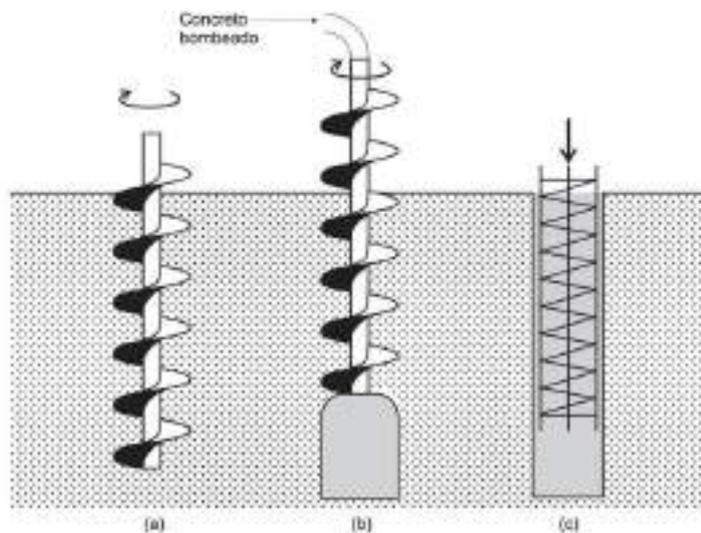
#### 2.2.1 Estaca Hélice contínua

De acordo com Barros (2012), à estaca do tipo hélice contínua tem sua execução *in loco*, com a utilização de um trado para perfuração do solo, sendo que seu interior possui um tubo, no qual o concreto é injetado. Durante esse processo, a injeção de concreto, sob pressão controlada, é realizada simultaneamente à retirada do trado. A instalação da armadura ocorre após a conclusão da concretagem, sendo introduzida no concreto fresco. Graças à sua geometria transversal, a EHC possui uma alta capacidade de suporte de carga, tornando-se uma opção viável do ponto de vista técnico e econômico em obras de médio e grande porte (NETO, 2006).

a) Processo de execução

A execução das estacas hélice contínua pode ser resumida em três fases distintas: a perfuração, a concretagem e a colocação da armadura, conforme ilustrado na figura 2.

**Figura 2:** Sequência executiva: (a) perfuração; (b) concretagem; (c) colocação da armadura.



Fonte: VELLOSO E LOPES, (2010).

A perfuração é o primeiro passo, consistindo na inserção do trado helicoidal contínuo no solo até atingir a profundidade estabelecida no projeto. Esse processo é realizado por meio de uma luva rotativa acoplada à extremidade superior do trado, aplicando o torque necessário para superar a resistência do solo. O trado contínuo é constituído por uma hélice espiral que remove o solo e uma haste central vazada, equipada com dentes na extremidade inferior que facilitam a penetração no terreno. Para evitar a entrada de solo ou água na haste, o equipamento possui uma tampa de proteção recuperável na face inferior, que é expelida durante a fase de concretagem.

A perfuração é conduzida de forma contínua, sem retirar o trado do solo, garantindo que não ocorra alívio significativo de tensões no solo, isso permite a execução de EHCs em uma variedade de solos, sejam coesos ou arenosos, e mesmo na presença do lençol freático.

Conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019), é essencial o monitoramento eletrônico durante toda a etapa de perfuração, registrando dados como profundidade, velocidade de rotação do trado, velocidade de avanço e pressão do torque.

Após atingir a profundidade especificada no projeto, inicia-se a concretagem da estaca. O concreto é bombeado pelo interior da haste central, simultaneamente à retirada do trado do solo. A extração do trado ocorre sem rotação ou, no caso de solos arenosos, com rotação lenta no sentido da perfuração. A concretagem deve ser contínua e ininterrupta, garantindo a integridade do fuste da estaca.

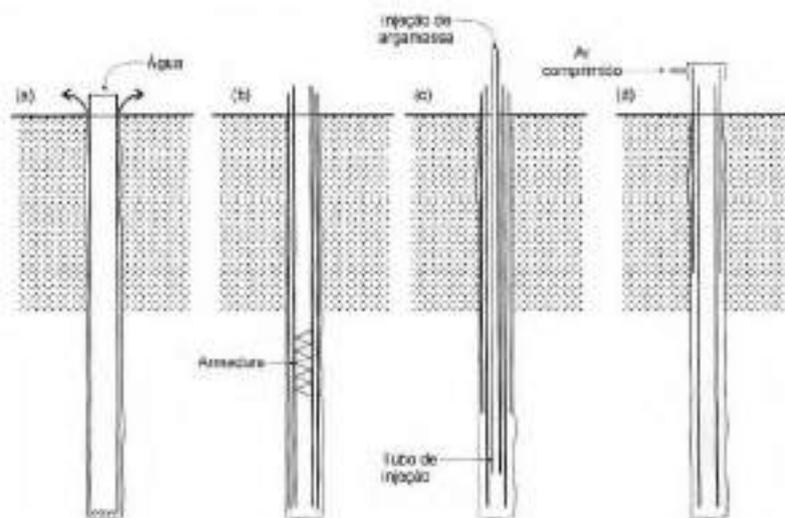
A concretagem da estaca é geralmente realizada até a superfície de trabalho, com a opção de deixar a estaca arrasada abaixo da superfície do solo. Nesse caso, a estabilidade do furo não concretado e a inserção da armadura devem ser cuidadosamente avaliadas para evitar a contaminação do concreto pelo solo.

A colocação da armadura deve ser feita imediatamente após a conclusão da concretagem, enquanto o concreto ainda está fresco. A armadura pode ser introduzida na estaca por gravidade, compressão por pilão ou vibração, sendo esta última prática menos comum no Brasil, embora recomendada internacionalmente (FONTES *et al*, 2022).

### **2.2.2 Estaca raiz**

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019), a estaca raiz é uma estaca moldada no local em que é escavada e totalmente coberta por segmentos de tubos metálicos (revestimento) que são inseridos à medida que a escavação avança e depois recuperados durante a injeção da argamassa (figura 3). A perfuração no solo é realizada pela rotação da camada externa e pela circulação direta da água injetada em seu interior.

**Figura 3:** Fases de execução estaca raiz.



**Fonte:** VELLOSO E LOPES, (2010).

Os procedimentos executivos para estacas de raízes incluem as seguintes etapas:

1. Perfuração: A perfuração é realizada por rotação, circulação de água ou lama bentonítica. Isto permite que um tubo de revestimento temporário seja colocado até o topo da pilha. Se forem encontrados materiais duros durante a perfuração, como blocos de rocha ou pedaços de concreto, o processo pode ser continuado usando brocas diamantadas ou processos de impacto, sendo este último o mais comum.

2. Reforço: O reforço de aço é inserido após a perfuração.

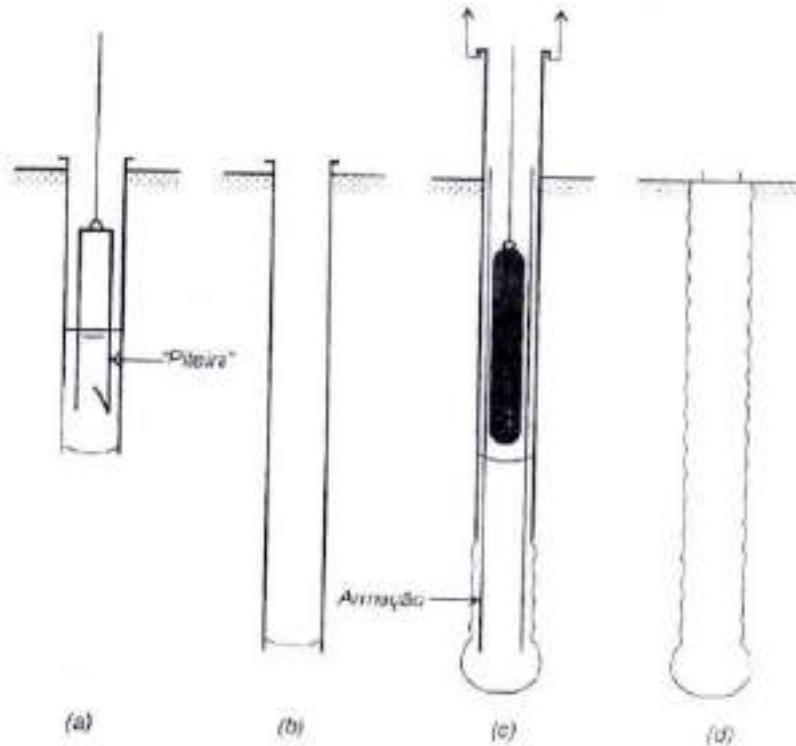
3. Concretagem: A concretagem é feita com argamassa constituída por areia e cimento. Essa argamassa é bombeada através de uma tubulação até o topo da estaca. À medida que a argamassa sobe pelo tubo de revestimento, ela é removida simultaneamente com os cilindros hidráulicos. Além disso, são aplicados jatos de ar comprimido, com pressões de até 5 kgf/cm<sup>2</sup>, para engrossar a argamassa e promover contato com o solo, promovendo atrito lateral.

Segundo Silva (2020), esse processo de estaqueamento permite a criação de fundações profundas que oferecem vantagens significativas, principalmente quando se trata de locais com materiais resistentes ou necessidade de perfuração de obstáculos. Além disso, a capacidade de controle durante a concretagem e a interação direta com o solo fazem da estaca uma escolha eficaz em diversas situações de engenharia civil. É essencial seguir procedimentos rigorosos de execução para garantir que estas fundações atendam aos requisitos de resistência e estabilidade necessários aos projetos de construção.

### 2.2.3 Estaca Strauss

A estaca Strauss é uma fundação em concreto armado, executada *in loco* por perfuração com o uso de uma sonda ou piteira e revestimento total, realizando-se gradualmente o lançamento e apiloamento do concreto, com remoção simultânea do revestimento (figura 4) (ANBT, 2019).

**Figura 4:** Procedimento executivo: (a) escavação, (b) limpeza do furo, (c) concretagem após locação de armadura, (d) estaca pronta.



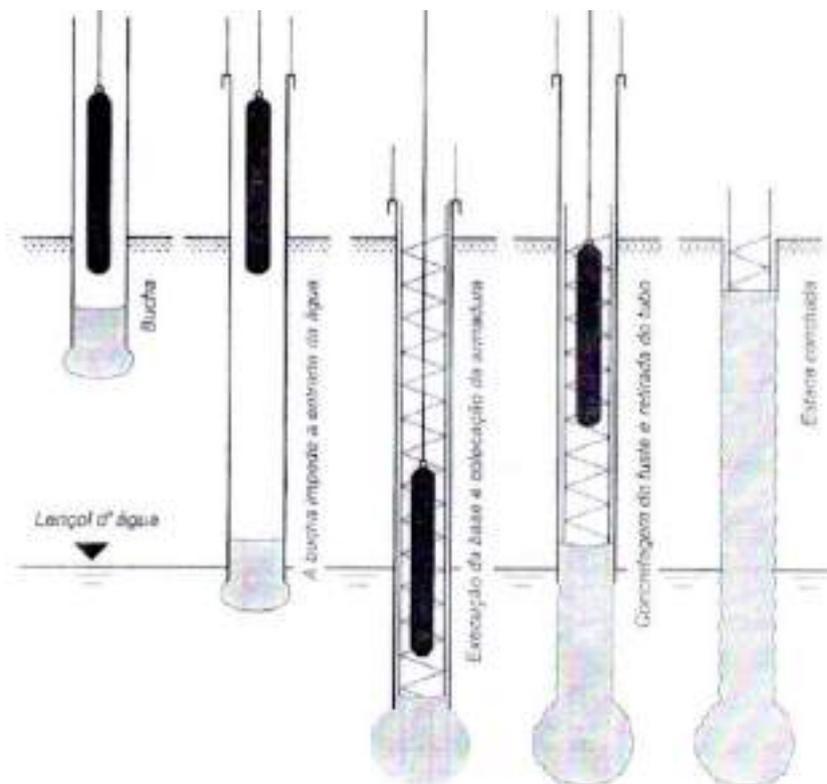
Fonte: VELLOSO E LOPES (2004)

Este modelo de fundação pode ser utilizado em locais onde o relevo é acidentado, por conta simplicidade do maquinário, porém também possui alguns empecilhos se considerado o lençol freático, devido a secagem da água para a execução da concretagem que pode se tornar inviável.

#### 2.2.4 Estaca Franki

Farias e Paranhos (2018), descreve a estaca Franki como uma estaca moldada *in loco*, executada por meio de cravação com sucessivos golpes de um pilão, de um tubo de ponta fechada por uma bucha seca formado de pedra e areia, firmada na extremidade inferior do tubo por atrito. Este modelo de estaca tem sua base alargada, sendo inteiramente armada (figura 5).

**Figura 5:** Estaca tipo Franki



**Fonte:** VELLOSO E LOPES (2004)

Mesmo com sua alta capacidade de carga, a sua utilização é restrita a algumas situações. Como sua execução é feita com golpes de pilão, tem um alto índice de vibrações, sendo necessário um estudo antecipado em caso de edificações vizinhas. Além deste problema, a sua execução necessita de uma área ampla para que o maquinário seja manuseado.

### **2.3 Estudo de solo – Ensaio SPT**

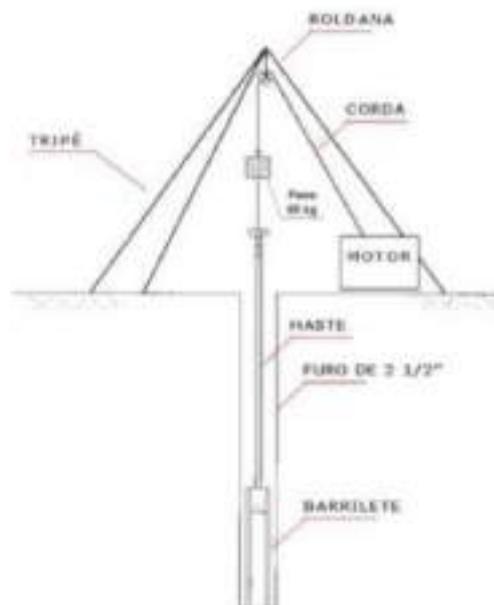
De acordo com Pereira (2019), o estudo do solo é uma das atividades mais importantes para o início de qualquer edificação, sendo o ensaio de resistência a penetração (SPT) muito utilizado para a obtenção das características do solo.

O ensaio permite obter alguns parâmetros de grande relevância, como caracterizar o tipo do solo, a resistência do solo em cada metro e a altura do lençol freático. Com essas informações e a planta de cargas da estrutura, é possível o projetista analisar qual tipo de fundação será a mais indicada para a edificação (PEREIRA, 2019).

Por conta de sua simplicidade e baixo custo, o ensaio SPT é hoje um dos métodos de sondagem mais utilizados ao redor do mundo e serve como parcela fundamental para a execução de vários projetos geotécnicos ou de fundações (LOBO, 2005).

Segundo Neves (2004) e a NBR 6484 (ABNT, 2020), o ensaio SPT se firma pela obtenção do índice de resistência admitido por meio da cravação do amostrador por golpes em sequência de um martelo de 65 kg, caindo em queda livre de uma altura de 75cm (figura 6). Como resultado do ensaio, é obtido o índice de resistência à penetração ( $N_{spt}$ ), o valor correspondente ao número de golpes necessários para cada 30 cm de penetração do amostrador no solo, após a cravação inicial de 15 cm.

**Figura 6:** Ensaio SPT



**Fonte:** Escola Engenharia (2021)

## 2.4 Prova de Carga

A NBR 6122 (ABNT, 2019) traz que a carga de ruptura das estacas pode ser determinada com os ensaios em campo como, por exemplo, a prova de carga estática e o ensaio de carregamento dinâmico. A norma também determina que a execução de ensaios de provas de carga estática de desempenho é caráter obrigatório em qualquer obra que tenha uma quantidade de estacas conforme mostrado no quadro 1. Além do mais, ela ainda destaca que para cada ensaio de prova carga estático é possível mudar tal procedimento por cinco ensaios de carregamento dinâmico.

**Quadro 1:** Quadro de prova de carga.

Tipo de estaca	<b>A</b> Tensão de trabalho abaixo da qual não serão obrigatórias provas de carga, desde que o número de estacas da obra seja inferior à coluna B, em Mpa	<b>B</b> Número total de estacas da obra a partir do qual serão obrigatórias provas de carga
Pré-moldada	7,0	100
Madeira	-	100
Aço	0,5fyk	100
Hélice	5,0	100
Estacas escavadas com ou sem fluido $\Phi \geq 70\text{cm}$	5,0	75
Raiz	$\leq \Phi 310 \text{ mm} = 15,0$	75
	$\geq \Phi 400 \text{ mm} = 13,0$	
Microestacas	15,0	75
Trado vazado segmentado	5,0	50
Franki	7,0	100
Escavadas sem fluido $\Phi < 70\text{cm}$	4,0	100
Strauss	4,0	100

Fonte: NBR 6122 (2019)

### 2.4.1 Prova de Carga Estática

Segundo a NBR 12131 (ABNT, 2006) a prova de carga consiste em aplicar esforços estáticos à estaca teste e registrar o seu deslocamento, sendo que esses esforços podem ser axiais, tração ou compressão ou esforços transversais. Permitindo assim que seja criado um relatório gráfico de carga x deformação.

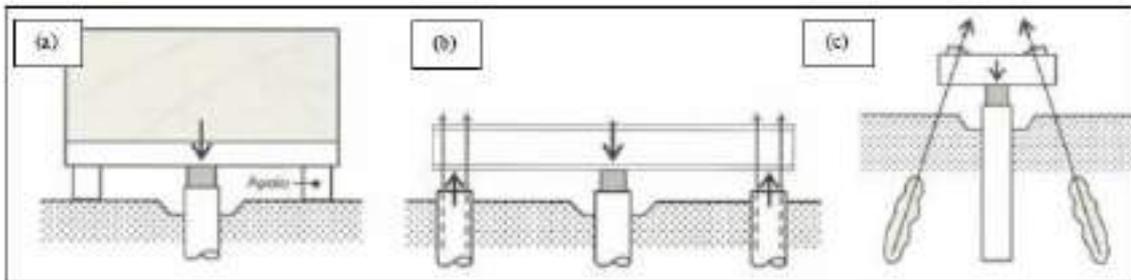
Ainda de acordo com a NBR 12131 (ABNT, 2006), as cargas são aplicadas com um macaco hidráulico agindo contra um sistema de reação do tipo cargueira, estacas de reação ou tirantes (figura 7).

a) Sistema cargueiro: a reação é realizada com o uso de uma caixa preenchida com peso conhecido;

b) Estacas de reação: o sistema de reação é composto por estacas totalmente armadas à tração, ou por estacas metálicas, executadas em volta do elemento a ser testado e fixadas através de uma viga metálica ancorada nas estacas;

c) Sistema de tirantes: tem uma sistematização parecida ao anterior, mas ao invés das estacas, os tirantes são executados normalmente inclinados, fixos por uma carapaça e ancorados em rocha ou solo (CINTRA e AOKI, 2010).

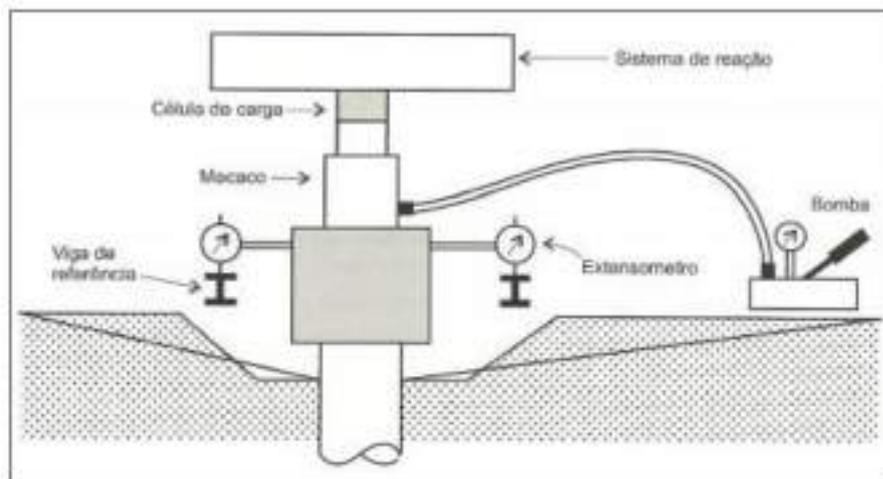
**Figura 7:** Sistema de reação para execução a prova de carga estática, (a) cargueira, (b) estacas de tração e (c) tirantes ancorados ao solo



**Fonte:** VELLOSO E LOPES (2010)

A figura 8 mostra a representação esquemática do sistema de instrumentação da prova de carga à compressão.

**Figura 8:** Sistema de medição para prova de carga



**Fonte:** VELLOSO E LOPES (2010)

Para a execução, é necessário que a carga aplicada seja a mesma que a definida pelo projetista, porém há formas distintas de atingir essa carga alvo, a norma aponta que o procedimento pode ser feito com várias formas de carregamento, sendo eles: lento, rápido, misto ou cíclico (ANBT NBR 12131, 2006).

#### 2.4.1.1 Ensaio com carregamento lento

O ensaio de carregamento lento é o método mais tradicional, seus estágios de carga são programados com incrementos regulares e iguais a 20% da carga admissível de projeto até alcançar a carga máxima almejada de ensaio. A prova de carga para avaliação de desempenho deve ser levada até que se atinja pelo menos duas vezes a carga admissível de projeto. Caso exista prova de carga prévia, as provas de carga de desempenho devem ser levadas até que se atinja pelo menos 1,6 a carga admissível conforme a NBR 6122 (ABNT, 2019). O deslocamento deve ser visto sempre logo após a aplicação da carga, tendo leituras contínuas em 2, 4, 8, 15, 30 minutos, 1, 2, 3 horas, até a estabilização do deslocamento. É apontado o momento da estabilização quando, em duas leituras sequenciais, a segunda leitura não ultrapassar diferença superior a 5% da leitura anterior.

Quando o carregamento máximo for alcançado, este deve ser mantido por pelo menos 12 horas após a estabilização do recalque. Para o descarregamento, deve ser feito em no mínimo quatro partes de durações mínimas de 15 minutos, e ao término do ensaio, a leitura constante até a estabilização (ANBT NBR 12131, 2006).

#### 2.4.1.2 Ensaio com carregamento rápido

O ensaio com carregamento rápido consiste na aplicação do carregamento com duração padronizada, não tendo a necessidade de esperar a estabilização de recalques. A carga imposta em cada etapa não poderá ultrapassar 10% da carga admissível calculada e deve ser imposta por no mínimo 5 minutos (CINTRA e AOKI, 2010).

Almeida (2009) aborda que o descarregamento é similar ao ensaio lento, feito em quatro partes de descarregamento com diminuição de 25% da carga por estágio. O autor ainda conta que o ensaio rápido traz a vantagem de possuir uma quantidade elevada de leituras de cargas e recalques, como consequência, a curva carga recalque apresenta forma mais definida.

### 2.5 Métodos semi-empíricos

Os métodos semi-empíricos são modelos que se baseiam na análise do equilíbrio de forças estáticas, que existentes no sistema solo-estaca. Também leva em conta as tensões

máximas de atrito lateral e ponta alcançadas a partir de resultados empíricos de ensaios de campo (AMANN, 2010).

### 2.5.1 Método de Aoki-Velloso

De acordo com Velloso de Lopes (2012), o método de Aoki-Velloso (1975) foi desenvolvido a partir de um estudo comparativo entre provas de carga em estacas e sondagens SPT. Este método pode ser utilizado a partir de resultados de ensaio SPT e ensaio de penetração de cone (CPT).

Devido ao CPT ser menos empregado no Brasil que o SPT, o valor da resistência de ponta e do atrito lateral podem ser estimados utilizando-se correlações com o índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ), como mostrado nas equações 1 e 2.

$$q_c = K * N_{SPT} \quad \text{Eq.1}$$

$$f_s = \alpha * K * N_{SPT} \quad \text{Eq.2}$$

Em que  $\alpha$  é a razão de atrito, expressa em função do tipo de solo e K é um coeficiente que também depende do tipo de solo. A tabela 1 mostra os valores de  $\alpha$  e K, e a tabela 2 os Fatores de correção de cada tipo de estaca.

**Tabela 1:** Valores de K e  $\alpha$

Tipo de solo	K (kgf/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$ (%)
Areia	10	1,4
Areia siltosa	8	2
Areia siltoargilosa	7	2,4
Areia argilossiltosa	5	2,8
Areia argilosa	6	3
Silte arenoso	5,5	2,2
Silte arenoargiloso	4,5	2,8
Silte	4	3
Silte argiloarenoso	2,5	3
Silte argiloso	2,3	3,4
Argila arenosa	3,5	2,4
Argila arenossiltosa	3	2,8
Argila siltoarenosa	3,3	3
Argila siltosa	2,2	4
Argila	2	6

**Fonte:** Velloso e Lopes, (2010).

**Tabela 2:** Fatores de Correção F1 e F2.

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	5
Metálica	1,75	3,5
Pré-moldada de concreto	1,75	3,5
Escavada	3	6

**Fonte:** Veloso e Lopes, (2010)

Por fim, a capacidade de carga de ruptura (R) pelo método de Aoki-Veloso pode ser estimada pela seguinte equação:

$$R = \frac{KN_P}{F_1} A_P + \frac{U}{F_2} \sum_1^n \alpha K N_L \Delta L \quad \text{Eq.3}$$

Onde  $N_P$  e  $N_L$  são, respectivamente, o  $N_{SPT}$  na cota de apoio da ponta da estaca e o  $N_{SPT}$  médio na camada de solo de espessura  $\Delta L$ .

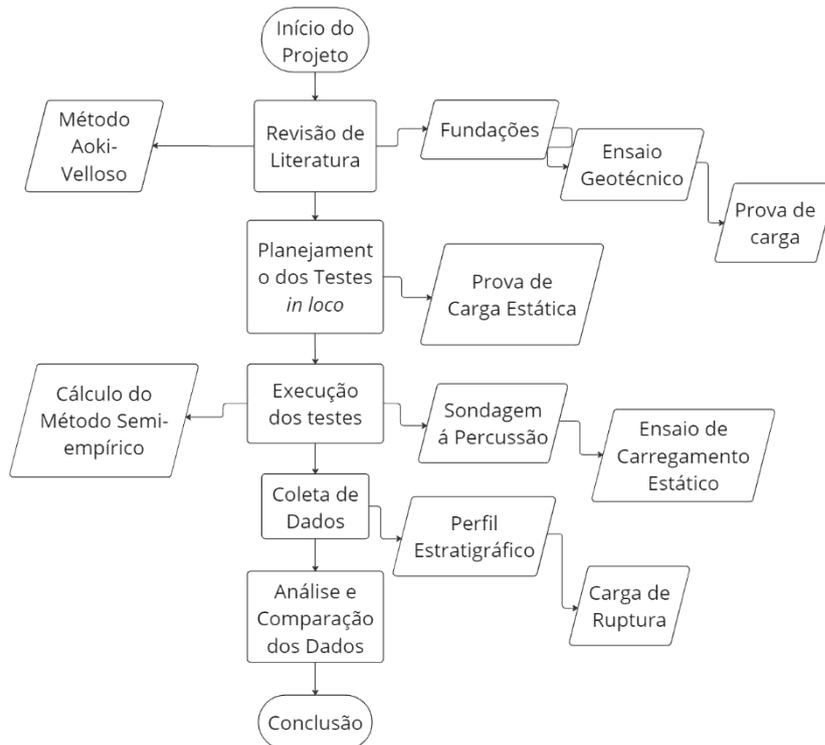
### 3. METODOLOGIA

O estudo de caso analisado refere-se a um empreendimento, um edifício residencial situado no bairro Curitiba, em Sinop-MT, abrangendo uma área total de mais de 27.000 m<sup>2</sup>, composto por duas torres, cada uma com 22 andares e 67 metros de altura. Os detalhes da locação dos furos de sondagem e das sondagens relacionadas à fundação profunda foram fornecidos pelas empresas Toctao: Soluções em engenharia e EPF Qualidade e critério de inovação, e estão nos anexos A e B, respectivamente.

A partir da planta de carga, foi realizada uma avaliação dos carregamentos e dos parâmetros geotécnicos, bem como a elaboração do dimensionamento da fundação profunda, utilizando o método semi-empírico de Aoki-Velloso.

Nesse estudo serão apresentados os métodos utilizados para a realização do estudo de caso, os passos necessários para que a comparação entre o método semiempírico e a prova de carga sejam possíveis. Serão expostos os resultados da prova de carga realizada e do método de cálculo semi-empírico de Aoki-Velloso, como mostrado no Fluxograma.

**Figura 9:** Fluxograma.



**Fonte:** Autor, (2024).

### 3.1 Prova de Carga Estática em Fundação Profunda

Para a realização do ensaio utilizou-se o método conforme a NBR 16903/2020 (Solo – Prova de carga estática em fundação profunda) e adotou-se como sistema de reação duas vigas metálicas de 6,0 metros de comprimento e 1,0 metro de altura (figura 10).

**Figura 10:** Montagem da prova de carga na estaca PCE01.



**Fonte:** EPF Geotecnia, (2023)

Para as medidas dos deslocamentos, foram utilizados de deflectômetros digitais e, para as medidas das cargas aplicadas, duas células de carga devidamente calibradas pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Esse teste é essencial para garantir a segurança, determina capacidade de cargas e a eficácia das fundações em projetos de engenharia civil.

### 3.2 Método semi-empírico

Foram adotados para os cálculos de previsão da capacidade de carga, o método semiempírico. Destaca-se que o SPT utilizado como parâmetro para os cálculos foi o SP08 como mostra a figura 11, devido ao seu posicionamento próximo ao local da construção da estaca do teste para prova de carga. A variável  $L$  (comprimento), presente no método, foi adotada como 30 metros. Foi utilizado como base o laudo de sondagem apresentado no Anexo B, que mostra até a profundidade de 9,45m o solo como Silte-Argiloso, Mole e Muito Mole, a partir de 9,45m até 17,45m como Silte-Areno-Argiloso, de 17,45m a 20,45m Silte-Argilo-arenoso, e até os 32,45m como Areia-Siltosa, de Médio a Muito Compactado.

**Figura 11:** Localização dos pontos do ensaio SPT.



**Fonte:** EPF Geotecnia, (2023)

Estão presentes o método de cálculo apresentados nesse trabalho para área da estaca ( $0,2827 \text{ m}^2$ ) na equação 4 e perímetro da estaca ( $1,8849 \text{ m}$ ) na equação 5, os quais foram calculados conforme as equações a partir do diâmetro da estaca de  $0,60 \text{ m}$ .

$$A = \pi x d^2 / 4 \quad \text{Eq.4}$$

$$P = 2 x \pi x r \quad \text{Eq.5}$$

Para o cálculo da capacidade de carga foi utilizado a equação 3 apresentada anteriormente. Os cálculos para comparação serão realizados com os dados da estaca PCE01 ensaiada na prova de carga, e comparados os resultados obtidos com a prova de carga estática.

## 4. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos pela estimativa da capacidade de carga estática da estaca PCE01 já levando em consideração aplicação do fator de segurança ao resultado das resistências totais do método. E serão apresentados os resultados dos cálculos pelo método semiempírico de Aoki-Velloso seguindo as particularidades apresentadas na metodologia.

### 4.1 Prova de Carga

As provas de carga realizadas foram do tipo estática lenta à compressão. Os carregamentos da estaca PCE01 foram iniciados por uma carga de 294kN (30,0tf), seguida de incrementos de também 294kN (30,0tf), em relação aos estágios anteriores, mantendo-se as cargas até a estabilização dos deslocamentos, no mínimo por 30 (trinta) minutos. No último estágio de carregamento, nas cargas máximas de ensaio, mantiveram-se as cargas constantes por 12 horas, sendo então realizados os descarregamentos em 4 estágios, conforme os critérios da NBR 16903/2020 e obtido assim os resultados da tabela 3.

Tabela 3: Resultados da estaca ensaiada.

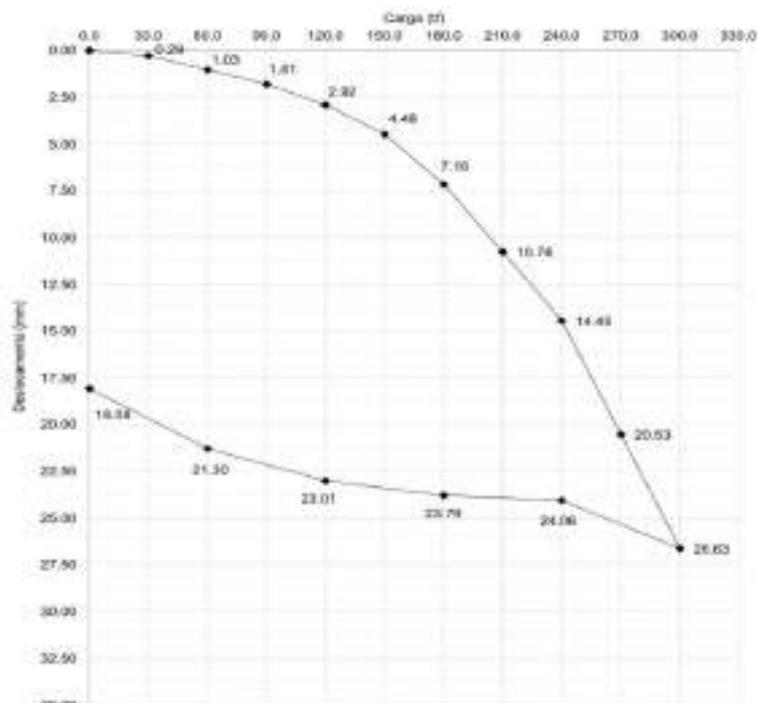
ENSAIO	TIPO	PRODUNDIDADE (m)	DIÂMETRO (cm)	P <sub>trab.</sub> (tf)	P <sub>ensaio</sub> (tf)
PCE01	Estaca Hélice contínua	30	60	150	300

Fonte: Do autor, (2024).

#### 4.1.1 Curva de Recalque

Os gráficos 1 e 2 apresentam os gráficos da curva carga-recalque (tf) e deslocamento em (mm), da estaca PCE01. E a tabela 3 apresenta os resultados obtidos com o fator de segurança.

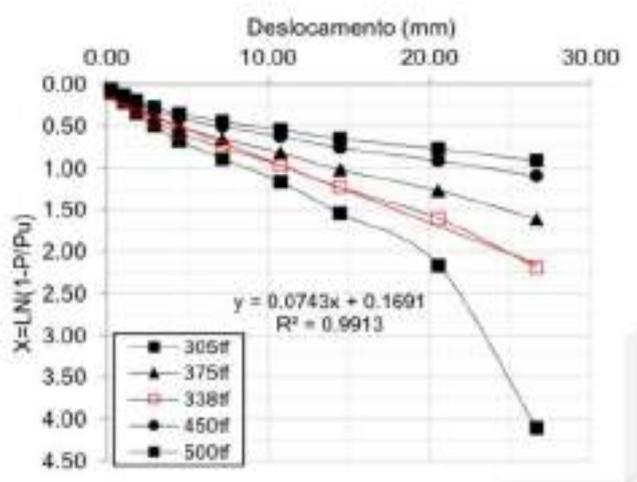
Gráfico 1: Carga-recalque



Fonte: EPF geotecnia, (2023)

O gráfico 1 apresenta a curva carga-recalque em que se vê a evolução dos recalques para cargas constantes, conforme os estágios de carga. Nesse gráfico, percebe-se que, conforme aumentaram-se as cargas, aumentaram-se os acréscimos de recalque para cargas constantes, revelando os deslocamentos dependentes do tempo.

Gráfico 2: Ensaio de recalque PCE01

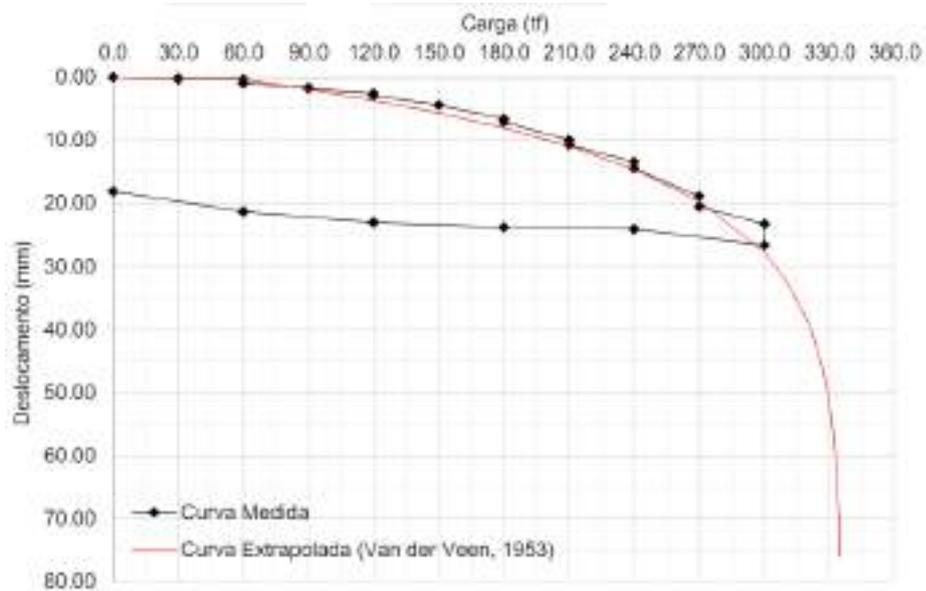


Fonte: EPF geotecnia, (2023)

Como o recalque máximo obtido na prova de carga foram maiores que 1% do diâmetro da estaca (6,00mm) e não foi deflagrada ruptura nítida conforme se observa no

gráfico 1, pode ser utilizado o método de extrapolação de Van der Veen (1953) para a obtenção da carga de ruptura geotécnica, que corresponde a aproximadamente 338(tf).

Gráfico 3: Método de extrapolação de Van der Veen (1953).



Fonte: EPF geotecnia, (2023)

### 4.3 Fator de segurança

O quadro 2 apresenta o resumo das capacidades de carga ( $P_{rup}$ ) das estacas determinadas pelos métodos de Van der Veen (1953), comparando-as com as cargas de trabalho previstas e os consequentes fatores de segurança (F.S.)

Quadro 2: Capacidade de carga em comparação a carga de trabalho.

Ensaio	$P_{rup}$ (tf)	$P_{trab}$ (tf)	F.S.
PCE01	338	150	2,25

Fonte: EPF geotecnia LTDA, (2023).

### 4.4 Método semi-empírico - Aoki e Velloso

O cálculo da capacidade de carga foi realizado por meio do método semiempírico, sendo adotado no cálculo às estacas do tipo hélice contínua, com comprimento de 30 m e 60 cm de diâmetro.

Para o método semiempírico fundamentados no SPT, foi utilizada a correlações com o índice de resistência à penetração ( $N_{SPT}$ ), como mostrado anteriormente.

É importante salientar que tal correlação pode ter afetado a estimativa desse método, portanto, o valor obtido serve apenas como referência. Para verificar a eficiência do método em estimar a capacidade de carga, o mesmo foi comparado com a média dos resultados da prova de carga estática de carregamento lento à compressão.

O Quadro 3 mostra os dados utilizados para o cálculo da capacidade de carga estimada pelo método.

**Quadro 3:** Cálculo do método Aoki e Velloso (1975)

<b>Profund. (m)</b>	<b><math>N_P</math></b>	<b><math>N_L</math></b>	<b>Tipo de solo</b>	<b><math>\alpha</math> (%)</b>	<b>K (Kgf/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F<sub>1</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b>	<b><math>\Delta L</math> (cm)</b>	<b>A<sub>p</sub> (cm)</b>
1 - 10	13	4,2	silte argiloso	3,40%	2,3	3	6	1000	2826
11 - 17	13	3,4	silte areno-argiloso	2,80%	4,5	3	6	700	2826
18 - 20	13	6,3	silte argilo-arenoso	3,00%	2,5	3	6	300	2826
21 - 30	13	14,9	areia siltosa	2,00%	8	3	6	1000	2826

**Fonte:** Do autor (2024)

Por fim, a tabela 4 mostra o resultado da capacidade de carga (R) pelo método de Aoki-Velloso.

**Tabela 4:** Resultado do método Aoki Velloso

<i>Resistência</i>	<i>Aoki-Velloso (Tf)</i>
<i>Resistência de Ponta</i>	97,97
<i>Resistência Lateral</i>	99,19
<i>Resistência Total</i>	197,16

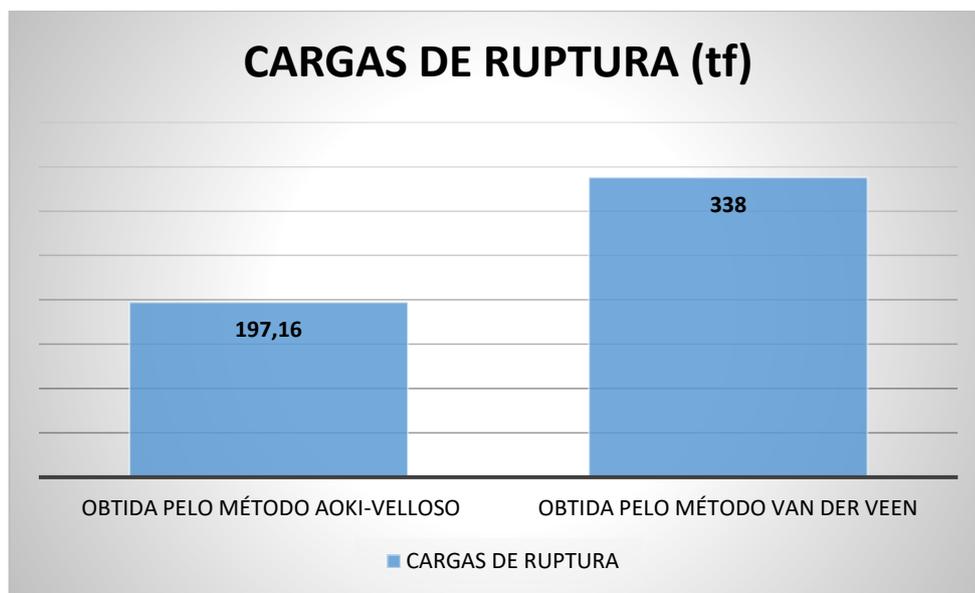
**Fonte:** Do autor (2024)

Observa-se que o valor de resistência lateral representa 50,3% da resistência total da estaca, enquanto a resistência de ponta representa o restante, 49,7%, destaca-se que os resultados se referem a resistência última, ou seja, sem a aplicação do fator de segurança.

#### 4.5 Comparativo entre carga obtida pelo ensaio estático e carga obtida pelo método semi-empírico.

A execução da Prova de Carga Estática pode viabilizar a redução do coeficiente de segurança, a realização 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 na ponta, contribuindo para a melhoria da qualidade das informações obtidas, quando comparado ao método de Aoki Velloso pode-se afirmar que os dimensionamentos são satisfatórios sob cargas máximas do ensaio obtido.

**Gráfico 4:** Comparação da Carga de ruptura obtida pelo método semi-empírico e a Prova de carga.



**Fonte:** Do autor (2024)

É possível observar que o método do Aoki-Velloso apresenta um resultado abaixo da carga de ruptura máxima prevista pelo método Van Der Veen, de 338Tf, sendo ainda assim, o método de Aoki-Velloso representa 58,3% da carga máxima estimada, para ruptura.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos valores analisados, pode-se concluir que o método semiempírico de Aoki-Velloso gerou um valor de resistência muito inferior ao obtido pelos ensaios de prova de carga, correspondendo a apenas 58,3% da resistência ensaiada, gerando assim uma estrutura mais robusta, que embora torne a execução mais onerosa, atende os parâmetros normativos e está muito a favor da segurança.

É válido ressaltar que este ensaio de prova de carga validou o dimensionamento e a execução realizados nas fundações, garantindo a segurança e capacidade de suporte da infraestrutura, permitindo assim a continuação da obra.

Este estudo de caso apresentou o resultado do ensaio de prova de carga carregamento dinâmico realizado em uma obra, em Sinop/MT. O ensaio foi executado em conformidade com as normas NBR 6122/22 e NBR 13208/07 com o objetivo de avaliar a capacidade de carga da estaca hélice contínua e verificar as tensões geradas durante os testes, analisar a integridade dos elementos estruturais.

Os resultados obtidos indicam que as resistências mobilizadas, determinadas pelo cálculo de carga e o recalque resultante no topo para cada carga incremental na ponta da estaca fornecem uma modelagem mais precisa das condições reais das estacas. O método é o sistema usado para a fiscalização da capacidade de cargas em estacas de fundações profundas seja útil para uma avaliação qualitativa, apresenta limitações devido à sua simplicidade, especialmente para estacas moldadas *in loco*. Assim, recomenda-se que os projetistas de fundações considerem principalmente os resultados e método para avaliação da capacidade de carga.

Os valores de resistência mobilizada referem-se às condições geotécnicas no momento dos ensaios e podem não representar a resistência estrutural das estacas. Portanto, é crucial que os resultados sejam analisados pelos projetistas de fundações para determinar a carga admissível, considerando requisitos como recalques, atrito negativo, fatores de segurança e possíveis danos.

Adicionalmente, é importante destacar que as informações fornecidas pela contratante, como identificação, comprimento da estaca, diâmetro e tipo, foram essenciais para a execução dos ensaios. A precisão e a confiabilidade dos dados fornecidos influenciam diretamente a interpretação dos resultados.

Em conclusão, os ensaios realizados fornecem uma base sólida para a avaliação da capacidade de carga das estacas da obra. No entanto, a análise detalhada e a aplicação dos resultados devem ser conduzidas pelos profissionais responsáveis pelo projeto de fundação,

garantindo que todos os aspectos de segurança e desempenho estrutural sejam devidamente considerados.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.J.R.; GARCIA, J.R. Engenharia de Fundações. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2020. 400 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, RJ: 2019, 91 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12131**: Estacas – Prova de carga estática – Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ: 2006, 8 p.

ALMEIDA, M. P. B. **Prova de carga rápida com recalque estabilizado**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia. São Paulo. 2009.

AMANN, K. A. P. **Metodologia semiempírica unificada para a estimativa da capacidade de carga de estacas**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Geotécnica) –Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ANTUNES, W. R.; TAROZZO, H. **Estacas Tipo Hélice Contínua In: HACHICH, W.; FALCONI, F. F.; SAES, J. L.; FROTA, R. G. Q.; CARVALHO, C. S.; NIYAMA, S.** Fundações: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Fundações por estacas - Projeto Geotécnico**. 1ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

FARIAS, Rideci; PARANHOS, Haroldo. **Notas de aula de engenharia de fundações**. Brasília, 2018.

(Fontes et al. 2022

LOBO, B. A. **Método de previsão de capacidade de carga de estacas**: aplicação dos conceitos de energia do ensaio SPT. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

LUNNE, T., Robertson, P. K., & Powell, J. J. M. (1997). **Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice**. Blackie Academic & Professional.

NEVES, L. F. S. **Metodologia para a determinação da eficiência do ensaio SPT através de prova de carga estática sobre o amostrador padrão**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) –Escola de Engenharia do Campus de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PEREIRA, Peterson dos Santos. **Comparação dos métodos semi-empíricos para previsão da capacidade de carga de estaca hélice continua com resultado de prova de carga**. Brasília, 2019.

SILVA, R. R. C. da. **Análise de métodos de previsão de capacidade de carga em estaca raiz a partir do comportamento em ensaios de carregamento estático e dinâmico**. Revista

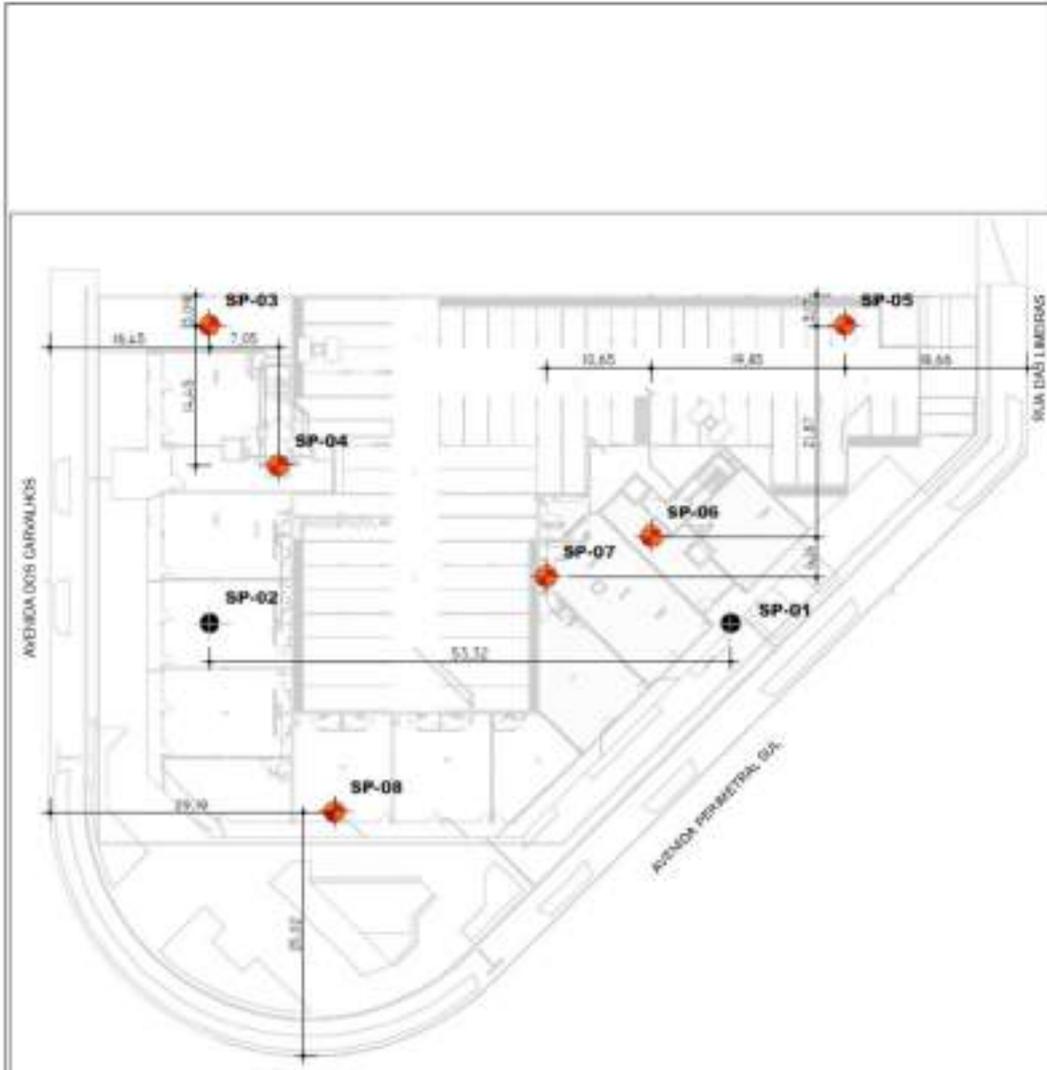
Tecnologia, [S. l.], v. 41, n. 2, 2020. DOI: 10.5020/23180730.0.10788. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/10788>.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais. Vol. I e II.** São Paulo: Oficina De Textos, 2004, 708 p. il.

VELLOSO, D. D. A.; LOPES, F. D. R. **Fundações: Fundações Profundas.** Nova. ed. São Paulo: Oficina do Texto, v. 2, 2010.

VELLOSO, Helena Vignoli. **Análise de desempenho dos métodos de capacidade de carga semi- empíricos e avaliação da probabilidade de ruína de uma fundação em estacas hélice contínua.** [manuscrito] / Helena Vignoli Velloso. - 2019. 199 f.: il.: color., gráf., tab..

# ANEXO A



**LEGENDA**

 SONDAEM A PERCUSSAO

**LOCAÇÃO DOS FUROS DE SONDAEM**

<b>CLIENTE:</b> DUOTOP EMPREENDIMENTOS LTDA	<b>DATA:</b> 03/MAR/2023	<b>RESPONSÁVEL TÉCNICO:</b>	
<b>OBRA:</b> AVENIDA DOS CARVALHOS, ESO COM A PRAÇA CURTISA BARRIO JARDIM GAS ITALIAIS	<b>ESCALA:</b> SE		
<b>LOCAL:</b> SINCP/MT	<b>TOPOGRAFIA:</b> SP-002/004/47 <b>TODAS:</b> 01/01	<b>ENQ. NGU/LEGGIO - CREA 112046</b>	
			CLARO ENGENHARIA - FONE (067) 342-7131 CUNHELM - FONE (065) 307-5000 CORREIO - FONE (066) 324-4520 <a href="http://www.funsoulos.com.br">www.funsoulos.com.br</a>

## ANEXO B

<b>BONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT</b>											
<b>NBR 6484/01</b>											
CLIENTE: DUOTTORI EMPREENDIMENTOS LTDA					<b>BONDAGEM A PERCUSSÃO: SP-08</b>						
OBRA: AV DOS CARVALHOS, ESQUINA COM A PRAÇA CLARETIA, BARRIO JARDIM ITALIA DAS					MODE: 08/02/2023		TERMINO: 11/02/2023		COTA:		
LOCAL: SLOPMT					DATA: 08/02/2023		COORDENADA:		C:		
GAMMA SPT	PROFUNDIDADE (m)	VALORES DE PENETRAÇÃO (SPT)			RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO		INSTRUMENTAÇÃO	PROFUNDIDADE DE CÂMBIO (m)	ANOTADOR (MATERIAL)	SOLTEIRA	ANEXO
0 20 30 40	100	1 15	1 15	2 15	2	3					
	200	2 15	2 15	2 15	4	4					
	300	3 15	2 15	2 15	4	4					
	400	3 15	2 15	3 15	5	6					
	500	2 15	3 15	3 15	5	6		8,25			
	600	3 15	3 15	3 15	6	7		6,05			
	700	3 15	2 15	2 15	5	4		7,25			
	800	1 15	1 15	1 15	2	2					7,74
	900	2 15	1 15	2 15	3	3		9,05			
	1000	1 15	2 15	2 15	3	4					
	1100	2 15	1 15	2 15	3	3					
	1200	2 15	2 15	2 15	4	4					
	1300	1 15	2 15	1 15	3	3					
	1400	2 15	1 15	2 15	3	3					
	1500	2 15	2 15	2 15	4	4					
	1600	2 15	1 15	2 15	3	3					
	1700	2 15	2 15	2 15	4	4		17,25			
	1800	3 15	2 15	3 15	5	6					
	1900	3 15	3 15	4 15	6	7					
	2000	4 15	3 15	4 15	7	7		30,00			

LEGENDA: 30 GR. PROVA: - - - - - 20 GR. PROVA: - - - - - TRINCO CÂMBIO (m): TC - TRINCO HELICOIDAL: TH - CÂMBIO DE CÂMBIO (m): CC - REDE DE NÍVEL: RN  
 A. TERMO: AT - SOLO ALIÇADO: AA - SOLO COLUVIAR: AC - SOLO FOLGADO: SF - SOLO SOBRENDO: SM - SOLO MISTO: SR

**FUNSOLOS**  
CONSTRUTORA & ENGENHARIA LTDA

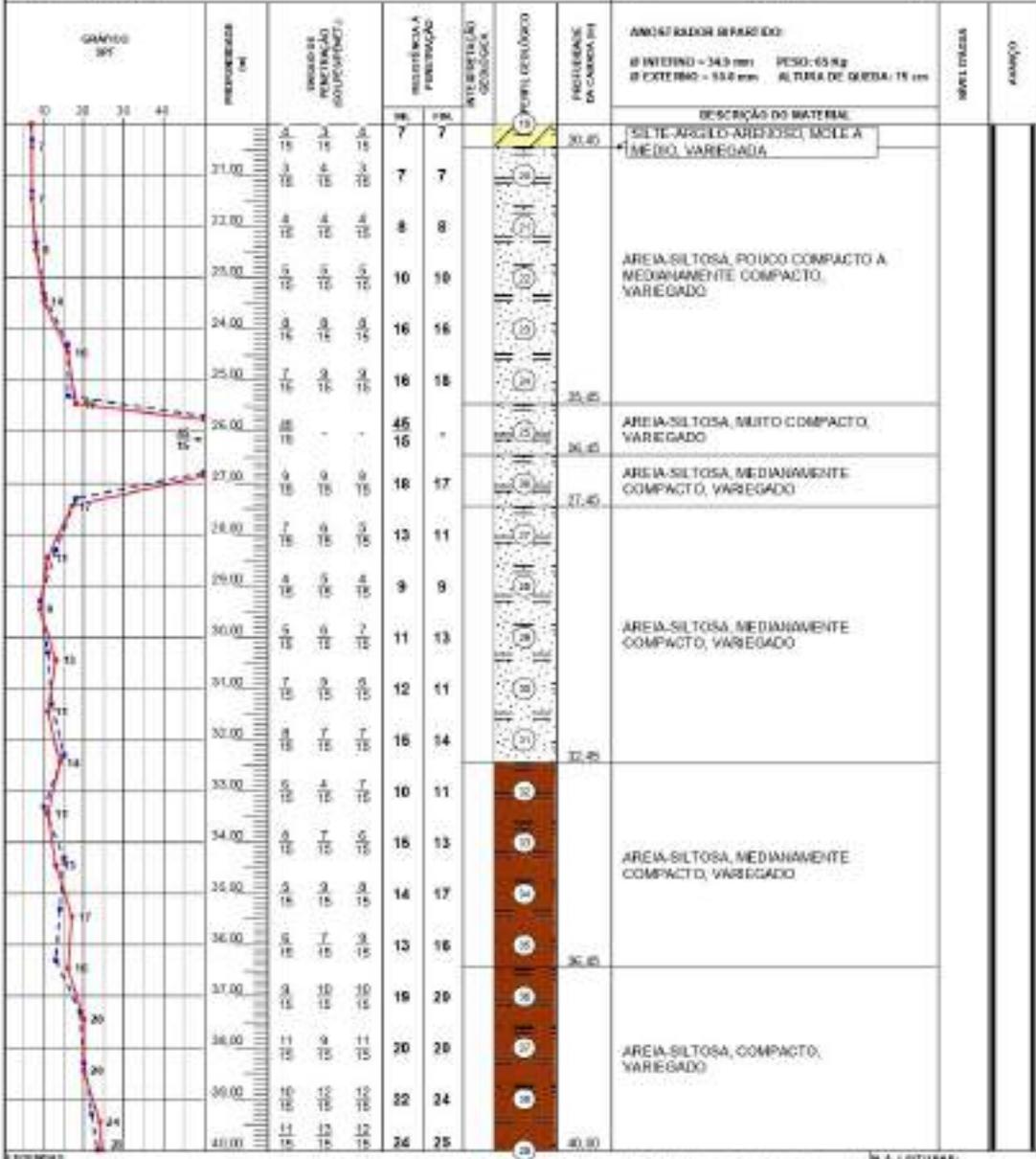
DATA: 14/02/23	TABELEIRO: SP-08-02(COP/INT)	PLANO: 01/01	REVISÃO:
ESCALA: 1:50	DESENHISTA:	QUADRO:	
		PROJETA:	

N.A. LOTURAS:  
 1) N.A. 7,43m em 09/02/23  
 2) N.A. 7,34m em 11/02/23

© FUNSOLOS CONSTRUTORA & ENGENHARIA LTDA • Rua dos Robalos, 84, Acomod. Campo Grande, AS, cep: 12.945-600 • (01) 3341-1217 • www.funso.com.br

**SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT**  
NBR 6484/01

<b>CLIENTE:</b> DUOTTORI EMPREENDIMENTOS LTDA	<b>SONDAGEM À PERCUSSÃO: SP-08</b>		
<b>OBRA:</b> AV DOS CARVALHOS, ESQUINA COM A PRAÇA CURITIBA, BARRIO JARDIM ITALIAUS	<b>MOED:</b> 28/12/2023	<b>TERMINO:</b> 1/10/2023	<b>COTA:</b>
<b>LOCAL:</b> SBO08MT	<b>DATA:</b>	<b>CODIGO:</b> 8	<b>C:</b>



**LEGENDA:** 30 m PROFUNDIDADE - --- 20 m PROFUNDIDADE - --- TRINCO CALÇEADO - TC - TRINCO HELICOIDAL - TH - CALÇEADO QUADRADO - CQ - REVESTIMENTO A TRINCO - AT - SOLO ALIQUOTADO - SA - SOLO COLUIONADO - SC - SOLO FOLGADO - SF - SOLO SUPERADO - SM - SOLO MISTURADO - SI

<b>DATA:</b> 14/12/23	<b>TERMINO:</b> SP-08-SBO08MT	<b>PROJETO:</b> SPT	<b>REVISÃO:</b>
<b>ESCALA:</b> 1:100	<b>DESENHISTA:</b> FELICIANO	<b>COORDENADOR:</b> FELICIANO	<b>NOVA ALESSIO - CREA 14720/RS</b>

SONDAGEM DE SIMPLES RECONHECIMENTO DO SOLO COM SPT									
NBR 6484/01									
CLIENTE: DUOTTORI EMPREENDIMENTOS LTDA					SONDAGEM À PERCUSSÃO: <b>SP-08</b>				
OBRA: AV DOS CARVALHOS, ESQUINA COM A PRAÇA CURITIBA, BARRIO JARDIM ITALIAUS					MODELO: 06/02/2023 TERMO: 1/02/2023 COTA:				
LOCAL: SBO04MT					DATA: COORDENADA: C:				
GRANDEZAS SPT		PROFUNDIDADE (m)	INDICE DE PENETRAÇÃO (SPT/CM)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (MPa)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (kg/cm²)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (kg/cm²)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (kg/cm²)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (kg/cm²)	RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO (kg/cm²)
10	20								
		41.00	11	24	25				
		42.00	15						
		43.00	15						
		44.00							
		45.00							
		46.00							
		47.00							
		48.00							
		49.00							
		50.00							
		51.00							
		52.00							
		53.00							
		54.00							
		55.00							
		56.00							
		57.00							
		58.00							
		59.00							
		60.00							
<p>LEGENDA: 30 m PROFUNDIDADE - - - - - 20 m PROFUNDIDADE - - - - - TRACO DE CÁMERA - - - - - TRACO HELICOIDAL - - - - - CASCAPÃO QUADRADO - - - - - REVESTIMENTO - - - - -</p> <p>AB - SOLO ALUVIONÁRIO - BA - SOLO COLUVIONÁRIO - BC - SOLO COLUVIAL - BF - SOLO SUPERFICIAL - BM - SOLO MISTO - BU - SOLO MISTO</p>									<p>REA. LOTURAS:</p> <p>1) N.A. 7,43m em 09/02/23</p> <p>2) N.A. 7,34m em 11/02/23</p>
									
DATA:	TERMO/PROJETO:	FORMA:	PROJETO:						
14/02/23	SP-08-23(CP/04MT)	31/01							
ESCALA:	ORIENTAÇÃO:	QUANTIDADE:							
1/100		04/04/23							
<b>ADRIALÉSSIO - CREA 14720/MS</b>									