

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

ISADORA SAMPAIO NEUMANN

**CORRELAÇÃO ENTRE ESFORÇO DE INSTALAÇÃO E CAPACIDADE DE
CARGA DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA: ESTUDO DE CASO**

**PORTO ALEGRE
2024**

ISADORA SAMPAIO NEUMANN

CORRELAÇÃO ENTRE ESFORÇO DE INSTALAÇÃO E CAPACIDADE
DE CARGA DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA: ESTUDO DE
CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(es): Cesar Alberto Ruver, Dr.

Porto Alegre

2024

©2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Av. Paulo Gama, 110

Porto Alegre – RS CEP: 90046-900

Este exemplar é de propriedade da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

Neumann, Isadora Sampaio.

CORRELAÇÃO ENTRE ESFORÇO DE INSTALAÇÃO E CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA: ESTUDO DE CASO / Isadora Sampaio Neumann. – Porto Alegre, 2024.

48 f.

Orientador(es):

Cesar Alberto Ruver.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Engenharia Civil, 2024.

1. Esforço de Instalação. Estaca Hélice Contínua. Fundação Profunda. Capacidade de Carga. i. Ruver, Cesar Alberto (orient.) ii. Título

ISADORA SAMPAIO NEUMANN

CORRELAÇÃO ENTRE ESFORÇO DE INSTALAÇÃO E CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS TIPO HÉLICE CONTÍNUA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(es): Cesar Alberto Ruver.

Aprovado em Porto Alegre, 23 de agosto de 2024, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Cesar Alberto Ruver (UFRGS) - **Orientador**
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng. Civil Fernando Pinheiro Weber (Vibra Energia)
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Rio Grande

Prof^a. Way Ying Yuk Gehling (UFRGS)
Dr^a. pela Universitat Politècnica de Catalunya

Ms. Maiki Mafessoli (UFRGS)
Ms. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre
2024

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, Isabel e Júlio. Obrigada por sempre incentivarem os meus estudos e apoiarem as minhas escolhas. Obrigada por todo amor, carinho, paciência, suporte, entre tantas outras coisas que fizeram com que eu chegasse até aqui. Amo vocês.

Agradeço ao meu namorado, Edwin, por estar sempre ao meu lado. Obrigada pelas palavras de incentivo nos dias mais difíceis e por acreditar na minha capacidade, muito mais do que eu mesma. Obrigada também por todos os momentos juntos que trouxeram mais leveza e alegria para essa etapa. Te amo.

Agradeço aos meus amigos, familiares e colegas de graduação que estiveram comigo durante essa trajetória.

Agradeço aos meus chefes e colegas da Azambuja Engenharia pelos ensinamentos, oportunidades e companhia diária nesse último ano de graduação.

Agradeço ao meu orientador, Cesar Alberto Ruver, pelo tempo disponibilizado para me orientar neste trabalho e por todo o conhecimento transmitido.

*"Você nunca sabe que resultados virão da sua ação.
Mas se você não fizer nada, não existirão resultados."
(Mahatma Gandhi)*

RESUMO

As estacas hélice contínua são executadas através da introdução de um trado helicoidal no solo, por rotação. Então, essa perfuração é preenchida com concreto e as armaduras são colocadas. No Brasil, seu dimensionamento depende de previsões baseadas no ensaio SPT, e a definição da profundidade das estacas é realizada pelo projetista, por vezes sendo determinada até o impenetrável, por não haver outro critério de paralisação. Os dados coletados durante a execução das estacas podem ser utilizados na avaliação da sua resistência geotécnica, ou seja, as informações registradas durante o processo de perfuração fornecem subsídios importantes para analisar quão bem as estacas estão atendendo aos requisitos de projeto e como estão interagindo com as características do solo em que estão sendo instaladas. Assim, pode-se fazer uso desses dados para se obter um critério de paralisação na execução de estacas tipo hélice contínua. Neste trabalho, será utilizado o método do Esforço de Instalação (EI), originalmente proposto para estacas do tipo Ômega. São analisados dados de velocidade de penetração e pressão do fluido do motor, registrados durante a perfuração de estacas do tipo hélice contínua, que posteriormente foram submetidas à ensaios de carregamento dinâmico. Organizou-se um banco de dados, em planilha eletrônica, contendo as estacas submetidas aos ensaios de carregamento dinâmico e suas respectivas informações e, dessa maneira, utilizaram-se as fórmulas do índice de velocidade de penetração (PRI) e do índice de torque (TI) para o cálculo do esforço de instalação (EI). Este trabalho demonstrou que o esforço de instalação (IE) pode ser utilizado como um parâmetro de controle na execução de estacas hélice contínua, visto que se observou uma boa correlação com a capacidade de carga.

Palavras-chave: Esforço de Instalação. Estaca Hélice Contínua. Fundação Profunda. Capacidade de Carga.

ABSTRACT

Continuous flight auger piles are constructed by introducing a helical auger into the soil through rotation. The borehole is then filled with concrete, and the reinforcement is placed. In Brazil, their design relies on predictions based on the SPT test, and the depth of the piles is defined by the engineer, often determined until refusal, as there may be no other criterion for stopping. The data collected during the execution of the piles can be used to assess their geotechnical resistance. In other words, the information recorded during the drilling process provides important insights to analyze how well the piles meet the design requirements and how they interact with the soil characteristics where they are being installed. Therefore, this data can be used to establish a stopping criterion in the execution of continuous flight auger piles. In this work, the Installation Effort (IE) method, originally proposed for Omega piles, will be used. Data on penetration rate and motor fluid pressure, recorded during the drilling of continuous flight auger piles that were later subjected to dynamic load tests, are analyzed. A database was organized in a spreadsheet, containing the piles subjected to dynamic load tests and their respective information. This way, the formulas for the Penetration Rate Index (PRI) and Torque Index (TI) were used to calculate the Installation Effort (IE). This study demonstrated that the Installation Effort (IE) can be used as a control parameter in the execution of continuous flight auger piles, as a good correlation with load capacity was observed.

Keywords: Installation Effort. Continuous Flight Augering. Deep Foundation. Load Capacity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 – Sequência executiva de uma estaca hélice contínua | 14 |
| Figura 2.2 – Relatório de execução da estaca | 15 |
| Figura 2.3 – Sequência executiva de uma estaca Ômega | 16 |
| Figura 2.4 – Esquema de um ensaio de carregamento dinâmico | 18 |
| Figura 3.1 – Perfil típico do SPT do local | 19 |
| Figura 3.2 – Planilha de dados da estaca E01 | 21 |
| Figura 3.3 – Gráficos gerados para a estaca E01 | 22 |
| Figura 3.4 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação | 25 |
| Figura 3.5 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação | 25 |
| Figura 3.6 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 40 cm | 26 |
| Figura 3.7 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 40 cm | 26 |
| Figura 3.8 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 50 cm | 27 |
| Figura 3.9 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 50 cm | 27 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 3.1 – Dados das estacas analisadas | 23 |
| Tabela 3.2 – Correlação e R^2 para a capacidade de carga ou resistência do fuste, em função do esforço de instalação, separados por diâmetro das estacas | 28 |
| Tabela 3.3 – Pressão máxima atingida para cada estaca, média e desvio padrão | 28 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| cum IE | Esforço de Instalação Acumulado |
| IE | Esforço de Instalação |
| NBR | Norma Brasileira |
| PDA | Ensaio de Carregamento Dinâmico |
| PRI | Índice de Velocidade de Penetração |
| SPT | <i>Standard Penetration Test</i> |
| TI | Índice de Torque |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | CONSIDERAÇÕES INICIAIS | 12 |
| 1.2 | OBJETIVOS | 12 |
| 1.2.1 | Objetivo geral | 12 |
| 1.2.2 | Objetivos específicos | 13 |
| 1.3 | METODOLOGIA E DELIMITAÇÕES | 13 |
| 1.4 | APRESENTAÇÃO DO TRABALHO | 13 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 14 |
| 2.1 | ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA | 14 |
| 2.2 | ESFORÇO DE INSTALAÇÃO | 16 |
| 2.3 | ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO | 17 |
| 3 | PESQUISA E RESULTADOS | 19 |
| 4 | CONCLUSÃO | 29 |
| 4.1 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 29 |
| 4.2 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 29 |
| | REFERÊNCIAS | 31 |
| | ANEXO A – MONITORAMENTO DAS ESTACAS | 32 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As estacas hélice contínua começaram a ser utilizadas nos Estados Unidos na década de 1950, se difundindo pela Europa na década de 1970 e chegando ao Japão na década de 1980. Foram executadas pela primeira vez no Brasil em 1987, com equipamentos adaptados e sem monitoração (HACHICH *et al.*, 2019).

São executadas através da introdução de um trado helicoidal no solo, por rotação. Então, essa perfuração é preenchida com concreto conforme a haste vai sendo retirada e, imediatamente após a concretagem, as armaduras são colocadas.

Por possuir diversas vantagens, como elevada produtividade, facilidade de execução e baixo nível de vibrações, a utilização de estacas tipo hélice contínua como fundação profunda é amplamente aceita e utilizada (VELLOSO; LOPES, 2010). No Brasil, seu dimensionamento depende de previsões baseadas no ensaio SPT, e a definição da profundidade das estacas é realizada pelo projetista, por vezes sendo determinada até o impenetrável, por não haver outro critério de paralisação.

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2022), na etapa de concretagem das estacas, o monitoramento eletrônico do equipamento deve registrar pelo menos a velocidade de subida do trado, a pressão de injeção do concreto e o volume bombeado. Estes dados podem ser utilizados na avaliação da resistência geotécnica das estacas, ou seja, as informações registradas durante o processo de perfuração fornecem subsídios importantes para analisar quão bem as estacas estão atendendo aos requisitos de projeto e como estão interagindo com as características do solo em que estão sendo instaladas.

Assim, pode-se fazer uso desses dados para se obter um critério de paralisação na execução de estacas tipo hélice contínua. Neste trabalho, será utilizado o método do Esforço de Instalação (EI), inicialmente proposto por NeSmith (2003, 2006 e 2008) para estacas de deslocamento (Ômega) mas que, em função de sua similaridade executiva, pode ser aplicado para estacas hélice contínua.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O trabalho busca determinar um critério de parada na execução de estacas tipo hélice contínua, através da adoção de parâmetros determinados por meio da avaliação

da existência de uma correlação entre o esforço de instalação e a capacidade de carga dessas estacas. Dessa forma, o trabalho também busca encontrar uma previsão da capacidade de carga de estacas tipo hélice contínua.

1.2.2 Objetivos específicos

- Organizar um banco de dados das estacas analisadas;
- Calcular o esforço de instalação para cada uma das estacas, a partir do método proposto por NeSmith (2003, 2006 e 2008);
- Obter uma correlação linear entre o esforço de instalação e a capacidade de carga;

1.3 METODOLOGIA E DELIMITAÇÕES

Para o desenvolvimento do trabalho, são analisados dados de velocidade de penetração e pressão do fluido do motor, registrados durante a perfuração de 34 estacas do tipo hélice contínua, que posteriormente foram submetidas à ensaios de carregamento dinâmico. Foi utilizado o *software* WebPlotDigitizer para a obtenção de dados brutos dos gráficos visuais dos parâmetros anteriormente citados. Então, esses dados são analisados em planilhas eletrônicas, onde são aplicadas equações do método do esforço de instalação (IE) e os respectivos gráficos são obtidos. Assim, busca-se obter uma correlação linear entre o esforço de instalação (IE), calculado através de fórmulas dependentes dos dados de velocidade de penetração e pressão do fluido, e a capacidade de carga destas estacas, obtidas através dos ensaios de carregamento dinâmico. Dessa maneira, pode-se determinar um critério de paralisação de perfuração para estacas tipo hélice contínua. Neste trabalho, a adoção do método do esforço de instalação para as estacas tipo hélice contínua é considerada válida, em função de sua similaridade executiva com as estacas Ômega.

1.4 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é organizado em quatro capítulos. O primeiro capítulo se propõe a apresentar o tema, seus objetivos, metodologia utilizada e delimitações.

O segundo capítulo trata da revisão bibliográfica, apresentando conceitos e fundamentações teóricas importantes para a compreensão deste trabalho.

O desenvolvimento do trabalho, as etapas realizadas e os dados obtidos, são apresentados no terceiro capítulo.

Por último, o quarto capítulo aborda as conclusões sobre o tema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

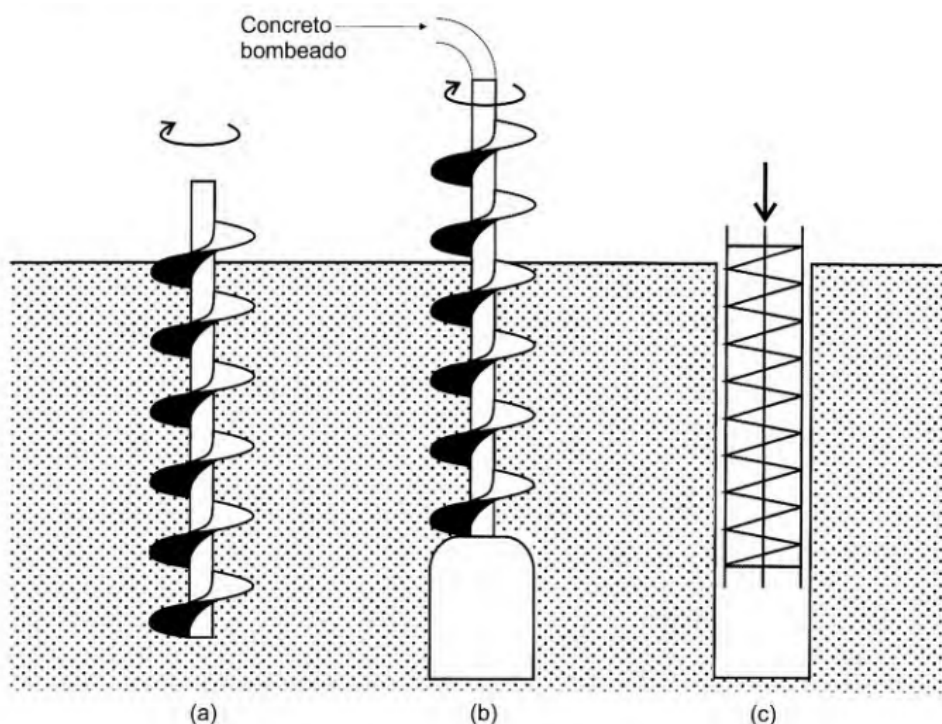
2.1 ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA

A NBR 6122 (ABNT, 2022) define a estaca hélice contínua monitorada como sendo uma estaca de concreto moldada *in loco*, executada mediante a introdução, por rotação, de um trado helicoidal contínuo de diâmetro constante no terreno e injeção de concreto pela haste central do trado, simultaneamente à sua retirada, com a inserção da armadura após a concretagem e limpeza das impurezas do topo da estaca. Observa-se essa sequência executiva na Figura 2.1.

A perfuração desse tipo de estaca acontece sem a retirada da hélice do terreno, para impedir o alívio significativo das tensões do solo. Isso permite sua execução tanto em solos coesivos quanto arenosos, com ou sem a presença do lençol freático (HACHICH *et al.*, 2019). Porém, não pode ser executada em solos com a presença de matacões e rochas, visto que a perfuratriz não tem a capacidade de penetrá-los.

É um tipo de fundação profunda, ou seja, é capaz de transmitir a carga ao terreno tanto pela base (resistência da ponta), quanto pela superfície lateral (resistência do fuste). As estacas diferenciam-se dos tubulões por não possuírem trabalho manual em profundidade em nenhuma fase de sua execução.

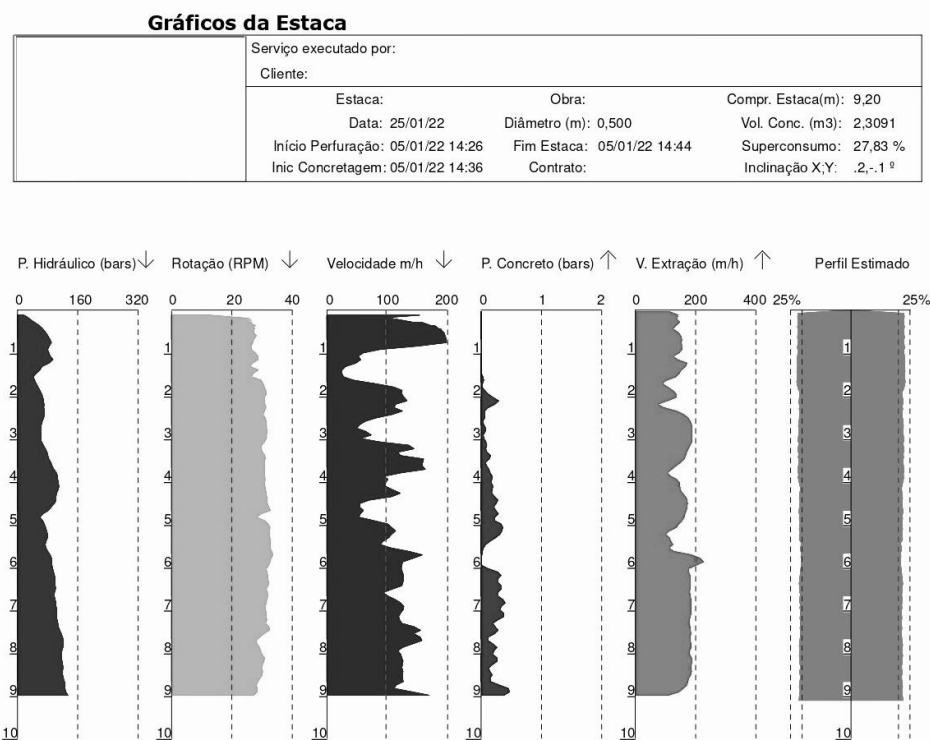
Figura 2.1 – Sequência executiva de uma estaca hélice contínua



No dimensionamento das estacas hélice contínua, deve-se ter cuidado na consideração da contribuição da resistência de ponta. De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2022), caso sejam cumpridos os procedimentos executivos mínimos, de forma a obter o contato efetivo entre a ponta da estaca e o solo competente ou rocha, a resistência da ponta terá como limite superior o valor da resistência de atrito lateral. Por outro lado, caso o contato efetivo entre o concreto e o solo firme ou rocha não possa ser assegurado pelo executor, deve-se revisar o projeto considerando a resistência nula na ponta.

Durante a execução das estacas hélice contínua, um computador conectado a sensores na perfuratriz monitora e registra eletronicamente diversos dados do processo, que posteriormente são compilados em um relatório, como mostra a Figura 2.2. Na parte superior, normalmente são observadas informações como: comprimento da estaca, volume de concreto, sobreconsumo de concreto e inclinação da estaca. Além disso, são gerados gráficos de velocidade de penetração e extração do trado, velocidade de rotação, torque (medido à partir da pressão do fluido do motor, ou seja, pressão hidráulica) e pressão de bombeamento do concreto, ao longo de todo o comprimento da estaca.

Figura 2.2 – Relatório de execução da estaca



Fonte: Autor

Para assegurar a resistência geotécnica prevista em projeto, deve-se garantir que a estaca atinja a profundidade especificada e que se utilize um equipamento com

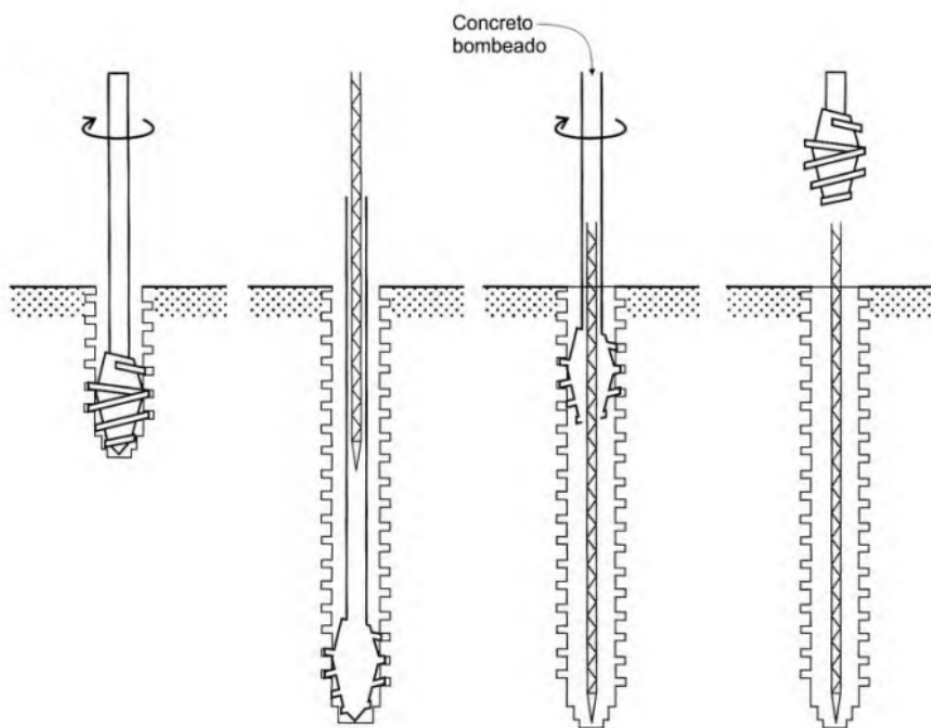
características adequadas, de forma que seja minimizado o desconfinamento do solo durante a perfuração. A conferência do diâmetro e da verticalidade da estaca também são etapas importantes.

2.2 ESFORÇO DE INSTALAÇÃO

O princípio do esforço de instalação (IE), método utilizado para a análise de estacas Ômega e que fornece um parâmetro que pode ser correlacionado com a resistência do solo, foi proposto por NeSmith (2003, 2006 e 2008).

As estacas Ômega promovem o deslocamento lateral do solo durante a penetração, compactando-o sem trazer o material à superfície, conforme ilustrado na Figura 2.3. Em contrapartida, as estacas hélice contínua removem o solo e o transportam para a superfície, substituindo-o por concreto. Ambos os tipos de estacas são instaladas utilizando equipamentos que medem o torque, a velocidade de penetração da haste, entre outros. Este fato indica que o método baseado no esforço de instalação (IE) pode ser utilizado em estacas do tipo hélice contínua, premissa que foi adotada neste trabalho.

Figura 2.3 – Sequência executiva de uma estaca Ômega



Fonte: Velloso e Lopes (2010)

O esforço de instalação (IE) é calculado através de três fórmulas. A primeira calcula o índice de velocidade de penetração (PRI), que é igual ao inverso da raiz

quadrada da velocidade de penetração (V_p) normalizada por uma velocidade-base ($V_{p_{base}}$), definida como 10 m/h, conforme a Equação 2.1.

$$PRI = \frac{1}{\sqrt{\frac{V_p}{V_{p_{base}}}}} \quad (2.1)$$

A segunda fórmula, equivalente à Equação 2.2, calcula o índice de torque (TI), e utiliza o valor da pressão do fluido hidráulico da perfuratriz (P_{fh}), normalizado por um valor básico (P_{Base}) igual a 100 bar.

$$TI = 2,78 \cdot \left(\frac{P_{fh}}{P_{base}}\right)^{1,36} \quad (2.2)$$

Por último, a terceira fórmula calcula o esforço de instalação (IE) pelo produto dos dois índices anteriores, segundo a Equação 2.3. Uma análise dimensional das equações acima mostra que PRI, TI e IE são grandezas adimensionais.

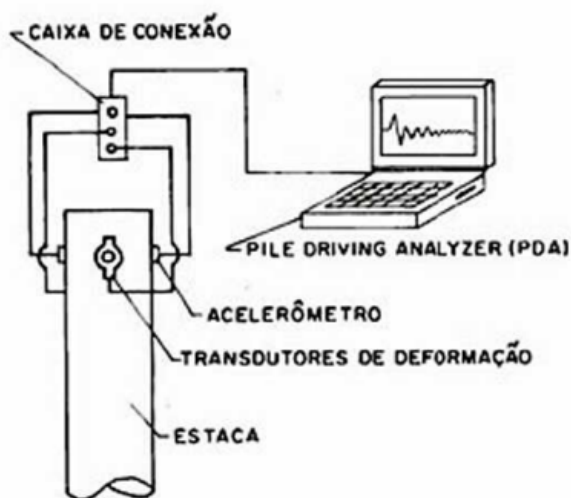
$$EI = PRI \cdot TI \quad (2.3)$$

2.3 ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

O ensaio de carregamento dinâmico de um elemento de fundação busca obter principalmente uma avaliação da sua capacidade de carga, através da aplicação de impactos que provocam deslocamentos e mobilizam as resistências do elemento (HACHICH *et al.*, 2019).

A NBR 13208 (ABNT, 2007) estabelece o método de ensaio para carregamento dinâmico em elementos de fundações profundas. Aplicável a estacas verticais ou inclinadas, independentemente do método de execução ou instalação no terreno, o ensaio visa avaliar as cargas mobilizadas na interface solo-estaca, a eficiência do sistema de impacto, as tensões de compressão e tração ao longo da estaca, a integridade estrutural e as características dinâmicas do sistema solo-estaca.

Figura 2.4 – Esquema de um ensaio de carregamento dinâmico



Fonte: Hachich *et al.* (2019)

O ensaio baseia-se na aplicação de uma carga dinâmica e centrada, que pode ser constante ou crescente, através de um golpe de martelo, para induzir uma onda de tensão que percorre a estaca. Os equipamentos comumente utilizados no ensaio estão esquematizados na Figura 2.4. Durante o impacto, os sinais gerados pelos sensores são registrados e armazenados para análise posterior. Múltiplos golpes são aplicados para assegurar a precisão dos resultados.

Os dados obtidos durante o ensaio são analisados utilizando dois métodos distintos, mas que se baseiam no mesmo conceito: a teoria de propagação unidimensional da onda.

No momento do ensaio, os dados são processados por meio do método simplificado, do tipo CASE, que considera a estaca como uma barra e leva em conta a resistência atuando simultaneamente ao longo de toda a estaca. Já na análise numérica rigorosa, do tipo CAPWAP, a estaca é discretizada em elementos de massas e molas e o processamento é feito através dos dados de força e aceleração. Os dados obtidos pelo método CASE devem ser confirmados por meio de análise do tipo CAPWAP ou por prova de carga estática.

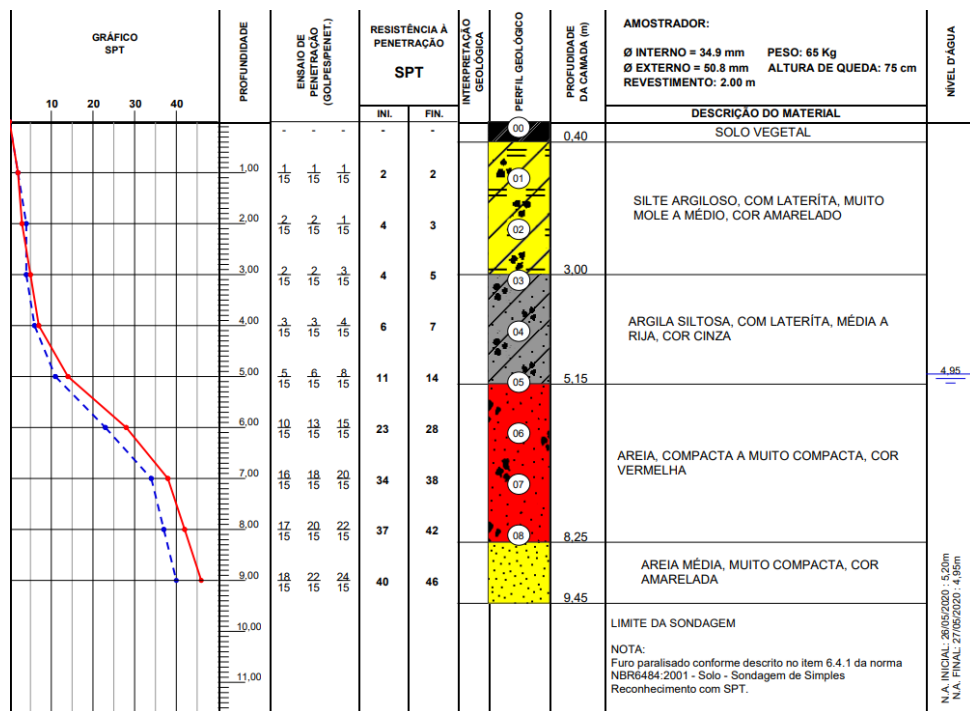
Neste trabalho, são apresentados os dados de resistência da ponta e do fuste de cada estaca, assim como o comprimento obtido nos ensaios dinâmicos realizados.

3 PESQUISA E RESULTADOS

O presente trabalho se propõe a analisar dados de 34 estacas executadas para um empreendimento em Belém, PA. Dentre elas, 21 foram executadas com um diâmetro de 50 cm, e 13 com um diâmetro de 40 cm. Todas foram executadas até, aproximadamente, a profundidade de 9 m.

No local, foram executadas sondagens de simples reconhecimento (SPT) até o impenetrável, que variou entre 8,45 m e 9,45 m. Percebe-se três camadas distintas no subsolo: a primeira sendo composta de silte arenoso ou argiloso, seguida por uma alternância entre solo argiloso ou arenoso, e por fim uma camada de areia. O nível d'água variou entre 4,5 m e 6,0 m. Pode-se observar uma das sondagens realizadas na Figura 3.1.

Figura 3.1 – Perfil típico do SPT do local



Fonte: Autor

Em relação ao índice de resistência a penetração do SPT, é possível perceber que o número de golpes aumenta linearmente com a profundidade em todas as camadas, sendo que a superior possui valores bastante baixos e na última eles aumentam significativamente.

Organizou-se um banco de dados, em planilha eletrônica, contendo as estacas submetidas aos ensaios de carregamento dinâmico e suas respectivas informações, como: número, diâmetro, resistência de fuste, resistência de ponta, resistência total,

comprimento registrado pela perfuratriz e comprimento obtido no ensaio de carregamento dinâmico (PDA). Conforme a Tabela 3.1, observa-se que o comprimento das estacas pelo PDA foi maior do que o comprimento da perfuratriz, assim, utilizou-se o menor dentre eles para o cálculo do esforço de instalação.

Além disso, possuindo o controle de execução das estacas, os gráficos de pressão do fluido do motor e velocidade de penetração foram manipulados no *software* WebPlotDigitizer para a obtenção das coordenadas de cada ponto destes gráficos. Em planilhas eletrônicas, esses dados foram analisados e interpolados.

Dessa maneira, utilizaram-se as fórmulas do índice de velocidade de penetração (PRI) e do índice de torque (TI), conforme as Equações 2.1 e 2.2, para o cálculo do esforço de instalação (EI), conforme Equação 2.3.

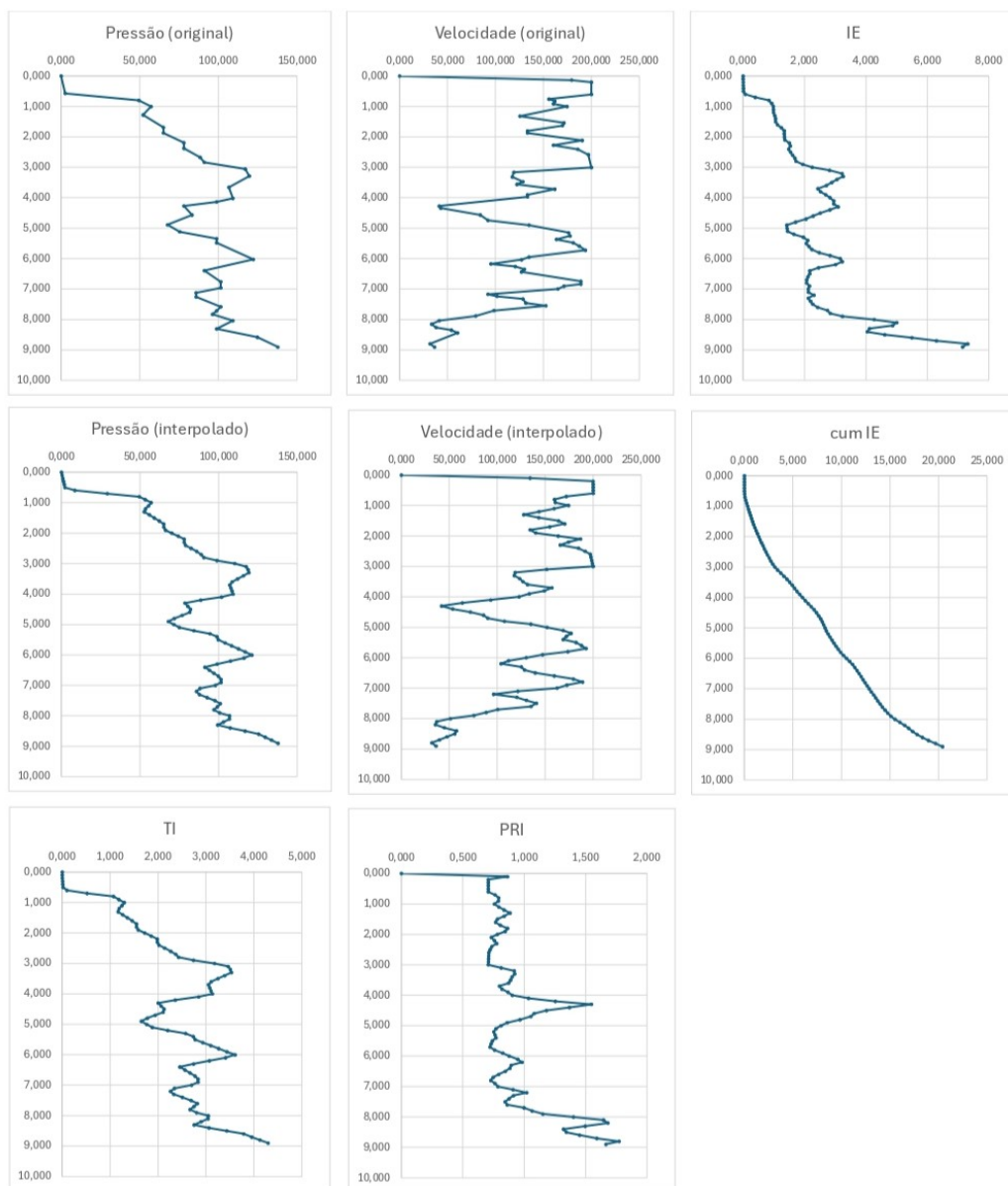
Originalmente, NeSmith propõe que, para o cálculo do esforço de instalação acumulado (cum IE), os dados sejam coletados a cada um segundo, ponderados de acordo com o comprimento de avanço do trado, para que não se subestime a contribuição de camadas de solo soltas e moles e nem se superestime a contribuição de camadas densas e duras. Ou seja, o esforço de instalação acumulado (cum IE) é a integral do gráfico do IE x profundidade. Neste trabalho, pela impossibilidade de adoção do método acima, já que não se possui acesso aos dados planilhados, somente aos gráficos, considerou-se a profundidade dos pontos aumentando a cada 10 cm.

Nas Figuras 3.2 e 3.3, pode-se visualizar a planilha de dados e os gráficos gerados a partir do monitoramento da estaca E01, por exemplo. O mesmo foi feito para todas as estacas analisadas neste trabalho.

Figura 3.2 – Planilha de dados da estaca E01

| Pressão (original) | | Pressão (interpolado) | | TI | | Velocidade (original) | | Velocidade (interpolado) | | PRI | | IE | | cum IE | |
|--------------------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y | X | Y |
| 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2,602 | 0,571 | 0,456 | 0,100 | 0,002 | 0,100 | 179,365 | 0,134 | 134,225 | 0,100 | 0,863 | 0,100 | 0,002 | 0,100 | 0,000 | 0,100 |
| 49,431 | 0,799 | 0,912 | 0,200 | 0,005 | 0,200 | 200,000 | 0,200 | 199,862 | 0,200 | 0,707 | 0,200 | 0,003 | 0,200 | 0,000 | 0,200 |
| 57,236 | 1,005 | 1,367 | 0,300 | 0,008 | 0,300 | 200,000 | 0,601 | 200,000 | 0,300 | 0,707 | 0,300 | 0,006 | 0,300 | 0,001 | 0,300 |
| 52,033 | 1,279 | 1,823 | 0,400 | 0,012 | 0,400 | 155,556 | 0,757 | 200,000 | 0,400 | 0,707 | 0,400 | 0,008 | 0,400 | 0,002 | 0,400 |
| 65,041 | 1,689 | 2,279 | 0,500 | 0,016 | 0,500 | 161,905 | 0,824 | 200,000 | 0,500 | 0,707 | 0,500 | 0,011 | 0,500 | 0,003 | 0,500 |
| 65,041 | 1,872 | 8,596 | 0,600 | 0,099 | 0,600 | 160,317 | 0,913 | 200,000 | 0,600 | 0,707 | 0,600 | 0,070 | 0,600 | 0,010 | 0,600 |
| 78,049 | 2,192 | 29,107 | 0,700 | 0,519 | 0,700 | 174,603 | 1,002 | 171,873 | 0,700 | 0,763 | 0,700 | 0,396 | 0,700 | 0,050 | 0,700 |
| 78,049 | 2,374 | 49,466 | 0,800 | 1,067 | 0,800 | 125,397 | 1,314 | 159,619 | 0,800 | 0,792 | 0,800 | 0,845 | 0,800 | 0,134 | 0,800 |
| 88,455 | 2,671 | 53,264 | 0,900 | 1,180 | 0,900 | 171,429 | 1,537 | 160,552 | 0,900 | 0,789 | 0,900 | 0,932 | 0,900 | 0,227 | 0,900 |
| 91,057 | 2,831 | 57,062 | 1,000 | 1,296 | 1,000 | 169,841 | 1,626 | 174,246 | 1,000 | 0,758 | 1,000 | 0,982 | 1,000 | 0,325 | 1,000 |
| 117,073 | 3,059 | 55,423 | 1,100 | 1,246 | 1,100 | 133,333 | 1,804 | 159,173 | 1,100 | 0,793 | 1,100 | 0,987 | 1,100 | 0,424 | 1,100 |
| 119,675 | 3,288 | 53,524 | 1,200 | 1,188 | 1,200 | 133,333 | 1,871 | 143,392 | 1,200 | 0,835 | 1,200 | 0,992 | 1,200 | 0,523 | 1,200 |
| 106,667 | 3,653 | 52,712 | 1,300 | 1,164 | 1,300 | 190,476 | 2,116 | 127,611 | 1,300 | 0,885 | 1,300 | 1,030 | 1,300 | 0,626 | 1,300 |
| 109,268 | 4,018 | 55,877 | 1,400 | 1,260 | 1,400 | 160,317 | 2,272 | 143,165 | 1,400 | 0,836 | 1,400 | 1,053 | 1,400 | 0,732 | 1,400 |
| 98,862 | 4,132 | 59,042 | 1,500 | 1,358 | 1,500 | 185,714 | 2,405 | 163,833 | 1,500 | 0,781 | 1,500 | 1,061 | 1,500 | 0,838 | 1,500 |
| 78,049 | 4,269 | 62,208 | 1,600 | 1,458 | 1,600 | 196,825 | 2,584 | 170,302 | 1,600 | 0,766 | 1,600 | 1,117 | 1,600 | 0,950 | 1,600 |
| 83,252 | 4,566 | 65,041 | 1,700 | 1,549 | 1,700 | 200,000 | 3,007 | 154,645 | 1,700 | 0,804 | 1,700 | 1,245 | 1,700 | 1,074 | 1,700 |
| 67,642 | 4,886 | 65,041 | 1,800 | 1,549 | 1,800 | 119,048 | 3,163 | 134,155 | 1,800 | 0,863 | 1,800 | 1,337 | 1,800 | 1,208 | 1,800 |
| 75,447 | 5,114 | 66,174 | 1,900 | 1,586 | 1,900 | 117,460 | 3,318 | 140,139 | 1,900 | 0,845 | 1,900 | 1,339 | 1,900 | 1,342 | 1,900 |
| 98,862 | 5,342 | 70,244 | 2,000 | 1,720 | 2,000 | 128,571 | 3,474 | 163,463 | 2,000 | 0,782 | 2,000 | 1,345 | 2,000 | 1,476 | 2,000 |
| 98,862 | 5,479 | 74,314 | 2,100 | 1,857 | 2,100 | 122,222 | 3,563 | 186,788 | 2,100 | 0,732 | 2,100 | 1,358 | 2,100 | 1,612 | 2,100 |
| 122,276 | 6,027 | 78,049 | 2,200 | 1,985 | 2,200 | 161,905 | 3,719 | 174,190 | 2,200 | 0,758 | 2,200 | 1,504 | 2,200 | 1,762 | 2,200 |
| 91,057 | 6,393 | 78,049 | 2,300 | 1,985 | 2,300 | 133,333 | 3,898 | 165,693 | 2,300 | 0,777 | 2,300 | 1,542 | 2,300 | 1,917 | 2,300 |
| 101,463 | 6,758 | 78,945 | 2,400 | 2,016 | 2,400 | 133,333 | 3,964 | 184,698 | 2,400 | 0,736 | 2,400 | 1,483 | 2,400 | 2,065 | 2,400 |
| 101,463 | 6,963 | 82,452 | 2,500 | 2,138 | 2,500 | 41,270 | 4,276 | 191,617 | 2,500 | 0,722 | 2,500 | 1,545 | 2,500 | 2,219 | 2,500 |
| 85,854 | 7,123 | 85,958 | 2,600 | 2,263 | 2,600 | 42,857 | 4,343 | 196,949 | 2,600 | 0,713 | 2,600 | 1,612 | 2,600 | 2,381 | 2,600 |
| 85,854 | 7,260 | 88,924 | 2,700 | 2,370 | 2,700 | 84,127 | 4,566 | 197,699 | 2,700 | 0,711 | 2,700 | 1,685 | 2,700 | 2,549 | 2,700 |
| 101,463 | 7,580 | 90,551 | 2,800 | 2,429 | 2,800 | 92,063 | 4,744 | 198,449 | 2,800 | 0,710 | 2,800 | 1,724 | 2,800 | 2,722 | 2,800 |
| 98,862 | 7,717 | 98,914 | 2,900 | 2,739 | 2,900 | 134,921 | 4,900 | 199,200 | 2,900 | 0,709 | 2,900 | 1,941 | 2,900 | 2,916 | 2,900 |
| 96,260 | 7,831 | 110,309 | 3,000 | 3,177 | 3,000 | 176,190 | 5,145 | 199,950 | 3,000 | 0,707 | 3,000 | 2,247 | 3,000 | 3,140 | 3,000 |
| 109,268 | 8,037 | 117,536 | 3,100 | 3,463 | 3,100 | 177,778 | 5,256 | 151,544 | 3,100 | 0,812 | 3,100 | 2,813 | 3,100 | 3,422 | 3,100 |
| 98,862 | 8,311 | 118,676 | 3,200 | 3,509 | 3,200 | 163,492 | 5,367 | 118,667 | 3,200 | 0,918 | 3,200 | 3,221 | 3,200 | 3,744 | 3,200 |
| 124,878 | 8,584 | 119,236 | 3,300 | 3,531 | 3,300 | 180,952 | 5,479 | 117,649 | 3,300 | 0,922 | 3,300 | 3,256 | 3,300 | 4,069 | 3,300 |
| 137,886 | 8,904 | 115,675 | 3,400 | 3,389 | 3,400 | 187,302 | 5,590 | 123,270 | 3,400 | 0,901 | 3,400 | 3,052 | 3,400 | 4,375 | 3,400 |
| | | 112,114 | 3,500 | 3,248 | 3,500 | 193,651 | 5,724 | 126,746 | 3,500 | 0,888 | 3,500 | 2,885 | 3,500 | 4,663 | 3,500 |
| | | 108,553 | 3,600 | 3,108 | 3,600 | 134,921 | 5,947 | 131,519 | 3,600 | 0,872 | 3,600 | 2,710 | 3,600 | 4,934 | 3,600 |
| | | 107,002 | 3,700 | 3,048 | 3,700 | 126,984 | 6,036 | 156,973 | 3,700 | 0,798 | 3,700 | 2,433 | 3,700 | 5,177 | 3,700 |
| | | 107,714 | 3,800 | 3,076 | 3,800 | 95,238 | 6,169 | 148,976 | 3,800 | 0,819 | 3,800 | 2,520 | 3,800 | 5,429 | 3,800 |
| | | 108,426 | 3,900 | 3,103 | 3,900 | 120,635 | 6,258 | 133,333 | 3,900 | 0,866 | 3,900 | 2,688 | 3,900 | 5,698 | 3,900 |
| | | 109,138 | 4,000 | 3,131 | 4,000 | 130,159 | 6,347 | 122,812 | 4,000 | 0,902 | 4,000 | 2,825 | 4,000 | 5,981 | 4,000 |
| | | 101,817 | 4,100 | 2,849 | 4,100 | 126,984 | 6,437 | 93,286 | 4,100 | 1,035 | 4,100 | 2,950 | 4,100 | 6,276 | 4,100 |
| | | 88,594 | 4,200 | 2,358 | 4,200 | 188,889 | 6,748 | 63,760 | 4,200 | 1,252 | 4,200 | 2,953 | 4,200 | 6,571 | 4,200 |
| | | 78,585 | 4,300 | 2,003 | 4,300 | 188,889 | 6,837 | 41,836 | 4,300 | 1,546 | 4,300 | 3,097 | 4,300 | 6,881 | 4,300 |
| | | 80,338 | 4,400 | 2,064 | 4,400 | 171,429 | 6,904 | 53,422 | 4,400 | 1,368 | 4,400 | 2,824 | 4,400 | 7,163 | 4,400 |
| | | 82,091 | 4,500 | 2,126 | 4,500 | 165,079 | 6,993 | 71,952 | 4,500 | 1,179 | 4,500 | 2,506 | 4,500 | 7,414 | 4,500 |
| | | 81,602 | 4,600 | 2,108 | 4,600 | 92,063 | 7,171 | 85,655 | 4,600 | 1,080 | 4,600 | 2,278 | 4,600 | 7,641 | 4,600 |
| | | 76,718 | 4,700 | 1,939 | 4,700 | 101,587 | 7,238 | 90,109 | 4,700 | 1,053 | 4,700 | 2,042 | 4,700 | 7,846 | 4,700 |
| | | 71,835 | 4,800 | 1,773 | 4,800 | 128,571 | 7,327 | 107,492 | 4,800 | 0,965 | 4,800 | 1,710 | 4,800 | 8,017 | 4,800 |
| | | 68,126 | 4,900 | 1,649 | 4,900 | 131,746 | 7,461 | 134,958 | 4,900 | 0,861 | 4,900 | 1,420 | 4,900 | 8,159 | 4,900 |
| | | 71,545 | 5,000 | 1,763 | 5,000 | 152,381 | 7,550 | 151,804 | 5,000 | 0,812 | 5,000 | 1,431 | 5,000 | 8,302 | 5,000 |
| | | 74,963 | 5,100 | 1,879 | 5,100 | 98,413 | 7,706 | 168,649 | 5,100 | 0,770 | 5,100 | 1,447 | 5,100 | 8,446 | 5,100 |
| | | 84,251 | 5,200 | 2,202 | 5,200 | 79,365 | 7,884 | 176,978 | 5,200 | 0,752 | 5,200 | 1,655 | 5,200 | 8,612 | 5,200 |
| | | 94,507 | 5,300 | 2,574 | 5,300 | 41,270 | 8,040 | 172,149 | 5,300 | 0,762 | 5,300 | 1,962 | 5,300 | 8,808 | 5,300 |
| | | 98,862 | 5,400 | 2,737 | 5,400 | 33,333 | 8,151 | 168,590 | 5,400 | 0,770 | 5,400 | 2,108 | 5,400 | 9,019 | 5,400 |
| | | 99,740 | 5,500 | 2,770 | 5,500 | 38,095 | 8,263 | 182,159 | 5,500 | 0,741 | 5,500 | 2,052 | 5,500 | 9,224 | 5,500 |
| | | 104,013 | 5,600 | 2,933 | 5,600 | 53,968 | 8,352 | 187,767 | 5,600 | 0,730 | 5,600 | 2,140 | 5,600 | 9,438 | 5,600 |
| | | 108,286 | 5,700 | 3,098 | 5,700 | 60,317 | 8,441 | 192,519 | 5,700 | 0,721 | 5,700 | 2,233 | 5,700 | 9,661 | 5,700 |
| | | 112,559 | 5,800 | 3,265 | 5,800 | 31,746 | 8,797 | 173,565 | 5,800 | 0,759 | 5,800 | 2,479 | 5,800 | 9,909 | 5,800 |
| | | 116,833 | 5,900 | 3,435 | 5,900 | 36,508 | 8,909 | 147,195 | 5,900 | 0,824 | 5,900 | 2,831 | 5,900 | 10,192 | 5,900 |
| | | 121,106 | 6,000 | 3,607 | 6,000 | | | 130,159 | 6,000 | 0,877 | 6,000 | 3,162 | 6,000 | 10,509 | 6,000 |
| | | 116,072 | 6,100 | 3,405 | 6,100 | | | 111,693 | 6,100 | 0,946 | 6,100 | 3,222 | 6,100 | 10,831 | 6,100 |
| | | 107,525 | 6,200 | 3,068 | 6,200 | | | 104,000 | 6,200 | 0,981 | 6,200 | 3,009 | 6,200 | 11,132 | 6,200 |
| | | 98,979 | 6,300 | 2,741 | 6,300 | | | 125,087 | 6,300 | 0,894 | 6,300 | 2,451 | 6,300 | 11,377 | 6,300 |
| | | 91,265 | 6,400 | 2,455 | 6,400 | | | 128,286 | 6,400 | 0,883 | 6,400 | 2,168 | 6,400 | 11,593 | 6,400 |
| | | 94,114 | 6,500 | 2,560 | 6,500 | | | 139,586 | 6,500 | 0,846 | 6,500 | 2,167 | 6,500 | 11,810 | 6,500 |
| | | 96,963 | 6,600 | 2,666 | 6,600 | | | 159,440 | 6,600 | 0,792 | 6,600 | 2,111 | 6,600 | 12,021 | 6,600 |
| | | 99,811 | 6,700 | 2,773 | 6,700 | | | 179,294 | 6,700 | 0,747 | 6,700 | 2,071 | 6,700 | 12,228 | 6,700 |
| | | 101,463 | 6,800 | 2,835 | 6,800 | | | 188,889 | 6,800 | 0,728 | 6,800 | 2,063 | 6,800 | 12,435 | 6,800 |
| | | 101,463 | 6,900 | 2,835 | 6,900 | | | 172,534 | 6,900 | 0,761 | 6,900 | 2,159 | 6,900 | 12,651 | 6,900 |
| | | 97,895 | 7,000 | 2,701 | 7,000 | | | 162,341 | 7,000 | 0,785 | 7,000 | 2,120 | 7,000 | 12,862 | 7,000 |
| | | 88,128 | 7,100 | 2,341 | 7,100 | | | 121,361 | 7,100 | 0,908 | 7,100 | 2,125 | 7,100 | 13,075 | 7,100 |
| | | 85,854 | 7,200 | 2,259 | 7,200 | | | 96,127 | 7,200 | 1,020 | 7,200 | 2,304 | 7,200 | 13,305 | 7,200 |
| | | 87,794 | 7,300 | 2,329 | 7,300 | | | 120,274 | 7,300 | 0,912 | 7,300 | 2,124 | 7,300 | 13,518 | 7,300 |
| | | 92,67 | | | | | | | | | | | | | |

Figura 3.3 – Gráficos gerados para a estaca E01



Fonte: Autor

O resumo de todas as informações pode ser observado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Dados das estacas analisadas

| Estaca | Diâmetro (cm) | Resistência da Ponta (kN) | Resistência do Fuste (kN) | Resistência Total (kN) | IE Acumulado | Comprimento perfuratriz (m) | Comprimento PDA (m) |
|--------|---------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--------------|-----------------------------|---------------------|
| E01 | 40 | 446,60 | 840,70 | 1287,30 | 20,40 | 9,00 | 9,50 |
| E02 | 50 | 862,30 | 1151,60 | 2013,90 | 9,68 | 9,00 | 9,68 |
| E03 | 50 | 758,90 | 783,70 | 1542,60 | 16,96 | 9,00 | 9,35 |
| E04 | 40 | 543,70 | 229,90 | 773,60 | 24,77 | 9,00 | 9,90 |
| E05 | 40 | 465,90 | 608,60 | 1074,50 | 21,93 | 9,00 | 9,50 |
| E06 | 40 | 830,30 | 524,70 | 1355,00 | 28,65 | 9,00 | 9,65 |
| E07 | 40 | 691,30 | 428,90 | 1120,20 | 28,60 | 9,00 | 9,50 |
| E08 | 40 | 256,30 | 728,60 | 984,90 | 24,17 | 9,00 | 9,90 |
| E09 | 50 | 304,40 | 641,90 | 946,30 | 31,56 | 9,00 | 9,75 |
| E10 | 50 | 370,20 | 550,40 | 920,60 | 31,39 | 9,00 | 9,75 |
| E11 | 50 | 515,10 | 697,30 | 1212,40 | 35,59 | 9,00 | 9,75 |
| E12 | 50 | 613,10 | 606,20 | 1219,30 | 25,74 | 9,00 | 9,75 |
| E13 | 50 | 251,30 | 1407,90 | 1659,20 | 26,67 | 9,00 | 9,75 |
| E14 | 50 | 1176,60 | 654,10 | 1830,70 | 31,88 | 9,00 | 9,35 |
| E15 | 50 | 375,40 | 583,50 | 958,90 | 12,14 | 9,00 | 9,35 |
| E16 | 50 | 630,50 | 784,10 | 1414,60 | 27,05 | 9,00 | 9,35 |
| E17 | 50 | 943,90 | 562,70 | 1506,60 | 27,28 | 9,00 | 9,35 |
| E18 | 50 | 1403,20 | 715,30 | 2118,50 | 30,70 | 9,00 | 9,50 |
| E19 | 40 | 373,70 | 459,00 | 832,70 | 18,74 | 9,00 | 9,28 |
| E20 | 40 | 237,20 | 366,70 | 603,90 | 22,58 | 9,00 | 9,40 |
| E21 | 40 | 278,70 | 406,10 | 684,80 | 16,06 | 9,00 | 9,90 |
| E22 | 40 | 611,70 | 315,30 | 927,00 | 18,17 | 9,00 | 9,30 |
| E23 | 40 | 99,70 | 538,40 | 638,10 | 14,90 | 9,00 | 9,60 |
| E24 | 40 | 941,30 | 230,30 | 1171,60 | 16,27 | 9,00 | 9,40 |
| E25 | 40 | 755,80 | 290,10 | 1045,90 | 15,25 | 9,00 | 9,90 |
| E26 | 50 | 549,00 | 333,00 | 882,00 | 23,14 | 9,00 | 9,75 |
| E27 | 50 | 526,70 | 189,00 | 715,70 | 19,07 | 9,00 | 9,75 |
| E28 | 50 | 615,30 | 296,70 | 912,00 | 25,09 | 9,00 | 9,75 |
| E29 | 50 | 721,30 | 358,70 | 1080,00 | 25,19 | 9,00 | 9,75 |
| E30 | 50 | 352,70 | 747,20 | 1099,90 | 19,31 | 9,00 | 9,75 |
| E31 | 50 | 298,00 | 397,20 | 695,20 | 23,38 | 9,00 | 9,45 |
| E32 | 50 | 728,10 | 407,60 | 1135,70 | 25,23 | 9,00 | 9,45 |
| E33 | 50 | 277,40 | 323,30 | 600,70 | 22,57 | 9,00 | 9,45 |
| E34 | 50 | 225,60 | 370,40 | 596,00 | 21,40 | 9,00 | 9,45 |

Fonte: Autor

Buscando encontrar uma correlação linear, com coordenadas iniciais na origem, entre o esforço de instalação acumulado (cum IE) e a capacidade de carga das estacas, em quilonewtons, os dados foram separados e analisados de seis maneiras:

- Capacidade de carga em função do esforço de instalação;
- Resistência do fuste em função do esforço de instalação;

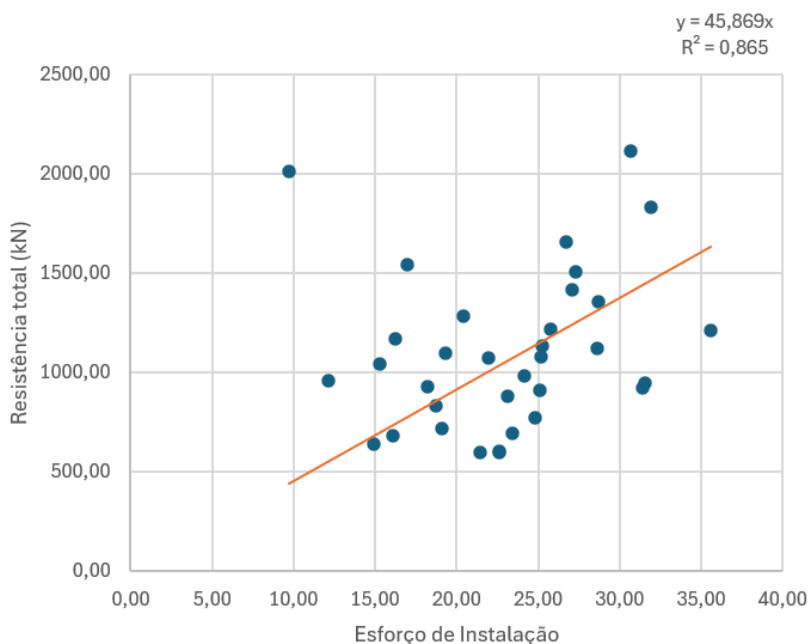
- Capacidade de carga das estacas com diâmetro de 40 cm em função do esforço de instalação;
- Resistência do fuste das estacas com diâmetro de 40 cm em função do esforço de instalação;
- Capacidade de carga das estacas com diâmetro de 50 cm em função do esforço de instalação;
- Resistência do fuste das estacas com diâmetro de 50 cm em função do esforço de instalação.

A capacidade de carga total das estacas e a resistência do fuste foram analisadas separadamente tendo em vista que a resistência de ponta é pequena em estacas hélice contínua e deve ser considerada com cautela, de acordo com Velloso e Lopes (2010), e pelo fato de que o contato efetivo entre a ponta e o solo não pode ser assegurado, conforme a NBR 6122 (ABNT, 2022). Ainda, as estacas foram separadas por diâmetro pois é uma característica que influencia em sua capacidade de carga.

Assim, encontram-se equações na forma: $y = C \cdot x$, onde x é o esforço de instalação, y é a capacidade de carga e C é uma constante. É importante destacar que os valores calculados para o esforço de instalação (IE) e o esforço de instalação acumulado (cum IE) são adimensionais. Portanto, esses valores não possuem unidades de medida ao longo deste trabalho.

Na Figura 3.4, observa-se a correlação encontrada para a capacidade de carga em função do esforço de instalação para todas as estacas analisadas no trabalho. Encontra-se uma equação igual a $y = 45,869 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,865.

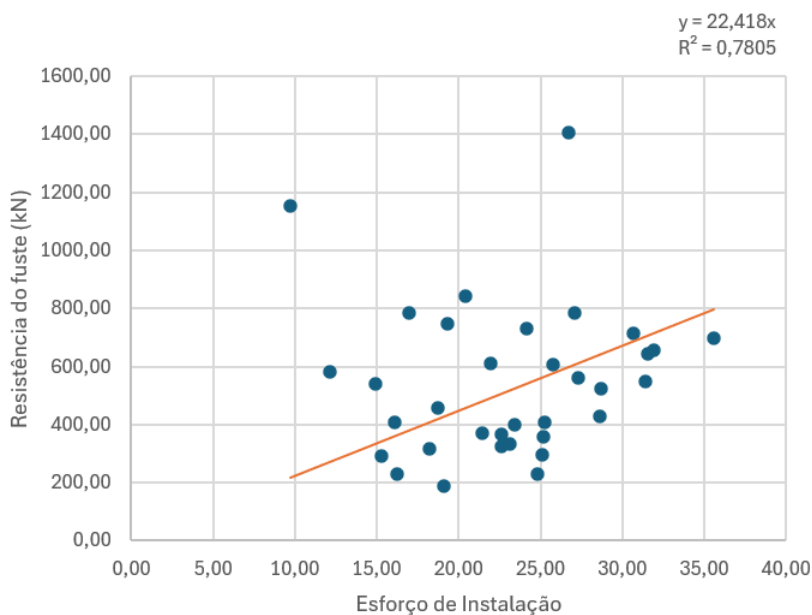
Figura 3.4 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação



Fonte: Autor

Na Figura 3.5, observa-se a correlação encontrada para a resistência do fuste em função do esforço de instalação para todas as estacas analisadas no trabalho. Encontra-se uma equação igual a $y = 22,418 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,7805.

Figura 3.5 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação

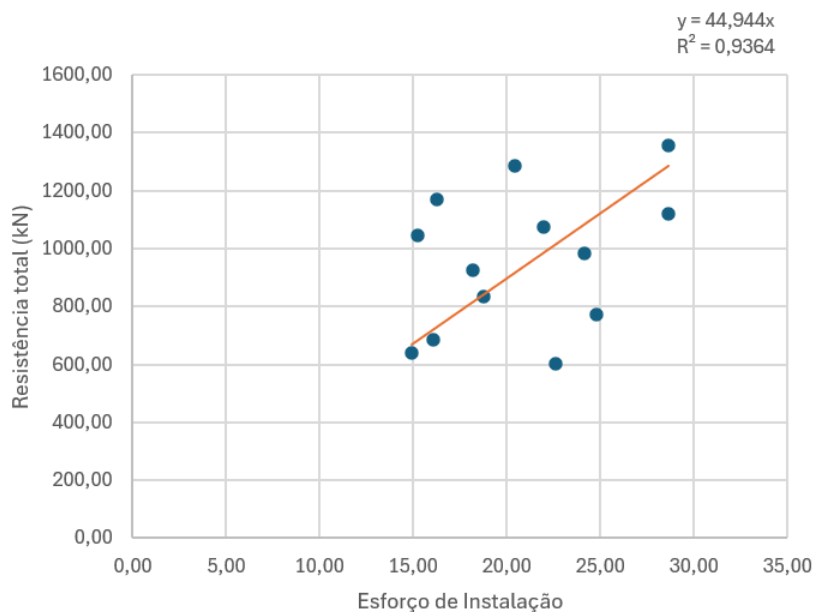


Fonte: Autor

Na Figura 3.6, observa-se a correlação encontrada para a capacidade de carga

em função do esforço de instalação para as estacas com 40 cm de diâmetro. Encontra-se uma equação igual a $y = 44,944 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,9364.

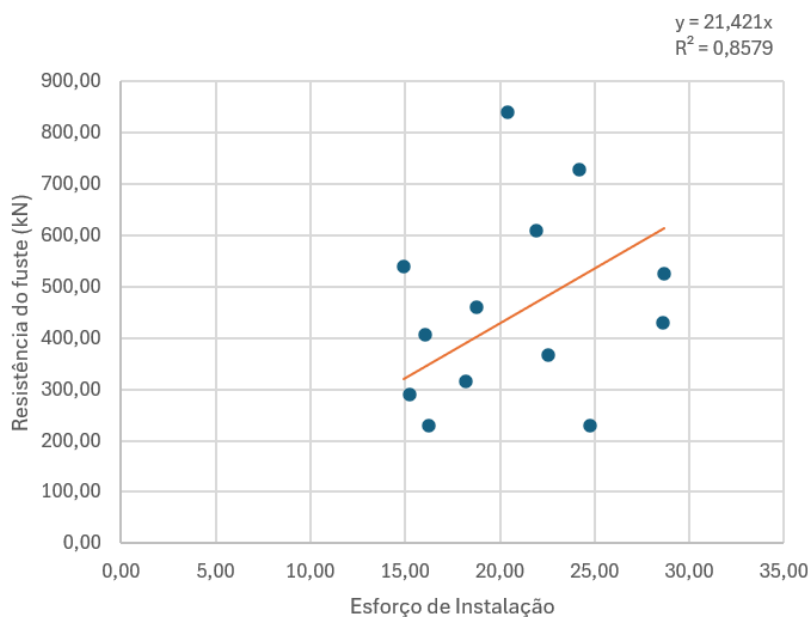
Figura 3.6 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 40 cm



Fonte: Autor

Na Figura 3.7, observa-se a correlação encontrada para a resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas com 40 cm de diâmetro. Encontra-se uma equação igual a $y = 21,421 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,8579.

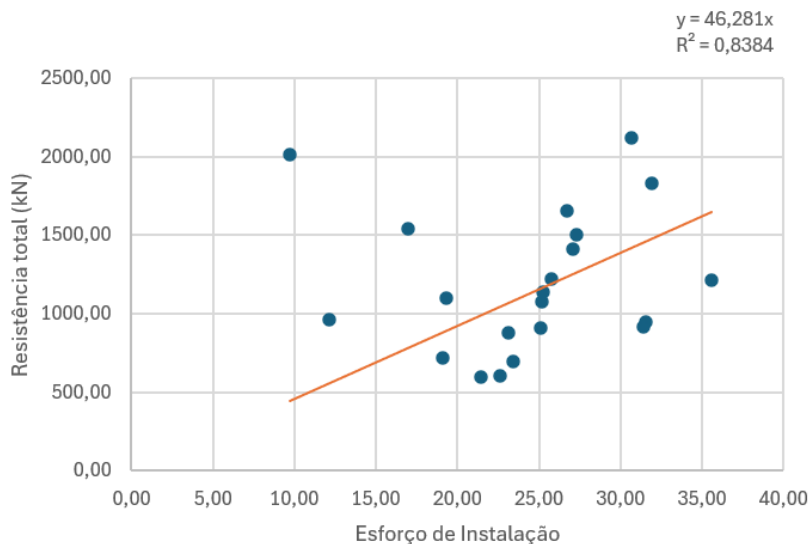
Figura 3.7 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 40 cm



Fonte: Autor

Na Figura 3.8, observa-se a correlação encontrada para a capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas com 50 cm de diâmetro. Encontra-se uma equação igual a $y = 46,281 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,8384.

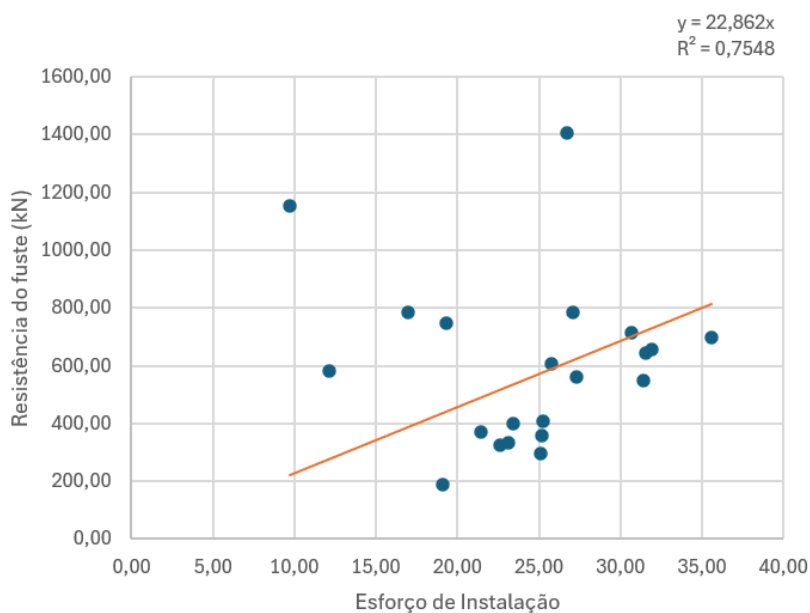
Figura 3.8 – Capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 50 cm



Fonte: Autor

Na Figura 3.9, observa-se a correlação encontrada para a resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas com 50 cm de diâmetro. Encontra-se uma equação igual a $y = 22,862 \cdot x$, onde o R^2 é igual a 0,7548.

Figura 3.9 – Resistência do fuste em função do esforço de instalação para as estacas de diâmetro de 50 cm



Fonte: Autor

Na Tabela 3.2, apresentada abaixo, observam-se as correlações entre as resistências e o esforço de instalação para cada caso analisado.

Tabela 3.2 – Correlação e R^2 para a capacidade de carga ou resistência do fuste, em função do esforço de instalação, separados por diâmetro das estacas

| | Todas estacas | Estacas $\Phi=40\text{cm}$ | Estacas $\Phi=50\text{cm}$ |
|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Capacidade de carga | $y=45,869x$ $R^2=0,865$ | $y=44,944x$ $R^2=0,936$ | $y=46,281x$ $R^2=0,838$ |
| Resistência do fuste | $y=22,418x$ $R^2=0,781$ | $y=21,421x$ $R^2=0,858$ | $y=22,862x$ $R^2=0,755$ |

Fonte: Autor

Outro dado analisado neste trabalho foi o torque máximo que a perfuratriz atingiu na execução de cada estaca. No relatório de monitoramento, é fornecido o gráfico da pressão hidráulica do fluido do motor da máquina, em unidade de pressão (bar), necessário para gerar o torque, e é a fabricante que fornece a correlação entre estes valores. No entanto, é comum referir-se diretamente ao valor do torque ao invés da pressão. Observa-se que não houve muita variação entre os torques - ou pressões - atingidos para cada diâmetro de estaca, com um desvio padrão igual a 5,66 bar. Este fato sugere que a perfuratriz já possa ter atingido seu limite e não consiga prover torques maiores para executar corretamente as estacas com diâmetro de 50 cm.

Tabela 3.3 – Pressão máxima atingida para cada estaca, média e desvio padrão

| Estaca | Diâmetro (cm) | Pressão máxima (bar) | Estaca | Diâmetro (cm) | Pressão máxima (bar) |
|------------------------|---------------|----------------------|----------------|---------------|----------------------|
| E01 | 40 | 137,89 | E18 | 50 | 137,14 |
| E02 | 50 | 126,42 | E19 | 40 | 119,37 |
| E03 | 50 | 135,29 | E20 | 40 | 122,88 |
| E04 | 40 | 137,14 | E21 | 40 | 121,55 |
| E05 | 40 | 134,60 | E22 | 40 | 137,85 |
| E06 | 40 | 137,14 | E23 | 40 | 133,95 |
| E07 | 40 | 133,54 | E24 | 40 | 133,54 |
| E08 | 40 | 136,06 | E25 | 40 | 125,00 |
| E09 | 50 | 131,35 | E26 | 50 | 133,54 |
| E10 | 50 | 132,41 | E27 | 50 | 125,65 |
| E11 | 50 | 130,47 | E28 | 50 | 138,10 |
| E12 | 50 | 128,50 | E29 | 50 | 138,58 |
| E13 | 50 | 132,50 | E30 | 50 | 125,98 |
| E14 | 50 | 129,82 | E31 | 50 | 133,54 |
| E15 | 50 | 125,98 | E32 | 50 | 138,91 |
| E16 | 50 | 137,85 | E33 | 50 | 141,40 |
| E17 | 50 | 135,66 | E34 | 50 | 140,84 |
| Desvio padrão = | | 5,66 | Média = | | 132,66 |

Fonte: Autor

4 CONCLUSÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que o esforço de instalação (IE) pode ser utilizado como um parâmetro de controle na execução de estacas hélice contínua, visto que observou-se uma boa correlação com a capacidade de carga. Originalmente proposto por NeSmith (2003, 2006 e 2008) para estacas Ômega, o método também se mostrou aplicável para as estacas do tipo hélice contínua.

O critério de paralisação utilizado para a execução das estacas do projeto possivelmente foi alcançar o impenetrável, quando o equipamento não conseguiu mais avançar por causa da grande resistência do solo, chegando aos 9 m de profundidade. Um critério que poderia ser empregue seria utilizar as correlações encontradas neste trabalho, ou seja, parar a perfuração quando o esforço de instalação acumulado atingir tal valor que corresponda à capacidade de carga necessitada para a estaca em execução.

A melhor correlação encontrada foi para a capacidade de carga em função do esforço de instalação para as estacas com diâmetro de 40 cm. Isso demonstra que, de fato, a resistência da ponta está contribuindo para a resistência total das estacas em questão. Assim, é possível dizer que não houveram problemas de execução que fizessem com que a ponta destas estacas fossem perdidas.

As estacas com diâmetro de 50 cm não apresentaram resultados muito satisfatórios, provavelmente devido a problemas de execução. Pode-se observar que durante a execução das estacas de 40 cm a perfuratriz já atinge seu torque máximo, ou seja, chega no limite da sua capacidade, não conseguindo executar apropriadamente as estacas com um diâmetro maior. Tal fato explica as resistências encontradas nos ensaios de carregamento dinâmico, com grande variabilidade e valores proporcionais aos encontrados para as estacas de menor diâmetro.

4.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar o cálculo do esforço de instalação durante a execução das estacas, pela própria perfuratriz, promovendo dados mais precisos;
- Avaliar a correlação entre esforço de instalação e capacidade de carga para estacas de diferentes diâmetros;

- Avaliar a correlação entre esforço de instalação e capacidade de carga para estacas de mesmo diâmetro e diferentes comprimentos;
- Avaliar a correlação entre esforço de instalação e capacidade de carga em outros tipos de solos;

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 13208*: Estacas - ensaio de carregamento dinâmico. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 6122*: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022. 108 p.

HACHICH, W.; *et al.* . *Fundações: teoria e prática*. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

NESMITH, W. M. Installation effort as an indicator of displacement screw pile capacity. *4th International Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Augered Piles*, 2003.

NESMITH, W. M. Application of data acquired during drilled displacement pile installation. *Geotechnical Engineering in the Information Age*, ASCE, 2006.

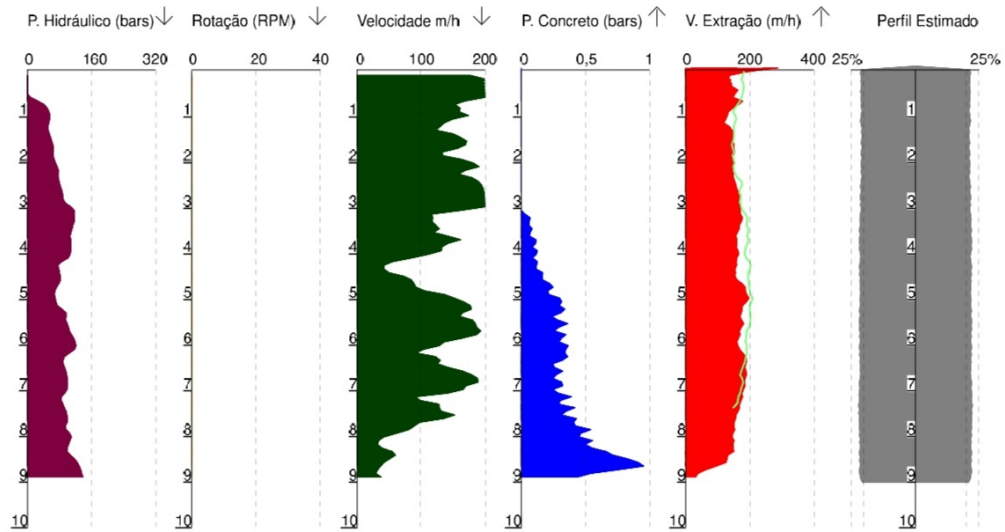
NESMITH, W. M. Installation effort: Current calculation methods and uses in design and construction in the u.s. *5th International Geotechnical Seminar on Deep Foundations on Bored and Augered Piles*, 2008.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. *Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ANEXO A – MONITORAMENTO DAS ESTACAS

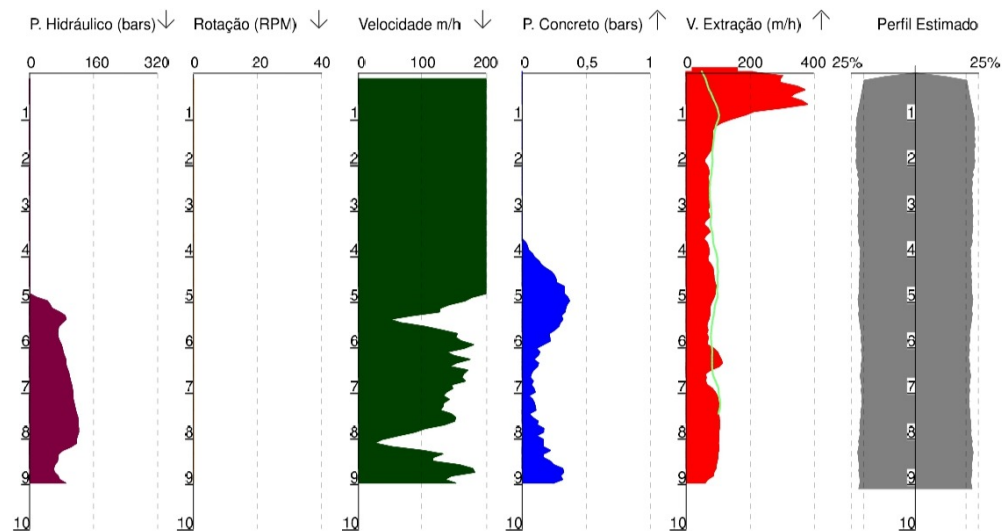
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T37-E16 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 10/06/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,421 |
| Início Perfuração: 11/12/21 12:05 | Fim Estaca: 11/12/21 12:36 | Supercorsumo: 22,91 % |
| Inic Concretagem: 11/12/21 12:12 | Contrato: | Inclinação X,Y: -2,-.4 ° |



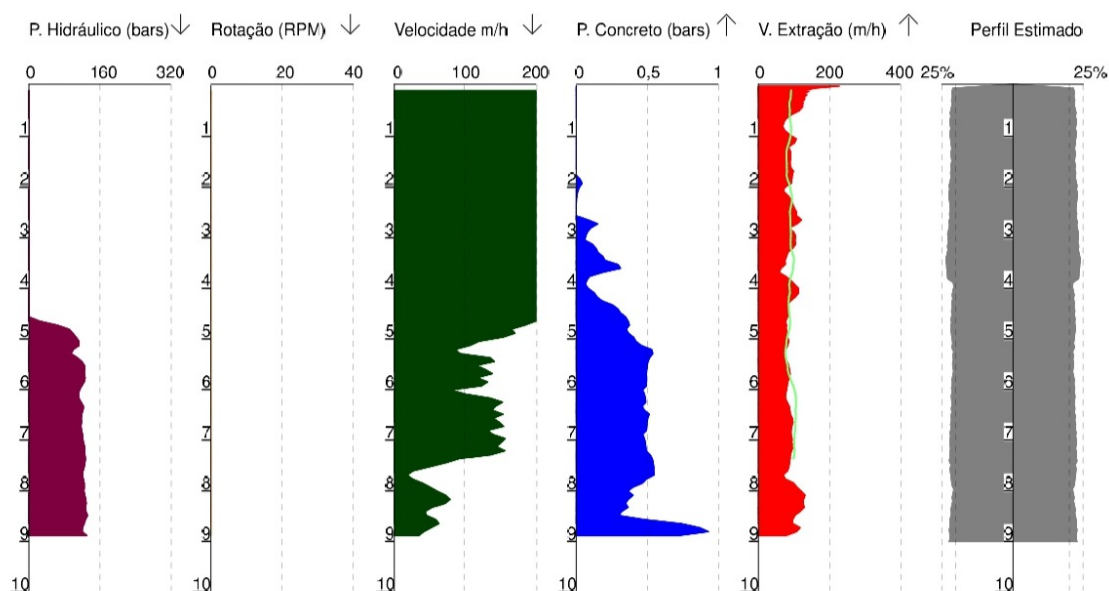
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T37-E17 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,36 |
| Data: 10/06/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,1352 |
| Início Perfuração: 07/12/21 13:24 | Fim Estaca: 07/12/21 13:39 | Supercorsumo: 16,18 % |
| Inic Concretagem: 07/12/21 13:30 | Contrato: | Inclinação X,Y: -2,-.1 ° |



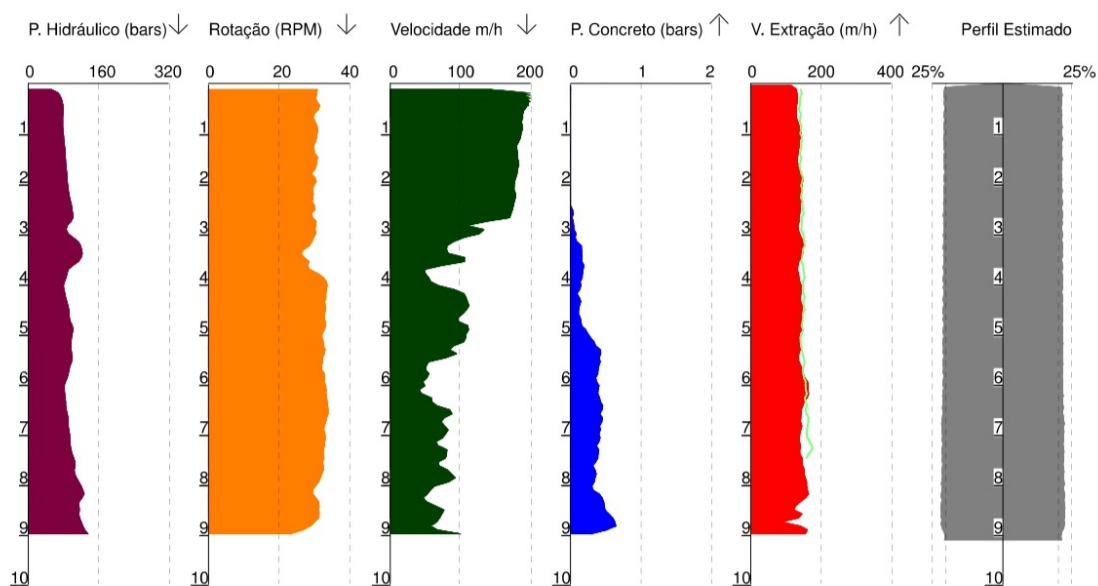
Gráficos da Estaca

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| | Serviço executado por: | | |
| | Cliente: | | |
| | Estaca: T37-E19 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| | Data: 10/06/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,233 |
| Início Perfuração: 07/12/21 11:22 | Fim Estaca: 07/12/21 11:39 | Superconsumo: 24,70 % | |
| Inic Concretagem: 07/12/21 11:33 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0, 3 ° | |



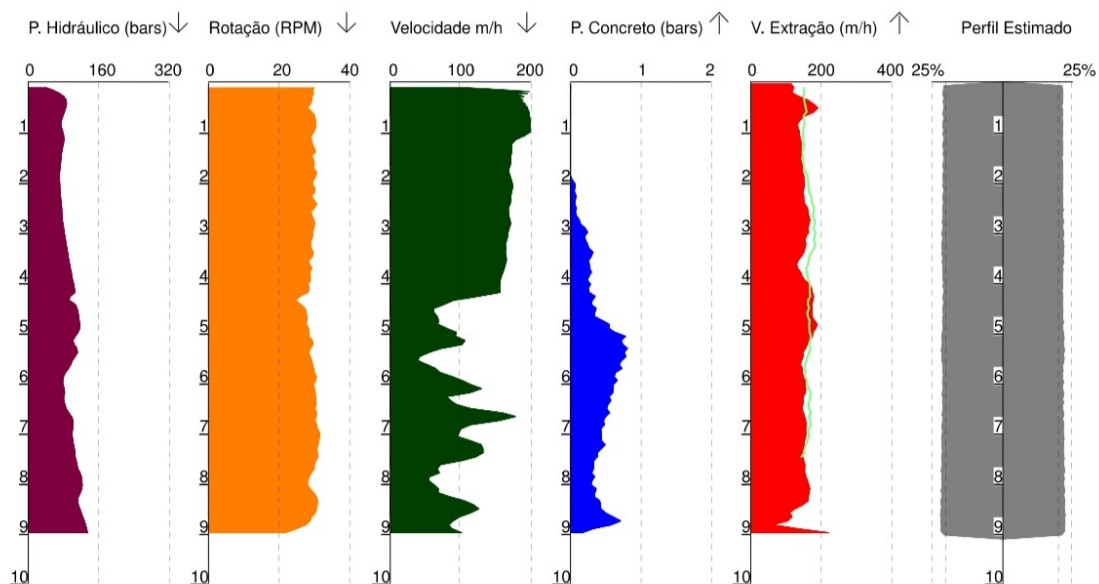
Gráficos da Estaca

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Serviço executado por: | | |
| | Cliente: | | |
| | Estaca: T39-E01 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| | Data: 04/03/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,334 |
| Início Perfuração: 09/02/22 14:03 | Fim Estaca: 09/02/22 14:17 | Superconsumo: 15,39 % | |
| Inic Concretagem: 09/02/22 14:12 | Contrato: | Inclinação X;Y: .2, 0 ° | |



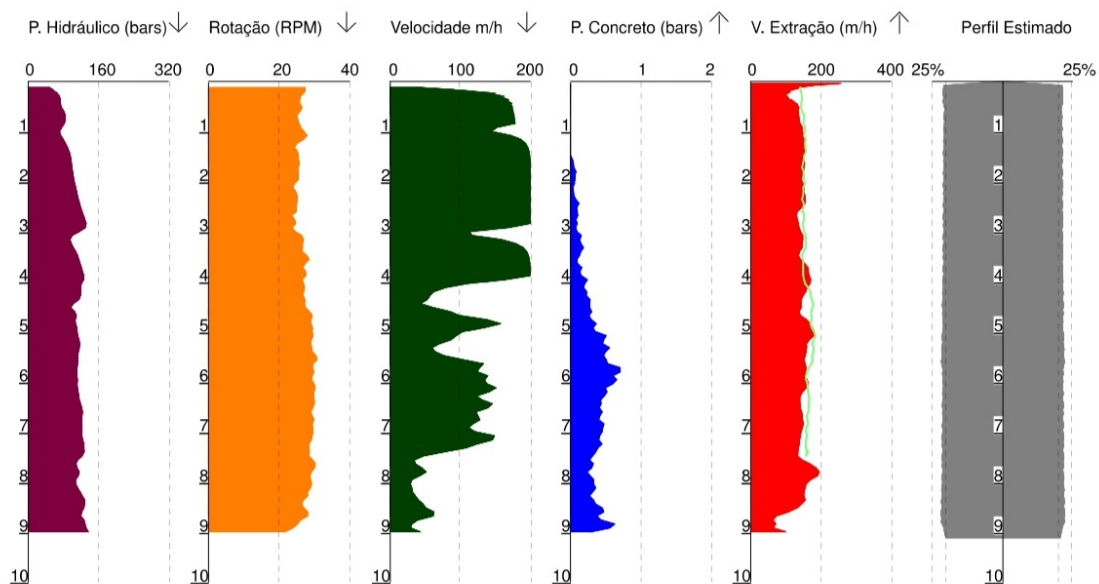
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E13 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 04/03/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,363 |
| Início Perfuração: 10/02/22 11:48 | Fim Estaca: 10/02/22 11:59 | Superconsumo: 17,90 % |
| Inic Concretagem: 10/02/22 11:54 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0,-.2 ° |



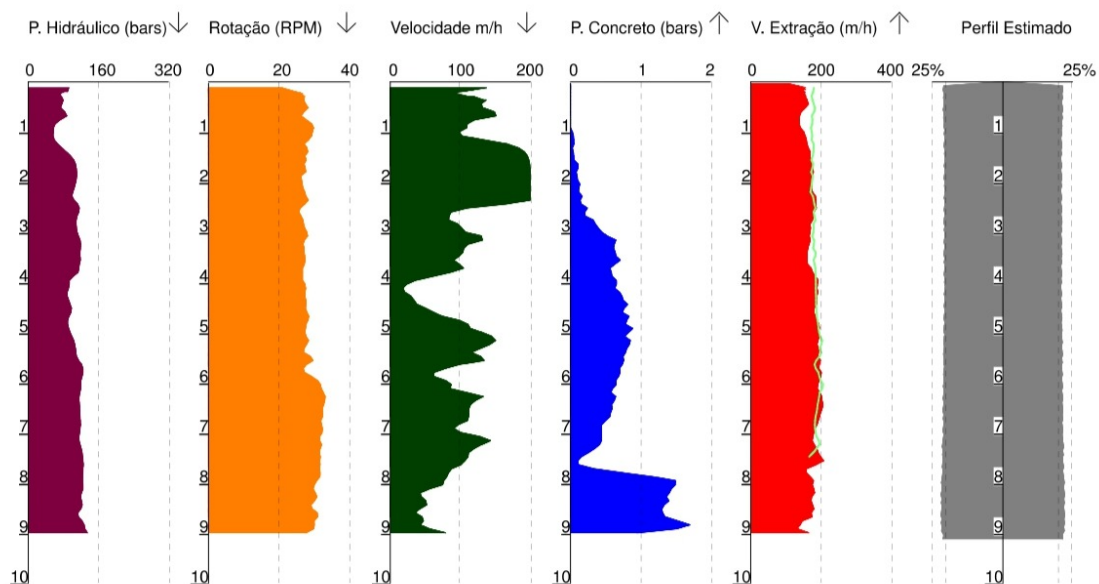
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E14 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 04/03/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,363 |
| Início Perfuração: 10/02/22 12:04 | Fim Estaca: 10/02/22 12:16 | Superconsumo: 17,90 % |
| Inic Concretagem: 10/02/22 12:12 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0,-.2 ° |



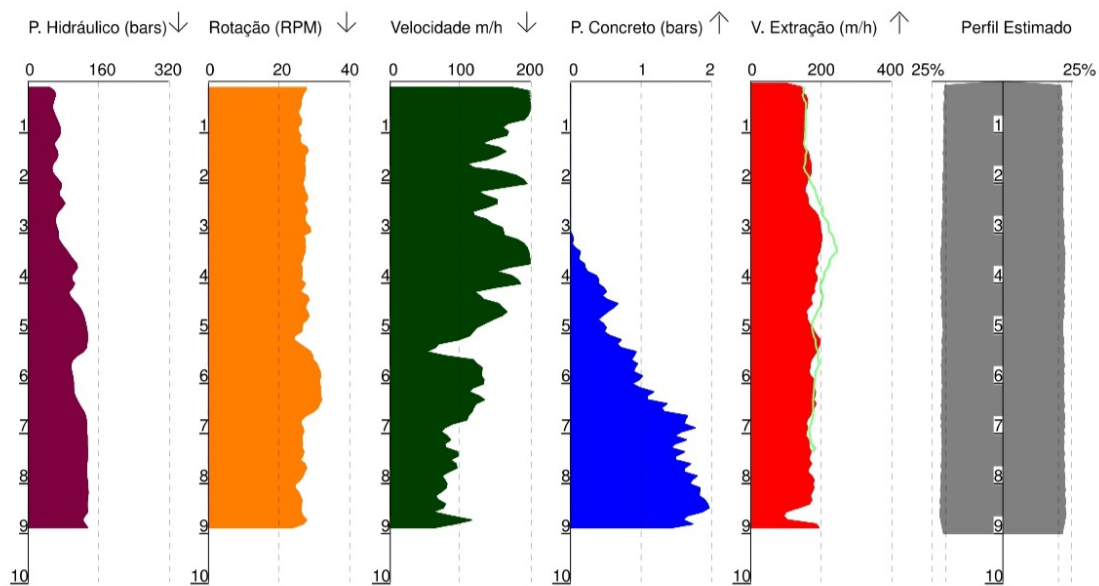
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E18 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 04/03/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,334 |
| Início Perfuração: 10/02/22 15:12 | Fim Estaca: 10/02/22 15:27 | Superconsumo: 15,39 % |
| Inic Concretagem: 10/02/22 15:21 | Contrato: | Inclinação X;Y: .1,-.1 ° |



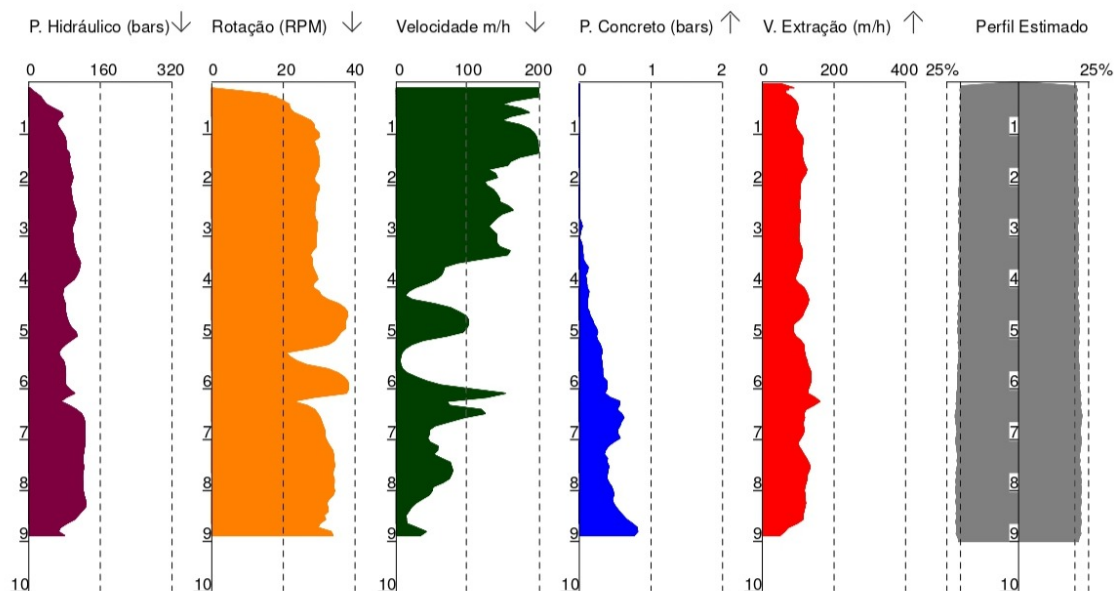
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E22 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 04/03/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,363 |
| Início Perfuração: 14/02/22 09:08 | Fim Estaca: 14/02/22 09:20 | Superconsumo: 18,93 % |
| Inic Concretagem: 14/02/22 09:14 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0, .1 ° |



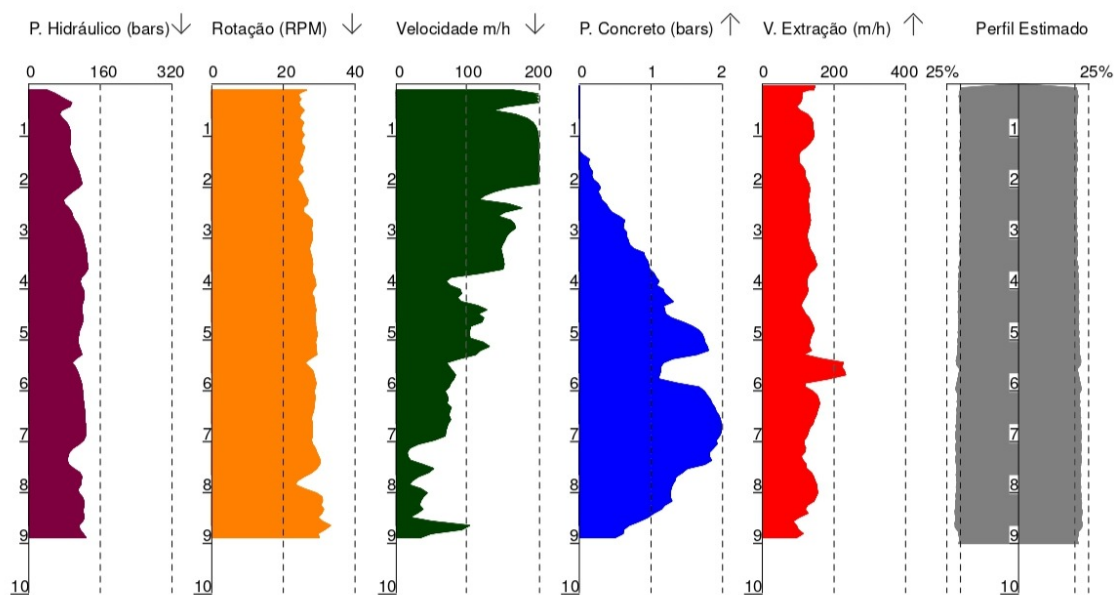
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E37 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2 |
| Início Perfuração: 14/01/22 11:46 | Fim Estaca: 14/01/22 12:16 | Superconsumo: 11,73 % |
| Inic Concretagem: 14/01/22 12:10 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0,-2 ° |



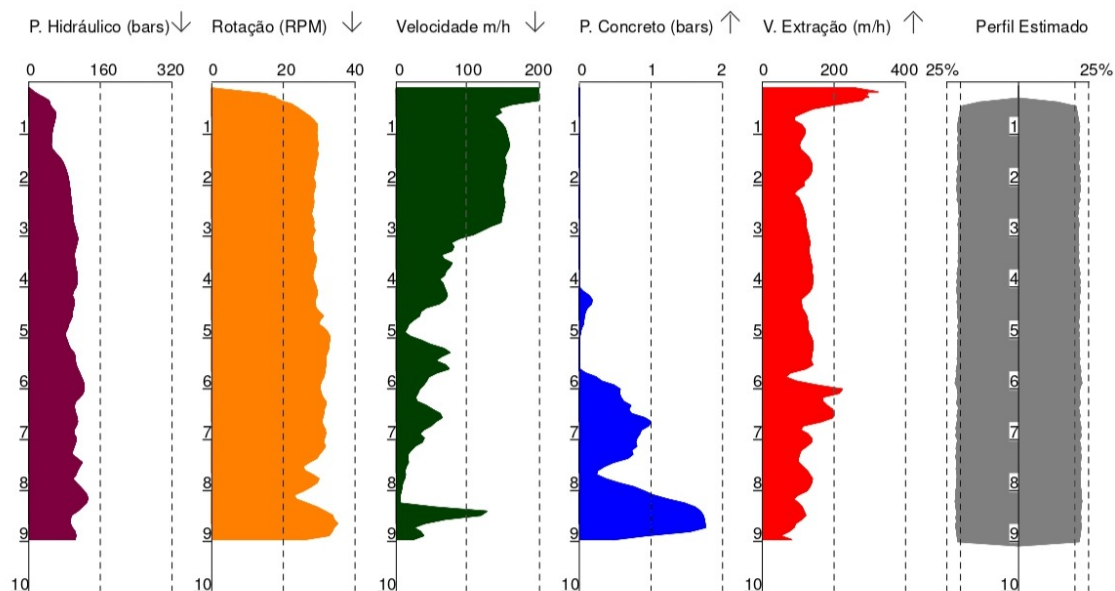
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E40 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 1,995 |
| Início Perfuração: 13/01/22 09:36 | Fim Estaca: 13/01/22 09:59 | Superconsumo: 11,41 % |
| Inic Concretagem: 13/01/22 09:52 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, 0 ° |



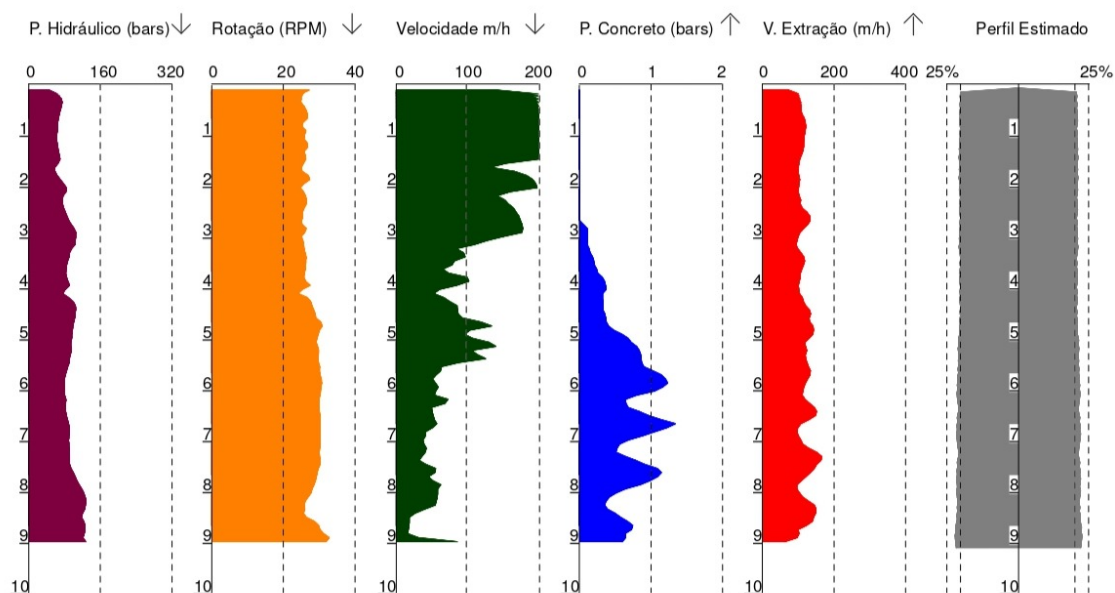
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E64 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2 |
| Início Perfuração: 19/01/22 14:33 | Fim Estaca: 19/01/22 15:01 | Superconsumo: 11,73 % |
| Inic Concretagem: 19/01/22 14:55 | Contrato: | Inclinação X,Y: .1, .1 ° |



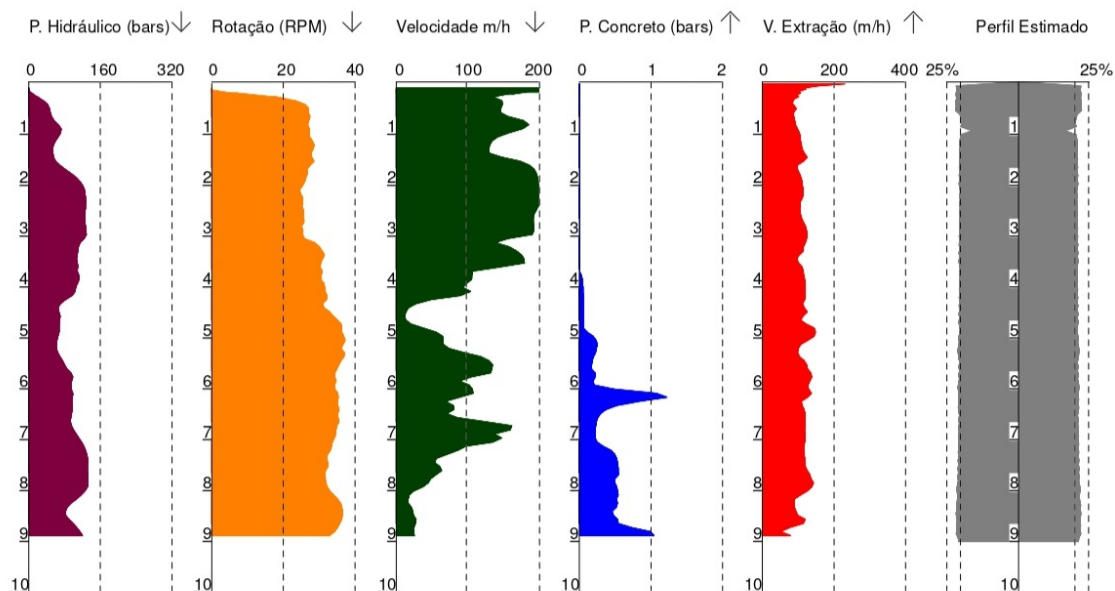
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E72 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 1,981 |
| Início Perfuração: 11/01/22 11:34 | Fim Estaca: 11/01/22 11:51 | Superconsumo: 10,63 % |
| Inic Concretagem: 11/01/22 11:45 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, 0 ° |



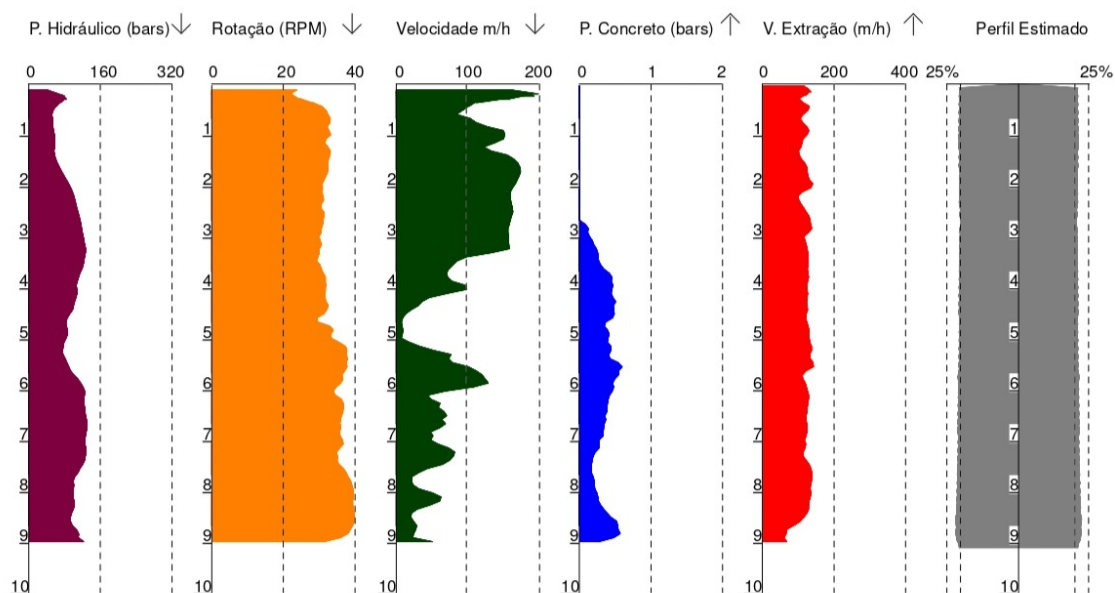
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E78 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 1,9154 |
| Início Perfuração: 14/01/22 15:08 | Fim Estaca: 14/01/22 15:27 | Superconsumo: 6,96 % |
| Inic Concretagem: 14/01/22 15:21 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, 0 ° |



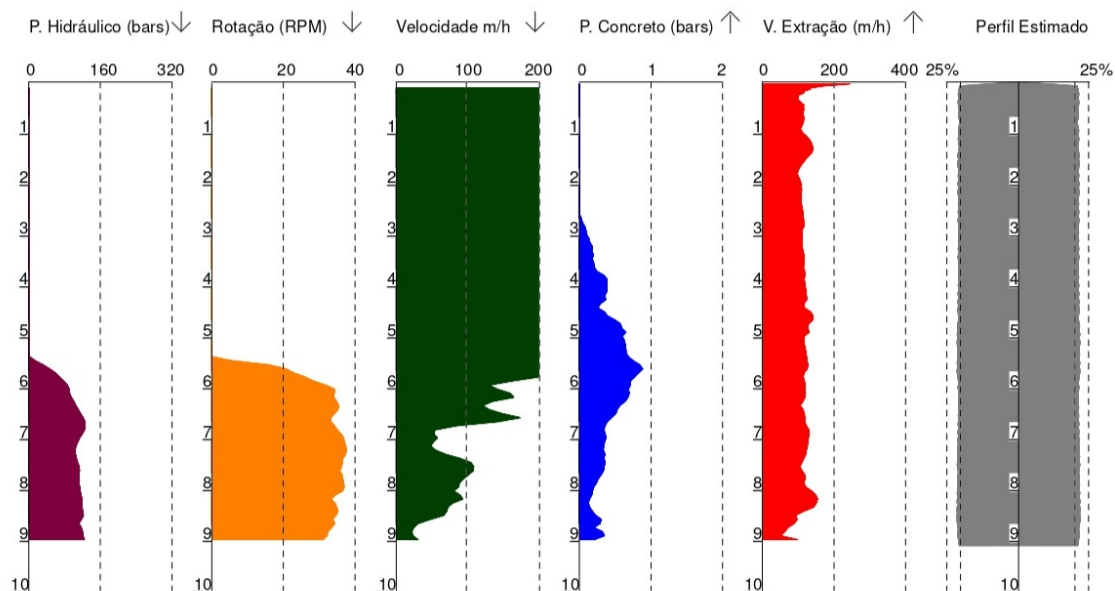
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E112 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2 |
| Início Perfuração: 24/01/22 13:55 | Fim Estaca: 24/01/22 14:19 | Superconsumo: 10,50 % |
| Inic Concretagem: 24/01/22 14:12 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0,-.1 ° |



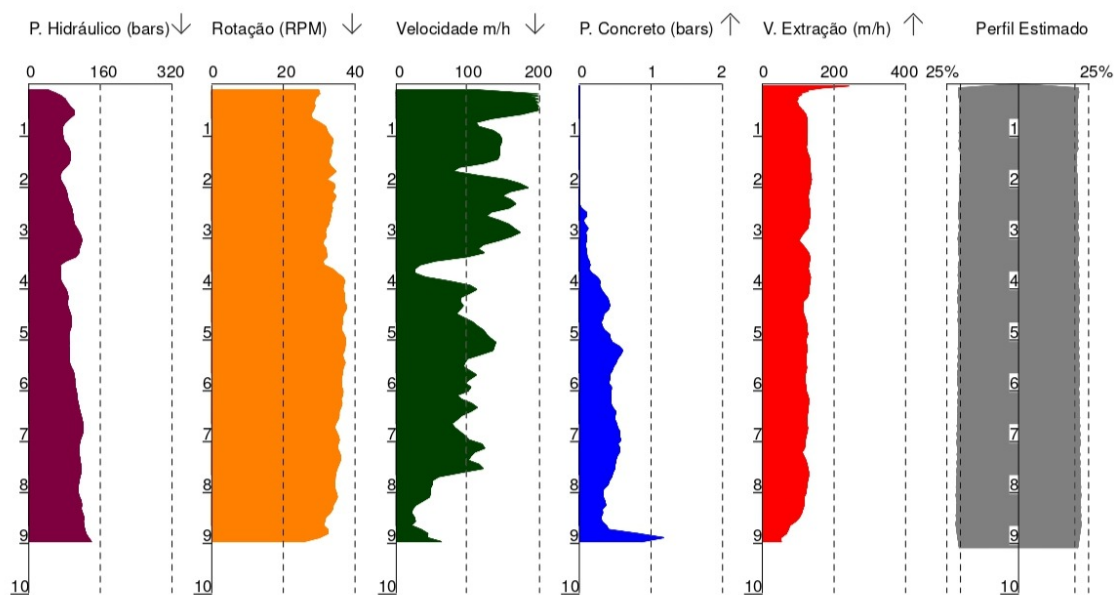
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E113 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,041 |
| Início Perfuração: 24/01/22 15:05 | Fim Estaca: 24/01/22 15:15 | Superconsumo: 12,99 % |
| Inic Concretagem: 24/01/22 15:10 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, .2 ° |



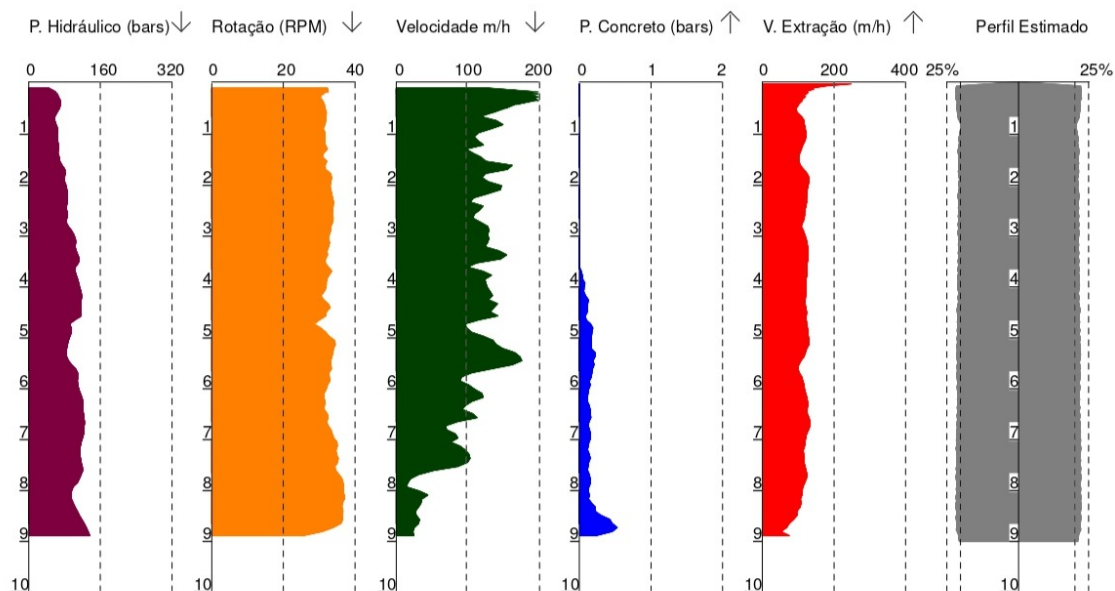
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E114 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,041 |
| Início Perfuração: 24/01/22 10:13 | Fim Estaca: 24/01/22 10:28 | Superconsumo: 12,99 % |
| Inic Concretagem: 24/01/22 10:23 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, -.1 ° |



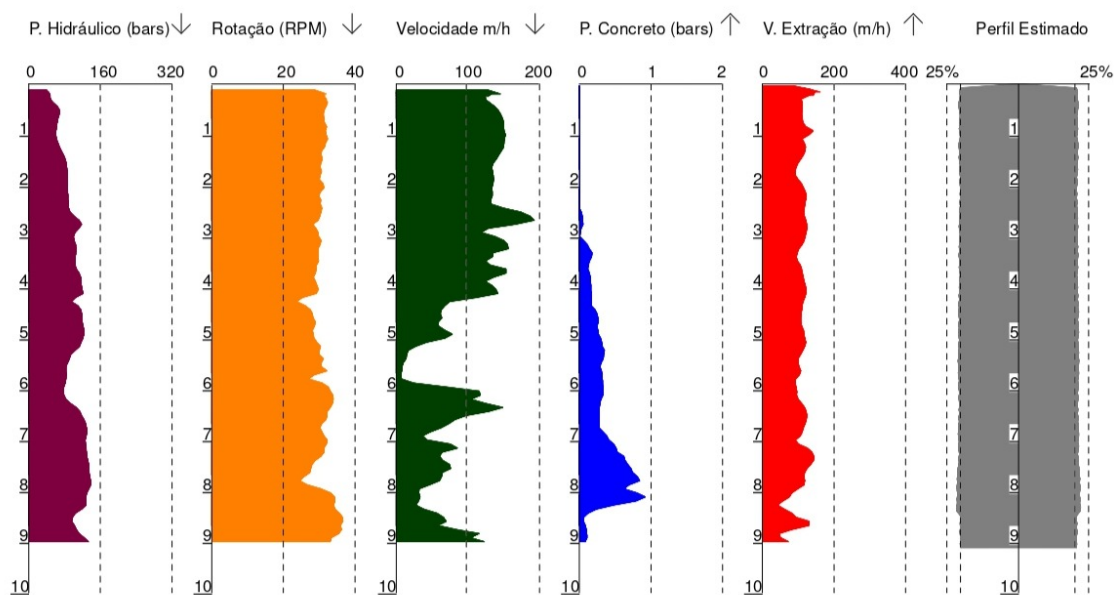
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E115 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,1352 |
| Início Perfuração: 24/01/22 09:48 | Fim Estaca: 24/01/22 10:03 | Superconsumo: 19,24 % |
| Inic Concretagem: 24/01/22 09:58 | Contrato: | Inclinação X,Y: .1, 0 ° |



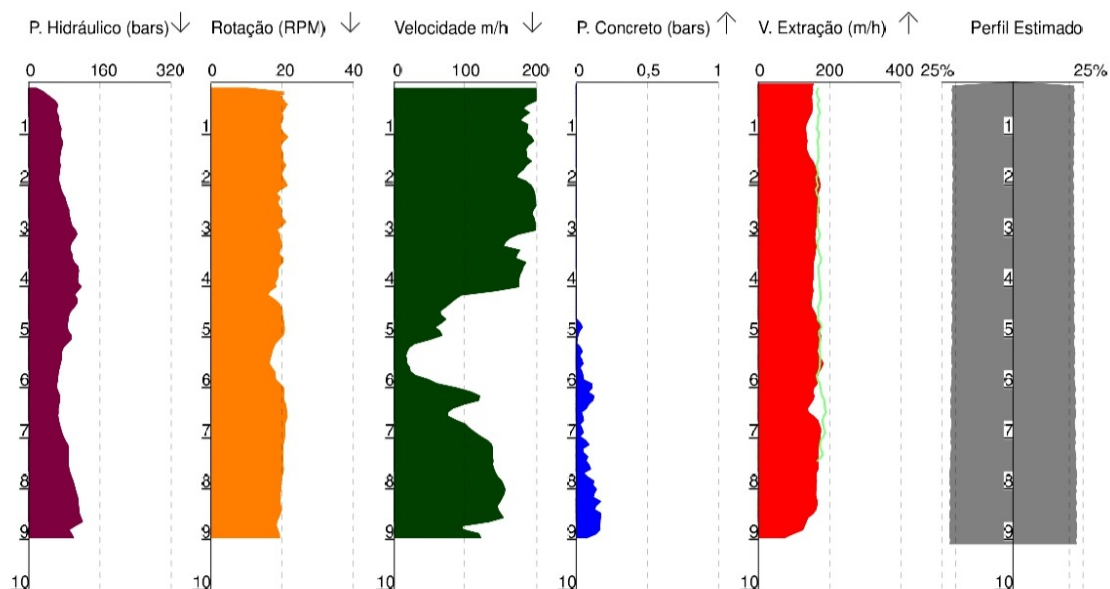
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T39-E116 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2 |
| Início Perfuração: 12/01/22 15:33 | Fim Estaca: 12/01/22 16:14 | Superconsumo: 10,50 % |
| Inic Concretagem: 12/01/22 15:48 | Contrato: | Inclinação X,Y: -.1,-2 ° |



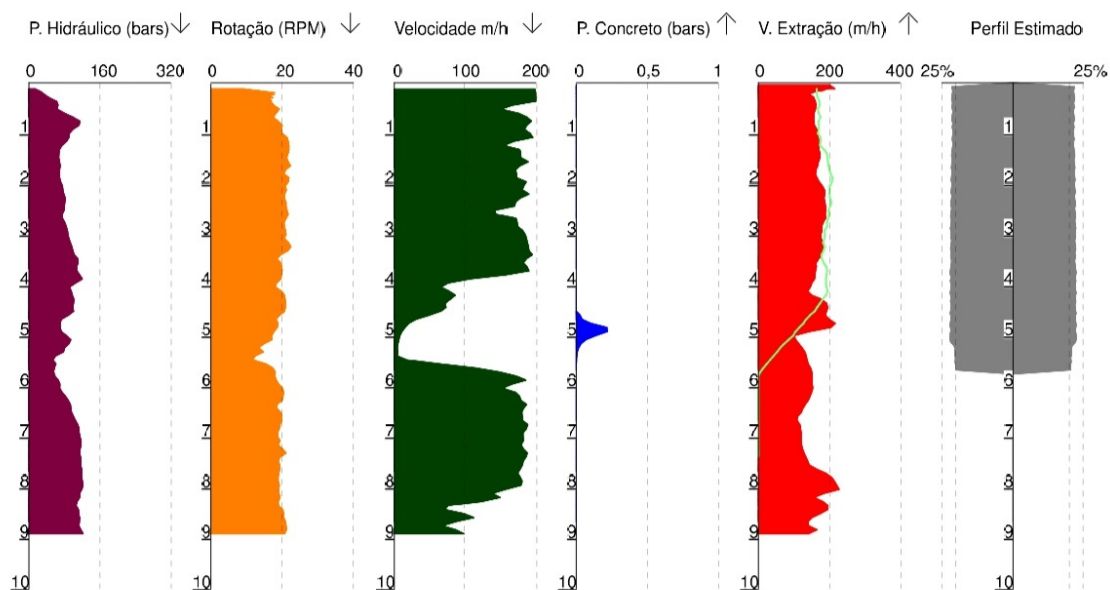
Gráficos da Estaca

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Serviço executado por: | | |
| | Cliente: | | |
| | Estaca: T40-E-01 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| | Data: 10/06/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,4175 |
| Início Perfuração: 29/11/21 11:09 | Fim Estaca: 29/11/21 11:24 | Superconsumo: 22,61 % | |
| Inic Concretagem: 29/11/21 11:17 | Contrato: | Inclinação X;Y: .4,-1 ° | |



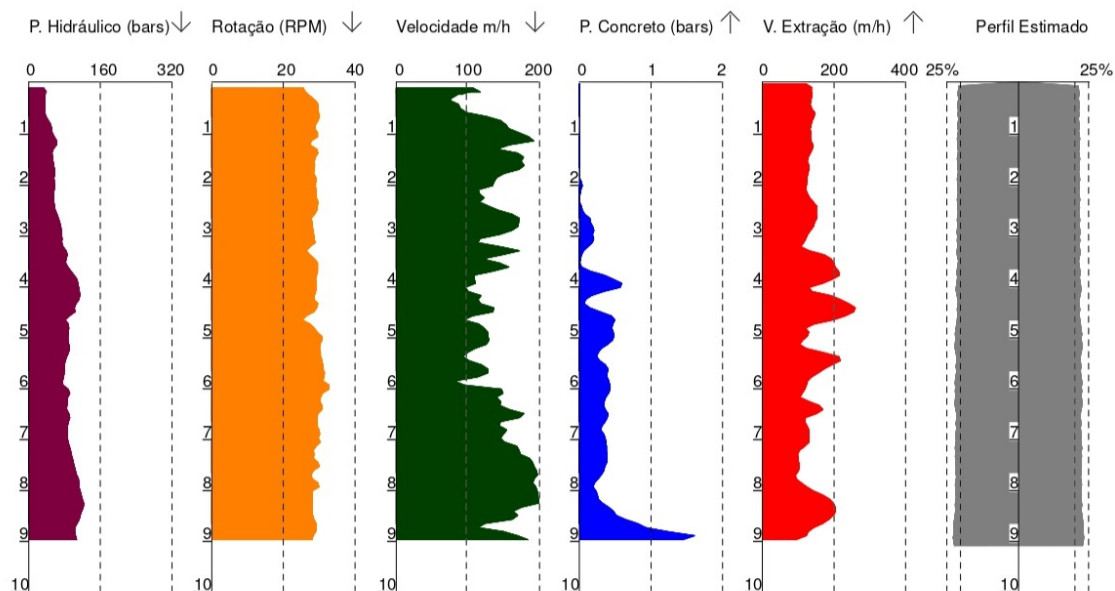
Gráficos da Estaca

| | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| | Serviço executado por: | | |
| | Cliente: | | |
| | Estaca: T40-E-16 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| | Data: 10/06/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 0,945 |
| Início Perfuração: 29/11/21 11:40 | Fim Estaca: 29/11/21 12:02 | Superconsumo: -17,54 % | |
| Inic Concretagem: 29/11/21 11:58 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0,-2 ° | |



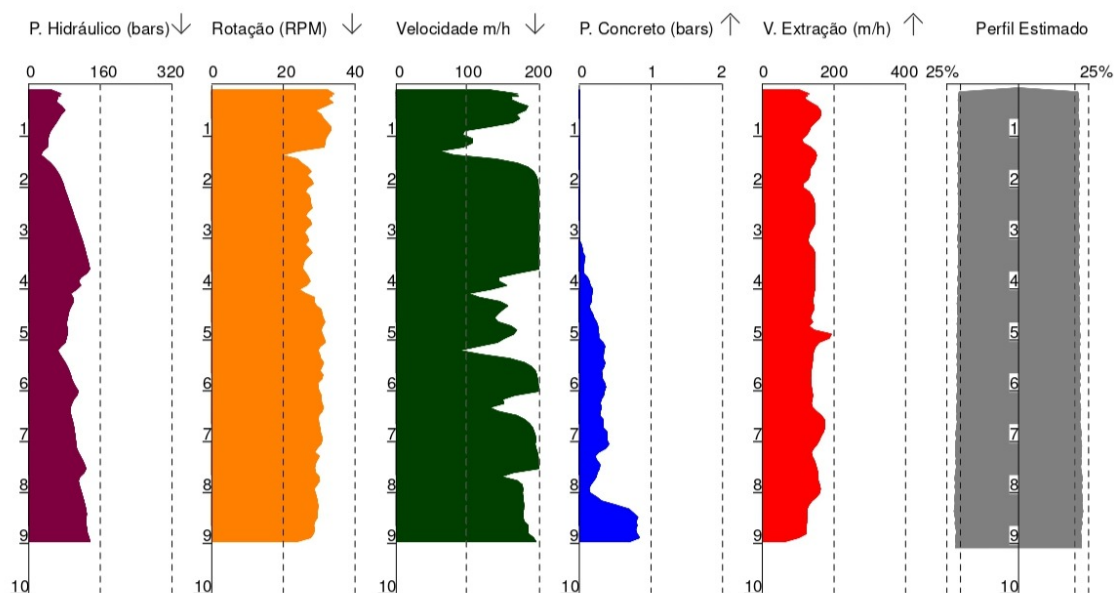
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E01 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,415 |
| Início Perfuração: 06/01/22 09:50 | Fim Estaca: 06/01/22 10:02 | Superconsumo: 22,39 % |
| Inic Concretagem: 06/01/22 09:56 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, 0 ° |



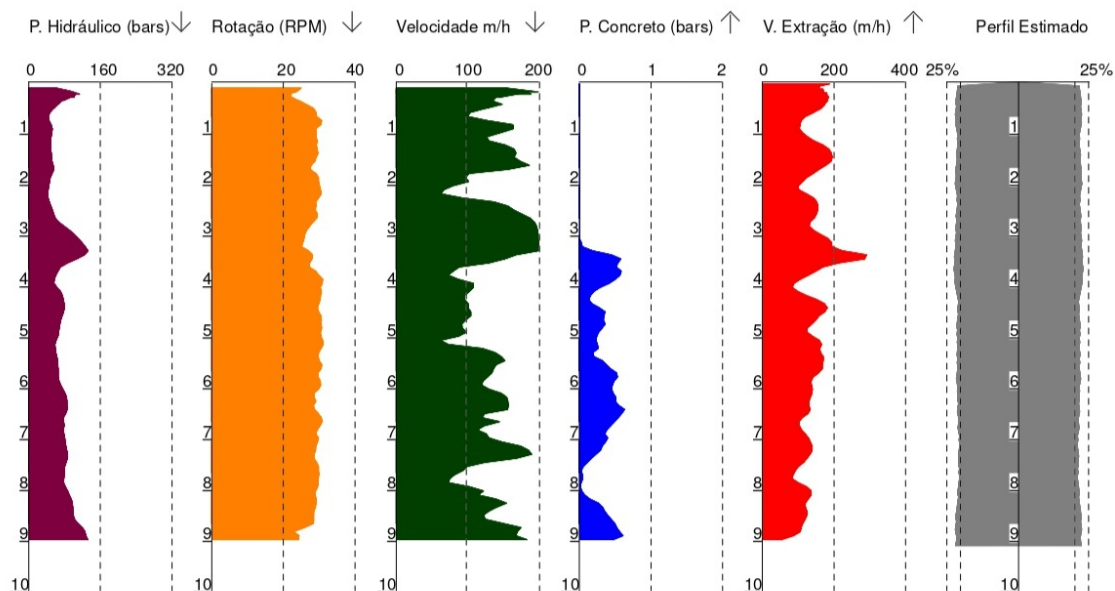
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E13 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,3584 |
| Início Perfuração: 06/01/22 15:44 | Fim Estaca: 06/01/22 16:32 | Superconsumo: 18,53 % |
| Inic Concretagem: 06/01/22 16:26 | Contrato: | Inclinação X,Y: .5, 0 ° |



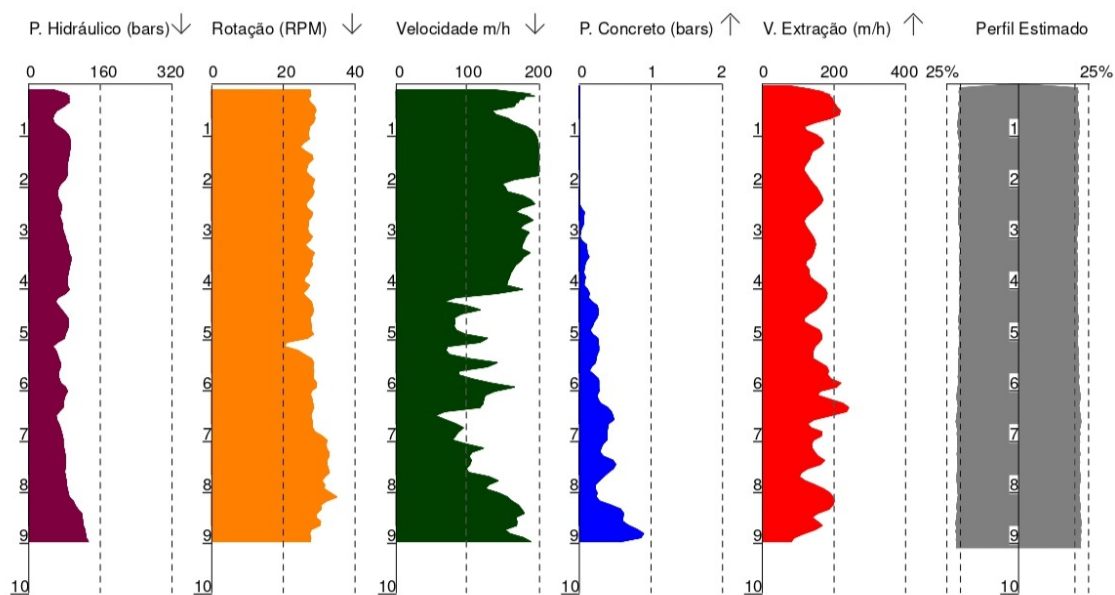
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E14 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,415 |
| Início Perfuração: 06/01/22 15:19 | Fim Estaca: 06/01/22 15:35 | Superconsumo: 22,39 % |
| Inic Concretagem: 06/01/22 15:25 | Contrato: | Inclinação X,Y: .3,-,1 ° |



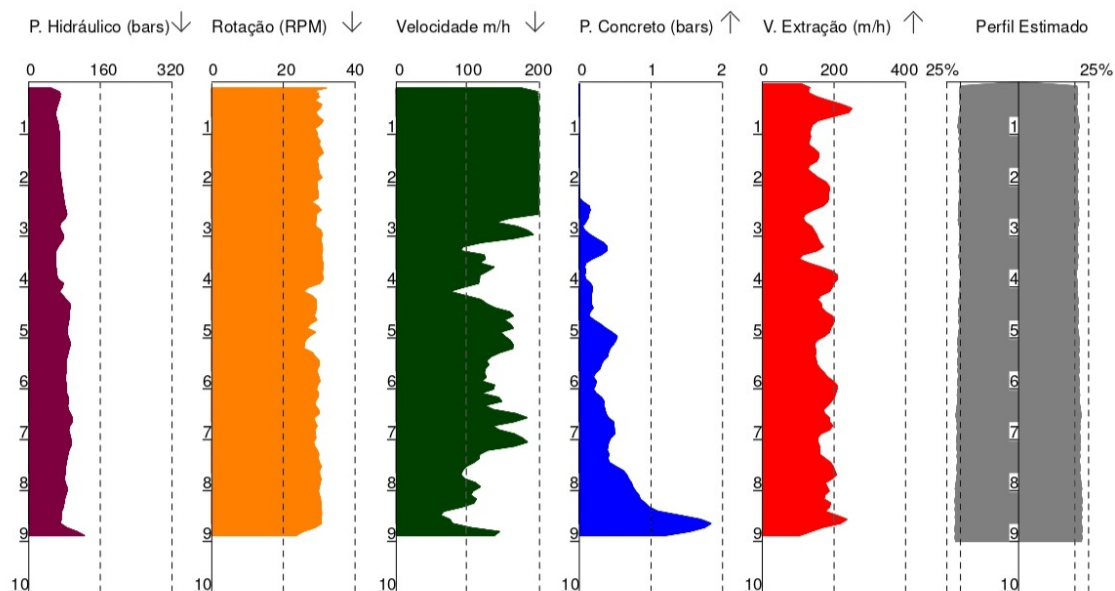
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E17 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,3018 |
| Início Perfuração: 06/01/22 14:15 | Fim Estaca: 06/01/22 14:28 | Superconsumo: 12,60 % |
| Inic Concretagem: 06/01/22 14:22 | Contrato: | Inclinação X,Y: 0, 0 ° |



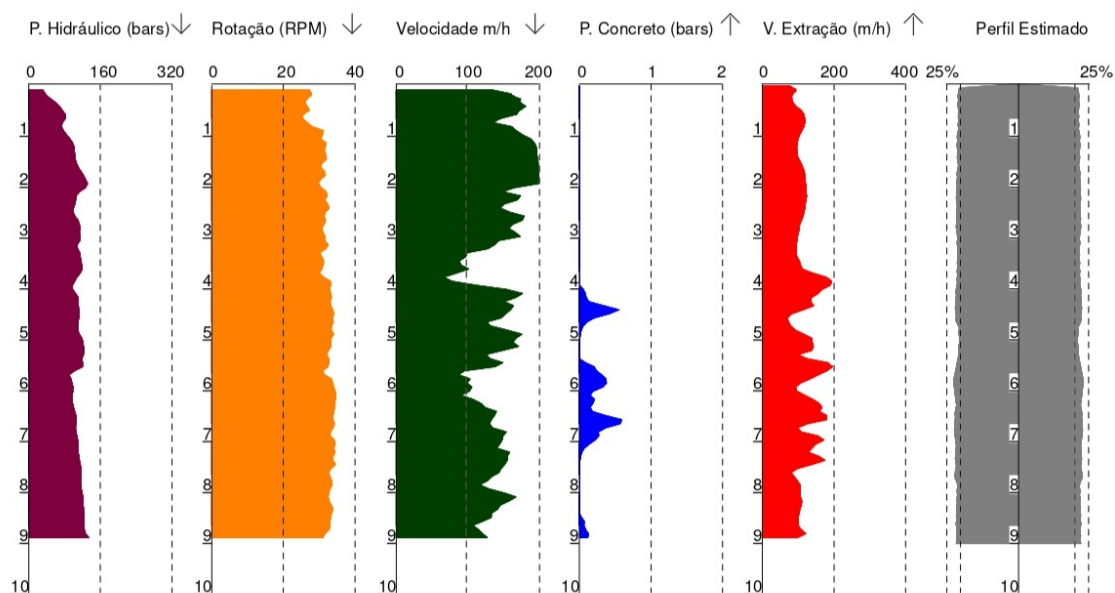
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E22 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,400 | Vol. Conc. (m3): 1,3018 |
| Início Perfuração: 06/01/22 12:04 | Fim Estaca: 06/01/22 12:13 | Superconsumo: 13,59 % |
| Inic Concretagem: 06/01/22 12:08 | Contrato: | Inclinação X,Y: 1.2,-1.5 ° |



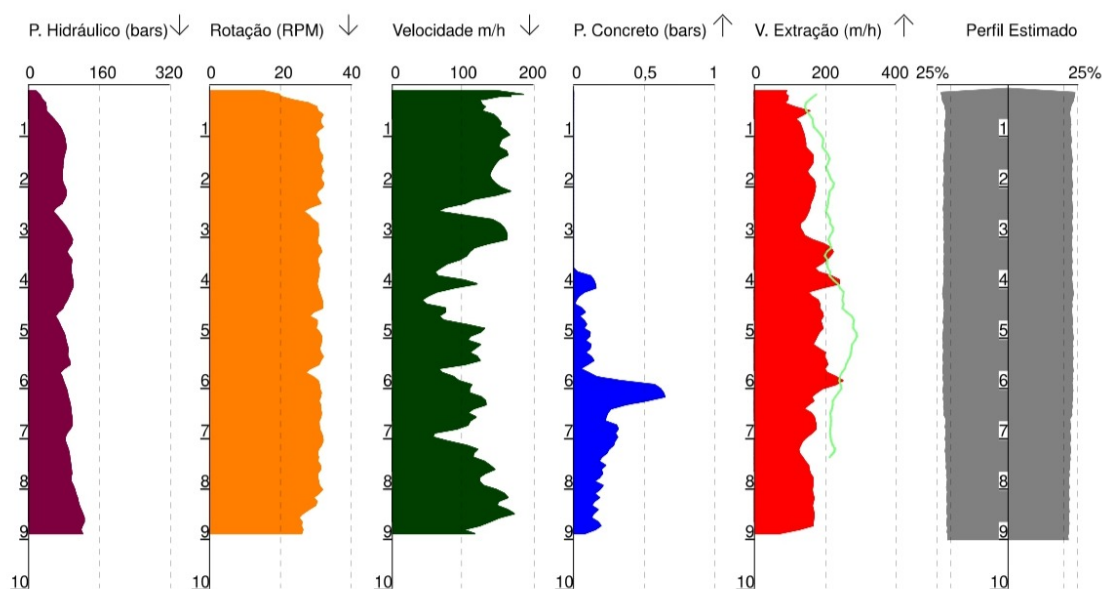
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E37 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,142 |
| Início Perfuração: 03/01/22 10:17 | Fim Estaca: 03/01/22 10:33 | Superconsumo: 19,62 % |
| Inic Concretagem: 03/01/22 10:23 | Contrato: | Inclinação X,Y: -1, 0 ° |



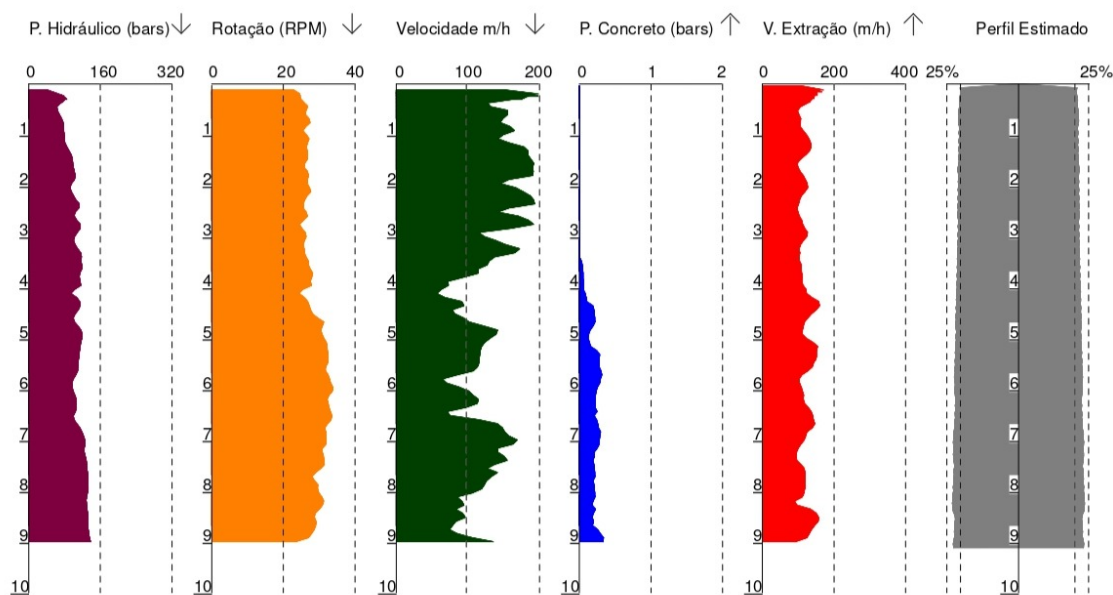
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E40 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,04 |
| Data: 30/12/21 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,6555 |
| Início Perfuração: 28/12/21 13:30 | Fim Estaca: 28/12/21 13:45 | Superconsumo: 49,61 % |
| Inic Concretagem: 28/12/21 13:37 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0,-,1 ° |



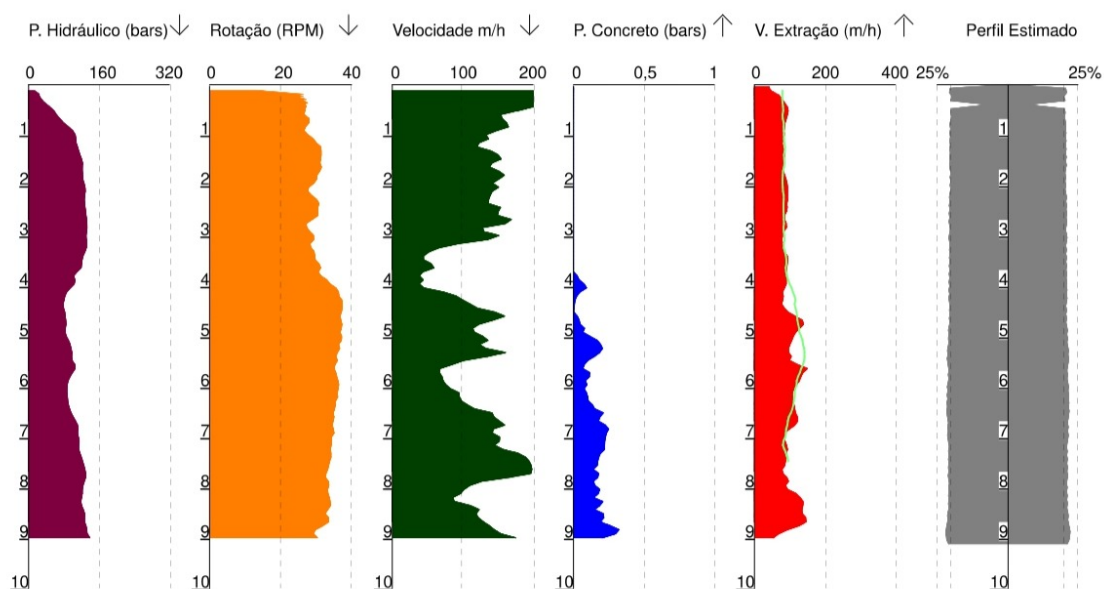
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E64 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,1735 |
| Início Perfuração: 03/01/22 15:54 | Fim Estaca: 03/01/22 16:06 | Superconsumo: 20,32 % |
| Inic Concretagem: 03/01/22 16:00 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0, 0 ° |



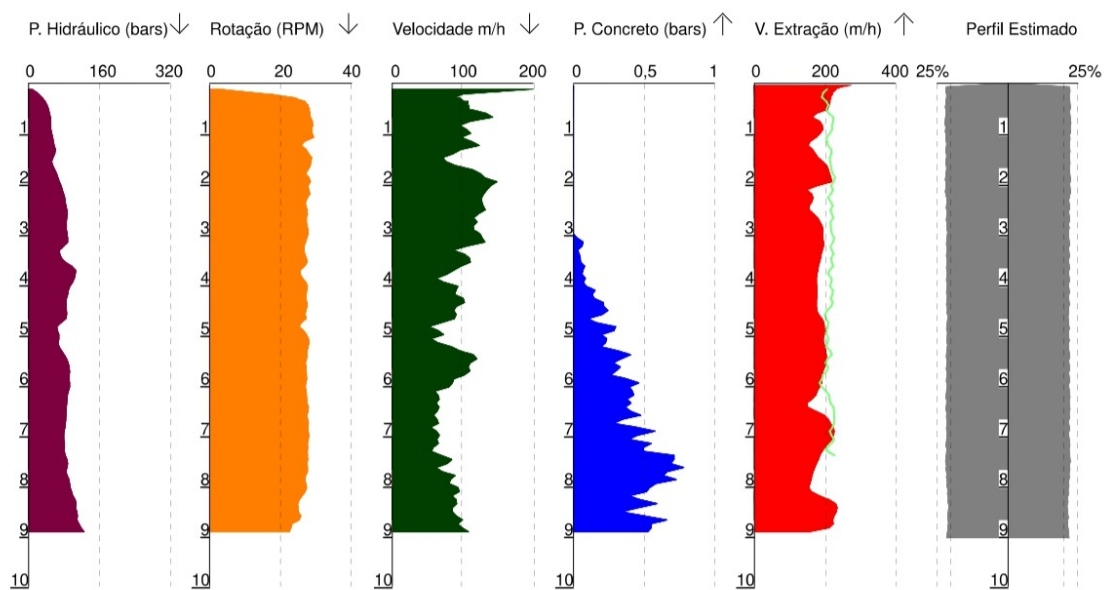
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E72 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 30/12/21 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 1,9782 |
| Início Perfuração: 23/12/21 16:50 | Fim Estaca: 23/12/21 17:04 | Superconsumo: 9,51 % |
| Inic Concretagem: 23/12/21 16:56 | Contrato: | Inclinação X;Y: 0,-,2 ° |



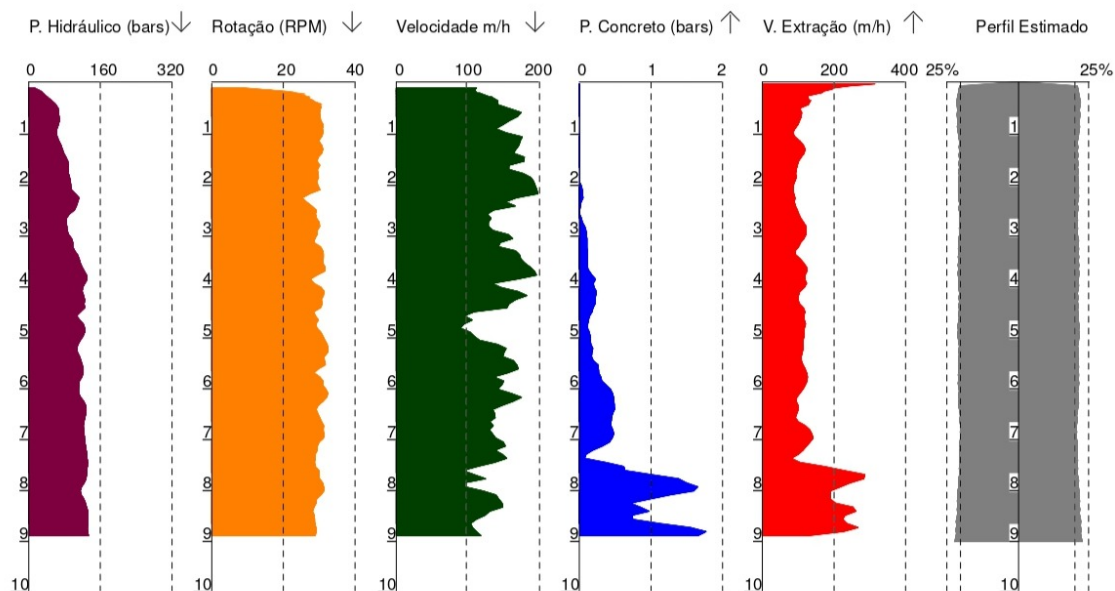
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E78 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 30/12/21 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,3165 |
| Início Perfuração: 29/12/21 10:56 | Fim Estaca: 29/12/21 11:08 | Superconsumo: 29,36 % |
| Inic Concretagem: 29/12/21 11:05 | Contrato: | Inclinação X;Y: -2,-,2 ° |



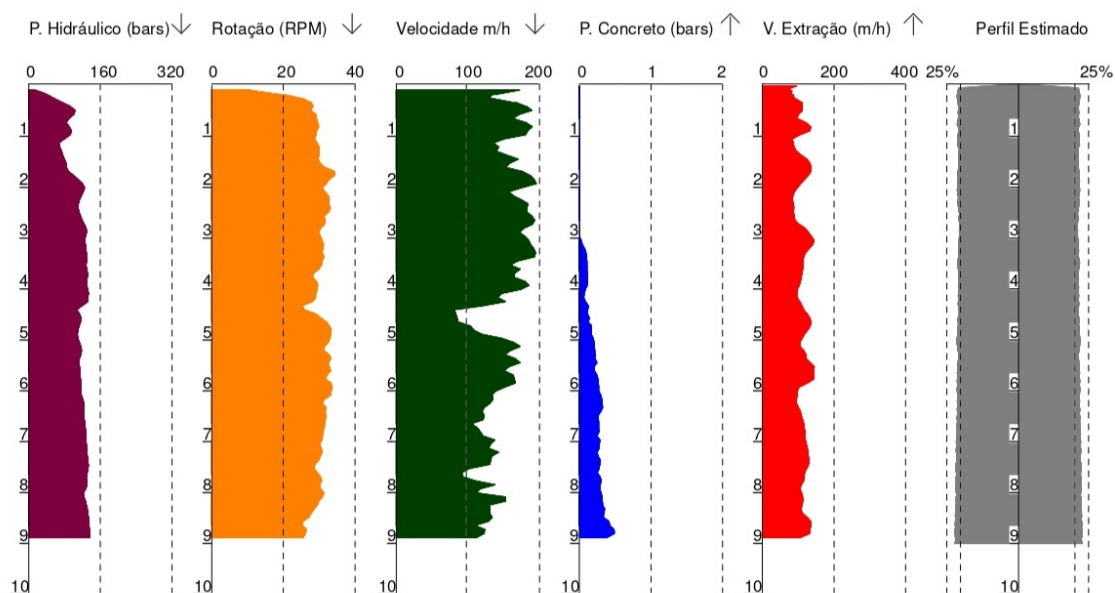
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E112 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,1 |
| Início Perfuração: 30/12/21 14:14 | Fim Estaca: 30/12/21 14:28 | Superconsumo: 17,32 % |
| Inic Concretagem: 30/12/21 14:19 | Contrato: | Inclinação X,Y: -.4,-.4 ° |



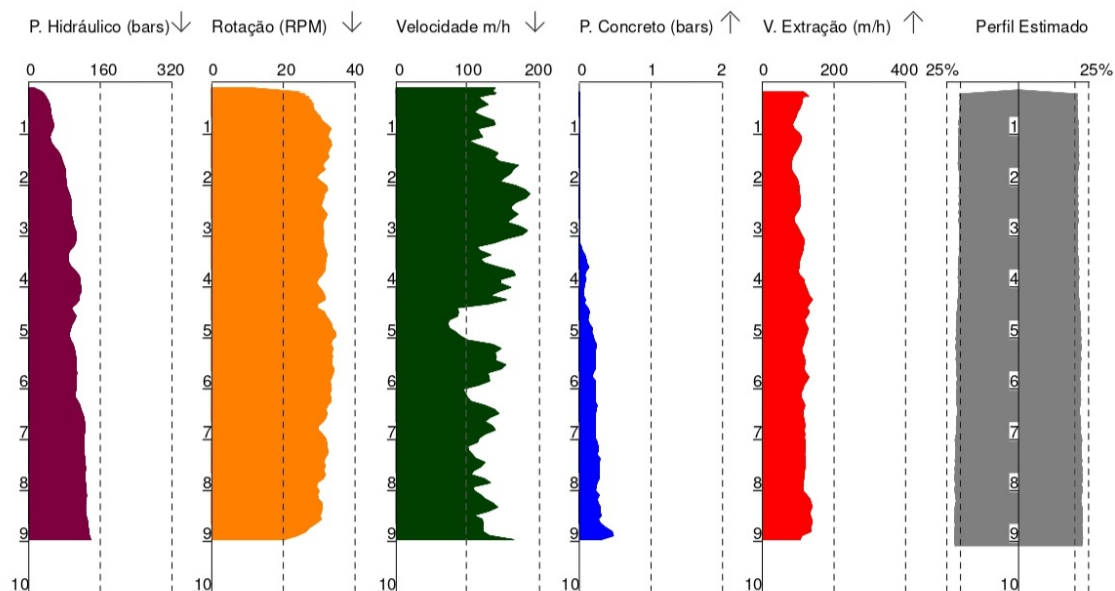
Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E113 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,1105 |
| Início Perfuração: 30/12/21 12:49 | Fim Estaca: 30/12/21 13:00 | Superconsumo: 17,86 % |
| Inic Concretagem: 30/12/21 12:54 | Contrato: | Inclinação X,Y: .1, .3 ° |



Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E114 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,12 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,2 |
| Início Perfuração: 30/12/21 12:30 | Fim Estaca: 30/12/21 12:41 | Superconsumo: 22,90 % |
| Inic Concretagem: 30/12/21 12:36 | Contrato: | Inclinação X,Y: -3, 0 ° |



Gráficos da Estaca

| | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Serviço executado por: | | |
| Cliente: | | |
| Estaca: T42-E115 | Obra: | Compr. Estaca(m): 9,20 |
| Data: 25/01/22 | Diâmetro (m): 0,500 | Vol. Conc. (m3): 2,205 |
| Início Perfuração: 30/12/21 12:12 | Fim Estaca: 30/12/21 12:23 | Superconsumo: 22,06 % |
| Inic Concretagem: 30/12/21 12:17 | Contrato: | Inclinação X,Y: -1, 0 ° |

