



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

**Patologia das Fundações
Profundas: Um Caso Geotécnico
Forense na Barra da Tijuca**

**Anna Clara Jubé
Mariana Gioia**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CENTRO TÉCNICO CIENTÍFICO - CTC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
CIVIL E AMBIENTAL
Graduação em Engenharia Civil**

Rio de Janeiro, novembro de 2023.

**Anna Clara Jubé
Mariana Gioia**

**Patologia das Fundações Profundas: Um
Caso Geotécnico Forense na Barra da Tijuca**

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao programa de graduação em Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para a obtenção do título de graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Dcs. Alessandro Cirone

Rio de Janeiro
Novembro de 2023.

"Muitas das coisas mais importantes do mundo foram conseguidas por pessoas que continuaram tentando quando parecia não haver mais nenhuma esperança de sucesso".
- Dale Carnegie

Agradecimentos

Anna Clara Jubé

Em primeiro lugar agradeço à Deus por ter me ajudado a alcançar meus objetivos, por me proteger e honrar. À Ti toda honra e toda glória sempre.

Aos meus pais, meus alicerces, Anna Stephanne e José Carlos Jubé, que sempre me incentivaram nos momentos mais difíceis, me deram amor, carinho, colo e nunca deixaram nada me faltar. Sem vocês nada disso seria possível. Essa conquista é nossa.

Ao meu irmão, João Pedro Jubé, que esteve comigo ao longo da minha jornada, pelo companheirismo.

Aos meus demais familiares, principalmente, minha tia Elizabeth Jubé, Claudia Sande e meus padrinhos, Aparecida e Sergio Lucas, que tanto me ajudaram, apoiaram e incentivaram.

À minha dupla, Mariana Gioia, por ter embarcado nesse projeto comigo, pela amizade, carinho e dedicação. Foi um prazer inenarrável compartilhar a minha última lembrança da graduação contigo, nunca esquecerei. Obrigada por tudo.

Aos meus amigos e amigas que vibraram com as minhas conquistas e me apoiaram nos momentos de dificuldade, em especial, Stefanie Sampaio, Natalia Almada, Edna Santos, Ana Julia Amorim, Julia Fionda, Rebeca Accioly, Isabella Monteiro e Camilla Moraes que compartilharam toda essa trajetória e sem dúvidas foram essenciais na minha caminhada.

Ao professor Alessandro Cirone, por ter sido nosso orientador e ter ajudado com tanto carinho e dedicação a realização do nosso projeto.

Aos meus colegas de profissão com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me ajudaram, impulsionaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica.

À instituição de ensino PUC-Rio e seu corpo docente, essenciais no meu processo de formação profissional.

Mariana Gioia

Inicialmente, expresso minha gratidão ao Universo por conceder-me clareza e serenidade durante a elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, Ana Paula Aragão e Marcello Gioia, meu profundo agradecimento por terem sido pilares essenciais em minha jornada, auxiliando-me a alcançar meus objetivos e celebrar esta conquista. Sem a presença de vocês, nada disso teria sido possível.

Às duas figuras que estiveram presentes desde o meu primeiro dia na graduação, mesmo em outro plano, Vera Lucia

Allonso e Mario Gioia, compartilho esta vitória conosco. Esta conquista é fruto do nosso vínculo especial.

Ao Professor Alessandro Cirone, expresso minha sincera gratidão pela orientação dedicada e clara neste trabalho. Seu conhecimento, afeto e apoio foram elementos fundamentais nessa trajetória, e não há palavras que possam expressar plenamente meus agradecimentos.

À minha parceira de equipe, Anna Clara Jubé, este trabalho não teria sido possível sem seu suporte, amizade, inteligência e companheirismo. Trabalhar com você foi um prazer imenso, e a nossa parceria foi verdadeiramente maravilhosa. Agradeço pela trajetória compartilhada.

Aos amigos e colegas de profissão, agradeço pelas ricas trocas ao longo desses anos. As discussões e conclusões sobre uma variedade de temas foram fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional.

À PUC-Rio, expresso minha gratidão por abraçar-me ao longo deste percurso, proporcionando desafios e oportunidades que contribuíram significativamente para o meu crescimento profissional. As experiências vividas nessa instituição jamais serão esquecidas.

Resumo

JUBÉ, Anna Clara. GIOIA, Mariana. Patologia das Fundações Profundas: Um Caso Geotécnico Forense na Barra da Tijuca. Rio de Janeiro, 2023. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho objetiva investigar e analisar um caso geotécnico em um empreendimento na Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, abordando as possíveis causas que ocasionaram o mau desempenho das estruturas de fundação. O presente documento discorre a temática da pesquisa geotécnica forense e das patologias das fundações profundas. O estudo identificou que a causa da patologia se deve a um erro de projeto no dimensionamento das estacas.

Palavras-chave: Fundações, Fundações Profundas, Patologia , Investigação Forense, Caso Geotécnico

Abstract

JUBÉ, Anna Clara. GIOIA, Mariana. Pathology of Deep Foundations: A Forensic Geotechnical Case in Barra da Tijuca. Rio de Janeiro, 2023. 36 p. Bachelor's Thesis – Department of Civil and Environmental Engineering. Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

This paper aims to investigate and analyze a geotechnical case in a construction in Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, addressing the possible causes that led to the poor performance of foundation structures. The present document discusses the topic of forensic geotechnical research and deep foundation pathologies. The study identified that the cause of the pathology is due to a design error in the sizing of the piles.

Key-words: Foundations, Deep Foundations, Pathology, Forensic Investigation, Geotechnical Case.

Sumário

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução..... | 8 |
| 2. Descrição do Empreendimento | 11 |
| 2.1. Localização | 11 |
| 2.2. Contexto Geológico, Geomorfológico e Geotécnico | 11 |
| 2.3. Tipologia das Fundações..... | 13 |
| 2.4. Perfil Geotécnico do Solo | 14 |
| 3. Estudos Geotécnicos Realizados..... | 21 |
| 3.1. Análise das Campanhas SPT..... | 21 |
| 3.2. Ensaio de Integridade de Estacas (PIT)..... | 22 |
| 3.3. Prova de Carga Estática (PCE)..... | 23 |
| 3.4. Prova de Carga Dinâmica (PDA) | 26 |
| 3.5. Capacidade de carga admissível e comprimentos adotados no projeto..... | 26 |
| 4. Comentários Finais | 30 |
| Referências Bibliográficas | 31 |
| Anexos | 33 |

1. Introdução

As pesquisas forenses geotécnicas são de extrema importância para a engenharia civil pois ajudam a compreender melhor as causas de acidentes. São grandes aliadas para elevar a segurança de obras geotécnicas e são extremamente eficazes, também, para auxiliar tomadas de decisões. Na maioria das vezes, pesquisas forenses são conduzidas em casos que promovem litígios, buscando detectar as causas das falhas e os eventuais responsáveis.

O presente documento objetiva investigar e analisar um caso geotécnico forense em um empreendimento na Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro, abordando as possíveis causas que ocasionaram o mau desempenho das estruturas de fundação, de modo a entender a problemática e realizar os procedimentos para a resolução do caso. O estudo foi conduzido por meio de avaliação técnica de projeto, alinhado com uma robusta bibliografia de patologias e investigações forenses geotécnicas, além de pesquisas e laudos de campo.

Os problemas que podem surgir em uma edificação durante e depois de concluída, com maior custo de reparo, estão relacionados às fundações (ALONSO, 2019). Por esse motivo, se faz necessário determinar as principais fontes desses inconvenientes (MILITITSKY et al., 2015). Dentre as principais questões que compõem a patologia das fundações, encontram-se fissuras, deslocamentos, assentamentos e rotações que têm o potencial de impactar adversamente a integridade estrutural da edificação (ALONSO, 2020).

“Uma fundação é o resultado da necessidade de transmissão de cargas ao solo pela construção de uma estrutura. Seu comportamento a longo prazo pode ser afetado por inúmeros fatores, iniciando por aqueles decorrentes do projeto propriamente dito, que envolve o conhecimento do solo, passando pelos procedimentos construtivos e finalizando por efeitos de acontecimentos pós-implantação, incluindo sua possível degradação.” (Jarbas Milititsky, 2015, p.9).

As patologias em obras civis têm sido reportadas e observadas de forma frequente, tanto no Brasil como no mundo. Foi feito um levantamento estatístico, por Silva (1993) , de 318 eventos estudados, no Rio Grande do Sul, para explicitar a abrangência dos casos patológicos em obras de pequeno porte. Ao fim do seu estudo, foi desenhado um gráfico que descreve a origem dos problemas em fundações correntes:

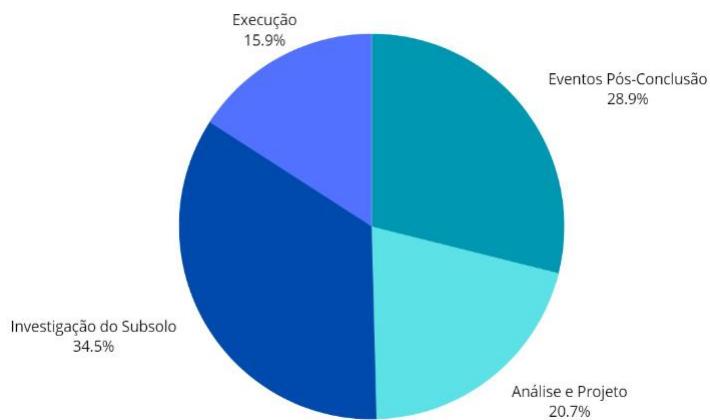


Figura 1 – Casos Patológicos em obras de pequeno porte (SILVA, 1993)

Neste Trabalho de Conclusão de Curso, as temáticas das patologias de fundações e da investigação geotécnica forense serão discorridas. Ao longo do documento, são apresentados ensaios, análises, gráficos, argumentações e conclusões embasadas em evidências e dados concretos para compreensão do ocorrido nesse empreendimento em questão e possíveis soluções para contorná-lo. A importância deste caso reside na sua capacidade de ilustrar como contratemplos durante a fase de execução da fundação e deficiência de projeto, podem resultar em impactos financeiros negativos, atrasos de cronograma, retrabalhos de construção e periculosidades para a população.

No caso em estudo, o impacto financeiro foi substancial, alcançando a marca de aproximadamente 11 (onze) milhões de reais. O seguro de obras foi acionado pela construtora após as patologias de fundações terem se manifestado na forma de recalques significativos, da ordem de 4,0 a 10,0 cm, na estrutura do empreendimento. A patologia foi identificada após a finalização da concretagem da 4º laje do bloco 3.

Os engenheiros de obra perceberam que a problemática poderia ter sido causada por parte da fundação, e assim iniciou-se o processo de investigação para o identificação do real motivo da patologia. O tipo de fundação adotada para esse tipo de solo foi a estaca tipo hélice contínua. O prédio foi macaqueado para realização do reforço das fundações.

Para facilitar a compreensão do contexto descrito acima, esta monografia está estruturada da seguinte forma:

1. Contextualização inicial: Nessa seção, fornecemos informações detalhadas sobre o empreendimento, incluindo sua localização, características geotécnicas e geológicas do solo, perfil geológico e resultados das sondagens.

2. Estudos realizados e testes apresentados: Na segunda parte, abordamos os estudos realizados e apresentamos os testes que foram conduzidos, juntamente com os instrumentos utilizados para conduzir esses estudos.
3. Discussão das anomalias e análise dos resultados: A próxima seção inclui uma análise aprofundada das anomalias identificadas e uma análise minuciosa dos resultados obtidos por meio dos testes realizados.
4. Considerações finais e sugestões: Finalmente, na última etapa, apresentamos as considerações finais deste estudo, destacando as razões das falhas encontradas durante a pesquisa e oferecendo possíveis soluções para esses desafios.

2. Descrição do Empreendimento

2.1. Localização

O caso em estudo consiste em um empreendimento residencial com três torres com térreo e subsolo comuns, 6 pavimentos de apartamentos e cobertura. Está localizado na Avenida Lucio Costa, em frente à praia da Barra da Tijuca, no Rio de Janeiro.

Para uma divisão mais clara do empreendimento que possui cerca de 900m², o projeto estrutural dividiu o empreendimento em 9 trechos: três torres (blocos) e seis periferias contemplando todo o embasamento da obra, conforme a Figura 2.

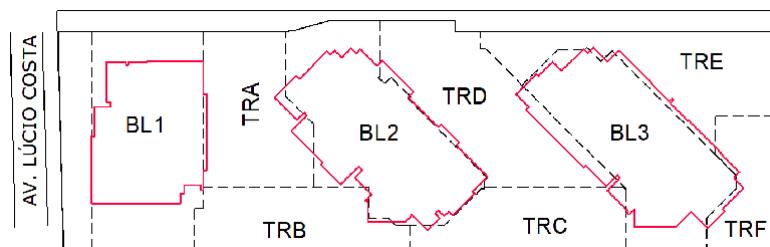


Figura 2 - Croqui do Empreendimento

2.2. Contexto Geológico, Geomorfológico e Geotécnico

O empreendimento fica situado em uma faixa da Baixada de Jacarépagua que, de acordo com Roncarati & Neves (1976), é uma região que possui um embasamento cristalino composto por rochas ígneas e metamórficas.

A composição geológica presente na região da baixada estudada é categorizada com “Qhml”, o trecho onde o objeto de estudo está localizado está sinalizado por um retângulo vermelho como mostra o mapa abaixo.



| | | |
|------------------|-------------|--|
| QUARTENÁRIO | Qhml | Depósito Praias Eólicas, Marinhos e/ou Lagunares Areias quartzosas esbranquiçadas, finas a médias, bem selecionadas, recobertas por areia eólicas na forma de depósitos eólicos Mantiformes ou dunas transgressivas. Estratificações cruzadas de pequeno e grande porte nas fácies eólicas |
| | Qhfl | Depósito Flúvio-Lagunares Areias e lamas sobrejacentes a camadas de areias biodetriticas e/ou sedimentos lamosos de fundo lagunar, e ocorrências de turfas. Nos depósitos associados ao canal fluvial (depósitos residuais de canais) ocorrem areias e cascalhos. |
| CAMBRIANO | Eγ5 | Granitóides pós-tectônicos (Hornblenda)-biotita granitóides do tipo-I, de granulação fina a média, textura equigranular a porfirítica localmente com foliação de fluxo magnético preservada. Ocorrem como corpos tabulares, diques, e pequenos batólitos cortando as rochas regionais. Ocorrem também como plátanos homogêneos, algumas vezes com evidências de magma e . Fases aplíticas tardias são abundantes. Maciço Pedra Branca (5), Granito Favela (8) |
| | Eβ5 | Pláttons pós-tectônicos máficos toléticos Gabro Tijuca: gabro alterado, piroxênio tonalito, diorito, quartzo diorito e tonalito (5t); |
| NEO PROTEROZÓICO | Ny2r | Suite Rio de Janeiro Granito Corcovado: Granito tipo-S com granada, muscovita e biotita, textura megaporfirítica (augen) com superposição de foliação tangencial em estado sólido. Xenólitos e restos de paragnaisse são abundantes bem como intrusões de diques aplíticos tardios de leucogranito tipo S (co) Granito Pão de Açúcar: Fácies metaluminosa do Granito Corcovado com hornblenda e biotita como minerais acessórios; localmente com bolsões emanchas de granada-ortopiroxênio charnockito (pa). |
| | Ny1r | Complexo Rio Negro Unidade Rio Negro: Orthogneiss bandado, TTG, de granulação grossa, texturas porfiríticas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados (anfibolito) ocorrem localizadamente. Intrusões de granada leucogranitos tipo-S e de apófises de granitóides do Batólito Serra dos Órgãos ocorrem regionalmente. Complexo Paraíba do Sul Unidade São Fidélis: Granada-biotita-sillimanita gnaissse quartzo-feldspáctico (metagranulaca), com bolsões e veios anatécicos ou injetados de composição granítica. Intercalações de gnaissse calcisilicáctico e quartzo frequentes. Variedades com cordierita e sillimanita (kinzigit) com contatos transicionais com o granada biotita gnaissse. Horizontes de xistos grafíticos são comuns. Também ocorrem rocha calcisilicáctica, metacarbonática (ca) e quartzo (qz). Em raros domínios com baixas taxa de estruturas turbídicas são preservadas. |
| PROTERO-ZÓICO | MNps | |

Figura 3 - Contexto Geológico da Barra da Tijuca

Fonte: SILVA, L. C. da.; CUNHA, H. C. da S. (Organizadores).
Geologia do Estado do Rio de Janeiro. Brasília, 2001.

A paisagem da Barra da Tijuca é definida pela presença de cordões arenosos e sistemas fluviolagunares. Os cordões arenosos que se formaram isolaram extensos corpos lagunares, que passaram por um processo progressivo de aterramento durante o período de regressão recente. É possível identificar o contexto geomorfológico na Figura 4 abaixo, onde a localização aproximada do empreendimento analisado está em vermelho e categorizado com a numeração 121, que indica “Litorâneos”.

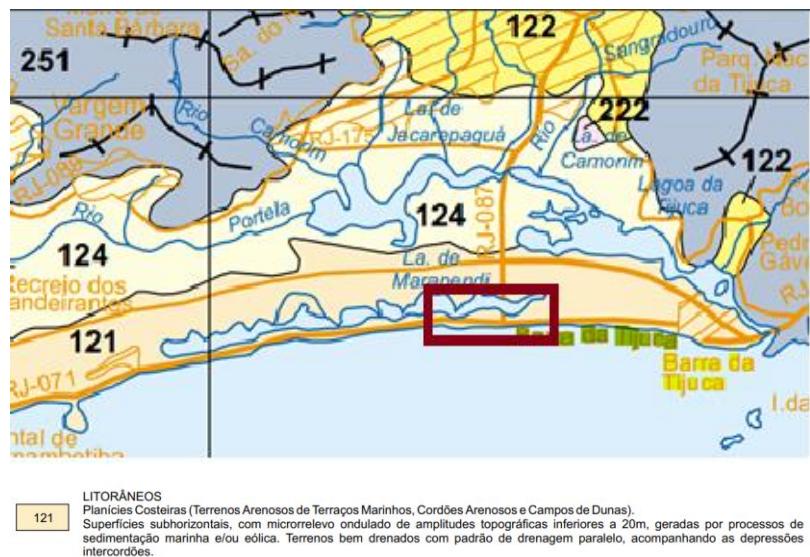


Figura 4 - Contexto Geomorfológico da Barra da Tijuca

Fonte: GEOMORFOLOGIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Marcelo Eduardo Dantas, 2000

A expansão urbana na área resultou na criação de aterros e canais, o que tem implicações significativas em termos de geotecnica, principalmente no que se refere à processos de recalques em aterros sobre solos moles. Questões geotécnicas de risco, como afundamentos, erosão costeira, deslizamentos e problemas relacionados à construção civil, surgem como desafios urgentes que requerem atenção e monitoramento constante.

2.3. Tipologia das Fundações

Foram utilizadas estacas hélice contínua monitoradas como base para as fundações, apresentando diâmetro que varia de Ø40cm a Ø70cm. Considerando as características geológicas e geotécnicas do solo identificadas nas sondagens, juntamente com a magnitude dos esforços, as condições de acesso e outros fatores relevantes, pode-se afirmar que a escolha da fundação em hélice contínua é apropriada para o projeto, desde que dimensionada de maneira adequada.

Algumas sondagens indicaram camadas descontínuas de argila mole com espessura de até 70cm, e pouca relevância para o estaqueamento em hélice contínua.

2.4. Perfil Geotécnico do Solo

Por meio da planta de locação de sondagens, foram traçados 5 eixos para avaliar o perfil do solo onde o empreendimento foi construído. Os eixos A-A', B-B' e C-C' se referem a primeira campanha de sondagem executada, enquanto os eixos D-D' e E-E' a segunda campanha.

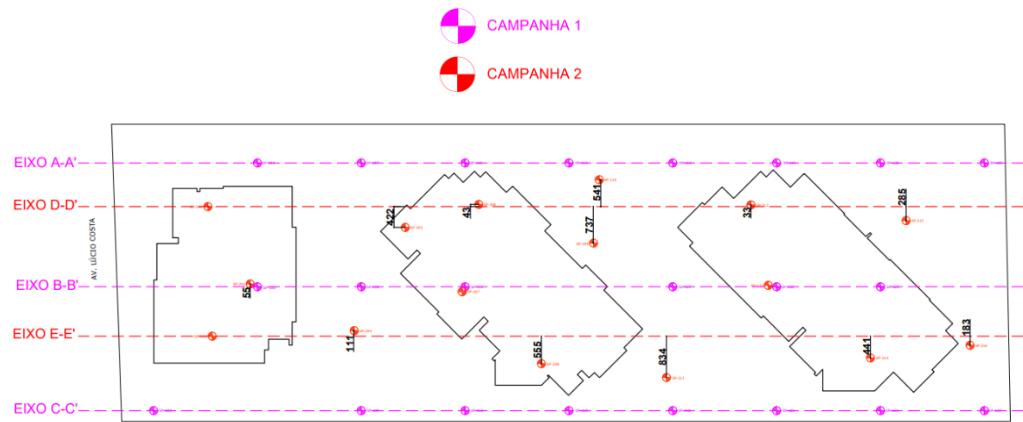


Figura 5 - Eixos traçados para estudo do solo

Tendo em mãos os boletins de sondagem SPT disponibilizados, foram feitas as ilustrações do perfil de cada eixo por meio do Civil 3D para melhor observação das propriedades do solo.

As Figuras 6, 7 e 8 representam os estudos da Campanha 1.

EIXO A-A'

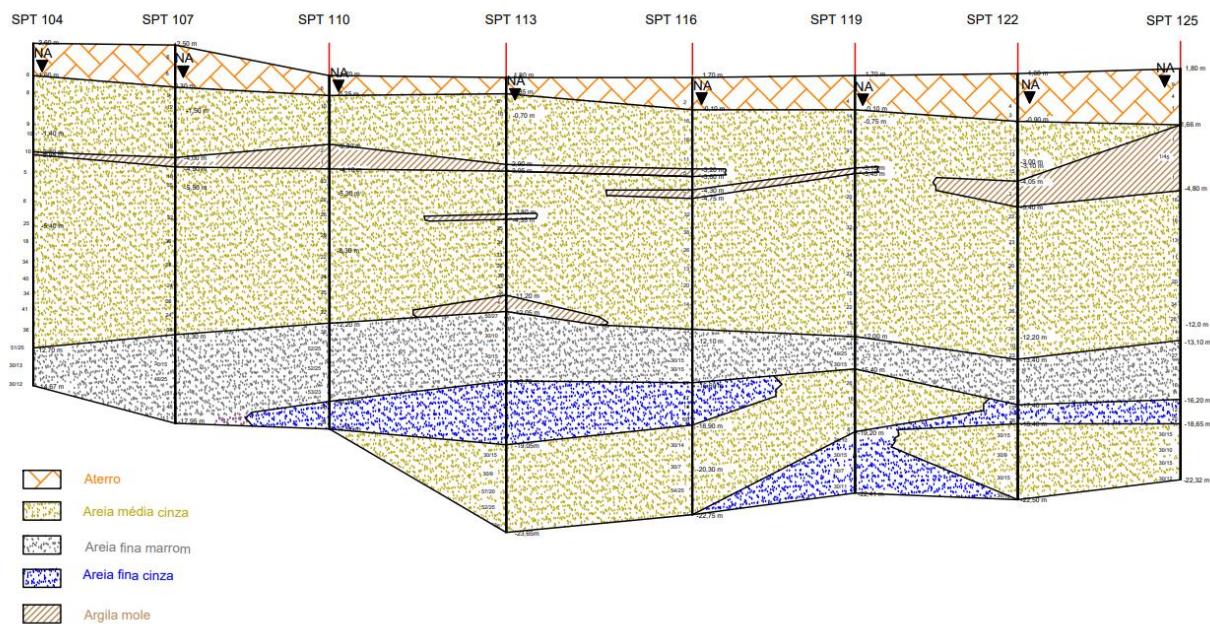


Figura 6 - Eixo A-A'

EIXO B-B'

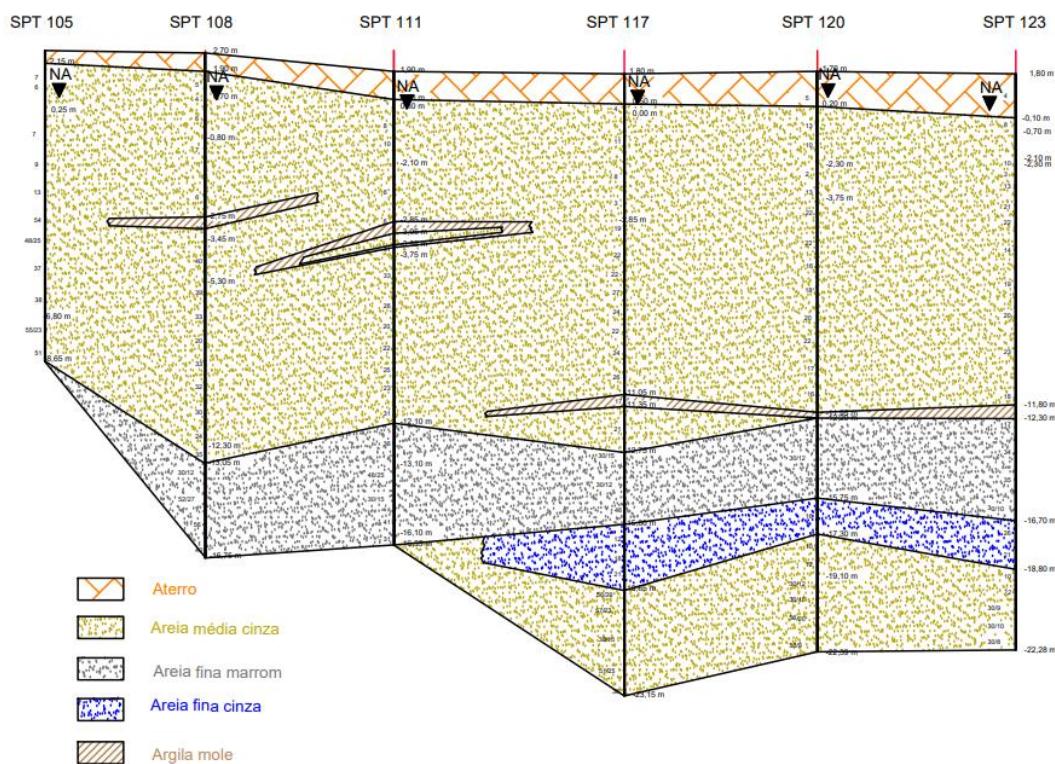


Figura 7 - Eixo B-B'

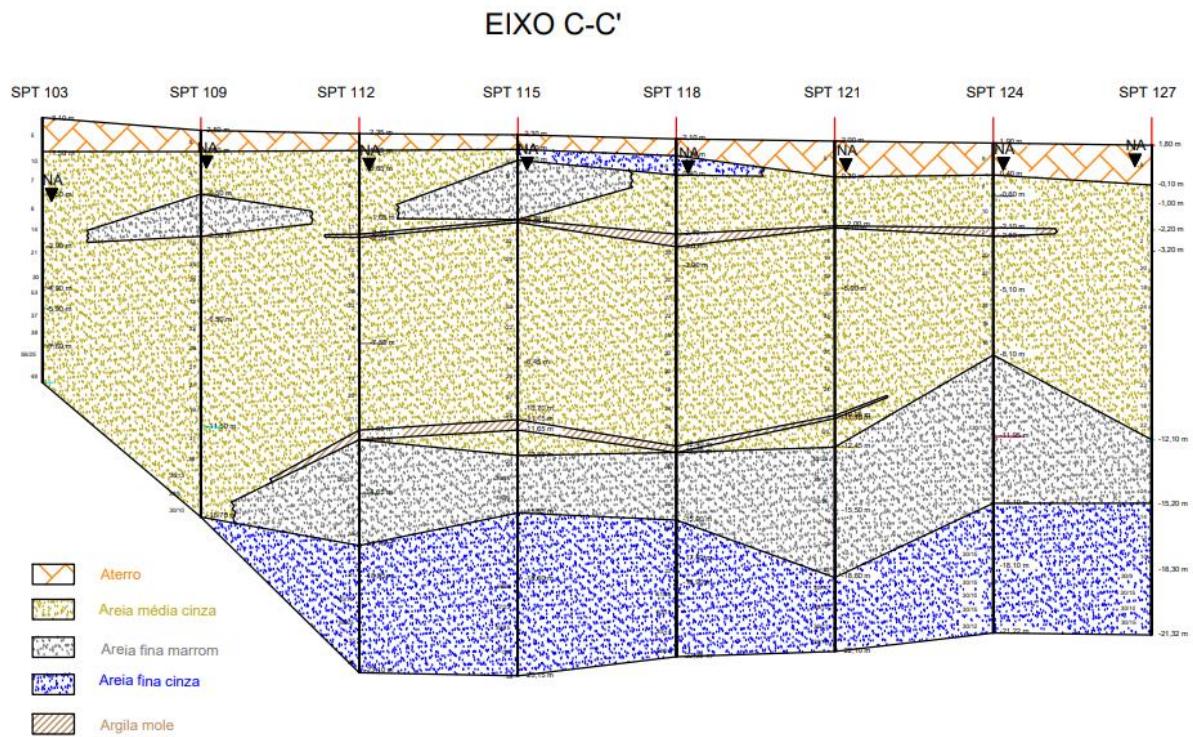


Figura 8 - Eixo C-C'

A campanha 1 apresenta um perfil de solo composto por uma camada superficial de aterro com uma espessura média de 3,4 metros e índice de NSPT entre 1 e 9; lentes de argila com espessura média de 1,5 metros e índice de NSPT entre 2 e 10; uma camada de areia media cinza com espessura de cerca de 12 metros e índice de NSPT entre 2 e 51; uma camada de areia fina marrom com espessura de cerca de 4 metros e índice de NSPT entre 14 e 56; uma camada de areia fina cinza com espessura de cerca de 6,5 metros e índice de NSPT entre 9/30 e 52/24. Os níveis do terreno variam entre +1,60 (nos fundos do terreno) e +3,10 (próximo à avenida) e o nível freático aproximadamente em uma profundidade de 1,60 m.

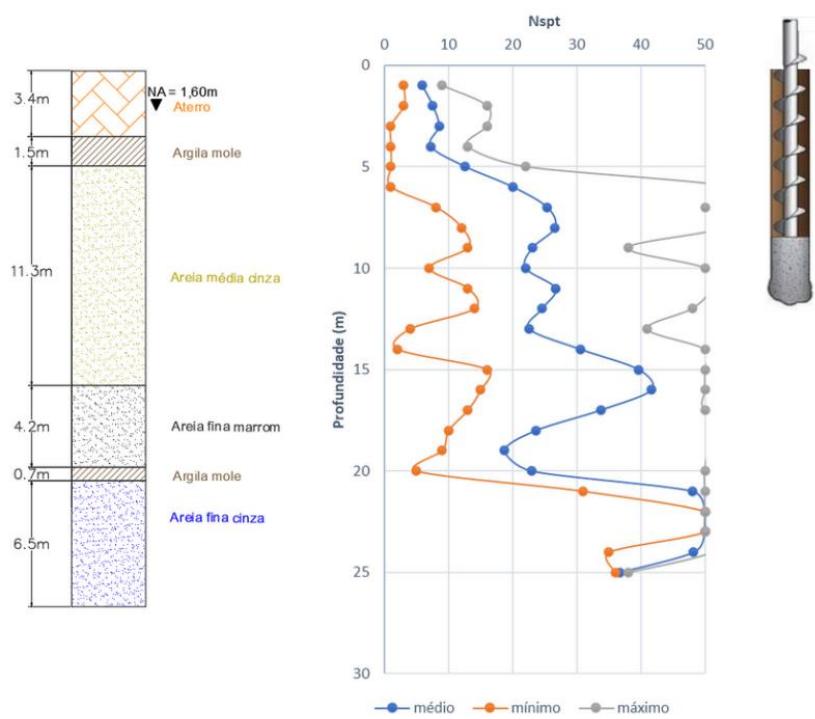


Figura 9 - Perfil 1D da Campanha 1

Após a avaliação da campanha 1, foi feito o mesmo procedimento para a Campanha 2.

EIXO D-D'

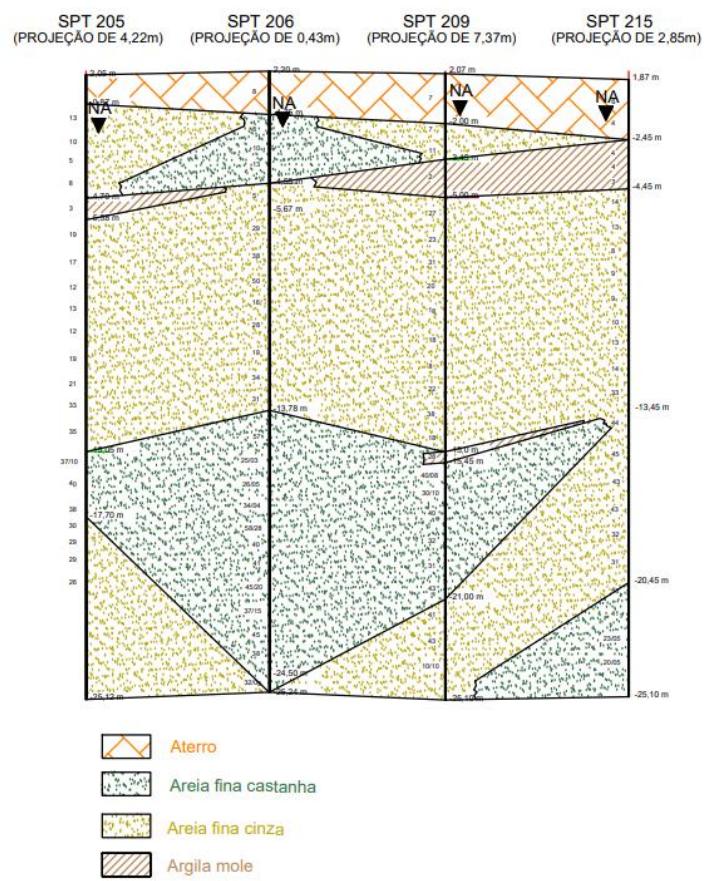


Figura 10 - Eixo D-D'

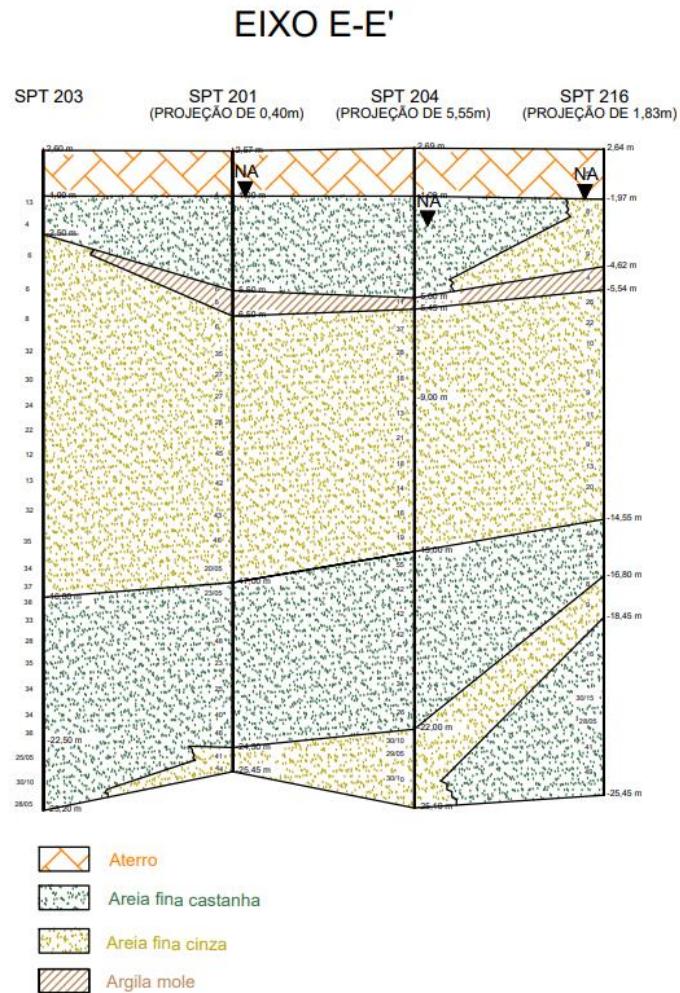


Figura 11 - Eixo E-E'

A campanha 2 apresenta um perfil de solo composto por uma camada superficial de aterro com uma espessura média de 2,5 metros e índice de NSPT entre 4 e 8; lentes de argila com espessura média de 1,3 metros e índice de NSPT entre 2 e 11; uma camada de areia fina cinza com espessura de cerca de 12 metros e índice de NSPT entre 5 e 50; uma camada de areia fina marrom com espessura de cerca de 9 metros e índice de NSPT entre 11 e 55. Os níveis do terreno variam entre +1,60 (nos fundos do terreno) e +3,10 (próximo à avenida) e nível freático aproximadamente em uma profundidade de 1,68 m.

Os boletins de sondagem SP-202, SP-208, SP-210, SP-211 e S-212 da Campanha 2 não foram disponibilizados para esse estudo.

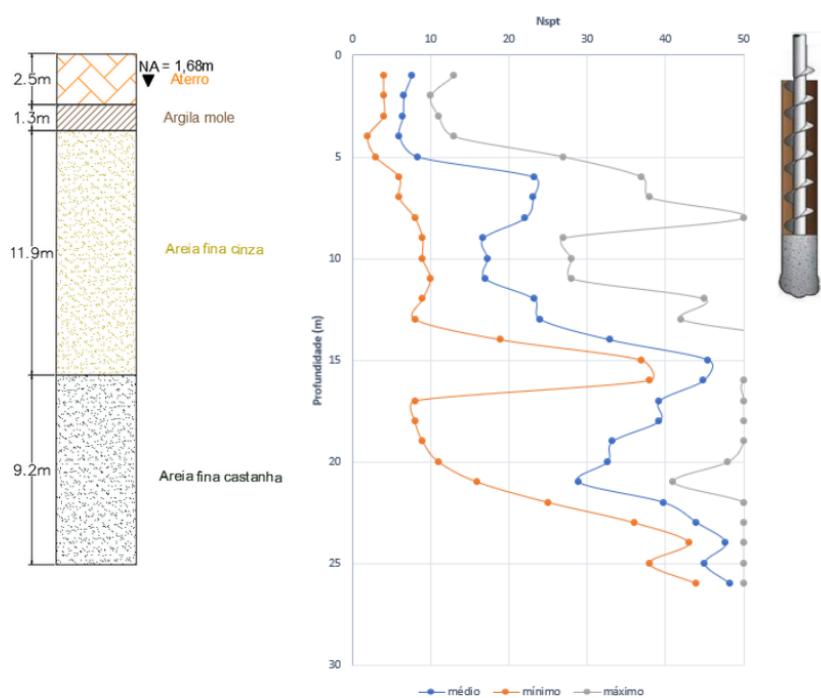


Figura 12 - Perfil 1D da Campanha 2

3. Estudos Geotécnicos Realizados

A identificação da patologia encontrada de um empreendimento, consiste em uma série de aprofundamentos das etapas de projeto e de execução. O entendimento de todo o processo para assim conseguir identificar a principal ou real causa da patologia. Para isso, foram realizados dois tipos de métodos para a prova de carga de acordo com o diâmetro da estaca e seu comprimento, a partir dos cálculos de métodos de Decourt-Quaresma e Aoki-Velloso. Também foram analisadas ambas as campanhas de sondagem SPT realizadas, os ensaios PIT, PCE e PDA. A Campanha 2 foi realizada após a identificação dos recalques e os ensaios foram feitos afim de identificar o que estava ocasionando-os.

3.1. Análise das Campanhas SPT

Foi feita uma relação entre as campanhas de sondagens realizadas em campo a fim de verificar os dados obtidos. Como ilustrado pela Figura 13, as campanhas apresentaram semelhanças de resultados. Conclui-se, portanto, que ambas as empresas responsáveis pelas Campanhas 1 e 2 fizeram um trabalho consistente.

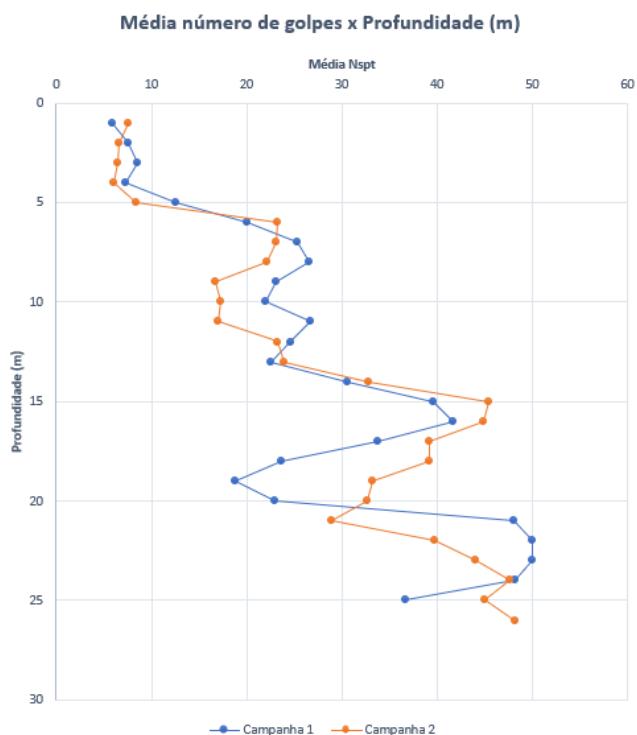


Figura 13 - Relação entre as duas campanhas de sondagem

3.2. Ensaio de Integridade de Estacas (PIT)

O PIT é um ensaio de integridade utilizando o programa PIT-W (Pile Integrity Tester), no qual é avaliado a condição em que a estaca se encontra após a cura do concreto. É um ensaio não destrutivo baseado em ondas acústicas, identificando possíveis anomalias na estrutura da estaca, como presença de fissuras, aderência do concreto à armadura entre outros fatores que interferem na capacidade estrutural. Para a realização desse ensaio, é extremamente importante a identificação da calibração dos equipamentos que foram utilizados, para obtenção do resultado correto. Os instrumentos utilizados nesse ensaio são o martelo e o acelerômetro, que estavam calibrados corretamente.

No estudo em questão, procedeu-se ao ensaio de trinta estacas do empreendimento. Para cada estaca foram conduzidos três ensaios a fim de obter o sinal mais preciso e permitir uma comparação eficaz. Durante cada ensaio, foram aplicados seis golpes com o martelo, visando otimizar a qualidade do sinal para subsequente cálculo da média pelo *data logger*. Os resultados obtidos relevaram-se positivos, indicando que as estacas ensaiadas encontram-se em condições ideais. Sua integridade foi confirmada, evidenciando uma execução adequada durante o processo de cravação e execução.

Pode-se identificar abaixo um resultado em condições íntegras de estacas, encontradas na maioria dos relatórios.

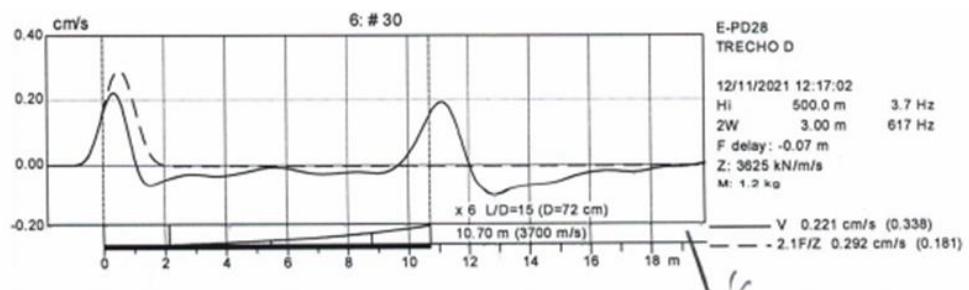


Figura 14 - Integridade das Estacas (Ensaio PIT)

3.3. Prova de Carga Estática (PCE)

A norma NBR 6122:2019 determina que a realização de ensaios de carga estática é um requisito obrigatório para avaliação de desempenho durante o processo de estaqueamento em construções que envolvam um número de estacas superior a um valor específico estipulado para cada tipo de estaca. Neste contexto, a obrigatoriedade se aplica a situações em que o número de estacas é superior a 100.

A performance é considerada adequada quando o fator de segurança é superior a 2,0, e o recalque na carga de trabalho está em conformidade com a estrutura. Para análise de desempenho, foram executadas duas provas de carga estática em estacas Ø70cm e 13 ensaios de carregamento dinâmico.

A prova de carga estática PCE-01 foi executada em uma estaca de Ø70cm, localizada no Bloco 01. A Figura 15 apresenta o gráfico obtido na prova de carga, com a carga nas abscissas e o recalque nas ordenadas.

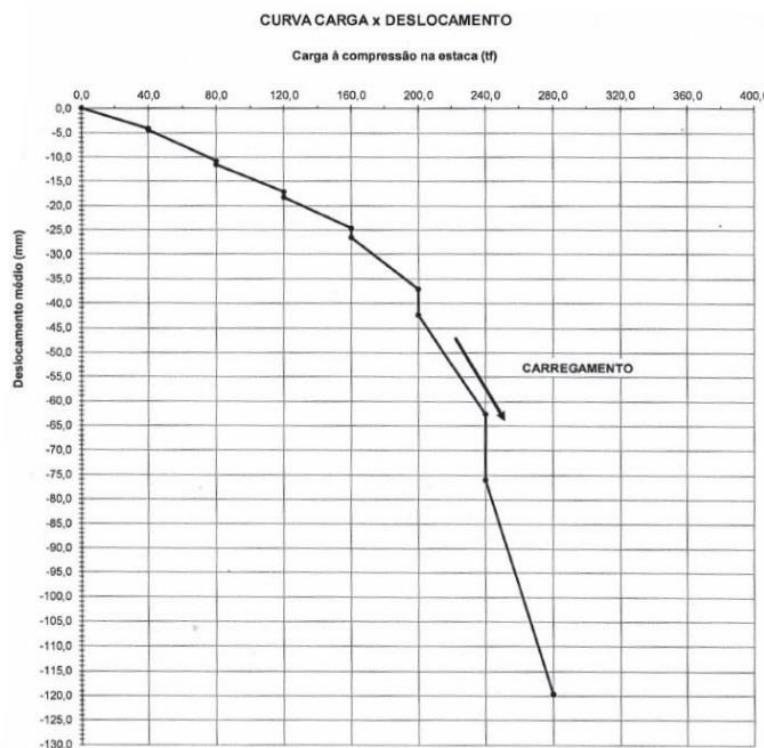


Figura 15 - Prova de Carga Estática PCE-01

De acordo com a capacidade de carga admissível de projeto estabelecida em 200tf, considerando um fator de segurança de 2,0, a carga de ruptura mínima esperada era de 400tf. No entanto, a carga atingida foi de apenas 280tf, resultando em um recalque excessivo de 120mm.

Adotando a carga máxima de ensaio como carga de ruptura, o fator de segurança seria de 1,40, inferior ao valor preconizado pela norma. Portanto, o primeiro critério de desempenho estabelecido na norma não foi atendido.

Além disso, o recalque na prova de carga para a carga de trabalho foi de 42,3mm, superando a tolerância considerada aceitável pelo projetista da estrutura, que era de aproximadamente 20mm.

O cálculo de capacidade de carga para as estacas do Bloco 1 previa cargas de trabalho entre 175tf e 215tf, o que implicava em cargas de ruptura esperadas de 350 a 430tf, representando um aumento significativo de 25 a 53% em relação à carga máxima de ensaio. Essa discrepância indica uma possível inadequação do projeto em relação aos resultados obtidos na prova de carga.

A segunda prova de carga estática, PCE-02, foi conduzida em uma estaca de Ø70cm, próxima ao Bloco 02. O ensaio não atingiu a carga prevista, sendo interrompido com 200tf e um recalque de 98,1mm.

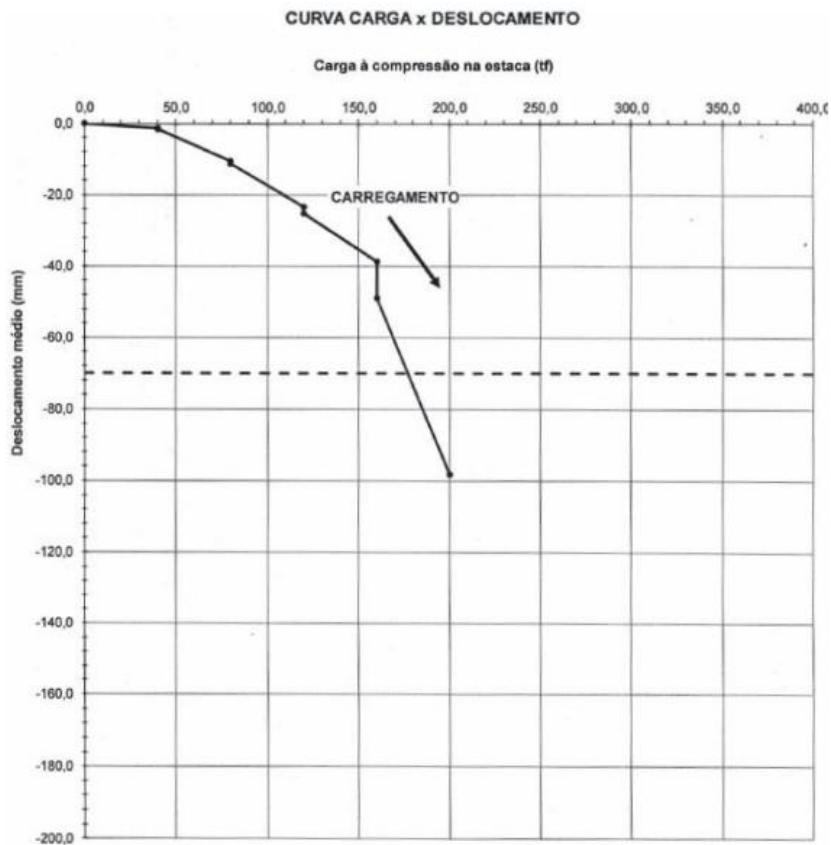


Figura 16 - Prova de Carga Estática PCE-02

Considerando a carga máxima de ensaio como carga de ruptura, o fator de segurança seria de 1,0, abaixo do valor mínimo estabelecido em norma. Além disso, o recalque previsto para a carga de trabalho seria o mesmo que o recalque máximo obtido no ensaio, ou seja, 98,1mm, o que é incompatível com a estrutura do empreendimento.

O comprimento adotado em projeto para a estaca na região do segundo ensaio já se mostrou insuficiente para suportar a carga de 200tf, prevendo-se uma carga máxima de trabalho de 139tf, o que implica em uma carga de ruptura de 278tf (39% superior ao resultado da prova de carga).

Diante dos resultados apresentados, torna-se evidente que o estakeamento não atende aos dois critérios de aceitação para o desempenho das fundações. Isso indica a necessidade de realizar reforços nas fundações para manter um nível de segurança adequado.

3.4. Prova de Carga Dinâmica (PDA)

O ensaio PDA empregou o método de energias crescentes, que consiste em aplicar golpes sucessivos com alturas de queda crescentes, obedecendo aos critérios de paralisação. A aquisição de dados durante o ensaio foi realizada por meio de instrumentação instalada no fuste da estaca, próxima ao topo, e processada utilizando o PDA (Pile Driving Analyser).

Em algumas estacas, os valores não atingiram o fator de segurança 1,0, mas esses valores são inferiores aos obtidos nos ensaios estáticos. Isso ocorreu devido aos grandes recalques necessários para a mobilização de carga, conforme observado nas provas de carga estática. Dessa forma, os martelos utilizados nessas estacas não possuíam massa suficiente para mobilizar cargas maiores.

É importante destacar que em nenhuma estaca foi encontrada uma redução de impedância superior a 20% ($\beta < 80\%$), indicando que as estacas se encontram íntegras.

3.5. Capacidade de carga admissível e comprimentos adotados no projeto

A Tabela 1, apresenta as capacidades de carga admissíveis e respectivos comprimentos para as estacas previstos no projeto inicial. O projeto definiu que os comprimentos deveriam ser considerados a partir do nível do terreno, no momento da execução.

Tabela 1 - Cargas admissíveis e comprimentos de estacas

| ØESTACA (cm) | CARGA ADMISSÍVEL (tf) | BLOCO 1 | BLOCO 2 | BLOCO 3 |
|---------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | COMPR. (m) | COMPR. (m) | COMPR. (m) |
| 40 | 60 | 11 | 11 | 12 |
| 50 | 100 | 11 | 11 | 12 |
| 60 | 150 | 12 | 12 | 12 |
| 70 | 200 | 12 | 12 | 12 |

Para a realização do cálculo da capacidade de carga os projetistas adotaram o método Urbano Alonso, onde foi utilizada a média das sondagens próximas, evitando assim a consideração apenas do resultado mais desfavorável. Desta maneira, verificou-se que o comprimento das estacas especificado em projeto era

insuficiente para atingir as capacidades de carga admissíveis adotadas, ou seja, para as cargas adotadas pelo projetista, os comprimentos das estacas deveriam ser significativamente maiores. É importante destacar que só existiam os dados da Campanha 1 quando os projetistas desenvolveram esse estudo.

Em posse das premissas de projeto e dos boletins de sondagem das duas campanhas, foi feito o estudo de capacidade de carga pelas autoras desse trabalho. Para tal, foram adotadas outras duas metodologias: Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma.

A capacidade de carga foi calculada segundo os perfis de solo de cada campanha, mantendo os diâmetros estabelecidos pelo projeto original, o comprimento de estaca de 12 metros e fator de segurança 2,0 (FS=2).

No que concerne às estacas flutuantes, a resistência de ponta das estacas hélice contínua foi desconsiderada, direcionando a análise predominantemente para as propriedades de atrito lateral a fim de avaliar a capacidade de carga.

As Tabelas 2 e 3 resumem os resultados obtidos nos estudos da Campanha 1 e 2. As memórias de cálculo estão reportadas no Anexo.

Tabela 2 – Carga admissível para Campanha 1

| CAMPANHA 1 | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| ØESTACA (cm) | CARGA ADMISSÍVEL PROJETO (tf) | COMPR. (m) | CARGA RESISTENTE CALCULADA | |
| | | | Décourt-Quaresma (tf) | Aoki-Velloso (tf) |
| 40 | 60 | 12 | 53 | 49 |
| 50 | 100 | 12 | 66 | 61 |
| 60 | 150 | 12 | 79 | 74 |
| 70 | 200 | 12 | 93 | 86 |

Tabela 3 – Carga admissível para Campanha 2

| CAMPANHA 2 | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| ØESTACA (cm) | CARGA ADMISSÍVEL PROJETO (tf) | COMPR. (m) | CARGA RESISTENTE CALCULADA | |
| | | | Décourt-Quaresma (tf) | Aoki-Velloso (tf) |
| 40 | 60 | 12 | 46 | 41 |
| 50 | 100 | 12 | 57 | 51 |
| 60 | 150 | 12 | 69 | 62 |
| 70 | 200 | 12 | 80 | 72 |

Como pode ser observado, as estacas estão todas subdimensionadas pois não atingiram as cargas admissíveis de projeto. Assim como no laudo recebido, as contas executadas indicam um comprimento ineficiente para atingir a performance esperada.

Segundo os métodos adotados, Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma, é possível verificar, nas Tabelas 4 e 5, as profundidades em que as estacas atenderiam ao projeto.

Tabela 4 – Sugestão de projeto para Campanha 1

| CAMPANHA 1 - SUGESTÃO DE PROJETO | | | | |
|---|-------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| ØESTACA (cm) | CARGA ADMISSÍVEL PROJETO (tf) | COMPR. (m) | CARGA RESISTENTE CALCULADA | |
| | | | Décourt-Quaresma (tf) | Aoki-Velloso (tf) |
| 40 | 60 | 14 | 66 | 62 |
| 50 | 100 | 16 | 106 | 101 |
| 60 | 150 | 19 | 162 | 163 |
| 70 | 200 | 20 | 217 | 218 |

Tabela 5 – Sugestão de projeto para Campanha 2

| CAMPANHA 2 - SUGESTÃO DE PROJETO | | | | |
|---|-------------------------------------|------------|----------------------------|-------------------|
| ØESTACA (cm) | CARGA ADMISSÍVEL PROJETO (tf) | COMPR. (m) | CARGA RESISTENTE CALCULADA | |
| | | | Décourt-Quaresma (tf) | Aoki-Velloso (tf) |
| 40 | 60 | 15 | 70 | 65 |
| 50 | 100 | 17 | 111 | 108 |
| 60 | 150 | 19 | 158 | 159 |
| 70 | 200 | 21 | 210 | 215 |

4. Comentários Finais

O estaqueamento foi feito corretamente segundo as premissas do projeto inicial, como apontam os ensaios descritos no Capítulo 3 deste documento. As estacas se mostraram integras. Apesar disso, elas se mostraram ineficientes pois não atingiram as cargas admissíveis previstas.

A causa da patologia de fundações que promoveu um recalque expressivo no empreendimento foi o subdimensionamento das estacas, evidenciando um erro na idealização do projeto.

Esses erros são suscetíveis a acontecer na elaboração de projetos, porém, caso tivessem recorrido a uma segunda opinião nos momentos preliminares do projeto, esse erro poderia ter sido identificado de forma prévia.

A realização de um *design review* também teria sido de extrema importância pois essa prática consiste em uma avaliação sistemática e crítica do projeto em suas várias fases de desenvolvimento. Ao realizar *design reviews* de maneira sistemática e abrangente, assegura-se que os projetos de engenharia atendam aos requisitos de qualidade, segurança e desempenho, contribuindo para o sucesso global do empreendimento.

Por fim, a não realização do *cross check*, que consiste em uma verificação cruzada de informações ou dados, foi um ponto crucial para que acarretasse em uma lesão financeira significativa e ameaçasse a segurança das pessoas. Caso realizado, provavelmente não teria ocorrido o sinistro e o seguro não precisaria ser acionado.

O *cross check* é uma prática utilizada para garantir a precisão e a consistência nos cálculos e elementos relacionados a uma análise estrutural ou projeto. Quando realizado, os profissionais revisam e verificam os resultados obtidos por diferentes métodos, como softwares e outras abordagens para que não haja erros substanciais ou discrepâncias. Com essa verificação cruzada, é possível assegurar a integridade e a segurança dos projetos, principalmente relacionados à parte estrutural.

Referências Bibliográficas

ALLEDI, C. T. D. et al. **ESTACA HÉLICE CONTÍNUA INSTRUMENTADA: PREVISÃO DE CARGA DE RUPTURA POR MÉTODOS SEMIEMPÍRICOS VS. PROVA DE CARGA.** p. 13, 2015.

ALLEN MARR, W.; LADD, C. C.; FOX, P. J. **Guidelines for Writing a Case Study Paper.**, 2013.

ALONSO, U. R. **Dimensionamento de Fundações Profundas.** São Paulo: Edgard Blücher, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122.** p. 108, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118.** p. 242, 2023.

BARONI, M.; DE SOUZA S. ALMEIDA, M. Compressibility and stress history of very soft organic clays. **ICE - Institution of civil engineers**, p. 148–160, 2017.

BROWN, D. A. et al. **DESIGN AND CONSTRUCTION OF CONTINUOUS FLIGHT AUGER PILES.** p. 293, 2007.

CINTRA, J. C. A.; AOKI, N. **Fundações por Estacas: projeto geotécnico.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

CIRGOMES, V. **Patologia das Fundações.** Minas Gerais: UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO , 2007.

DANTAS, M. E. **Relatório de Geomorfologia do Rio de Janeiro realizado pela CPRM.** Disponível em: <<https://www.geoportalufjf.com/post-unico/aspectos-geol%C3%B3gicos-da-vila-pan-americana>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

DAY, R. W. **Forensic Geotechnical and Foundation Engineering.** United States of America: McGraw-Hill Professional Publishing, 1999.

DE ALENCAR VELLOSO, D.; DE REZENDE LOPES, F. **Fundações.** São Paulo : Oficina de Textos, 2010.

DE OLIVEIRA MOTÉ, F.; MARQUES, J. A. **PRAIA DA BARRA DA TIJUCA: DESPEJO FINAL DE EFLUENTES DOMÉSTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DA BAIXADA DE JACAREPAGUÁ.** Rio de Janeiro: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2004.

GONZALEZ, F. **Os principais problemas na execução de fundações em estacas hélice contínua.** Disponível em: <<https://fabriciogonzalez.com.br/blog-helice-continua-principais-problemas>>. Acesso em: 5 nov. 2023.

JÚNIOR, P. et al. Patologia em fundações: Identificação e prevenção de problemas. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 6, p. 43, 2020.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHNAID, F. **Patologia das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

PEREIRA, B. R.; LOPES, W. M.; SIMÕES, R. **PATOLOGIA DAS FUNDAÇÕES: RECALQUE DIFERENCIAL EM FUNDAÇÕES SOBRE ATERRO**. p. 18, 2019.

PRUNUNCIATI, P. L.; GARCIA, J. R.; RODRIGUEZ, T. G. RECALQUES EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS – ANÁLISE EM ESTACAS HÉLICE CONTÍNUA. **REEC - Revista Eletronica de Engenharia Civil**, v. 14, p. 122–123, 2017.

SCHNEIDER, N. **Resistência de Ponta em Hélice Contínua – Considerar ou não?** Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/resistencia-de-ponta-em-helice-continua/>>. Acesso em: 5 nov. 2023.

Anexos

Obra: CAMPANHA 1
Local:

Tipo de estaca: Hélice contínua
f_ek do concreto da estaca: 30 MPa
F1 = 3,0
F2 = 3,8
Resistência da estaca: 2693 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------|------------|--------------|------------------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|
| | | | K (kN/m ²) | qp (kN/m ²) | Qp (kN) | qs (kN/m ²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m ²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 6 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 30 | 38 | 38 | 19 | 2 | 550 | 2,2% | 0 | 24 | 24 | 12 | 1 |
| 2 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 84 | 84 | 42 | 4 | 550 | 2,2% | 0 | 56 | 56 | 28 | 3 |
| 3 | 9 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 40 | 134 | 134 | 67 | 7 | 550 | 2,2% | 0 | 92 | 92 | 46 | 5 |
| 4 | 7 | Argila | 120 | 0 | 0 | 33 | 176 | 176 | 88 | 9 | 200 | 6,0% | 0 | 120 | 120 | 60 | 6 |
| 5 | 13 | Areia | 400 | 0 | 0 | 53 | 243 | 243 | 121 | 12 | 1000 | 1,4% | 0 | 180 | 180 | 90 | 9 |
| 6 | 20 | Areia | 400 | 0 | 0 | 77 | 339 | 339 | 170 | 17 | 1000 | 1,4% | 0 | 273 | 273 | 136 | 14 |
| 7 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 457 | 457 | 228 | 23 | 1000 | 1,4% | 0 | 388 | 388 | 194 | 20 |
| 8 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 582 | 582 | 291 | 30 | 1000 | 1,4% | 0 | 513 | 513 | 257 | 26 |
| 9 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 691 | 691 | 346 | 35 | 1000 | 1,4% | 0 | 620 | 620 | 310 | 32 |
| 10 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 796 | 796 | 398 | 41 | 1000 | 1,4% | 0 | 722 | 722 | 361 | 37 |
| 11 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 922 | 922 | 461 | 47 | 1000 | 1,4% | 0 | 847 | 847 | 423 | 43 |
| 12 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 1039 | 1039 | 519 | 53 | 1000 | 1,4% | 0 | 962 | 962 | 481 | 49 |
| 13 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1148 | 1148 | 574 | 59 | 1000 | 1,4% | 0 | 1069 | 1069 | 534 | 54 |
| 14 | 31 | Areia | 400 | 0 | 0 | 113 | 1290 | 1290 | 645 | 66 | 1000 | 1,4% | 0 | 1212 | 1212 | 606 | 62 |
| 15 | 40 | Areia | 400 | 0 | 0 | 143 | 1470 | 1470 | 735 | 75 | 1000 | 1,4% | 0 | 1398 | 1398 | 699 | 71 |
| 16 | 42 | Areia | 400 | 0 | 0 | 150 | 1659 | 1659 | 829 | 85 | 1000 | 1,4% | 0 | 1592 | 1592 | 796 | 81 |
| 17 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 1814 | 1814 | 907 | 92 | 800 | 2,0% | 0 | 1772 | 1772 | 886 | 90 |
| 18 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 1969 | 1969 | 984 | 100 | 800 | 2,0% | 0 | 1952 | 1952 | 976 | 100 |
| 19 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2124 | 2124 | 1062 | 108 | 800 | 2,0% | 0 | 2132 | 2132 | 1066 | 109 |
| 20 | 34 | Argila | 120 | 0 | 0 | 123 | 2434 | 2434 | 1217 | 124 | 200 | 6,0% | 0 | 2447 | 2447 | 1223 | 125 |
| 21 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2589 | 2589 | 1294 | 132 | 800 | 2,0% | 0 | 2626 | 2626 | 1313 | 134 |
| 22 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2744 | 2744 | 1372 | 140 | 800 | 2,0% | 0 | 2806 | 2806 | 1403 | 143 |
| 23 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2899 | 2899 | 1449 | 148 | 800 | 2,0% | 0 | 2986 | 2986 | 1493 | 152 |
| 24 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3054 | 3054 | 1527 | 156 | 800 | 2,0% | 0 | 3166 | 3166 | 1583 | 156 |

Obra: CAMPANHA 1
Local:

Tipo de estaca: Hélice contínua
f_ek do concreto da estaca: 30 MPa
F1 = 3,0
F2 = 3,8
Resistência da estaca: 4207 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------------|-------------------------|---------|-------------------------|---------|-------------|------------|--------------|------------------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|
| | | | K (kN/m ²) | qp (kN/m ²) | Qp (kN) | qs (kN/m ²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m ²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 6 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 30 | 47 | 47 | 24 | 2 | 550 | 2,2% | 0 | 30 | 30 | 15 | 2 |
| 2 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 105 | 105 | 52 | 5 | 550 | 2,2% | 0 | 70 | 70 | 35 | 4 |
| 3 | 9 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 40 | 168 | 168 | 84 | 9 | 550 | 2,2% | 0 | 115 | 115 | 58 | 6 |
| 4 | 7 | Argila | 120 | 0 | 0 | 33 | 220 | 220 | 110 | 11 | 200 | 6,0% | 0 | 150 | 150 | 75 | 8 |
| 5 | 13 | Areia | 400 | 0 | 0 | 53 | 304 | 304 | 152 | 15 | 1000 | 1,4% | 0 | 225 | 225 | 112 | 11 |
| 6 | 20 | Areia | 400 | 0 | 0 | 77 | 424 | 424 | 212 | 22 | 1000 | 1,4% | 0 | 341 | 341 | 170 | 17 |
| 7 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 571 | 571 | 285 | 29 | 1000 | 1,4% | 0 | 485 | 485 | 243 | 25 |
| 8 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 728 | 728 | 364 | 37 | 1000 | 1,4% | 0 | 642 | 642 | 321 | 33 |
| 9 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 864 | 864 | 432 | 44 | 1000 | 1,4% | 0 | 775 | 775 | 387 | 40 |
| 10 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 995 | 995 | 497 | 51 | 1000 | 1,4% | 0 | 902 | 902 | 451 | 46 |
| 11 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 1152 | 1152 | 576 | 59 | 1000 | 1,4% | 0 | 1058 | 1058 | 529 | 54 |
| 12 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 1299 | 1299 | 649 | 66 | 1000 | 1,4% | 0 | 1203 | 1203 | 602 | 61 |
| 13 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1435 | 1435 | 717 | 73 | 1000 | 1,4% | 0 | 1336 | 1336 | 668 | 68 |
| 14 | 31 | Areia | 400 | 0 | 0 | 113 | 1613 | 1613 | 801 | 82 | 1000 | 1,4% | 0 | 1516 | 1516 | 758 | 77 |
| 15 | 40 | Areia | 400 | 0 | 0 | 143 | 1838 | 1838 | 919 | 94 | 1000 | 1,4% | 0 | 1747 | 1747 | 874 | 89 |
| 16 | 42 | Areia | 400 | 0 | 0 | 150 | 2073 | 2073 | 1037 | 106 | 1000 | 1,4% | 0 | 1990 | 1990 | 995 | 101 |
| 17 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2267 | 2267 | 1134 | 116 | 800 | 2,0% | 0 | 2215 | 2215 | 1107 | 113 |
| 18 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2461 | 2461 | 1230 | 125 | 800 | 2,0% | 0 | 2440 | 2440 | 1220 | 124 |
| 19 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2655 | 2655 | 1327 | 135 | 800 | 2,0% | 0 | 2665 | 2665 | 1332 | 135 |
| 20 | 34 | Argila | 120 | 0 | 0 | 123 | 3042 | 3042 | 1521 | 155 | 200 | 6,0% | 0 | 3058 | 3058 | 1529 | 156 |
| 21 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3236 | 3236 | 1618 | 165 | 800 | 2,0% | 0 | 3283 | 3283 | 1642 | 167 |
| 22 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3430 | 3430 | 1715 | 175 | 800 | 2,0% | 0 | 3508 | 3508 | 1754 | 179 |
| 23 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3623 | 3623 | 1812 | 185 | 800 | 2,0% | 0 | 3733 | 3733 | 1866 | 190 |
| 24 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3817 | 3817 | 1909 | 195 | 800 | 2,0% | 0 | 3958 | 3958 | 1979 | 202 |

Obra: CAMPANHA 1
Local:

Diâmetro: 60 cm
Tipo de estaca: Hélice contínua
 f_{ck} do concreto da estaca: 30 MPa
 $F_1 = 3,0$
 $F_2 = 3,8$
Resistência da estaca: 6059 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kN/m²) | qp (kN/m²) | Qp (kN) | qs (kN/m²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 6 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 30 | 57 | 57 | 28 | 3 | 550 | 2,2% | 0 | 36 | 36 | 18 | 2 | 18 | 2 |
| 2 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 126 | 126 | 63 | 6 | 550 | 2,2% | 0 | 84 | 84 | 42 | 4 | 42 | 4 |
| 3 | 9 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 40 | 201 | 201 | 101 | 10 | 550 | 2,2% | 0 | 138 | 138 | 69 | 7 | 69 | 7 |
| 4 | 7 | Argila | 120 | 0 | 0 | 33 | 264 | 264 | 132 | 13 | 200 | 6,0% | 0 | 180 | 180 | 90 | 9 | 90 | 9 |
| 5 | 13 | Areia | 400 | 0 | 0 | 53 | 364 | 364 | 182 | 19 | 1000 | 1,4% | 0 | 270 | 270 | 135 | 14 | 135 | 14 |
| 6 | 20 | Areia | 400 | 0 | 0 | 77 | 509 | 509 | 254 | 26 | 1000 | 1,4% | 0 | 409 | 409 | 204 | 21 | 204 | 21 |
| 7 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 685 | 685 | 342 | 35 | 1000 | 1,4% | 0 | 583 | 583 | 291 | 30 | 291 | 30 |
| 8 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 873 | 873 | 437 | 45 | 1000 | 1,4% | 0 | 770 | 770 | 385 | 39 | 385 | 39 |
| 9 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1037 | 1037 | 518 | 53 | 1000 | 1,4% | 0 | 930 | 930 | 465 | 47 | 465 | 47 |
| 10 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 1194 | 1194 | 597 | 61 | 1000 | 1,4% | 0 | 1083 | 1083 | 541 | 55 | 541 | 55 |
| 11 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 1382 | 1382 | 691 | 70 | 1000 | 1,4% | 0 | 1270 | 1270 | 635 | 65 | 635 | 65 |
| 12 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 1558 | 1558 | 779 | 79 | 1000 | 1,4% | 0 | 1444 | 1444 | 722 | 74 | 722 | 74 |
| 13 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1722 | 1722 | 861 | 88 | 1000 | 1,4% | 0 | 1603 | 1603 | 802 | 82 | 802 | 82 |
| 14 | 31 | Areia | 400 | 0 | 0 | 113 | 1935 | 1935 | 968 | 99 | 1000 | 1,4% | 0 | 1819 | 1819 | 909 | 93 | 909 | 93 |
| 15 | 40 | Areia | 400 | 0 | 0 | 143 | 2205 | 2205 | 1103 | 112 | 1000 | 1,4% | 0 | 2096 | 2096 | 1048 | 107 | 1048 | 107 |
| 16 | 42 | Areia | 400 | 0 | 0 | 150 | 2488 | 2488 | 1244 | 127 | 1000 | 1,4% | 0 | 2388 | 2388 | 1194 | 122 | 1194 | 122 |
| 17 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2721 | 2721 | 1360 | 136 | 800 | 2,0% | 0 | 2658 | 2658 | 1329 | 136 | 1329 | 136 |
| 18 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 2953 | 2953 | 1477 | 151 | 800 | 2,0% | 0 | 2928 | 2928 | 1464 | 149 | 1464 | 149 |
| 19 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3186 | 3186 | 1593 | 162 | 800 | 2,0% | 0 | 3198 | 3198 | 1599 | 163 | 1593 | 162 |
| 20 | 34 | Argila | 120 | 0 | 0 | 123 | 3651 | 3651 | 1825 | 186 | 200 | 6,0% | 0 | 3670 | 3670 | 1835 | 187 | 1825 | 186 |
| 21 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3883 | 3883 | 1942 | 198 | 800 | 2,0% | 0 | 3940 | 3940 | 1970 | 201 | 1942 | 198 |
| 22 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 4115 | 4115 | 2058 | 210 | 800 | 2,0% | 0 | 4210 | 4210 | 2105 | 215 | 205 | 210 |
| 23 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 4348 | 4348 | 2174 | 222 | 800 | 2,0% | 0 | 4479 | 4479 | 2240 | 228 | 2174 | 222 |
| 24 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 4580 | 4580 | 2290 | 234 | 800 | 2,0% | 0 | 4749 | 4749 | 2375 | 242 | 2290 | 234 |

Obra: CAMPANHA 1
Local:

Diâmetro: 70 cm
Tipo de estaca: Hélice contínua
 f_{ck} do concreto da estaca: 30 MPa
 $F_1 = 3,0$
 $F_2 = 3,8$
Resistência da estaca: 8247 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kN/m²) | qp (kN/m²) | Qp (kN) | qs (kN/m²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 6 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 30 | 66 | 66 | 33 | 3 | 550 | 2,2% | 0 | 42 | 42 | 21 | 2 | 21 | 2 |
| 2 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 147 | 147 | 73 | 7 | 550 | 2,2% | 0 | 98 | 98 | 49 | 5 | 49 | 5 |
| 3 | 9 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 40 | 235 | 235 | 117 | 12 | 550 | 2,2% | 0 | 161 | 161 | 81 | 8 | 81 | 8 |
| 4 | 7 | Argila | 120 | 0 | 0 | 33 | 308 | 308 | 154 | 16 | 200 | 6,0% | 0 | 210 | 210 | 105 | 11 | 105 | 11 |
| 5 | 13 | Areia | 400 | 0 | 0 | 53 | 425 | 425 | 213 | 22 | 1000 | 1,4% | 0 | 315 | 315 | 157 | 16 | 157 | 16 |
| 6 | 20 | Areia | 400 | 0 | 0 | 77 | 594 | 594 | 297 | 30 | 1000 | 1,4% | 0 | 477 | 477 | 239 | 24 | 239 | 24 |
| 7 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 799 | 799 | 400 | 41 | 1000 | 1,4% | 0 | 680 | 680 | 340 | 35 | 340 | 35 |
| 8 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 1019 | 1019 | 509 | 52 | 1000 | 1,4% | 0 | 898 | 898 | 449 | 46 | 449 | 46 |
| 9 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1210 | 1210 | 605 | 62 | 1000 | 1,4% | 0 | 1085 | 1085 | 542 | 55 | 542 | 55 |
| 10 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 1393 | 1393 | 696 | 71 | 1000 | 1,4% | 0 | 1263 | 1263 | 631 | 64 | 631 | 64 |
| 11 | 27 | Areia | 400 | 0 | 0 | 100 | 1613 | 1613 | 806 | 82 | 1000 | 1,4% | 0 | 1482 | 1482 | 741 | 76 | 741 | 76 |
| 12 | 25 | Areia | 400 | 0 | 0 | 93 | 1818 | 1818 | 908 | 93 | 1000 | 1,4% | 0 | 1684 | 1684 | 842 | 86 | 842 | 86 |
| 13 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 2009 | 2009 | 1004 | 102 | 1000 | 1,4% | 0 | 1871 | 1871 | 935 | 95 | 935 | 95 |
| 14 | 31 | Areia | 400 | 0 | 0 | 113 | 2258 | 2258 | 1129 | 115 | 1000 | 1,4% | 0 | 2122 | 2122 | 1061 | 108 | 1061 | 108 |
| 15 | 40 | Areia | 400 | 0 | 0 | 143 | 2573 | 2573 | 1286 | 131 | 1000 | 1,4% | 0 | 2446 | 2446 | 1223 | 125 | 1223 | 125 |
| 16 | 42 | Areia | 400 | 0 | 0 | 150 | 2903 | 2903 | 1451 | 148 | 1000 | 1,4% | 0 | 2786 | 2786 | 1393 | 142 | 139 | 142 |
| 17 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3174 | 3174 | 1587 | 162 | 800 | 2,0% | 0 | 3101 | 3101 | 1550 | 158 | 1550 | 158 |
| 18 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3445 | 3445 | 1723 | 176 | 800 | 2,0% | 0 | 3416 | 3416 | 1708 | 174 | 1708 | 174 |
| 19 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 3717 | 3717 | 1858 | 189 | 800 | 2,0% | 0 | 3731 | 3731 | 1865 | 190 | 1865 | 189 |
| 20 | 34 | Argila | 120 | 0 | 0 | 123 | 4259 | 4259 | 2129 | 217 | 200 | 6,0% | 0 | 4282 | 4282 | 2141 | 218 | 2129 | 217 |
| 21 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 4530 | 4530 | 2265 | 231 | 800 | 2,0% | 0 | 4596 | 4596 | 2298 | 234 | 2265 | 231 |
| 22 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 4801 | 4801 | 2401 | 245 | 800 | 2,0% | 0 | 4911 | 4911 | 2456 | 250 | 2401 | 245 |
| 23 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 5073 | 5073 | 2536 | 258 | 800 | 2,0% | 0 | 5226 | 5226 | 2613 | 266 | 2536 | 259 |
| 24 | 34 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 123 | 5344 | 5344 | 2672 | 272 | 800 | 2,0% | 0 | 5541 | 5541 | 2770 | 283 | 2672 | 272 |

Obra: CAMPANHA 2

Local:

Diâmetro: 40 cm
 Tipo de estaca: Hélice contínua
 fck do concreto da estaca: 30 MPa
 F1 = 3,0
 F2 = 3,8
 Resistência da estaca: 2693 kN
 Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|-----------|---------|-----------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kNm²) | qp (kNm²) | Qp (kN) | qs (kNm²) | Qs (kN) | Qtotál (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kNm²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotál (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 46 | 46 | 23 | 2 | 550 | 2,2% | 0 | 32 | 32 | 16 | 2 | 16 | 2 |
| 2 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 88 | 88 | 44 | 4 | 550 | 2,2% | 0 | 60 | 60 | 30 | 3 | 30 | 3 |
| 3 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 130 | 130 | 65 | 7 | 550 | 2,2% | 0 | 88 | 88 | 44 | 4 | 44 | 4 |
| 4 | 6 | Argila | 120 | 0 | 0 | 30 | 168 | 168 | 84 | 9 | 200 | 6,0% | 0 | 112 | 112 | 56 | 6 | 56 | 6 |
| 5 | 8 | Areia | 400 | 0 | 0 | 37 | 214 | 214 | 107 | 11 | 1000 | 1,4% | 0 | 149 | 149 | 74 | 8 | 74 | 8 |
| 6 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 323 | 323 | 161 | 16 | 1000 | 1,4% | 0 | 255 | 255 | 128 | 13 | 128 | 13 |
| 7 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 431 | 431 | 216 | 22 | 1000 | 1,4% | 0 | 362 | 362 | 181 | 18 | 181 | 18 |
| 8 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 536 | 536 | 268 | 27 | 1000 | 1,4% | 0 | 464 | 464 | 232 | 24 | 232 | 24 |
| 9 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 620 | 620 | 310 | 32 | 1000 | 1,4% | 0 | 542 | 542 | 271 | 28 | 271 | 28 |
| 10 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 704 | 704 | 352 | 36 | 1000 | 1,4% | 0 | 621 | 621 | 311 | 32 | 311 | 32 |
| 11 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 787 | 787 | 394 | 40 | 1000 | 1,4% | 0 | 700 | 700 | 350 | 36 | 350 | 36 |
| 12 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 896 | 896 | 448 | 46 | 1000 | 1,4% | 0 | 806 | 806 | 403 | 41 | 403 | 41 |
| 13 | 24 | Areia | 400 | 0 | 0 | 90 | 1009 | 1009 | 505 | 51 | 1000 | 1,4% | 0 | 917 | 917 | 459 | 47 | 459 | 47 |
| 14 | 33 | Areia | 400 | 0 | 0 | 120 | 1160 | 1160 | 580 | 58 | 1000 | 1,4% | 0 | 1070 | 1070 | 535 | 55 | 535 | 55 |
| 15 | 46 | Areia | 400 | 0 | 0 | 163 | 1366 | 1366 | 683 | 70 | 1000 | 1,4% | 0 | 1283 | 1283 | 642 | 65 | 642 | 65 |
| 16 | 45 | Areia | 400 | 0 | 0 | 160 | 1567 | 1567 | 783 | 80 | 1000 | 1,4% | 0 | 1491 | 1491 | 746 | 76 | 746 | 76 |
| 17 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 1743 | 1743 | 871 | 89 | 800 | 2,0% | 0 | 1698 | 1698 | 849 | 87 | 849 | 87 |
| 18 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 1918 | 1918 | 959 | 98 | 800 | 2,0% | 0 | 1904 | 1904 | 952 | 97 | 952 | 97 |
| 19 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 2069 | 2069 | 1035 | 106 | 800 | 2,0% | 0 | 2079 | 2079 | 1039 | 106 | 1035 | 106 |
| 20 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 2220 | 2220 | 1110 | 113 | 800 | 2,0% | 0 | 2253 | 2253 | 1127 | 115 | 1110 | 113 |
| 21 | 29 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 107 | 2354 | 2354 | 1177 | 120 | 800 | 2,0% | 0 | 2407 | 2407 | 1203 | 123 | 120 | 123 |
| 22 | 40 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 143 | 2534 | 2534 | 1267 | 129 | 800 | 2,0% | 0 | 2619 | 2619 | 1309 | 134 | 1267 | 129 |
| 23 | 44 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 157 | 2731 | 2731 | 1366 | 139 | 800 | 2,0% | 0 | 2851 | 2851 | 1426 | 145 | 1366 | 139 |
| 24 | 48 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 170 | 2945 | 2945 | 1472 | 150 | 800 | 2,0% | 0 | 3105 | 3105 | 1553 | 158 | 1472 | 150 |
| 25 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 3146 | 3146 | 1573 | 160 | 800 | 2,0% | 0 | 3343 | 3343 | 1672 | 170 | 1573 | 160 |
| 26 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 3347 | 3347 | 1673 | 171 | 800 | 2,0% | 0 | 3581 | 3581 | 1791 | 183 | 1673 | 171 |

Obra: CAMPANHA 2

Local:

Diâmetro: 50 cm
 Tipo de estaca: Hélice contínua
 fck do concreto da estaca: 30 MPa
 F1 = 3,0
 F2 = 3,8
 Resistência da estaca: 4207 kN
 Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|-----------|---------|-----------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kNm²) | qp (kNm²) | Qp (kN) | qs (kNm²) | Qs (kN) | Qtotál (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kNm²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotál (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 58 | 58 | 29 | 3 | 550 | 2,2% | 0 | 40 | 40 | 20 | 2 | 20 | 2 |
| 2 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 110 | 110 | 55 | 6 | 550 | 2,2% | 0 | 75 | 75 | 38 | 4 | 38 | 4 |
| 3 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 162 | 162 | 81 | 8 | 550 | 2,2% | 0 | 110 | 110 | 55 | 6 | 55 | 6 |
| 4 | 6 | Argila | 120 | 0 | 0 | 30 | 209 | 209 | 105 | 11 | 200 | 6,0% | 0 | 140 | 140 | 70 | 7 | 70 | 7 |
| 5 | 8 | Areia | 400 | 0 | 0 | 37 | 267 | 267 | 134 | 14 | 1000 | 1,4% | 0 | 186 | 186 | 93 | 9 | 93 | 9 |
| 6 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 403 | 403 | 202 | 21 | 1000 | 1,4% | 0 | 319 | 319 | 160 | 16 | 160 | 16 |
| 7 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 539 | 539 | 270 | 27 | 1000 | 1,4% | 0 | 452 | 452 | 226 | 23 | 226 | 23 |
| 8 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 670 | 670 | 335 | 34 | 1000 | 1,4% | 0 | 580 | 580 | 290 | 30 | 290 | 30 |
| 9 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 775 | 775 | 387 | 40 | 1000 | 1,4% | 0 | 678 | 678 | 339 | 35 | 339 | 35 |
| 10 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 880 | 880 | 440 | 45 | 1000 | 1,4% | 0 | 776 | 776 | 388 | 40 | 388 | 40 |
| 11 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 984 | 984 | 492 | 50 | 1000 | 1,4% | 0 | 875 | 875 | 437 | 45 | 437 | 45 |
| 12 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1121 | 1121 | 560 | 57 | 1000 | 1,4% | 0 | 1008 | 1008 | 504 | 51 | 504 | 51 |
| 13 | 24 | Areia | 400 | 0 | 0 | 90 | 1262 | 1262 | 631 | 64 | 1000 | 1,4% | 0 | 1147 | 1147 | 573 | 58 | 573 | 58 |
| 14 | 33 | Areia | 400 | 0 | 0 | 120 | 1450 | 1450 | 725 | 74 | 1000 | 1,4% | 0 | 1338 | 1338 | 669 | 68 | 669 | 68 |
| 15 | 46 | Areia | 400 | 0 | 0 | 163 | 1707 | 1707 | 853 | 87 | 1000 | 1,4% | 0 | 1604 | 1604 | 802 | 82 | 802 | 82 |
| 16 | 45 | Areia | 400 | 0 | 0 | 160 | 1958 | 1958 | 979 | 100 | 1000 | 1,4% | 0 | 1864 | 1864 | 932 | 95 | 932 | 95 |
| 17 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 2178 | 2178 | 1089 | 111 | 800 | 2,0% | 0 | 2122 | 2122 | 1061 | 108 | 1061 | 108 |
| 18 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 2398 | 2398 | 1199 | 122 | 800 | 2,0% | 0 | 2380 | 2380 | 1190 | 121 | 1190 | 121 |
| 19 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 2587 | 2587 | 1293 | 132 | 800 | 2,0% | 0 | 2599 | 2599 | 1299 | 132 | 1299 | 132 |
| 20 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 2775 | 2775 | 1388 | 141 | 800 | 2,0% | 0 | 2817 | 2817 | 1408 | 144 | 1388 | 141 |
| 21 | 29 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 107 | 2943 | 2943 | 1471 | 150 | 800 | 2,0% | 0 | 3009 | 3009 | 1504 | 153 | 1471 | 150 |
| 22 | 40 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 143 | 3168 | 3168 | 1584 | 162 | 800 | 2,0% | 0 | 3273 | 3273 | 1637 | 167 | 1584 | 162 |
| 23 | 44 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 157 | 3414 | 3414 | 1707 | 174 | 800 | 2,0% | 0 | 3564 | 3564 | 1782 | 182 | 1707 | 174 |
| 24 | 48 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 170 | 3681 | 3681 | 1840 | 188 | 800 | 2,0% | 0 | 3882 | 3882 | 1941 | 198 | 1840 | 188 |
| 25 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 3932 | 3932 | 1966 | 200 | 800 | 2,0% | 0 | 4179 | 4179 | 2090 | 213 | 1966 | 200 |
| 26 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 4184 | 4184 | 2092 | 213 | 800 | 2,0% | 0 | 4477 | 4477 | 2238 | 228 | 2092 | 213 |

Obra: CAMPANHA 2

Local:

Tipo de estaca: Hélice contínua
 F1 = 3,0
 F2 = 3,8

Diâmetro: 60 cm
fck do concreto da estaca: 30 MPa
Resistência da estaca: 6059 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kN/m²) | qp (kN/m²) | Qp (kN) | qs (kN/m²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 69 | 69 | 35 | 4 | 550 | 2,2% | 0 | 48 | 48 | 24 | 2 | 24 | 2 |
| 2 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 132 | 132 | 66 | 7 | 550 | 2,2% | 0 | 90 | 90 | 45 | 5 | 45 | 5 |
| 3 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 195 | 195 | 97 | 10 | 550 | 2,2% | 0 | 132 | 132 | 66 | 7 | 66 | 7 |
| 4 | 6 | Argila | 120 | 0 | 0 | 30 | 251 | 251 | 126 | 13 | 200 | 6,0% | 0 | 168 | 168 | 84 | 9 | 84 | 9 |
| 5 | 8 | Areia | 400 | 0 | 0 | 37 | 320 | 320 | 160 | 16 | 1000 | 1,4% | 0 | 223 | 223 | 112 | 11 | 112 | 11 |
| 6 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 484 | 484 | 242 | 25 | 1000 | 1,4% | 0 | 383 | 383 | 192 | 20 | 192 | 20 |
| 7 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 647 | 647 | 324 | 33 | 1000 | 1,4% | 0 | 543 | 543 | 271 | 28 | 271 | 28 |
| 8 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 804 | 804 | 402 | 41 | 1000 | 1,4% | 0 | 696 | 696 | 348 | 35 | 348 | 35 |
| 9 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 930 | 930 | 465 | 47 | 1000 | 1,4% | 0 | 814 | 814 | 407 | 41 | 407 | 41 |
| 10 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 1056 | 1056 | 528 | 54 | 1000 | 1,4% | 0 | 932 | 932 | 466 | 48 | 466 | 48 |
| 11 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 1181 | 1181 | 591 | 60 | 1000 | 1,4% | 0 | 1050 | 1050 | 525 | 54 | 525 | 54 |
| 12 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1345 | 1345 | 672 | 69 | 1000 | 1,4% | 0 | 1209 | 1209 | 605 | 62 | 605 | 62 |
| 13 | 24 | Areia | 400 | 0 | 0 | 90 | 1514 | 1514 | 757 | 77 | 1000 | 1,4% | 0 | 1376 | 1376 | 688 | 70 | 688 | 70 |
| 14 | 33 | Areia | 400 | 0 | 0 | 120 | 1740 | 1740 | 870 | 89 | 1000 | 1,4% | 0 | 1605 | 1605 | 803 | 82 | 803 | 82 |
| 15 | 46 | Areia | 400 | 0 | 0 | 163 | 2048 | 2048 | 1024 | 104 | 1000 | 1,4% | 0 | 1925 | 1925 | 962 | 98 | 962 | 98 |
| 16 | 45 | Areia | 400 | 0 | 0 | 160 | 2350 | 2350 | 1175 | 120 | 1000 | 1,4% | 0 | 2237 | 2237 | 1119 | 114 | 1119 | 114 |
| 17 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 2614 | 2614 | 1307 | 133 | 800 | 2,0% | 0 | 2547 | 2547 | 1273 | 130 | 1273 | 130 |
| 18 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 2878 | 2878 | 1439 | 147 | 800 | 2,0% | 0 | 2856 | 2856 | 1428 | 146 | 1428 | 146 |
| 19 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 3104 | 3104 | 1552 | 158 | 800 | 2,0% | 0 | 3118 | 3118 | 1559 | 159 | 1552 | 158 |
| 20 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 3330 | 3330 | 1665 | 170 | 800 | 2,0% | 0 | 3380 | 3380 | 1690 | 172 | 1665 | 170 |
| 21 | 29 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 107 | 3531 | 3531 | 1766 | 180 | 800 | 2,0% | 0 | 3610 | 3610 | 1805 | 184 | 1766 | 180 |
| 22 | 40 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 143 | 3801 | 3801 | 1901 | 194 | 800 | 2,0% | 0 | 3928 | 3928 | 1964 | 200 | 1961 | 194 |
| 23 | 44 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 157 | 4097 | 4097 | 2048 | 209 | 800 | 2,0% | 0 | 4277 | 4277 | 2138 | 218 | 2048 | 209 |
| 24 | 48 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 170 | 4417 | 4417 | 2209 | 225 | 800 | 2,0% | 0 | 4658 | 4658 | 2329 | 237 | 2209 | 225 |
| 25 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 4719 | 4719 | 2359 | 241 | 800 | 2,0% | 0 | 5015 | 5015 | 2508 | 256 | 2359 | 241 |
| 26 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 5020 | 5020 | 2510 | 256 | 800 | 2,0% | 0 | 5372 | 5372 | 2686 | 274 | 2510 | 256 |

Obra: CAMPANHA 2

Local: PUC

Tipo de estaca: Hélice contínua
 F1 = 3,0
 F2 = 3,8

Diâmetro: 70 cm
fck do concreto da estaca: 30 MPa
Resistência da estaca: 8247 kN
Coef. Segurança: 2,0

| Prof. (m) | SPT | Solo | Décourt-Quaresma | | | | | | | | Aoki-Velloso | | | | | | | | |
|-----------|-----|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|-------|---------|---------|-------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| | | | K (kN/m²) | qp (kN/m²) | Qp (kN) | qs (kN/m²) | Qs (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | K (kN/m²) | α (%) | Qp (kN) | Qa (kN) | Qtotai (kN) | Q/C/S (kN) | Q calc. (tf) | Q calc. (kN) | Q calc. (tf) |
| 0 | - | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 550 | 2,2% | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 8 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 37 | 81 | 81 | 40 | 4 | 550 | 2,2% | 0 | 56 | 56 | 28 | 3 | 28 | 3 |
| 2 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 154 | 154 | 77 | 8 | 550 | 2,2% | 0 | 105 | 105 | 53 | 5 | 53 | 5 |
| 3 | 7 | Silte arenoso | 250 | 0 | 0 | 33 | 227 | 227 | 114 | 12 | 550 | 2,2% | 0 | 154 | 154 | 77 | 8 | 77 | 8 |
| 4 | 6 | Argila | 120 | 0 | 0 | 30 | 293 | 293 | 147 | 15 | 200 | 6,0% | 0 | 196 | 196 | 98 | 10 | 98 | 10 |
| 5 | 8 | Areia | 400 | 0 | 0 | 37 | 374 | 374 | 187 | 19 | 1000 | 1,4% | 0 | 261 | 261 | 130 | 13 | 130 | 13 |
| 6 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 564 | 564 | 282 | 29 | 1000 | 1,4% | 0 | 447 | 447 | 223 | 23 | 223 | 23 |
| 7 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 755 | 755 | 378 | 38 | 1000 | 1,4% | 0 | 633 | 633 | 317 | 32 | 317 | 32 |
| 8 | 22 | Areia | 400 | 0 | 0 | 83 | 938 | 938 | 469 | 48 | 1000 | 1,4% | 0 | 811 | 811 | 406 | 41 | 406 | 41 |
| 9 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 1085 | 1085 | 542 | 55 | 1000 | 1,4% | 0 | 949 | 949 | 475 | 48 | 475 | 48 |
| 10 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 1232 | 1232 | 616 | 63 | 1000 | 1,4% | 0 | 1087 | 1087 | 543 | 55 | 543 | 55 |
| 11 | 17 | Areia | 400 | 0 | 0 | 67 | 1378 | 1378 | 689 | 70 | 1000 | 1,4% | 0 | 1225 | 1225 | 612 | 62 | 612 | 62 |
| 12 | 23 | Areia | 400 | 0 | 0 | 87 | 1569 | 1569 | 784 | 80 | 1000 | 1,4% | 0 | 1411 | 1411 | 706 | 72 | 706 | 72 |
| 13 | 24 | Areia | 400 | 0 | 0 | 90 | 1767 | 1767 | 883 | 90 | 1000 | 1,4% | 0 | 1605 | 1605 | 803 | 82 | 803 | 82 |
| 14 | 33 | Areia | 400 | 0 | 0 | 120 | 2031 | 2031 | 1015 | 104 | 1000 | 1,4% | 0 | 1873 | 1873 | 936 | 95 | 936 | 95 |
| 15 | 46 | Areia | 400 | 0 | 0 | 163 | 2390 | 2390 | 1195 | 122 | 1000 | 1,4% | 0 | 2246 | 2246 | 1123 | 114 | 1123 | 114 |
| 16 | 45 | Areia | 400 | 0 | 0 | 160 | 2742 | 2742 | 1371 | 140 | 1000 | 1,4% | 0 | 2610 | 2610 | 1305 | 133 | 1305 | 133 |
| 17 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 3049 | 3049 | 1525 | 155 | 800 | 2,0% | 0 | 2971 | 2971 | 1486 | 151 | 1486 | 151 |
| 18 | 39 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 140 | 3357 | 3357 | 1679 | 171 | 800 | 2,0% | 0 | 3332 | 3332 | 1666 | 170 | 1666 | 170 |
| 19 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 3621 | 3621 | 1811 | 185 | 800 | 2,0% | 0 | 3638 | 3638 | 1819 | 185 | 1811 | 185 |
| 20 | 33 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 120 | 3885 | 3885 | 1943 | 198 | 800 | 2,0% | 0 | 3943 | 3943 | 1972 | 201 | 1943 | 198 |
| 21 | 29 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 107 | 4120 | 4120 | 2060 | 210 | 800 | 2,0% | 0 | 4212 | 4212 | 2106 | 215 | 2060 | 210 |
| 22 | 40 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 143 | 4435 | 4435 | 2217 | 226 | 800 | 2,0% | 0 | 4582 | 4582 | 2291 | 234 | 2217 | 226 |
| 23 | 44 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 157 | 4779 | 4779 | 2390 | 244 | 800 | 2,0% | 0 | 4990 | 4990 | 2495 | 254 | 2390 | 244 |
| 24 | 48 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 170 | 5153 | 5153 | 2577 | 263 | 800 | 2,0% | 0 | 5434 | 5434 | 2717 | 277 | 2577 | 263 |
| 25 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 150 | 5505 | 5505 | 2753 | 281 | 800 | 2,0% | 0 | 5851 | 5851 | 2925 | 298 | 2753 | 281 |
| 26 | 45 | Areia siltosa | 400 | 0 | 0 | 160 | 5857 | 5857 | 2928 | 299 | 800 | 2,0% | 0 | 6268 | 6268 | 3134 | 320 | 2928 | 299 |