UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LUANA MEDEIROS ARAÚJO

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS EXECUTIVOS DE FUNDAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS NO COMPLEXO DE USINAS FOTOVOLTAICAS DE COREMAS - PB

JOÃO PESSOA
2022

LUANA MEDEIROS ARAÚJO

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS EXECUTIVOS DE FUNDAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS NO COMPLEXO DE USINAS FOTOVOLTAICAS DE COREMAS - PB

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.
Orientador: Prof. Dr. Fabio Lopes Soares.

JOÃO PESSOA - PB
2022

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A663a Araujo, Luana Medeiros.
Uma análise comparativa entre os métodos executivos de fundação de estacas metálicas no complexo de Usinas Fotovoltaicas De Coremas - Pb / Luana Medeiros Araujo. - João Pessoa, 2022.
86 f. : il.

Orientação: Fábio Lopes Soares.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Pull Out Test. 2. Investigação geotécnica. 3. Fundação de tracker. I. Soares, Fábio Lopes. II. Título.

UFPB/CT CDU 624(043.2)

Elaborado por ROSANGELA GONCALVES PALMEIRA - CRB-216

FOLHA DE APROVAÇÃO

LUANA MEDEIROS ARAÚJO

UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS EXECUTIVOS DE FUNDAÇÃO DE ESTACAS METÁLICAS NO COMPLEXO DE USINAS FOTOVOLTAICAS DE COREMAS - PB

Trabalho de Conclusão de Curso em 06/12/2022 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Fábio Lopes Soares — APROVADO

Prof. Dr. Fábio Lopes Soares
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Aline Remigio — APROVADO

Profa. Dra. Aline Flávia Nunes Remigio Antunes
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga — APROVADO

Profa. Dra. Isabelle Yruska de Lucena Gomes Braga
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

ABSilva

Profª. Andrea Brasiliano Silva
Matrícula Siape: 1549557
Coordenadora do Curso de Graduação em Engenharia Civil

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as bençãos derramadas ao longo dessa jornada, por todas as orações que me foram atendidas, assim como por todas que também não foram, pois todo esse caminho quem me trouxe até aqui. Só tenho gratidão por todas as batalhas que passei, por todo medo que tive, mas que Deus sempre mostrou o discernimento.

Agradeço a minha mãe, Maria do Socorro, por representar o exemplo de tudo que eu busco ser hoje, como profissional e como pessoa, além de todo o suporte ilimitado que sempre me proporcionou, por me apoiar em todos os meus sonhos e valorizar a minha educação. Agradeço ao meu pai, Danilo, por todo amor, cuidado, proteção, e principalmente por despertar em mim desde muito nova o amor pela matemática, indiretamente me ajudando na escolha de uma profissão na qual eu tanto me identifico hoje. Vocês são minha base e minha força.

Agradeço a todos os familiares que sempre estiveram presentes em todas as etapas do meu crescimento acadêmico e consequente amadurecimento, minha avó, Maria do Socorro, meu avô, Bento, minhas tias, Bartira, Bagnólia e Adriana, meus primos, Angélica e Ailton, minha irmã, Maria Clara. Obrigada por todos os conselhos e todo zelo que sempre tiveram comigo.

Agradeço aos meus tios, Dagoberto e Janeide, que me acolheram em sua casa com todo o carinho e cuidado, ao longo de 3 anos, sempre me apoiando e propiciando o melhor ambiente possível para que eu me dedicasse a faculdade. Jamais esquecerei desse gesto.

Agradeço aos meus amigos, André, Gabriel Rairan, Gabriel Victor, Gabriela, Malu, Matheus, Rafael, Raul, Yasmin, por tornarem essa caminhada mais leve e divertida, por todas as manhãs, tardes, noites e madrugadas de estudo, por sempre estarem dispostos a ajudar um ao outro, por todo companheirismo, aventuras vividas, risadas e choros compartilhados. Vocês concederam apreço a todas as memórias obtidas durante esse curso.

Agradeço aos engenheiros, Douglas, Karol e Philipe, por todas as aulas diárias de conhecimento, que nunca ficaram limitadas a engenharia civil, por todo a experiência que me passaram e pelo exemplo de profissionais que são.

Agradeço a empresa Rio Alto Energias Renováveis e todos os profissionais com quem tive a chance de trabalhar, pela oportunidade de estágio numa obra de tamanha importância como o Complexo Solar Coremas, onde cresci em todos os âmbitos da minha vida, e me encontrei profissionalmente. Em especial, a todos os colegas que se tornaram grandes amigos,

Ânderson, Iara, Ítalo, Jean, Linniker, Lucas, Renata, Rodrigo, por todo companheirismo e acolhimento durante todo esse estágio.

Agradeço a empresa STI Norland, em especial ao Israel, pelo auxílio com todos os dados necessários a realização desse trabalho.

Agradeço ao professor Fábio, por toda disponibilidade, auxílio e dedicação que me concedeu ao longo desse semestre como orientador. Ao professor Adriano, pela oportunidade de trabalhar em seu projeto de pesquisa e por todo o conhecimento e oportunidade que me concedeu. Além de todos os professores por quem tive o prazer de assistir aula no curso de engenharia civil da UFPB.

A Universidade Federal da Paraíba

Aos demais familiares e amigos que estiveram comigo nos momentos bons e ruins, muita gratidão.

RESUMO

A crescente problemática em torno da geração de energia de forma não renovável é um fator que possibilita o avanço nas pesquisas e investimentos em fontes de energia alternativas, a citar a energia solar fotovoltaica que adquire cada vez mais espaço e notoriedade em território nacional, principalmente pela presença de características geográficas favoráveis. Todavia, alguns aspectos relacionados às investigações geotécnicas e técnicas de execução das fundações de suporte dos módulos solares ainda não são padronizados nem totalmente entendidos, e principalmente no âmbito acadêmico, carecem de embasamento. Nesta perspectiva, este trabalho tem por objetivo analisar a execução de três métodos de fundações de estacas metálicas, o micropilote, o *pré-drilling* e a cravação direta, utilizados no Complexo Solar Coremas – PB, com a premissa de se destacar o mais viável para o empreendimento. Para isso, foi realizada uma pesquisa de campo qualitativa, com objetivo exploratório, através da observação empírica do processo, da reunião de um acervo documental com informações pertinentes da obra, além da realização de uma entrevista com a empresa executora do serviço, para sanar todas as dúvidas advindas da realização da fundação. Por meios das informações e dados coletados, foi possível a realização de um comparativo entres os três métodos que tinha foco nos custos, produtividade e tempo, para que se constatasse que o *pré-drilling* foi o método executivo mais viável para a configuração geológica da área de estudo. Destacando que esse resultado foi específico para o empreendimento e só foi possível devido a investigação geotécnica que ocorreu primordialmente, sendo imprescindível a realização de tais comparações para projetos futuros e áreas de configuração geotécnica distintas.

Palavras-chave: Fundações de *trackers*. Investigação geotécnica. *Pull Out Test.*

ABSTRACT

The growing problem surrounding the generation of energy in a non-renewable way is a factor that makes it possible to advance in research and investments in alternative energy sources, to mention photo voltaic solar energy, which is acquiring more and more space and notoriety in the national territory, mainly due to presence of favorable geographical features. However, some aspects related to geotechnical investigations and execution techniques for the support foundations of solar modules are not yet standardized or fully understood, and mainly in the academic field, they lack foundation. In this perspective, this work aims to analyze the execution of three methods of metallic stake foundations, the micro pilot, the pre-drilling, and the direct drilling, used in the Complexo Solar Coremas - PB, with the premise of highlighting the most viable for the enterprise. For this, qualitative field research was carried out, with an exploratory objective, through the empirical observation of the process, the gathering of a documentary collection with pertinent information of the work, besides the accomplishment of an interview with the company executing the service, to remedy all the doubts arising from the realization of the foundation. Using the information and data collected, it was possible to carry out a comparison between the three methods that focused on costs, productivity, and time, so that it was verified that pre-drilling was the most viable executive method for the geological configuration of the area of study. Highlighting that this result was specific to the enterprise and was only possible due to the geotechnical investigation that occurred primarily, being essential to carry out such comparisons for future projects and areas of different geotechnical configurations.

Keywords: Foundations of trackers. Geotechnical investigation. Pull Out Test.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de um Tracker 17
Tabela 2 - Tipos de fundações rasas 19
Tabela 3 - Tipos de fundações profundas 20
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens da utilização de estacas metálicas 22
Tabela 5 - Espessura de compensação de corrosão 22
Tabela 6 - Definição dos tipos de fundação 23
Tabela 7 - Estado de compacidade e consistência do solo 26
Tabela 8 - Produtividade dos tipos de fundação 42
Tabela 9 - Quantidade de colaboradores utilizado em cada método 43
Tabela 10 - Fundações Previstas X Executadas 46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelos de módulos fotovoltaicos. 15
Figura 2 - Módulos Complexo Solar Coremas. 15
Figura 3 - Parte traseira Módulo bifacial. 16
Figura 4 - *Tracker* de eixo vertical 16
Figura 5 - *Tracker* de eixo horizontal com duas fileiras. 17
Figura 6 - Componentes de um *Tracker.* 18
Figura 7 - Componentes de um *tracker* 18
Figura 8 - Fundação do tipo cravação direta 23
Figura 9 – Fundação do tipo micropilote 24
Figura 10 – Fundação do tipo *pré-drilling* 24
Figura 11 - Esquema do ensaio SPT 26
Figura 12 - Ensaio vertical de compressão 28
Figura 13 - Ensaio horizontal 28
Figura 14 - Mapa de localização Complexo Solar Coremas 29
Figura 15 - Complexo Solar Coremas 33
Figura 16 - Complexo Solar Coremas - Etapa 2 34
Figura 17 - Pontos de ensaios SPT, UFV Coremas 36
Figura 18 - Locação dos testes de Pull Out 38
Figura 19 - Bate estaca VERMEER PD10 40
Figura 20 - Bate estaca modelo FAGA MHPW1000W18 40
Figura 21 - Perfuratrz PWH 5200AT 41
Figura 22 - Conjunto Perfuratrz - compressor 41
Figura 23: Estaca metálica com presença de twister 44
Figura 24: Estaca metálica com presença de deformação ao longo do comprimento 45
Figura 25: Estaca metálica com deformação do topo 45
Figura 26: Estaca metálica com base deformada 45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14
2.1 USINAS SOLARES 14
2.1.1 Módulos fotovoltaicos 14
2.1.2 Tracker 16
2.2 FUNDAÇÕES 18
2.2.1 Fundações rasas 19
2.2.2 Fundações profundas 20
2.2.3. Fundações empregadas na montagem de *trackers* 21
2.3 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA 24
2.3.1. Standard Penetration Test (SPT) 25
2.3.2 Pull out test 27
3 METODOLOGIA 28
3.1 TIPO DE ESTUDO 28
3.2. LOCAL DA PESQUISA 29
3.3. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS 29
3.3.1. Observação 30
3.3.2. Análise documental 30
3.3.3. Entrevista 31
3.4. ASPECTOS ÉTICOS 32
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 33
4.1. O EMPREENDIMENTO 33
4.2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA 34
4.3. PULL OUT TEST 37
5. ANÁLISE DE SOLUÇÕES ADOTADAS 39
5.1. MAQUINÁRIO UTILIZADOS 39
5.1.1. Cravação direta 39
5.1.2. Micropilote 40
5.1.3. Pré-drilling 41
5.1.4. Considerações 42
5.2. PRODUTIVIDADE 42
5.3. COLABORADORES NECESSÁRIOS 43
5.4. REPAROS E RETRABALHOS 44

5.5. PREVISTO X REALIZADO 46
5.6. CONCRETO 46
5.7. ANÁLISE FINAL 47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 50
REFERÊNCIAS 51
APÊNDICE A 54
APÊNCIDE B 57
APÊNDICE C 62
APÊNDICE D 63

1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial, a geração fotovoltaica vem obtendo notoriedade por se apresentar como uma melhor alternativa no que cerne as propostas ambientais, tal como por possuir oferta de matéria-prima abundante, já que é uma fonte de energia renovável. Desse modo, com o risco de escassez de energia elétrica advinda das grandes usinas hidrelétricas e termoelétrica, somado com o progresso da busca de meios que reduzam a emissão de gases poluentes, a vertente das fontes de energia renováveis vem crescendo e se tornando uma solução viável para tais situações.

O Brasil apresenta um dos maiores índices de irradiação solar do mundo, devido a sua proximidade com à linha do Equador que impede grandes variações de radiação solar ao longo do dia. Os valores anuais de radiação solar global incidente se diversificam entre 1.550 e 2.400 kWh/m² ao longo do território nacional e são superiores aos da maior parte dos países da União Europeia, como por exemplo, a Alemanha (900 – 1.250 kWh/m²) e a França (900 – 1.650 kWh/m²). Prova disso é que as regiões brasileiras com menores índices de radiação são comparáveis ao potencial de aproveitamento das regiões de maior índice na Alemanha (BARBOSA FILHO *et al.,* 2015).

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi responsável pela aprovação da Resolução Normativa nº 482 (RN 482) – marco regulatório no Brasil – que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas de energia elétrica aos sistemas de distribuição e compensação de energia elétrica (SOARES, 2021). Com isso, a geração de energia fotovoltaica centralizada se expandiu, passando de uma capacidade instalada de quase zero em 2013 para 3GW no ano de 2020 (ABSOLAR, 2021).

Nesse sentido, é visto que o país cada vez mais busca aderir a substituição de fontes de energia corriqueiras para a energia solar, através de diversos incentivos, como a diminuição dos impostos sobre inversores e módulos solares, além do surgimento de linhas de crédito e financiamento com taxas de juros especiais, por exemplo. Isso é positivo, pois tais centrais proporcionam a disponibilidade de geração próxima ao consumidor, atendimento a pontos isolados do sistema de transmissão e a possibilidade de produção em menor escala, diminuindo a concentração do impacto ambiental e a ampliação da matriz energética (FAGUNDES, 2019).

A região Nordeste brasileira está localizada na região semiárida, que representa cerca de 70% do território e suas potencialidades contribuem para o desenvolvimento de matrizes energéticas renováveis. Portanto, o investimento no setor agrícola direcionado para geração de

energia no semiárido pode significar um elemento relevante para a melhoria da qualidade de vida da população e o desenvolvimento dos territórios (OLIVEIRA NETO, 2013).

Nesse contexto, a Paraíba possui grande destaque, visto que apresenta oito parques em operação na geração de energia solar fotovoltaica centralizada, com potência de 127 MW, e 21 parques eólicos com capacidade instalada de 337,38 MW, com projeção de aumento dessa potência por apresentar outros parques em fase de projeto e/ou de execução. Com relação à geração distribuída, o estado é destaque nacional em empreendimentos de energia solar fotovoltaica. Em setembro de 2021, a potência instalada atingiu cerca de 127 MW, abrangendo 9.590 unidades consumidoras, de acordo com os dados da Aneel (GOVERNO DA PARAÍBA, 2021).

Este cenário demonstra a importância da Paraíba em nível nacional na área energética, que vem crescendo gradativamente. Segundo Barbosa (2020, online), a Paraíba apresenta excelente condições para investimentos em energias renováveis, devido a qualidade dos recursos energéticos, principalmente o eólico e o solar, estradas e rodovias em condições adequadas; disponibilidade de sistemas de comunicação próximos aos sítios energéticos, além de condições para escoamento da energia gerada pelo empreendimento.

Por conseguinte, o estado apresenta todos os atributos necessários para facilitar a construção de Usinas geradoras de energia renovável e em razão disso tem grande popularidade dentre as empresas investidoras no ramo.

O Complexo Solar Coremas está situado na zona rural do município de Coremas na Paraíba. Teve suas obras iniciadas em 2017 e atualmente se encontra em fase de conclusão, com instalação aproximada de 700 mil módulos solares, suficientes para o abastecimento de energia de cerca de 300 mil casas.

No estado da Paraíba, o desenvolvimento desse projeto irá contribuir com o setor econômico e energético estadual e regional. Em 2019, segundo dados do governo estadual, a região ocupava o sétimo lugar no ranking das usinas de grande porte, com 135 megawatts já contratados, sendo uma parcela dessa potência já operante e outra ainda em construção (PAMPLONA, 2020).

A captação de energia solar remete diretamente ao módulo solar, mas ele representa apenas uma das peças, dentre a gama de dispositivos responsáveis pelo funcionamento pleno de uma Usina Fotovoltaica. Todas as decisões realizadas em uma construção desse porte visam, prioritariamente, o maior aproveitamento energético possível. Nesse contexto, tem-se o *tracker,* que corresponde as estruturas metálicas constituídas por elementos estruturais e de fundação que têm funções de resistir as ações solicitantes durante a vida útil das usinas (SOARES, 2021).

Em termos gerais, as estacas metálicas são a alternativa mais empregada para o alicerce das estruturas que suportam as placas fotovoltaicas e todas as nuances que envolvem a sua implantação, desde o projeto, dimensionamento, forma de execução e produtividade necessitam de estudos prévios e ensaios de investigação geotécnica para que se possa ter conhecimento do subsolo da área. Tal investigação corresponde ao primeiro passo para que todo o processo ocorra de forma mais ágil e menos onerosa.

Esta pesquisa justifica-se diante da relevância prática de se compreender algumas metodologias executivas para fundação de estacas metálicas empregadas no Complexo Solar Coremas, destacando a importância da investigação geotécnica prévia em atividades dessa categoria e analisando a melhor alternativa a ser adotada, de acordo com o acompanhamento de campo e a coleta de dados realizada ao longo de um ano e meio de atividade.

Além disso, deve-se considerar que o Brasil tem um grande potencial para captação de energia através do sol, logo o ramo de energia solar e a construção de Usinas Fotovoltaicas está em constante expansão no Brasil, mas é considerado recente, não chegando a possuir 10 anos de mercado nacional (SOARES, 2021).

Diante disso, as empresas que ingressam nesse mercado acabam por recorrer a *expertise* estrangeira e são desfavorecidas de regulamentações nacionais específicas para o serviço. Isso corrobora para a despadronização na execução das atividades, a citar como exemplo, a obra que é fonte de estudo desse trabalho, que ao longo do seu processo executivo passou por diversas modificações tanto nos modelos de peças utilizados quanto na forma de realização do serviço.

1.1 JUSTIFICATIVA

Perante o exposto, faz-se necessário aprofundar a literatura sobre as Usinas Fotovoltaicas no Brasil, com o intuito de propiciar o conhecimento por parte das empresas e investidores nacionais nos processos executivos que fazem parte da construção das mesmas. Isso proporciona um maior embasamento técnico para discussões que envolvam o tema e contribui para que profissionais recém-chegados no ramo potencializem seu domínio acerca do mesmo. Além de expor todas as particularidades que envolvem a fundação de estacas metálicas, validando a importância da investigação geotécnica, a fim de padronizar o método executivo utilizado para esse serviço.

Posto isso, formulou-se a seguinte questão norteadora da pesquisa: Dentre os métodos de fundação de estacas metálicas, micropilote, *pré-drilling* e cravação direta, empregados no Complexo Solar Coremas, quais se mostraram mais eficientes e viáveis para o emprego em projetos futuros?

1.2 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como objetivo geral analisar a execução de três métodos de fundações de estacas metálicas, o micropilote, o *pré-drilling* e a cravação direta, utilizados no Complexo Solar. Para tanto, tem-se como objetivos específicos: Levantar informações com as empresas fornecedoras e executoras dos *tracker*s do local estudado, para o melhor entendimento das metodologias empregadas na fundação de estacas metálicas e nos ensaios de *Pull Out*; comparar os resultados obtidos pelo projeto de acordo com os ensaios de investigação geotécnica realizados e o que foi executado em campo; além de propor dentre os comparativos o método mais viável de aplicação para projetos posteriores que se assemelhem ao Complexo Solar Coremas.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho encontra-se estruturado em 5 seções principais. O capítulo 1 envolve a contextualização do tema e nos mostra a problemática que motivou esta pesquisa. O capítulo 2 trata sobre o referencial teórico, conceituando tecnicamente as principais temáticas que norteiam a composição das usinas fotovoltaicas e as fundações com estaca metálica, permitindo um embasamento a respeito das discussões posteriores. O capítulo 3 esclarece a respeito da realização da coleta de dados e os métodos de análise utilizados para esses dados. O capítulo 4 caracteriza todo o campo amostral utilizado para esse trabalho. Em seguida, o capítulo 5 apresenta o comparativo de todas as informações obtidas, a fim de propor melhorias no processo de fundação de *tracker* em projetos posteriores. E por fim, o capítulo 6 descreve as considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 USINAS SOLARES

Uma usina solar se caracteriza, em geral, como uma grande central geradora de eletricidade, que utiliza de placas fotovoltaicas ou outro tipo de tecnologia, para transformar a energia solar em energia elétrica, através de sistemas fotovoltaicos ou termossolares, para em seguida, abastecer os centros urbanos por meio de linhas de transmissão. As mesmas estão inseridas em um setor da economia em ascensão, o das fontes de energias renováveis.

Para o correto funcionamento de uma Usina Fotovoltaica (UFV), verifica-se a necessidade de uma série de componentes que se integram. Dentre eles, os principais elementos são: os módulos fotovoltaicos; o *tracker* - estrutura de suporte que permite o giro dos módulos em função da posição do sol; a fundação; cabos solares; *string box;* cabos de baixa e média tensão; bem como as valas para passagem destes cabos; os inversores e transformadores (SOARES, 2021).

2.1.1 Módulos fotovoltaicos

Em âmbito conceitual, um módulo fotovoltaico apresenta em sua composição células fotovoltaicas que se conectam por meio de arranjos para a produção de tensão e corrente, ambas necessárias à utilização prática da energia, e promovendo simultaneamente a proteção das células (PINHO; GALDINO, 2014).

Essas ferramentas são responsáveis por converter a luz solar diretamente em eletricidade, mesmo em dias nublados, em que não haja incidência direta da luz solar. Sua fabricação é realizada com células de silício cristalino, monocristalino ou multicristalino, amorfo ou semicondutores. Além de serem compostos, na maior parte dos casos, por um determinado número de células associadas em série e posicionadas de forma distribuída na área do módulo (PERAZA, 2013). As Figuras 1 e 2 apresentam alguns modelos de módulos fotovoltaicos.

Figura 1 - Modelos de módulos fotovoltaicos.

Fonte: Ecori Energia Solar (2020).

Figura 2 - Módulos Complexo Solar Coremas.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Dentre os modelos de módulos encontrados, há o bifacial cuja célula fotovoltaica permite que seja absorvida a energia radiante que incide diretamente sobre o material e também capta a luz refletida no solo ou na superfície do local, obtendo assim uma maior eficiência energética. A Figura 3 ilustra como se dá a parte interna de um módulo bifacial.

Figura 3 - Parte traseira Módulo bifacial.

Fonte: Elaboração própria (2022).

2.1.2 Tracker

O *Tracker* tem como atribuição oferecer suporte para os módulos e seu sistema apresenta um significativo diferencial dos demais por apresentar um seguidor solar, permitindo que os painéis estejam sempre em uma posição mais favorável em relação ao sol, elevando expressivamente a eficiência da captação de radiação solar. Em alguns casos, um sistema com essas características pode gerar um aumento de cerca de 40% da captação de energia (GIL *et al*., 2009).

Cada fornecedor possui particularidades em sua versão do produto, logo, com relação à configuração, podem ser verticais (Figura 4) ou horizontais, este pode ter uma ou mais fileiras de módulos, sendo que neste segundo caso o *tracker* é denominado multifileira (GUARNIERI, 2017). A Figura 5 mostra os *tracker*s de eixo horizontal com duas fileiras de módulos acionadas por um único motor.

Figura 4 - *Tracker* de eixo vertical

Fonte: Hisour.com, 2021.

Figura 5 - *Tracker* de eixo horizontal com duas fileiras.

Fonte: Elaboração própria (2022).

Visando facilitar o estudo e a aplicação em campo, o *tracker* se subdivide em conjuntos, sendo esses: Conjunto Suporte do Acionador, Conjunto Acionador, Conjunto da Viga de Torção, Conjunto de Rotação e Regulação, Conjunto do Braço, Conjunto Bielas e outras peças ou auxiliares. Dessa forma, todo o processo de montagem da estrutura é melhor compreendido e vistoriado, pois é realizado o detalhamento de cada subconjunto de peças. A Tabela 1 trata sobre a composição das peças de cada conjunto citado.

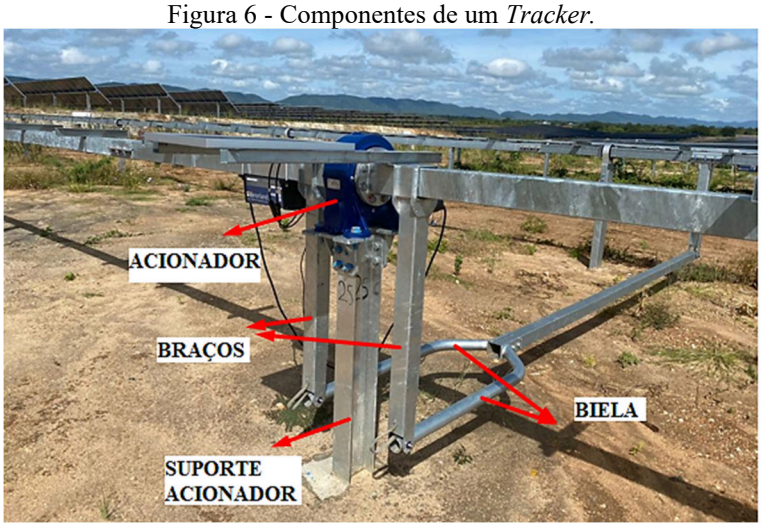
Tabela 1 - Composição de um Tracker

Conjuntos	**Peças**
Conjunto Suporte do Acionador	Perfil L do Acionador
Conjunto Acionador	Motor de corrente contínua (CC) com engrenagem planetária;
	Redutor de engrenagens helicoidais.
Conjunto da Viga de Torção	Tubos de aço quadrado (Vigas de torção);
	Correias;
	Abraçadeiras;
Conjunto de Rotação e Regulação	Virola;
	Peça de regulação;
	Casquilho de giro superior;
	Casquilho de giro inferior;
	Trava dos casquilhos de giro.
Conjunto do Braço	Braço motor norte;
	Braço motor sul;
	Braço da fileira irmã;
	Abraçadeira do braço.
Conjunto Bielas	Tubo de aço quadrado (biela);
	Dois conjuntos soldados (Bielas motor).

Fonte: Adaptado do Manual de Montagem STI-H250 (2020).

Como exposto, o *tracker* se subdivide em seis conjuntos, visando o melhor entendimento dos mesmos a Figura 6 indica o suporte do acionador; o conjunto acionador; o conjunto do braço e o conjunto de bielas; e a Figura 7 indica as peças do conjunto de rotação e regulação e conjuntos da viga de torção.

Figura 6 - Componentes de um *Tracker*.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 7 - Componentes de um *tracker*

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Dessa maneira, cada *tracker* apresenta um conjunto complexo e particular de peças componentes, além de exigir limites e tolerâncias específicas para cada peça, de modo que o conjunto ao todo funcione adequadamente em dois quesitos: suporte do módulo fotovoltaico e rotação precisa das peças.

2.2 FUNDAÇÕES

As fundações têm como função principal transferir as cargas aplicadas pelas edificações, para o solo em que se encontram inseridas. Existem três critérios principais para a escolha do

tipo de fundação de cada superestrutura, são eles: o técnico, o econômico e o de mercado. Assim sendo, o critério técnico deve garantir a segurança à ruptura e os recalques aceitáveis para a estrutura, além de evitar danos às edificações vizinhas. Enquanto os critérios econômicos e de mercado (disponibilidade de equipamentos e materiais, prazo etc.) são aplicados após a seleção das fundações tecnicamente viáveis (VELLOSO; LOPES, 2010).

Assim, a escolha do tipo de fundação depende de diversos fatores, além da grandeza e magnitude das cargas, das características da obra e da natureza do subsolo e das condições dos vizinhos (critério técnico). A disponibilidade de materiais e equipamentos, as restrições ambientais ou de legislação local, a distância de transporte e, ainda, a experiência regional e a metodologia ou sequência executiva da obra implicam a adoção de um tipo de solução de fundação (ALBUQUERQUE; GARCIA, 2020).

Para facilitar o estudo e a compreensão dessa área da engenharia, a literatura a subdivide em dois tipos principais: fundações rasas e fundações profundas.

2.2.1 Fundações rasas

As fundações rasas são assim denominadas por se apoiarem sobre o solo a uma pequena profundidade, em relação ao solo. Em âmbito técnico, a NBR 6122 (2019) conceitua as mesmas, como elementos de fundação, cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, recebendo as tensões distribuídas que equilibram a carga aplicada; para essa definição adota-se a menor profundidade, caso essa não seja constante em todo o perímetro da fundação. A Tabela 2 classifica e conceitua os tipos básicos de fundações rasas.

Tabela 2 - Tipos de fundações rasas

Sapatas	Elemento de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo emprego de armadura especialmente disposta para esse fim, podem ser isoladas, corridas ou associadas;
Bloco	Elemento de concreto ou outros materiais tais como alvenaria ou pedras, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo material, sem necessidade de armadura;
Radier	Elemento dotado de rigidez para receber e distribuir mais do que 70 % das cargas da estrutura;

Fonte: Adaptado de NBR 6122 (2019).

2.2.2 Fundações profundas

Ainda de acordo com a NBR 6122 (2019), as fundações profundas são elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Este tipo de fundação apresenta uma significativa diversidade de tipos e métodos de execução, sendo subdividida em estacas e tubulões. A Tabela 3 apresenta os conceitos principais que norteiam essas estruturas.

Tabela 3 - Tipos de fundações profundas

Estacas	Elemento de fundação executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja trabalho manual em profundidade. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in loco, argamassa, calda de cimento, ou qualquer combinação dos anteriores;
Tubulões	Elemento de fundação em que, pelo menos na etapa final da escavação do terreno, faz-se necessário o trabalho manual em profundidade para executar o alargamento de base ou pelo menos para a limpeza do fundo da escavação, uma vez que neste tipo de fundação as cargas são resistidas preponderantemente pela ponta.

Fonte: NBR 6122 (2019).

São diversos os tipos de estacas que se classificam tanto pelo seu material quanto pelo método de execução, como por exemplo, a estaca Raiz, Hélice contínua, Strauss, trado rotativo, que são todas estacas escavadas, ou seja, ocorre a retirada de material em sua perfuração do solo. Enquanto as estacas Franki, de madeira, pré-moldadas de concreto e as estacas metálicas, são classificadas como estacas de deslocamento, pois não provocam a retirada de material no processo de introdução ao terreno.

Como a própria nomenclatura já menciona, a estaca metálica é constituída por elemento estrutural metálico produzido industrialmente, podendo ser formada de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos, tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos (NBR 6122/2019). As estacas de aço devem resistir à corrosão pela própria natureza do aço ou por tratamento adequado, mas dispensam tratamento caso estejam inteiramente enterradas em terreno natural.

2.2.3. Fundações empregadas na montagem de *trackers*

As estacas metálicas se destacam entre as demais fundações, devido principalmente a sua facilidade de cravação, alta resistência e versatilidade de integração com elementos construtivos complementares (LASMAR, 2015). Essas características justificam o fato de que as empresas desenvolvedoras dos projetos estruturais dos *Trackers*, em geral, optam por esse método de fundação. Os perfis mais utilizados são o I, C e Ômega, além disso, podem ser laminados ou soldados, e apresentar adição de cobre na sua fabricação visando maior resistência a processos corrosivos (VELLOSO; LOPES, 2010).

É valido mencionar a diferença entre perfis laminados a quente e perfis C conformados a frio. A laminação a quente é um processo de conformação do aço que se dá em temperaturas acima de 926 graus, a fim de evitar o fenômeno de recristalização, enquanto o processo de conformação a frio é realizado em temperatura ambiente e permite sua recristalização, como o aço é fabricado a uma temperatura muito mais baixa, não há necessidade de se preocupar com a mudança de volume e formato do material. Ao contrário do aço laminado a quente, adequado para utilizações em que os formatos precisos não são necessários.

Segundo a Gerdau Aço Minas (2019), as principais vantagens da utilização de estacas metálicas são a possibilidade de cravação em solos de difícil transposição, a exemplo das argilas rijas a duras, pedregulhos e concreções, sem haver a possibilidade de movimentação de estacas vizinhas cravadas anteriormente e sem causar muitos danos as estacas, diminuindo assim os custos e retrabalhos.

Destaca-se também a redução do nível de vibração durante o processo; a resistência aos esforços elevados de tração e de flexão; a facilidade de corte e emenda, reduzindo as perdas advindas da variação da cota de apoio do extrato resistente; e por fim, a possibilidade de tratamento à base de betume especial (pintura), visando a diminuição do efeito de atrito negativo.

Além disso, Tomlinson e Woodward (2008) destacam mais algumas vantagens e desvantagens no emprego das estacas metálicas que demonstram o motivo que proporciona a grande utilização das mesmas em projetos fotovoltaicos, conforme apresenta a Tabela 4.

Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens da utilização de estacas metálicas

Vantagens	Desvantagens
A estaca pode ser inspecionada antes da cravação;	Pode sofrer danos invisíveis que reduzem a capacidade de carga;
Não tem problemas quanto ao nível de água;	Problemas de manuseio devido a elevada esbeltez.
Facilidade de corte para nivelamento da cabeça, quando necessário;	
Facilidade de ligação entre a estaca e demais peças mecânicas do *tracker*;	
Peso relativamente baixo que possibilita manuseio sem equipamentos de grande porte.	

Fonte: Tomlinson e Woodward (2008).

Um aspecto relevante para discussão corresponde a exposição desse material a solos corrosivos, para esses casos é ideal que haja um tratamento das peças antecedente a cravação (SOARES, 2021). Todavia, a NBR6122 estabelece a utilização de uma espessura compensatória variável em razão do tipo de solo.

> [...] As estacas de aço que estiverem total e permanentemente enterradas, independentemente da situação do lençol d'água, dispensam tratamento especial, desde que seja descontada a espessura da Tabela 1. Nas estacas em que a parte superior ficar desenterrada, é obrigatória a proteção com camisa de concreto ou outro recurso de proteção do aço, ou aumento de espessura de sacrifício definida em projeto [...] (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019, p. 36-37, grifo nosso).

Nesse sentido, faz-se necessário verificar a classe do solo de aplicação da fundação, em relação a tipologia do material componente do mesmo, seja ele um material com maior porcentagem de argila ou de maior porcentagem de areia; além de ter em vista a terraplenagem do local, tendo maior prudência em locais de aterro.

Tabela 5 - Espessura de compensação de corrosão

Classe	Espessura mínima de sacrifício (mm)
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica, solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados[a]	3,2
[a] Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.	

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019, p. 36-37).

Para a execução desse tipo de fundação, existem três métodos principais que são utilizados em complexos solares: cravação direta, *pré-drilling* e micropilote, e para a escolha dos métodos, leva-se em consideração, primordialmente a geologia do local, além dos custos e produtividade de cada um. O procedimento de execução de fundações da STI *Norland* (2020) diferencia tais métodos de acordo com a tabela 6.

Tabela 6 - Definição dos tipos de fundação

Tipo de Fundação	Processo metodológico
Cravação direta	Se apresenta como a solução mais barata e produtiva, já que consiste na adesão da estaca diretamente ao solo, através de uma máquina cravadora, geralmente bate-estaca e sem a necessidade de concretagem. Todavia, para sua utilização é necessário que o solo não seja rochoso e tenha resistência mediana;
Pré-drilling	: Nesse método, ocorre um pré-furo com diâmetro relativamente menor que o da estaca, seguido da cravação e concretagem, todavia o concreto utilizado serve apenas como proteção e tem uma camada mais ínfima. Pode ser utilizada em terrenos rochosos;
Micropilote	É o método mais oneroso, demanda mais tempo e mão de obra, em contrapartida, é mais seguro, sendo a solução aplicada para solos menos resistentes, rochosos e altamente agressivos, onde também é realizado um pré-furo, porém de diâmetro maior que o da estaca, locação da mesma com gabarito, seguido da concretagem.

Fonte: Adaptado de Procedimento de Execução de Fundações, STI *Norland* (2020).

As figuras 8, 9 e 10 mostram como cada estaca se configura após o procedimento adotado.

Figura 8 - Fundação do tipo cravação direta

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 9 – Fundação do tipo micropilote

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 10 – Fundação do tipo *pré-drilling*

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Conforme apresentado por meio dos registros de campo, a cravação direta é uma alocação da estaca no solo sem a necessidade de furo preliminar; a fundação do tipo micropilote necessita de gabarito para a concretagem, pois o seu diâmetro de perfuração é maior que a estaca; enquanto a fundação do tipo *pré-drilling* não exige o mesmo, devido ao seu diâmetro se encontrar numericamente próximo ao da própria estaca.

2.3 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

O pilar de todo e qualquer projeto de fundação corresponde a investigação do subsolo, visto que para definição de tipologias, métodos de execução e dimensionamento adotados, faz-

se necessário ter conhecimento dos parâmetros desse solo. Coeficiente de permeabilidade, módulo de deformabilidade, coeficiente de empuxo, resistência ao cisalhamento, posição do nível d'água são algumas características descobertas através dos estudos preliminares (ALBUQUERQUE; GARCIA, 2020).

Um projeto de investigação geotécnica contribui para a redução dos custos e dos riscos futuros, já que sua realização previne o aparecimento de imprevistos na geotecnia da região. Ao ser desenvolvido um comparativo entre os valores gastos com a investigação prévia e valores gastos com atrasos de cronograma por retrabalho, é visto que o retrabalho continuamente ocasionará maiores desembolsos, o que confirma a importância da realização dos estudos preliminares (SCHNAID; ODEBRECHT, 2012).

Em decorrência da grande extensão característica dos complexos solares, a investigação geotécnica é ainda mais imprescindível, além de demandar uma maior atenção e tempo, pois tende a apresentar uma elevada variabilidade do tipo de solo e das suas características. Para isso, os métodos mais utilizados são: o *Standard Penetration Test* (SPT) e as provas de carga horizontal e de arrancamento (*Pull Out Test*).

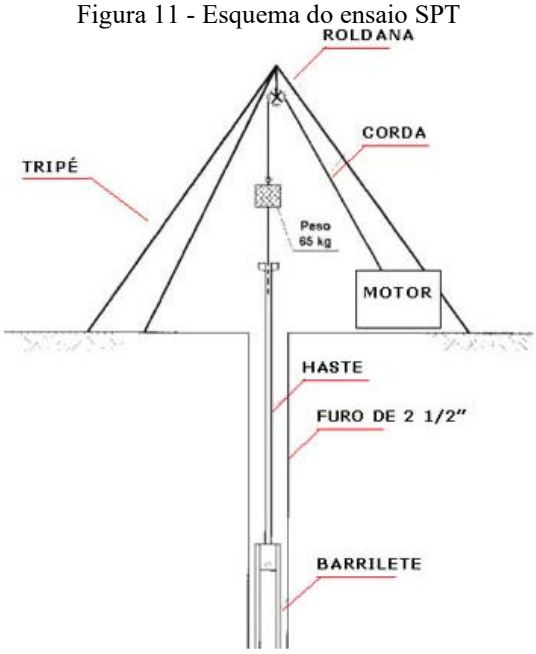
2.3.1. Standard Penetration Test (SPT)

A NBR 6484 (2020) define o SPT como o ensaio de determinação do índice de resistência à penetração, sua execução ocorre com a perfuração e cravação dinâmica de amostrador-padrão, a cada metro, resultando na determinação do tipo de solo e sua respectiva profundidade de ocorrência, além de um índice de resistência e da observação do nível do lençol freático. O mesmo é o tipo de investigação mais utilizado em território nacional, muito decorrente de sua praticidade, rapidez e custo.

Ainda segundo a NBR 6484 (2020), o processo metodológico do ensaio consiste na cravação do amostrador padrão, peça constituinte do trépano, usando-se a queda do peso de 65 kg de uma altura de 75 cm. O valor do NSPT é número de golpes necessários para fazer o amostrador penetrar 30 cm, após uma cravação inicial de 15 cm. O amostrador padrão, com diâmetro externo de 5 cm, tem a função de coletar as amostras representativas dos solos (RUFINO, 2015).

A Figura 11 esquematiza o procedimento do ensaio SPT, indicando todos os instrumentos componentes do mesmo e suas devidas especificações e características.

Figura 11 - Esquema do ensaio SPT



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

A Tabela 7 apresenta a classificação do estado de compacidade e consistência dos solos, a depender do seu tipo e da resistência à penetração N que estes possuem, no qual, solos arenosos ou silte arenosos tendem a ser mais compactos à medida que sua resistência é maior, ao passo que solos argilosos ou silte argilosos tendem a ser mais duros à medida que sua resistência se torna maior.

Tabela 7 - Estado de compacidade e consistência do solo

Solo	**Índice de resistência à penetração N**	**Designação**
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa
	5 a 8	Pouco compacta
	9 a 18	Medianamente compacta
	19 a 40	compacta
	>40	Muito compacta
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média
	11 a 19	Rija
	20 a 30	Muito rija
	> 30	Dura

Fonte: Adaptado de NBR 6484 (2020).

Os valores médios de penetração encontrados por meio do ensaio são caracterizados como indicadores qualitativos à previsão de problemas. Usualmente, Nspt superiores a 30 apontam solos mais resistentes e estáveis, sem a exigência de outros estudos mais refinados. Em contrapartida, resultados inferiores a 5, atestam solos compressíveis e com pouca

resistência, mas no geral não são representativas, exigindo a adoção de outros métodos de investigação (UMPIERRE, 2019).

2.3.2 Pull out test

O *pull out Test*, ou ensaio de arrancamento corresponde a um método investigativo relativamente recente que vem recebendo notoriedade em projetos de usinas fotovoltaicas. Tem como objetivo avaliar os comportamentos dos perfis utilizados nas estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos, baseando-se nas características dos diferentes tipos de terrenos presentes naquele meio. Ou seja, são aplicados testes de carga nas estruturas para avaliar o seu comportamento em condições de trabalho semelhantes às de serviço, monitorando suas deformações e cargas (PEREIRA, 2022).

A execução do método segue as tratativas das normas internacionais: a ASTM D3966.07 *Standard Test Methods for deep Foundation Under Lateral Load,* que estabelece critérios para o carregamento horizontal, este pode ser realizado a partir dos diferentes procedimentos que vão desde a aplicação de cargas estáticas à carregamentos cíclicos; e a ASTM D3689.07 *Standard Test Methods for deep Foundation Under Static Axial Tensile Load ,* que estabelece critérios para os carregamentos axiais.

Conforme mencionado anteriormente, o ensaio compreende-se em ciclos de intensidade crescente de aplicação de cargas em uma estaca e seus deslocamentos correspondentes (SOARES, 2021). Para isso, inicialmente, são definidos os pontos de ensaio e o tipo de execução da fundação que deve ser avaliado. Em seguida, com a utilização de um macaco hidráulico ocorre a aplicação do carregamento, medido por meio de um dinamômetro ou célula de carga, e o deslocamento é medido através de um micrômetro. Enquanto o elemento de reação geralmente é uma máquina pesada, mas podem ser utilizados outros elementos como vigas.

Neste método, existem dois ciclos aplicados para a prova de carga: inicialmente, o carregamento final é igual a carga que será utilizada em projeto para aquela estaca, sondando o seu comportamento em trabalho. Em seguida, o segundo carregamento deve majorar em 250% a carga de projeto, com o intuito de se descobrir o coeficiente de segurança (PEREIRA, 2022).

As Figuras 12 e 13 apresentam dois métodos de ensaio de arrancamento, o ensaio vertical de compressão, que aplica a carga descensionalmente e o ensaio horizontal, que consiste na aplicação da carga lateral, ambos realizados em estacas metálicas.

Figura 12 - Ensaio vertical de compressão

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Figura 13 - Ensaio horizontal

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO

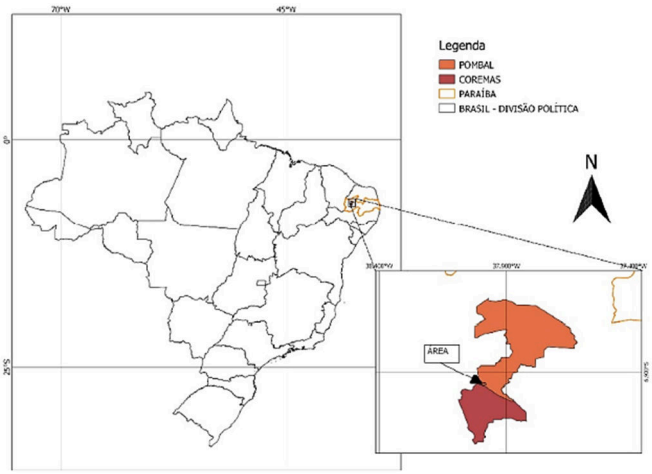
Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa, uma vez que tem por base conhecimentos teórico-empíricos, além de apresentar um objetivo exploratório, no sentido de aprimorar o conhecimento a respeito do tema, através da observação da realidade (ZANELLA, 2013).

Quanto aos procedimentos, a pesquisa classifica-se como uma pesquisa de campo, devido a sua abordagem com destaque nos aspectos de um único grupo ou comunidade, em âmbito de estrutura social, cuja a observação é mais utilizada do que a interrogação (GIL, 2002). Além de se enquadrar na tipologia documental, pois utiliza de dados documentais internos à instituição, como relatórios, compilações estatísticas, projetos, manuais, dentre outros (GIL, 2017).

3.2. LOCAL DA PESQUISA

Este estudo foi realizado no Complexo Solar Coremas (Figura 14), localizado no município de Coremas, estado da Paraíba, distando aproximadamente 405 km da capital do estado João Pessoa. A obra é composta por um conjunto de 8 Usinas Fotovoltaicas até o momento. A pesquisa tem enfoque no serviço de fundação de estacas metálicas, que são componentes do *tracker,* a estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos. O período de observação de toda a execução das fundações se deu entre julho de 2021 e março de 2022.

Figura 14 - Mapa de localização Complexo Solar Coremas



Fonte: Relatório de estudo geológicos-geotécnicos UFV Coremas (2020).

3.3. INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para a coleta de todas as informações necessárias para a realização da análise, foram utilizados três métodos de coleta de dados: a observação, a análise documental e a entrevista.

3.3.1. Observação

Inicialmente, a coleta de dados foi realizada por meio da observação, que se corresponde na utilização dos sentidos para obter informações da realidade. Essa observação é realizada de forma assistemática, visto que o pesquisador não possuía planejamento e controle previamente elaborados (RICHARDSON *et al*., 2007).

Devido a possibilidade de acesso ao Complexo durante o período de junho de 2021 a dezembro de 2022, foi possível vivenciar todo o procedimento realizado para a execução das fundações, e dessa forma obter entendimento acerca de como se dá o processo, quais fatores facilitaram a produtividade, quais medidas que causaram atrasos, quais ações justificaram a quantidade de reparos e retrabalhos que precisaram ser feitos e analisar as metodologias que foram empregadas na Usina.

A partir dessa observação, surgiram questionamentos que motivaram essa pesquisa: Há a necessidade de emprego de cravação direta, micropilote e *pré-drilling* para o Complexo Solar Coremas? Qual método foi mais utilizado e porquê? O que seria mais vantajoso diante da configuração geotécnica do empreendimento?

3.3.2. Análise documental

Após a observação da problemática, houve a necessidade do embasamento técnico do tema e o mesmo se constituiu através da análise documental. Esta compilação de dados utiliza restritamente como fonte os documentos, que podem ser escritos ou não e que, inclusive, podem ser recolhidos no momento em que o fenômeno acontece, por exemplo, um registro fotográfico. Logo, esse método refere-se ao exame de materiais que ainda não receberam qualquer tratamento analítico (BASTOS; FERREIRA, 2016).

As fontes documentais deste trabalho são de origem particular e são formadas de diversos registros da empresa executora e da fiscalizadora do serviço, a citar o Estudo do Impacto Ambiental (EIA) do Complexo Solar Coremas, Manuais de procedimento de execução das fundações, notas de serviço, relatórios diários de obra, relatório de estudo geológicos-geotécnicos e os *Checklists* de fundação.

Com posse do EIA foi possível adquirir diversas informações sobre o empreendimento, responsáveis pela caracterização da área de estudo; os manuais de procedimento de execução permitiram o esclarecimento das diferenças existentes entres as 3 metodologias estudadas, bem

como, foi fundamental para a definição das peças componentes de *tracker,* e todas as especificações referentes as estacas metálicas essenciais para a esse estudo; os relatórios diários de obra e *checklist* de fundação possibilitaram estimar o quantitativo de fundações realizadas através de cada método e forneceram o quantitativo previsto em projeto, viabilizando a análise de previsto x executado.

Através do estudo geológico geotécnico da UFV Coremas, obteve-se conhecimento acerca das características geológicas da área e de todos os testes de SPT realizados. E por fim, o relatório de *pull out* forneceu as informações necessárias a respeito das características do teste realizado no empreendimento e os resultados do mesmo.

3.3.3. Entrevista

Por último, foi realizada uma entrevista com a empresa executora do serviço, para entender alguns parâmetros de comparação entre os processos de fundação utilizados no empreendimento, cravação direta, *pré-drilling* e micropilote. Todas as questões tinham como foco compreender o maquinário utilizado, a quantidade de colaboradores envolvidos em cada processo, a produtividade, os custos demandados e a quantificação dos danos e retrabalhos. Além de obter conhecimento acerca da experiência profissional que a empresa teve na área, pontuando as dificuldades existentes e os benefícios que ocorreram durante a execução, para possibilitar melhorias e avanços nos projetos futuros.

O roteiro de pesquisa foi aplicado por meio de conversa presencial e se desenvolveu como uma entrevista semiestruturada, no qual o entrevistador possuía um roteiro previamente programado, mas a conversa seguiu conforme os depoimentos do entrevistado, sem a necessidade de obedecer rigorosamente ao roteiro (ZANELLA, 2012).

A entrevista aconteceu na data de 08 de novembro de 2022, às 13h, e foi concedida pelo *Site Manager* da empresa executora, com o auxílio do encarregado de obra, que cessaram todas as dúvidas e questionamentos que faltavam para a conclusão da pesquisa. Ambos detinham de vasta experiência com a atividade de fundação, além de terem participado ativamente dessa atividade no local de estudo, o que foi necessário para a caracterização do estudo de campo. Além disso, a entrevista possuía 15 questões que foram respondidas durante um período de 30 minutos. Esta se encontra em anexo no APÊNDICE A**.**

3.4. ASPECTOS ÉTICOS

A aplicação da entrevista, o acesso aos documentos e os registros utilizados neste estudo foram autorizados pelas duas empresas contactadas através das devidas assinaturas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) que se encontram em anexo no Apêndice D.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. O EMPREENDIMENTO

O Complexo de Energia Solar Coremas corresponde ao maior conjunto de usinas solares da Paraíba em atividade, de propriedade do grupo privado Rio Alto Energias Renováveis, apresenta até o momento 567.360 painéis solares instalados e tem aproximadamente 440 hectares. Somente o complexo é capaz de produzir energia o suficiente para atender aproximadamente 90 mil casas. No entanto, as perspectivas são de após a conclusão do complexo, o mesmo irá constituir cerca de 700 mil painéis solares para atender em torno de 300 mil casas.

Diante do contexto apresentado, o complexo é um dos principais contribuidores da geração de energia limpa do Brasil, pois o Nordeste já proporciona 84% de toda a produção de energia renovável no país, sendo a obra em questão um dos seus principais geradores. Consequentemente, o mesmo deverá obter papel central no futuro da geração de energia renovável no Brasil, uma vez que as fontes de energia solar e eólica representam 12,6% de toda a matriz energética do país, com perspectiva de crescimento para 30% até 2030 (BRASI, 2021).

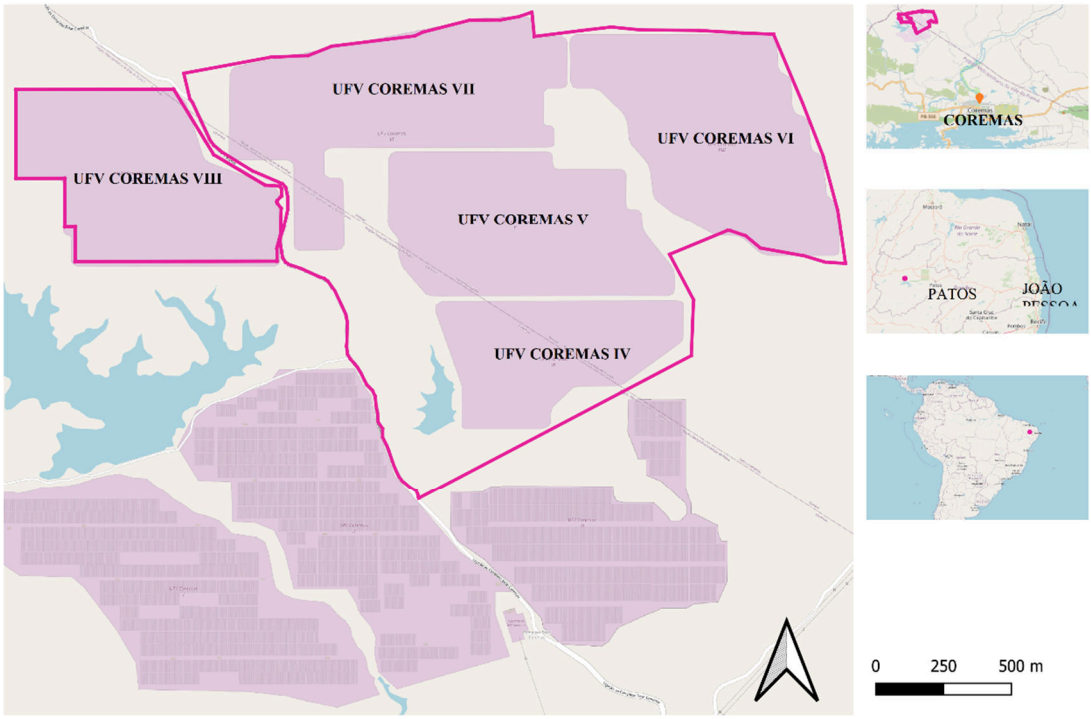
Figura 15 - Complexo Solar Coremas

Fonte: Nordic Power Partners (2020).

Como já mencionado, o complexo é composto por 9 Usinas Fotovoltaicas, estando as Usinas de Coremas 1, Coremas 2 e Coremas 3 já finalizadas, e em processo de execução Coremas 4, Coremas 5, Coremas 6, Coremas 7 e Coremas 8, enquanto Coremas 9 está no aguardo da liberação da licença ambiental. Devido à extensão do parque solar, a construção das Usinas não foi realizada de maneira síncrona, sua subdivisão foi realizada em três etapas

principais: execução das UFV's 1, 2 e 3, execução das UFV's 4, 5, 6, 7 e 8 e, por último, a execução da UFV 9. Assim sendo, o presente estudo fundamenta-se nos métodos executivos da segunda etapa de construção. A Figura 16 mostra a delimitação da área do empreendimento em que o presente estudo foi realizado.

Figura 16 - Complexo Solar Coremas - Etapa 2



Fonte: Elaborada pelo autor, através da ferramenta QGis (2022).

Neste trabalho, utilizou-se um *Tracker* do tipo horizontal com duas fileiras; apoiado por estacas metálicas do tipo perfis laminados a quente e perfis C conformados a frio; e cada *tracker* possui 23 estacas de altura média de 1,40m, e para todo o empreendimento, projetou-se a utilização de 56728 estacas.

4.2. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A área de influência direta do empreendimento é composta por Ortogmaisses Tonalítico-Granodiolíticos e Migmatitos, resultantes do metamorfismo metassomático dos Complexos Caicó (ao norte da área) e Serra dos Quintos (ao sul da área). Além disso, nessa área também foi encontrado em um pequeno trecho Depósitos aluvionares holocênicos,

constituídos por areia, cascalho e níveis de argila. Há presença de falhas de rejeito direcionais transcorrentes dextrogiras muito fortes e sub-verticais do Lineamento Patos (EIA UFV COREMAS, 2020).

Para a investigação geotécnica do solo da região foram realizados 50 (cinquenta) ensaios SPT, conforme os critérios da NBR 6484/20. Os mesmos forneceram um perfil geotécnico individual, que apresenta as seguintes informações: determinação do tipo de solo e suas respectivas profundidades de ocorrência, simbologia das amostras, posição do nível d'água, índices de resistência à penetração (NSPT), cota do furo em relação a um RN adotado e demais informações pertinentes (EIA UFV COREMAS, 2020).

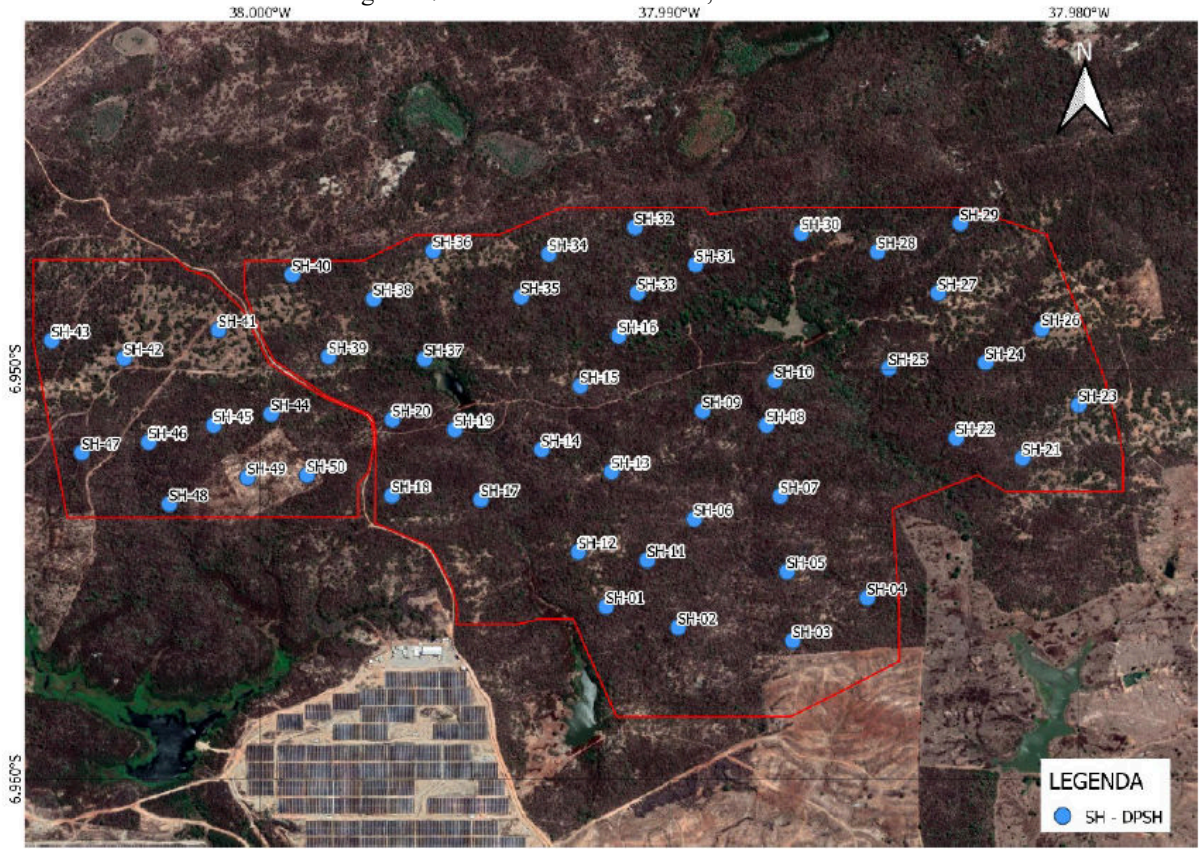
A perfuração, na Sondagem SPT, foi realizada com trado concha de 4" e instalação de tubo de revestimento. Ao atingir o material muito resistente ou mesmo solo não aderente ao trado, o processo de perfuração passou a ser com circulação de água utilizando-se trépano de lavagem como ferramenta de escavação. A cada metro de profundidade, interrompeu-se a perfuração, sendo executado o ensaio de penetração (EIA UFV COREMAS, 2020).

Tal ensaio forneceu os índices de resistência à penetração do solo, obtidos através da anotação dos números de golpes necessários para fazer o amostrador padrão (φext 2"; φint 13/8") penetrar 45 cm no solo devido aos golpes de um martelo de 65 kg caindo de uma altura de 75 cm. Os 45 cm de penetração foram divididos em três trechos de 15 cm. Para cada trecho foram anotados os números de golpes de cravação do amostrador. O índice de resistência à penetração (NSPT) é a soma dos dois últimos trechos de 15 cm, isto é, dos 30 cm finais de cravação. Seu resultado é apresentado na forma de um gráfico ao longo da profundidade. (EIA UFV COREMAS, 2020).

O ensaio foi finalizado na medida em que o avanço de perfuração não era mais possível, sendo este definido nos resultados como a camada "impenetrável a percussão". As amostras de solo foram classificadas mediante análise de campo, por meio de análise tátil e visual. Ademais, foram identificados a granulometria das amostras, sua consistência, cor, compacidade e consistência (EIA UFV COREMAS, 2020).

A figura 17 apresenta todos os pontos de ocorrência dos ensaios ao longo do entorno da Usina e no APÊNCIDE B deste trabalho encontram-se alguns dos resultados obtidos.

Figura 17 - Pontos de ensaios SPT, UFV Coremas



Fonte: Relatório de estudo geológicos-geotécnicos UFV Coremas (2020).

Para caracterizar o solo da área, a empresa responsável pelo estudo optou por dois métodos classificação *Highway Research Board* (HRB) e o Sistema Unificado de Classificação do Solo. A classificação HRB, aprovada em 1945 como aperfeiçoamento de um método mais antigo, divide os solos em sete grupos e oito subgrupos, e obtém-se o Índice de Grupo em função do limite de liquidez, limite de plasticidade e porcentagem de solo que passa pela peneira 200. Por sua vez, a classificação USCS apresentada por Arthur Casagrande, baseia-se nos limites de liquidez e de plasticidade como também considera a presença de matéria orgânica. Nesse método, os solos são divididos em quinze grupos (SANTOS, 2006).

Concluiu-se que o solo da região é majoritariamente areno siltoso de coloração amarelada ou avermelhada, possui matéria orgânica e raízes em sua camada superior, o que provoca o escurecimento da coloração em suas partes mais rasas. Em relação a compacidade, os solos na região apresentaram-se muito compactos e resistentes devido à sua natureza originada das rochas do terreno, as quais têm como produto de alteração materiais silticos e/ou argilosos. Na maior parte dos pontos houve necessidade de aplicar um maior número de golpes necessários para penetrar 20 cm de solo, além da penetração na rocha intemperada (saprólito).

De acordo com a classificação HRB, mais de 53,3% das 30 amostras analisadas têm comportamento para uso em subleito classificado como “excelente a bom”, 46,7% das amostras analisadas, classificaram-se como comportamento “sofrível a mal”, devido a terem apresentado porcentagem passante na peneira de n° 200 maior que 35%. Apesar disso, o valor de IG permaneceu baixo para a maioria das amostras.

Com base nas propriedades geotécnicas do solo, a escavação na região pode ser realizada mecanicamente. Contudo, não é possível inferir a escavabilidade dos materiais em profundidade, uma vez que os materiais poderão gradar de solos a rochas intactas, as quais culminam em métodos de escavação completamente diferenciados. Dessa forma, o estudo geotécnico-geológico da obra sugeriu que, caso as fundações e os perfis de corte/aterro sejam profundos, sejam realizadas sondagens rotativas e/ou mistas.

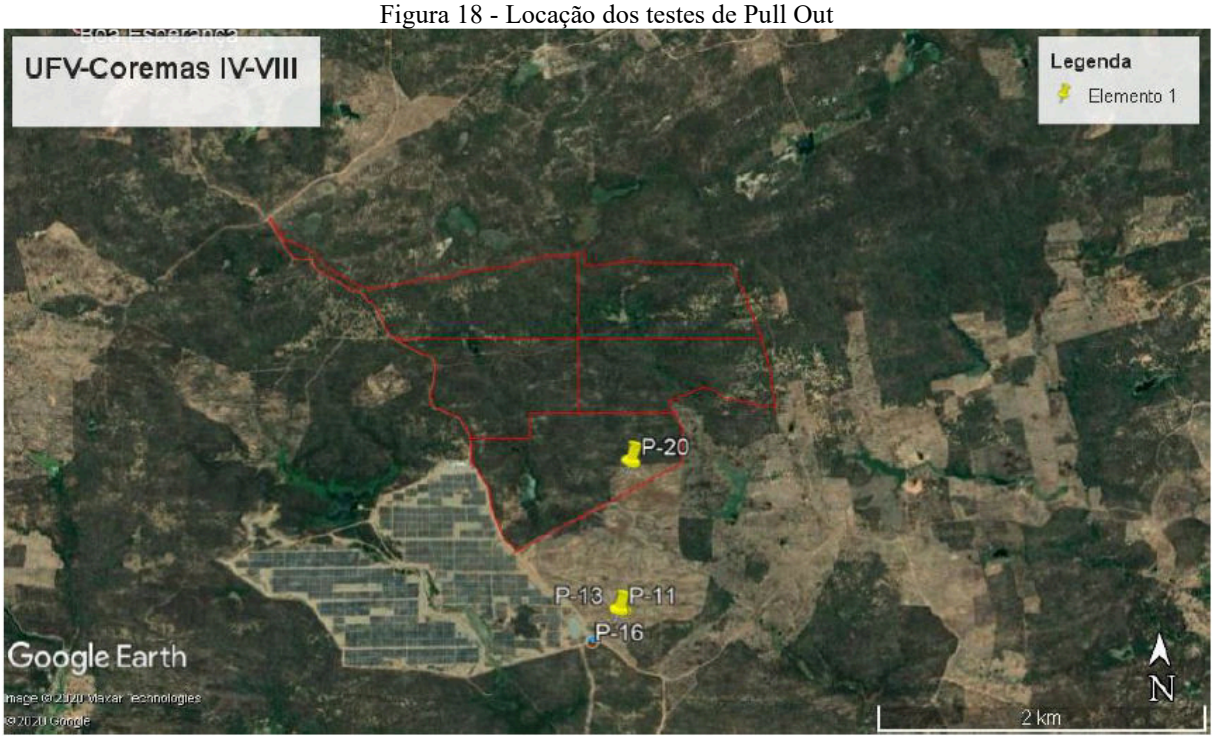
4.3. PULL OUT TEST

Com a realização da investigação geotécnica preliminar da área, a empresa contratante obteve o diagnóstico do solo da região e com base no mesmo foi elaborado o projeto de terraplenagem das Usinas. Posteriormente, com a etapa de terraplenagem em execução, a contratada para a etapa de fundações realizou os testes de *Pull out.*

Estes foram distribuídos com a finalidade de atender os diferentes cenários possíveis para os tipos de fundação propostos, e as cargas de aplicação do teste foram calculadas para as inclinações mais críticas em função dos esforços gerados pelos ventos, nos eixos vertical e horizontal, e considerando os maiores esforços majorados com fator de segurança = 2 (200% carga de serviço SLS, conforme NBR 6122).

Dessa forma, a empresa optou pela realização desse ensaio de arrancamento em um local com camada superior a 1,70m de espessura e em outro com ocorrência de rochas em nível raso, abaixo do solo. Foram realizados 22 ensaios sendo, 12 de fundação do tipo cravação direta em aterro e 10 utilizando fundação micropilote (furo em rocha/aterro com preenchimento de concreto 20 Mpa). Conforme apresenta a figura 18.

Figura 18 - Locação dos testes de Pull Out



Fonte: Relatório de *Pull Out*- Fundação, UFV Coremas STI *Norland* (2020).

Os testes foram executados em local de aterro com camada superior a 1,70 m de espessura (com material granular de aterro) dentro da poligonal do projeto Coremas III e em rochas ocorrentes em nível raso abaixo do solo dentro do polígono do projeto Coremas IV. O apêndice C apresenta alguns dos resultados dos testes realizados.

Após todo o procedimento, foi possível concluir que, para todo o empreendimento, seriam necessárias 56728 estacas, das quais cerca de 80% foram previstas para serem do tipo *pré-drilling*, 11% cravação direta e 9% micropilote.

5. ANÁLISE DE SOLUÇÕES ADOTADAS

Para se defrontar os três métodos adotados no Complexo Solar Coremas, foram utilizados seis aspectos: o maquinário utilizado; a produtividade; a quantidade de colaboradores necessários; necessidade de reparos e retrabalhos feitos; o comparativo entre previsto por projeto e realizado em campo; e a quantidade de concreto utilizado.

Todavia, é de referir que, após o compilado de resultados adquiridos, essa análise não foi realizada com base exclusivamente nas características gerais de cada metodologia executiva, mas sim tendo em vista primordialmente o campo amostral da obra de estudo, em virtude de suas características geológicas e da terraplenagem executada *in loco*.

5.1. MAQUINÁRIO UTILIZADOS

O primeiro aspecto a ser contrastado foi a quantidade de maquinário necessário para a realização dos três métodos, dado que isso implica em quatro pontos: custos com aluguel do maquinário, custos para mobilização e desmobilização, custo com combustível e com possíveis reparações das máquinas. Tendo em vista isso, os métodos que demandam apenas um tipo de maquinário são mais favoráveis logisticamente para o empreendimento.

5.1.1. Cravação direta

Para a cravação direta, é necessária apenas a utilização de bate estaca, equipamento composto basicamente por um martelo de queda (para aplicação dos golpes), dispositivos de içar (para levantamento do martelo de queda entre os sucessivos golpes), capacete (para proteção das estacas), guincho de cravação, guincho de movimentação e carregamento, motor e torre (FERREIRA *et al.,* 2011). A obra de estudo necessitou da utilização de 4 bate estacas, sendo duas do modelo *VERMEER PD10* e duas do modelo FAGA MHPW1000W18, conforme apresentam as Figuras 19 e 20.

Figura 19 - Bate estaca VERMEER PD10

Fonte: *VEERMER*, 2022.

Figura 20 - Bate estaca modelo FAGA MHPW1000W18

Fonte: *STI Norland*, 2021.

5.1.2. Micropilote

Para o segundo caso, o equipamento necessário corresponde a perfuratriz movida à ar, que se compõe de um conjunto perfuratriz pneumática/compressor. Segundo o fabricante, PW Hidropneumática, esse equipamento é empregado em perfuração de rocha, equipada com *Rotator* PWHRV-155 e avanço com pistão hidráulico para perfurar diâmetro de até 10” com

martelo de fundo. A obra de estudo necessitou da utilização de 4 máquinas do modelo PWH5200AT como ilustrada nas figuras 21 e 22.

Figura 21 - Perfuratrz PWH 5200AT

Fonte: *STI Norland*, 2021.

Figura 22 - Conjunto Perfuratrz - compressor

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

5.1.3. Pré-drilling

Para essa metodologia executiva, empregou-se a utilização dos dois equipamentos: a princípio opera-se a perfuratriz, responsável pela realização de um furo preliminar com diâmetro igual ou minimamente inferior ao diâmetro da fundação empregada; em seguida, têm-se a ação do bate-estaca para locação da estaca no ponto. No local de estudo, foram utilizados para esse serviço quatro perfuratrizes e quatro bate-estacas, cujo os modelos já foram anteriormente citados.

5.1.4. Considerações

Vale salientar que as máquinas do tipo bate-estaca eram de propriedade da executora, não apresentando custos com aluguel das mesmas, apenas com combustível, reparo, mobilização e desmobilização. Da mesma forma, as perfuratrizes utilizadas nesse empreendimento eram de posse da proprietária da obra, dessa forma os custos com aluguel foram computados para a empresa executora, mas no contexto geral, também não apresentaram custos com aluguel para a obra em si.

Posto isso, para a análise desse item, o que foi avaliado refere-se à quantidade de equipamentos necessários para uma mesma execução, assim dizendo, logisticamente o *pré-drilling* apresenta desvantagens em relação aos outros métodos por demandar tanto a utilização da perfuratriz quanto do bate-estaca, ao passo que as outras metodologias utilizam apenas de um tipo de máquina para a fundação da estaca metálica.

5.2. PRODUTIVIDADE

Esse aspecto foi mensurado através da média de fundações que foram completamente concluídas diariamente no complexo solar. Todavia, há uma particularidade a ser levantada na discussão, uma vez que o método de cravação direta não necessita da utilização de concreto, ao passo que os dois outros métodos apresentam esse fator a mais.

Dessa forma, incontestavelmente a cravação direta será mais produtiva, já que sua avaliação é obtida através de apenas uma etapa, enquanto os demais necessitam de duas etapas. Por conseguinte, a análise desse tópico deve ser realizada de forma não isolada e dando enfoque a outros fatores como retrabalho e o tipo de solo do local.

Tabela 8 - Produtividade dos tipos de fundação

MÉTODO EXECUTIVO	**PRODUÇÃO DIÁRIA**
Cravação Direta	250 estacas/dia
Micropilote	150 estacas/dia
Pré-drilling	210 estacas/dia

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Posto isso, os documentos e relatórios analisados, além dos depoimentos da empresa executora do serviço apontam para os dados expostos na Tabela 8, que mostra a produtividade de cada método empregado na UFV Coremas.

5.3. COLABORADORES NECESSÁRIOS

Toda e qualquer obra de construção dispõe de uma quantidade de colaboradores para sua execução, consequentemente, demanda todas as despesas envolvidas no contrato entre empresa e empregado: salários, benefícios legais, direitos trabalhistas, dentre outras regalias. Apesar da ocorrência da mão de obra direta e indireta para a execução do serviço, em meios comparativos dessa pesquisa, só é relevante se considerar a mão de obra direta utilizada no serviço.

À vista disso, sob a óptica do empregador, são mais almejados métodos executivos que exijam uma equipe numericamente inferior e profissionalmente menos especializada e é sob essa óptica que os três métodos serão correlacionados.

A execução por cravação direta exige um operador de bate-estaca, um servente de obra para auxílio desse operador e uma equipe com 3 montadores que são responsáveis pelo alinhamento das estacas, e exigem certa experiência e trato para tal atividade.

A execução por micropilote exige um operador de perfuratriz; um servente de obras para auxiliar esse operador; três montadores que irão realizar a gabaritagem do furo e a locação da estaca; além de uma equipe de concretagem estimada em vinte e cinco serventes de obra.

Por último, o método de *pré-drilling* exige um operador de bate-estaca; um montador para auxílio desse operador; um operador de perfuratriz; três serventes de obras para auxiliar esse operador; além de uma equipe de concretagem estimada em vinte e cinco serventes de obra.

A Tabela 9 apresenta o resumo de todos os colaboradores exigidos em cada método executivo.

Tabela 9 - Quantidade de colaboradores utilizado em cada método

Método	**Colaborador**	**Especialidade**	**Total de colaboradores**
Cravação direta	1	Operador	5
	3	Montador	
	1	Servente de Obra	
Micropilote	1	Operador	30
	3	Montador	
	26	Servente de obras	
Pré-drilling	2	Operador	31
	1	Montador	
	28	Serventes de obras	

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Logo, como indicado, a cravação direta, justificada pela ausência da utilização de concreto, necessita de um quadro de colaboradores reduzido, enquanto o *pré-drilling* exige um

quadro maior, visto que necessita não só da utilização de concreto, como de operadores para os dois tipos de máquinas. É valido considerar, que dentre os métodos, o micropilote exige uma maior especialização da mão de obra, por ser um processo mais cauteloso de execução, principalmente no que cerne os alinhamentos e limites topográficos estabelecidos pelo manual.

5.4. REPAROS E RETRABALHOS

No campo da engenharia, o retrabalho é classificado como todo processo que precisou ser refeito por determinado motivo, ocasionando a geração de custos adicionais e impactando diretamente na linha de produção, devido aos atrasos imprevistos no planejamento da obra (ANDRADE; MILEO, 2016).

Por meio do contato em campo durante todo o processo executivo, foi possível constatar a necessidade desse retrabalho, assim como a necessidade da realização de reparos nas estruturas metálicas, ocasionados pelo procedimento em que se deu a fundação. Frequentemente os danos provocados impediam o correto funcionamento da estaca, seja no âmbito estrutural, seja nos processos posteriores de montagem do *tracker*.

A citar a ocorrência de *twister* (rotação) da estaca, deformação do topo da estaca, deformação ao longo do comprimento da estaca, compressão da base da estaca, além de locação da estrutura em alturas fora dos limites previsto em projeto. As Figuras de 23 a 26 exemplificam alguns desses danos.

Figura 23: Estaca metálica com presença de *twister*

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Figura 24: Estaca metálica com presença de deformação ao longo do comprimento

Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Figura 25: Estaca metálica com deformação do topo

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Figura 26: Estaca metálica com base deformada

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

Motivado por essas questões, o presente tópico se tornou parte da análise, sendo fundamental no âmbito qualitativo dos métodos utilizados. Foi constatado que a maior causa dessas avarias se dá pelo emprego de bate-estacas, sua operação utilizando golpes de martelo em contato direto com a estrutura possibilitam o surgimento de tais deformidades.

Diante desse cenário, se torna evidente que a execução por meio de cravação direta e *pré-drilling* é menos vantajosa nessa ótica de qualidade do serviço, em detrimento do micropilote. Tal afirmação foi confirmada por meio do depoimento da empresa executora, que destaca a cravação direta como mais danosa dentre os métodos.

5.5. PREVISTO X REALIZADO

Este quesito refere-se ao comparativo entre a quantidade de fundações prevista em projeto para cada método e o que foi executado em campo. Como já mencionado, 80% das fundações foram previstas para serem do tipo *pré-drilling*, 11% cravação direta e 9% micropilote, todavia, após a conclusão da fundação de todas as usinas, obteve-se uma realidade de 1% executada por cravação direta, 17% micropilote e 82% *pré-drilling*. Conforme indica a Tabela 10.

Tabela 10 - Fundações Previstas X Executadas

Fundações	**Cravação**	**Micrpolite**	***Pré-drilling***	**Total**
Previsto	6127	4869	43073	54069
% Prevista em projeto	11%	9%	80%	
Executado	784	5719	43302	57732
% Executada em campo	1%	17%	82%	
Executado em relação ao previsto	13%	117%	101%	

Fonte: Elaborada pela autora, 2021.

É possível notar que o método mais desfavorável nesse parâmetro foi o de cravação direta, no qual apenas 13% do que estava previsto foi atendido em campo, em contrapartida o método de *pré-drilling* se mostrou o mais próximo do projeto, obtendo mais êxito nesse quesito, já que sempre é ansiado que a execução esteja o mais próximo quanto for possível do projeto.

5.6. CONCRETO

A utilização de concreto nos métodos implica em custos adicionais referentes ao próprio material, ao aumento significativo do quadro de colaboradores para o serviço e ao aumento do tempo de execução, pois exige uma etapa inicial de abertura do furo, seguido da locação da estaca, seguido da concretagem da fundação.

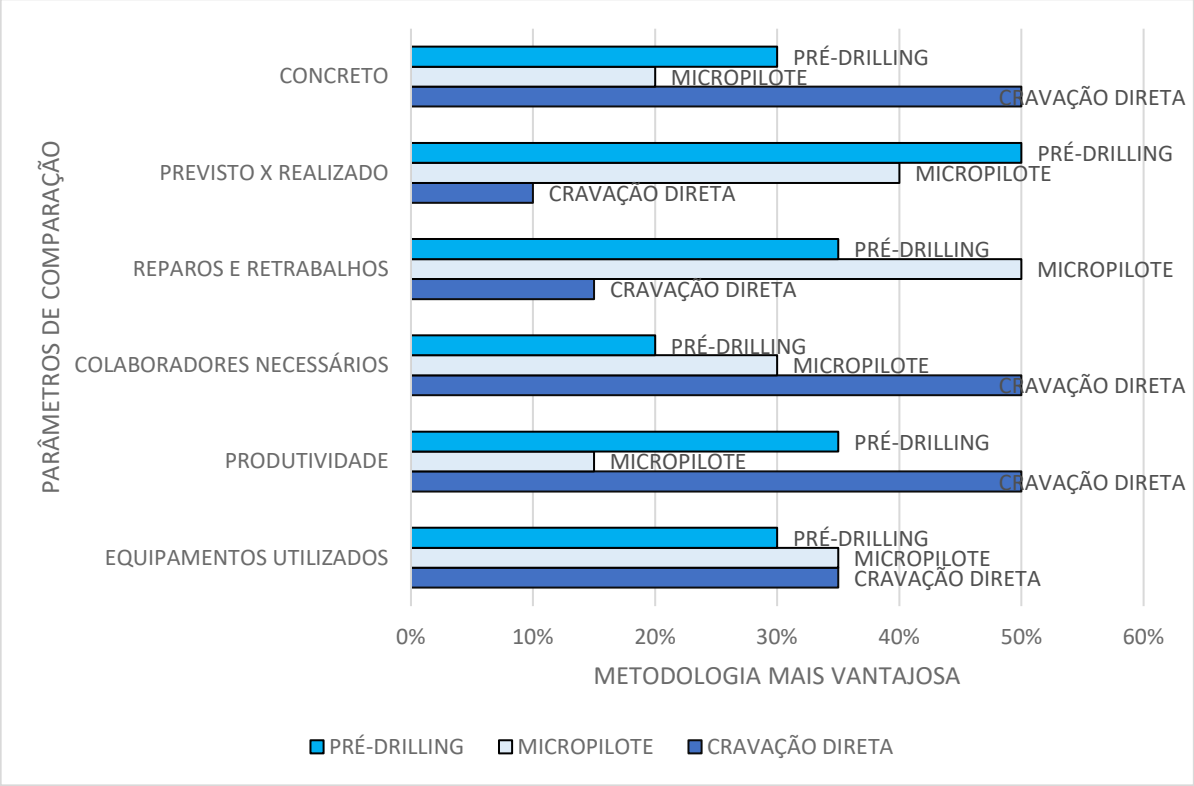
Por conseguinte, a cravação direta é favorecida no comparativo desse parâmetro, já que não utiliza do concreto. Dentre as duas outras metodologias, o *pré-drilling* é mais favorável, isso justifica-se pelo diâmetro consideravelmente menor do mesmo em comparação ao micropilote. Para a obra de estudo, uma betoneira com 7m³ atendia a concretagem de aproximadamente 180 a 220 furos de estacas com *pré-drilling*, e 80 a 120 furos de estacas com micropilote.

5.7. ANÁLISE FINAL

Após a avaliação de todos os panoramas citados, foi possível chegar a um comparativo expresso em porcentagem no Gráfico 1, que dita para cada parâmetro comparado qual tipo de fundação se mostra mais apta. A respeito da utilização de concreto, a cravação direta supera as demais por dispensar a utilização do mesmo, enquanto o micropilote é o tipo mais inadequado por consumir concreto em demasia, esse aspecto influencia diretamente na utilização de colaboradores, que se torna mais enxuta no emprego da cravação direta e também na produtividade que se torna maior, haja visto que o serviço diminui a quantidade de etapas para conclusão.

Sob o parâmetro que compara projeto com execução em campo, o *pré-drilling* se mostrou a fundação mais apta, pois identificou-se como o quantitativo realizado mais próximo do projeto, diferente da cravação direta que só executou 13% da quantidade de estacas previstas em projeto. Em contrapartida, sob a ótica de maquinário utilizado, é uma execução mais complexa devido a necessidade de dois equipamentos.

Gráfico 1 - Comparativo entre metodologias executivas de fundação



Fonte: Elaborada pela autora, 2022.

Sob a perspectiva de avaliação individual de cada método, irrefutavelmente a cravação direta se mostrou mais propícia para execução, dado que necessita de menos colaboradores, dispensa a utilização de concreto, é realizada apenas com a utilização do bate-estaca, e consequentemente se torna mais produtiva. Prova disso é que a própria empresa executora declarou por meio da entrevista **(**APÊNDICE A) que prefere utilizar tal método.

Todavia, o mais importante a ser considerado para o viés analítico é a fundação mais vantajosa para o empreendimento em questão, sem que as metodologias sejam julgadas de maneira generalizada. Para isso é preciso levar em consideração fundamentalmente a configuração geotécnica da área de estudo e, como citado anteriormente, os solos da região são muito compactos e resistentes devido à sua natureza originada das rochas do terreno.

Associado a isso, a metodologia utilizada na cravação direta é de contato direto entre estaca metálica com solo, sem nenhum tipo de furo preliminar, o que torna a fundação mais propensa a avarias. Por essa razão que a metodologia obteve uma porcentagem quantitativa de furos consideravelmente inferior as demais no projeto, e em campo essa porcentagem foi ainda menor. Isso corrobora para a condição de que a fundação do tipo cravação direta é inadequada para a região de estudo, em termos de padronização do método.

A metodologia de fundação micropilote exige mais tempo e cautela durante o processo, principalmente para que o alinhamento das estacas esteja em conformidade com os parâmetros e limites estabelecidos por meio do manual de montagem, esses fatores unidos a quantidade de concreto utilizado por cada fundação, o tornam mais oneroso e extenso que os demais. Logo, dentre os três também não é o mais viável. Isso se confirmou no campo, uma vez que a cravação por esse método só era utilizada em casos pontuais de solo altamente rochoso.

Por fim, tem-se a fundação do tipo *pré-drilling*, que apresenta como maior desvantagem a variedade de maquinário necessário para sua utilização, pois isso exige mais colaboradores, uma mão de obra mais especializada, e despesas mensais com a manutenção desse maquinário, entretanto, para essa realidade referente ao Complexo Solar Coremas, é visto que não se configura como uma problemática demasiadamente crítica, visto que as empresas que participaram da implantação do projeto já tinham posse de bate-estacas e perfuratrizes.

Em contrapartida, se caracteriza como uma solução produtiva para o empreendimento; menos onerosa, se comparada ao micropilote; e efetivamente teve mais adesão a configuração geológica do empreendimento. Prova disso, é que a última usina a ser feita (UFV Coremas 8) teve seu projeto exclusivamente realizado com essa metodologia, salve algumas exceções onde se necessitou realizar o micropilote. Isso foi comprovado através da experiência pessoal e profissional dos que acompanharam a etapa de fundação.

Desse modo, visando uma padronização do serviço, que implicaria diretamente na redução considerável do tempo de execução, seria mais frutífero e econômico, para ambas as empresas, a utilização do *pré-drilling* em todo o empreendimento para a realização de cravação de estacas metálicas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de *trackers* como estrutura de suporte dos módulos solares, em usinas fotovoltaicas é uma tecnologia recente e em ascensão, logo, não dispõe de normas nacionais, assim como, apresenta escassez de embasamento técnico e científico, que é essencial para contribuir nas soluções de execução adotadas pelas empresas de implantação destas usinas. Por consequência disso, a execução de todas as fases componentes da construção de uma usina se apresenta em análise e em constante evolução, a citar como exemplo a fundação de estacas metálicas, parte componente dos *trackers,* e tema deste trabalho.

Diante dessa necessidade, buscou-se o entendimento acerca dos vários contextos relacionados aos procedimentos de ensaios preliminares e às metodologias executivas dessas fundações, por meio da experiência dos profissionais da área e da compilação dos dados técnicos obtidos para esse estudo de campo. Além disso, investigou-se os procedimentos de fundação realizados no Complexo Solar Coremas, em busca de um método que se apresentasse mais viável para tal realidade.

Dessa forma, visando a padronização da atividade e o consequente aumento da produtividade, foi averiguado que o *pré-drilling* é o método executivo de fundação de estacas metálicas mais adequado ao empreendimento, quando comparado a cravação direta e o micropilote. Isso justifica-se principalmente pela caracterização geotécnica da área, pela adesão do método executivo ao contexto da obra e, por último, pela sua honestidade ao projeto.

Entretanto, essa é uma característica pertinente apenas ao contexto em que se insere esse estudo, pois a geotecnia é um ramo que se configura por sua especificidade, e cada obra, solo e região apresentam uma configuração intrínseca ao seu meio. Em razão disso, que se faz tão necessária a investigação geotécnica preliminar, pois apenas através dela é possível se obter o conhecimento pleno do subsolo da área e assim desenvolver os projetos de fundações de forma condizente com a realidade.

Posto isso, sugere-se para trabalhos futuros sobre a análise de fundações de *trackers* para usinas fotovoltaicas, a realização de tais estudos comparativos para áreas de configuração geotécnica diferente da que foi estudada, visando facilitar a tomada de decisões das empresas inseridas nesse ramo e possibilitando a melhoria dos processos executivos de empreendimentos futuros.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J. R.; GARCIA, J. R. **Engenharia de fundações**. Rio de Janeiro: Ltc, 2020. 400 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3689.07** ***Standard Test Methods for deep Foundation Under Static Axial Tensile Load.*** Pennsylvania, 2010.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3966.07** ***Standard Test Methods for deep Foundation Under Lateral Load.*** Pennsylvania, 2011

ANDRADE, F. E. dos S.; MILEO, S. G. **Planejamento para redução de perdas na construção civil**. 2019. 3 f. Pesquisa (Graduação em engenharia civil) - Centro Universitário de Itajubá, Itajubá, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122: Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios.** Rio de Janeiro, 1983.

BASTOS, M. C. P.; FERREIRA, D. V. **Metodologia científica.** 1. Ed. Londrina: Editora e distribuidora educacional S.A., 2016. 244p.

FAGUNDES, A. R. **Avaliação do potencial de geração e viabilidade econômica de usinas solares no Brasil**. 2019. 124 f. Monografia (Especialização em Engenharia Econômica) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 129 p.

GIL, F. J, *et al*. A review of solar tracker patents in Spain. **Proceedings of the Energy Problems and Environmental Engineering**, p. 292-297, 2009.

GUARNIERI, M. V. **Usinas solares fotovoltaicas com seguimento em um eixo no Brasil**: aspectos da construção, custos e expectativa de desempenho. 2017. 184 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

HELP SOLUÇÕES AMBIENTAIS. **Estudo de impacto ambiental**: usinas Fotovoltaicas Coremas IV, V, VI, VII, VIII, IX e X. Coremas: Help Soluções Ambientais, 2020.

LASMAR, A. C. **Análise comparativa entre fundações profundas**: estacas escavadas e estacas metálicas de trilho-estudo de caso de edifício residencial e comercial. 2015.

82 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha - Mg, 2015.

PANNONI, F. D., *et al*. **Estacas metálicas Gerdau**. 3. ed. Brasil: Perfis Gerdau Açominas, 2008.

PERAZA, D. G. **Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no estado do Rio Grande Do Sul**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

PEREIRA, G. W. W. **Mapeamento geotécnico para fundações de usinas fotovoltaicas utilizando algoritmo de machine learning**. 2022. 85 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CRESESB. 2014. 530 f.

PORTAL SOLAR. **Seguidor solar – tracker: vantagens e desvantagens parte 1.** Disponível em: < https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html > 2021. Acesso em 25/03/2021

PROYFE BRASIL PROJETOS & CONSULTORIA LTDA. **Relatório de estudos geológico-geotécnicos**: UFV Coremas. Jaboatão dos Guararapes: Proyfe Brasil, 2020.

REBOUÇAS, P. M.; DIAS, I. F.; ALVES, M. A.; BARBOSA FILHO, J. A. D. **Radiação solar e temperatura do ar em ambiente protegido**. Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre, v. 7, n. 2, p. 115-125, jun. 2015.

RODRIGUES, L. F. **Análise do planejamento de atividades complexas na construção de usinas fotovoltaicas**. 2021. 115 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

RUFINO, M. de S. **Análise histórica progressiva e caracterização geotécnica de aterro sobre solo mole executado com cinza pesada, localizado no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda, Tubarão – SC**. 2015. 254 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. **Ensaios de campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 2. ed. Rio Grande do Sul: Oficina de Textos, 2021. 224 p.

SOARES, G. G. **Análise e dimensionamento geotécnico de fundações em estacas metálicas curtas para trackers em usinas fotovoltaicas no Brasil**. 2021. 160 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SANTOS, E. F. **Estudo da composição de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

STI NORLAND BRASIL. **Manual de montagem**. 5. ed. Brasil: Sti Norland, 2020.

STI NORLAND Brasil. **Procedimento de execução de fundações**. 5. ed. Brasil: Sti Norland, 2020.

STI NORLAND Brasil. **Relatório de Pull Out - Fundação**. 4. ed. Brasil: Sti Norland, 2020.

Tomlinson, M. J.; Woodward, J. (2015) **Pile Design and Construction Practice**, 6th ed., CRC Press, Boca Raton, USA, 588 p.

UMPIERRE, R. F. P. **Estudo sobre emprego de fundações superficiais para miniusina solar em terreno sedimentar localizado em Santa Cruz Do Sul**. 2019. 74 f. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - UNISC, Santa Cruz do Sul, 2019.

VELLOSO, D. de A.; LOPES, F. de R. **Fundações: Volume 2–Fundações Profundas**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2010.

ZANELLA, L. C. H. **Metodologia de Pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Sistema Uab, 2013. 134 p.

APÊNDICE A – Entrevista transcrita

ENTREVISTA COM A EMPRESA *STI NORLAND*

Tempo de gravação – 30min

Data de realização – 08/11/2022

Identificação - L: Perguntas elaboradas pela autora;

S: Respostas adquiridas.

L: Quais máquinas são utilizadas na execução por cravação direta?

S: Foram utilizadas 4 máquinas cravadoras sendo (2 FAGA MHPW1000W18 e 2 VERMER PD10)

L: Quais máquinas são utilizadas na execução por micropilote?

S: São Utilizadas somente máquinas perfuratrizes movidas a ar (conjunto perfuratriz/Compressor) (4 PWH5200AT)

L: Quais máquinas são utilizadas na execução por *pré-drilling*?

S: Foram utilizadas 4 conjuntos de máquinas/compressores perfuratrizes movidas a ar (4 PWH5200 AT) e 4 cravadoras.

L: Qual a produtividade diária média de cada tipo de execução?

S: Para o caso da cravação direta, em média cada equipamento poderia cravar entre 200 e 300 estacas dia, mas esse projeto não possuía muitas cravações diretas em seu dimensionamento devido ao solo bastante rochoso, cravamos direto somente em alguns locais da Usina 7 e menos ainda na Usina 5. No caso do micropilote, tínhamos uma média de 150 furos dia por equipamento, podendo chegar a uma estimativa de até 600 furos por dia. Já o *pré-drilling*, em média cada equipamento perfurava entre 200 e 250 furos dia e cada cravadora realizava a mesma produtividade afim de não deixar furos abertos para o dia seguinte, o que totalizava uma média de 800 a 1000 perfurações diárias. Mas por micropilote e *pré-drilling* apresentarem também a etapa de concretagem essa produtividade se torna menor. Então eu diria que a produtividade do micropilote é de 300 fundações diárias e do *pré-drilling* 500 fundações diárias.

L: Quantos colaboradores são necessários para a cravação direta?

S: Na atividade de cravação direta são necessários um operador e um ajudante (servente de obrar) para cada equipamento mais uma equipe de alinhamento com 02 ou 3 montadores isso já contando com o processo de distribuição de estacas já finalizado.

L: Quantos colaboradores são necessários para o micropilote?

S: Um operador e três ajudantes mais uma equipe de concretagem com 25 colaboradores

L: Quantos colaboradores são necessários para o *pré-drilling*?

S: São necessários dois montadores em cada cravadora e um operador e 3 ajudantes em cada perfuratriz, mais equipe com 25 ajudantes para concretar.

L: Qual a porcentagem de refuro e retrabalho para cada um dos métodos?

S: Cravação direta e *pré-drilling* que usam do bate-estaca (cravadora) são uns que geralmente causam danos a estaca. A cravação direta é mais danosa, mas como na obra fizemos poucas fundações utilizando-a, os danos foram menores em comparação ao *pré-drilling*, mas se a gente fizesse uma quantidade igual dos dois com certeza cravação é mais danosa. Já o micropilote quase não apresenta dano.

L: Qual dos três tipos de fundação se torna mais onerosa?

S:Um furo com *pré-drilling* ele é mais caro, porque além de usar a perfuratriz usa a cravadora também, então a quantidade de pessoas é maior, e até para o alinhamento utiliza mais gente, porque ele fura primeiro depois você tem que vir com a cravadora colocar a estaca no lugar e cravar ela também, então vão ser duas máquinas alugadas, mais colaboradores, e mais montadores também para o alinhamento, exige uma mão de obra mais especializada. Em termos de furo e gasto de concreto, o micropilote é mais caro, mas o conjunto de equipamentos que é utilizado no *pré-drilling* tornam ele mais caro no final das contas. E a cravação é o mais barato entres os três.

L: Quantos furos uma betoneira de concreto (7m³) consegue preencher se a fundação for do tipo micropilote? E se for do tipo *pré-drilling*?

S: Em média uma betoneira produz cerca de 80 estacas de micropilote, e entre 180 a 220 estacas de *pré-drilling*.

L: Qual tipo de fundação exige menos retrabalho?

S: No caso específico da usina em questão a fundação pôr MICROPILOTE

L: Qual a empresa prefere trabalhar e porquê?

S: A preferência é sempre a Cravação direta por ser mais rápido e de menor custo

L: Qual exige mais mão de obra especializada?

S: A fundação por MICROPILOTE exige um pouco mais de alinhadores experientes mais os três fundamentos são muito parecidos.

L: Dentre as usinas da obra qual foi a que exigiu mais retrabalho? E quais fatores a empresa julga terem sido a causa desse problema?

S: As USINAS 6 e 8, sendo a 6 pela baixa qualidade da terraplanagem e a oito devido a execução ter sido realizada em período chuvoso.

L: Os testes de *pull out* foram feitos em que momento da obra? E para qual objetivo?

S: Antes do início da obra na fase de orçamento para identificar os tipos de fundações a serem realizados bem como o tipo de estaca a ser utilizada no projeto. Foram realizados também pouco mais de 150 testes para que fosse mudado o tipo de fundação e pôr exigência do cliente.

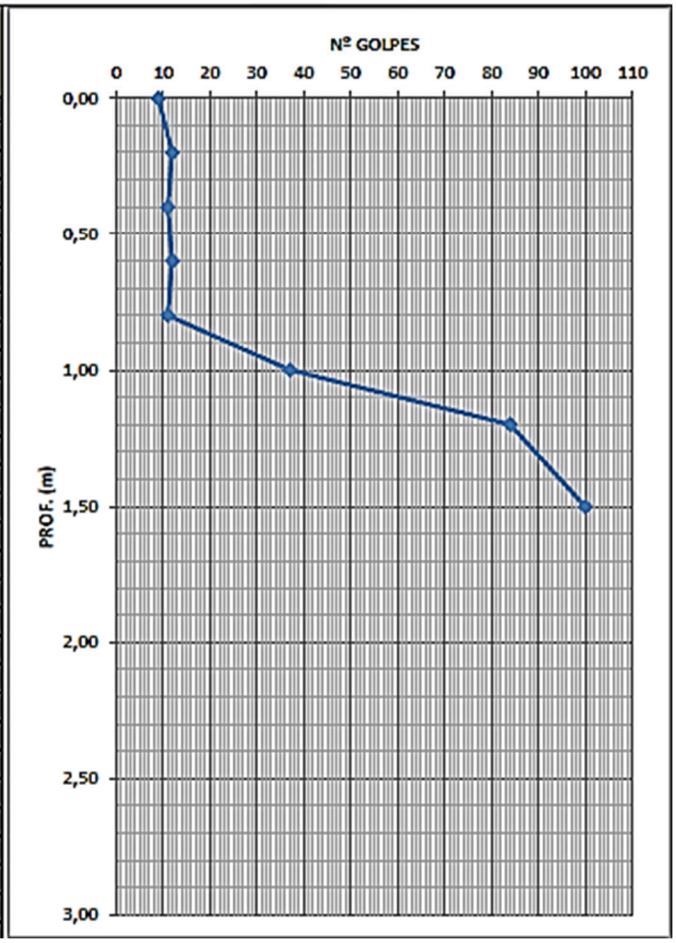
APÊNCIDE B – Amostras de ensaios nspt do complexo solar coremas

OBRA	UFV COREMAS			TESTE Nº	40
REF. OBRA	2019	DATA	19/09/2020	OPERADOR	ANTÔNIO
PARÂMETROS EQUIPE:					
Massa (Kg): 63,5	Haste com nipple (kg/m): 6,3	Altura de queda (m): 0,76	Bigorna (Kg): 7,2		

PROFUNDIDADE LENÇOL FREÁTICO (m)		
	☑	FECHADO A (m): 1,50
	☐	HASTES ÚMIDOS A (m):
	☐	PROFUNDIDADE(m):
	☑	NÃO DETECTADO:

LOCALIZAÇÃO:	
X	610.599,02
Y	9.231.819,14
Z	-

Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})	Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})
0,00	9	6,00	
0,20	12	6,20	
0,40	11	6,40	
0,60	12	6,60	
0,80	11	6,80	
1,00	37	7,00	
1,20	84	7,20	
1,50	100	7,40	
1,60		7,60	
1,80		7,80	
2,00		8,00	
2,20		8,20	
2,40		8,40	
2,60		8,60	
2,80		8,80	
3,00		9,00	
3,20		9,20	
3,40		9,40	
3,60		9,60	
3,80		9,80	
4,00		10,00	
4,20		10,20	
4,40		10,40	
4,60		10,60	
4,80		10,80	
5,00		11,00	
5,20		11,20	
5,40		11,40	
5,60		11,60	
5,80		11,80	

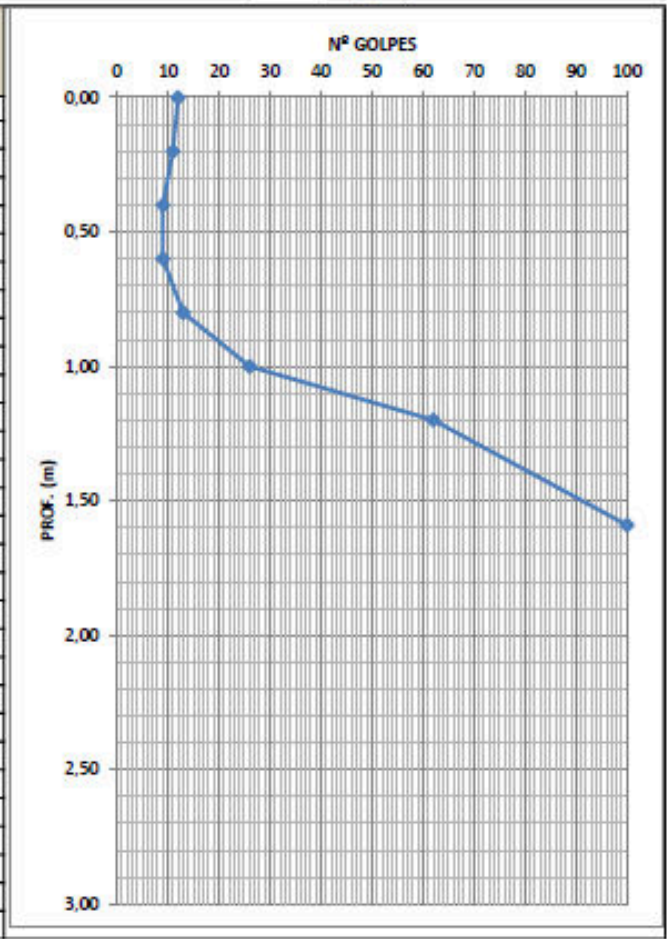


OBRA	UFV COREMAS			TESTE Nº	42
REF. OBRA	2019	DATA	25/07/2020	OPERADOR	ANTÔNIO
PARÂMETROS EQUIPE:					
Massa (Kg): 63,5	Haste com nipple (kg/m): 6,3		Altura de queda (m): 0,76	Bigorna (Kg): 7,2	

PROFUNDIDADE LENÇOL FREÁTICO (m)		
	☑	FECHADO A (m): 1,59
	☐	HASTES ÚMIDOS A (m):
	☐	PROFUNDIDADE(m):
	☑	NÃO DETECTADO:

LOCALIZAÇÃO:	
X	610.004,32
Y	9.231.825,34
Z	-

Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})	Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})
0,00	12	6,00	
0,20	11	6,20	
0,40	9	6,40	
0,60	9	6,60	
0,80	13	6,80	
1,00	26	7,00	
1,20	62	7,20	
1,59	100	7,40	
1,60		7,60	
1,80		7,80	
2,00		8,00	
2,20		8,20	
2,40		8,40	
2,60		8,60	
2,80		8,80	
3,00		9,00	
3,20		9,20	
3,40		9,40	
3,60		9,60	
3,80		9,80	
4,00		10,00	
4,20		10,20	
4,40		10,40	
4,60		10,60	
4,80		10,80	
5,00		11,00	
5,20		11,20	
5,40		11,40	
5,60		11,60	
5,80		11,80	

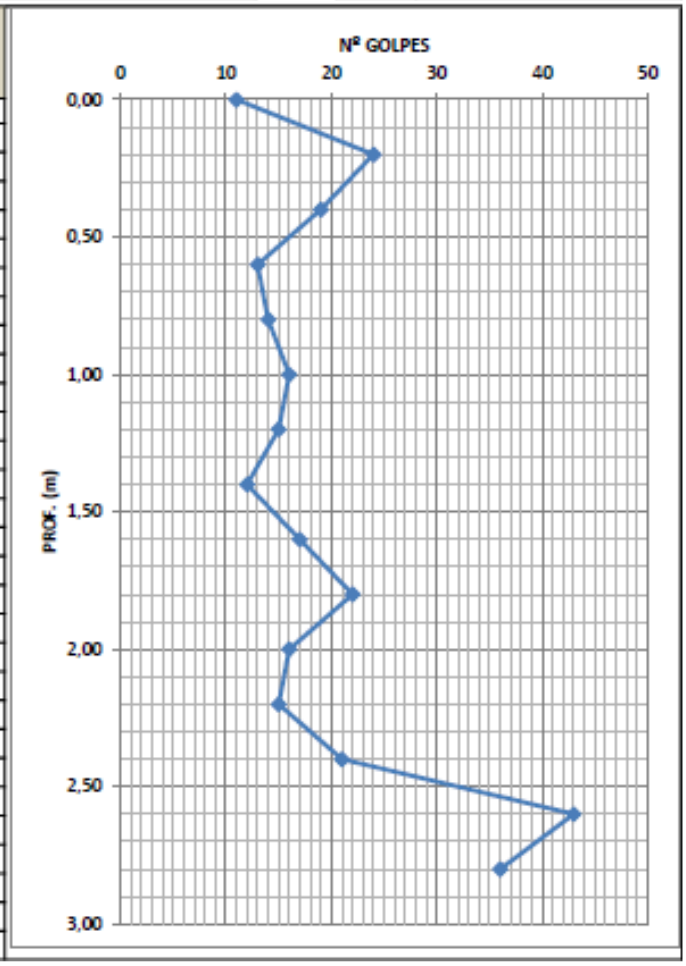


OBRA	UFV COREMAS			TESTE Nº	15
REF. OBRA	2019	DATA	18/09/2020	OPERADOR	ANTÔNIO
PARÂMETROS EQUIPE:					
Massa (Kg): 63,5	Haste com nipple (kg/m): 6,3	Altura de queda (m): 0,76	Bigorna (Kg): 7,2		

PROFUNDIDADE LENÇOL FREÁTICO (m)		
	☑	FECHADO A (m): 3,00
	☐	HASTES ÚMIDOS A (m):
	☐	PROFUNDIDADE(m):
	☑	NÃO DETECTADO:

LOCALIZAÇÃO:	
X	611.362,01
Y	9.231.549,75
Z	-

Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})	Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})
0,00	11	6,00	
0,20	24	6,20	
0,40	19	6,40	
0,60	13	6,60	
0,80	14	6,80	
1,00	16	7,00	
1,20	15	7,20	
1,40	12	7,40	
1,60	17	7,60	
1,80	22	7,80	
2,00	16	8,00	
2,20	15	8,20	
2,40	21	8,40	
2,60	43	8,60	
2,80	36	8,80	
3,00		9,00	
3,20		9,20	
3,40		9,40	
3,60		9,60	
3,80		9,80	
4,00		10,00	
4,20		10,20	
4,40		10,40	
4,60		10,60	
4,80		10,80	
5,00		11,00	
5,20		11,20	
5,40		11,40	
5,60		11,60	
5,80		11,80	

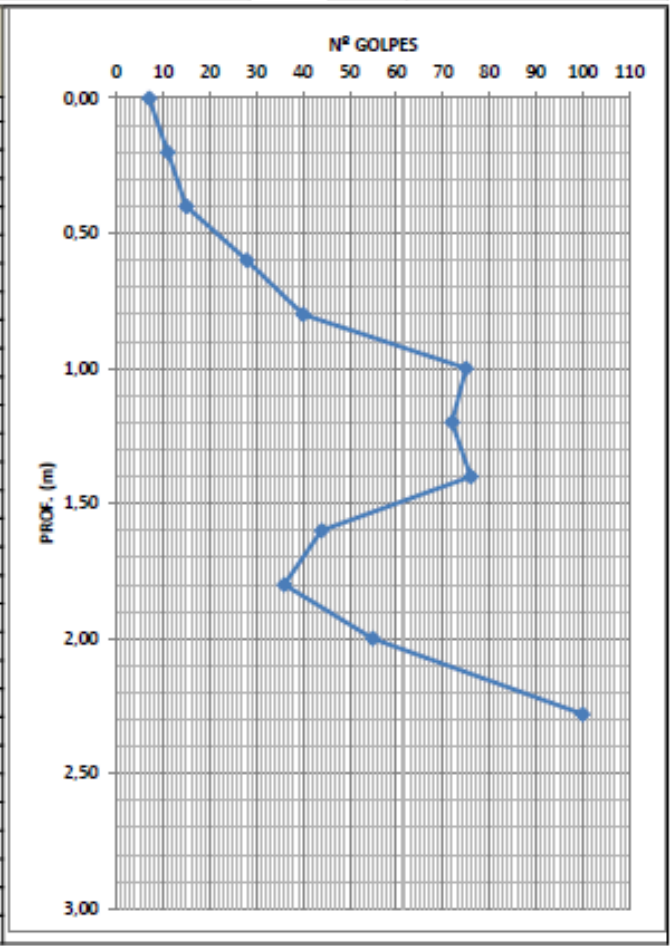


OBRA	UFV COREMAS			TESTE Nº	12
REF. OBRA	2019	DATA	18/09/2020	OPERADOR	ANTÔNIO
PARÂMETROS EQUIPE:					
Massa (Kg): 63,5	Haste com nipple (kg/m): 6,3	Altura de queda (m): 0,76	Bigorna (Kg): 7,2		

PROFUNDIDADE LENÇOL FREÁTICO (m)		
	☑	FECHADO A (m): 2,28
	☐	HASTES ÚMIDOS A (m):
	☐	PROFUNDIDADE(m):
	☑	NÃO DETECTADO:

LOCALIZAÇÃO:	
X	611.320,22
Y	9.231.314,99
Z	-

Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})	Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})
0,00	7	6,00	
0,20	11	6,20	
0,40	15	6,40	
0,60	28	6,60	
0,80	40	6,80	
1,00	75	7,00	
1,20	72	7,20	
1,40	76	7,40	
1,60	44	7,60	
1,80	36	7,80	
2,00	55	8,00	
2,28	100	8,20	
2,40		8,40	
2,60		8,60	
2,80		8,80	
3,00		9,00	
3,20		9,20	
3,40		9,40	
3,60		9,60	
3,80		9,80	
4,00		10,00	
4,20		10,20	
4,40		10,40	
4,60		10,60	
4,80		10,80	
5,00		11,00	
5,20		11,20	
5,40		11,40	
5,60		11,60	
5,80		11,80	

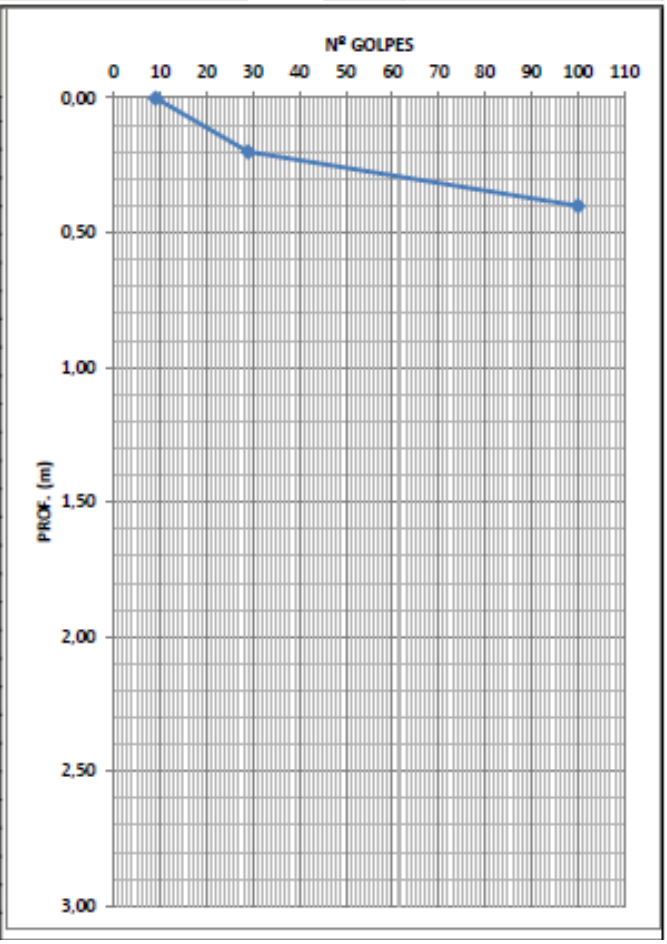


OBRA	UFV COREMAS			TESTE Nº	08
REF. OBRA	2019	DATA	18/09/2020	OPERADOR	ANTÔNIO
PARÂMETROS EQUIPE:					
Massa (Kg): 63,5	Haste com nipple (kg/m): 6,3		Altura de queda (m): 0,76		Bigorna (Kg): 7,2

PROFUNDIDADE LENÇOL FREÁTICO (m)		
	☑	FECHADO A (m): 0,60
	☐	HASTES ÚMIDOS A (m):
	☐	PROFUNDIDADE(m):
	☑	NÃO DETECTADO:

LOCALIZAÇÃO:	
X	612.004,81
Y	9.231.343,52
Z	-

Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})	Profundidade - Início do Ensaio (m)	Nº golpes (N_{20})
0,00	9	6,00	
0,20	29	6,20	
0,40	100	6,40	
0,60		6,60	
0,80		6,80	
1,00		7,00	
1,20		7,20	
1,40		7,40	
1,60		7,60	
1,80		7,80	
2,00		8,00	
2,20		8,20	
2,40		8,40	
2,60		8,60	
2,80		8,80	
3,00		9,00	
3,20		9,20	
3,40		9,40	
3,60		9,60	
3,80		9,80	
4,00		10,00	
4,20		10,20	
4,40		10,40	
4,60		10,60	
4,80		10,80	
5,00		11,00	
5,20		11,20	
5,40		11,40	
5,60		11,60	
5,80		11,80	



APÊNDICE C – Ensaios de *Pull Out*

STi norland

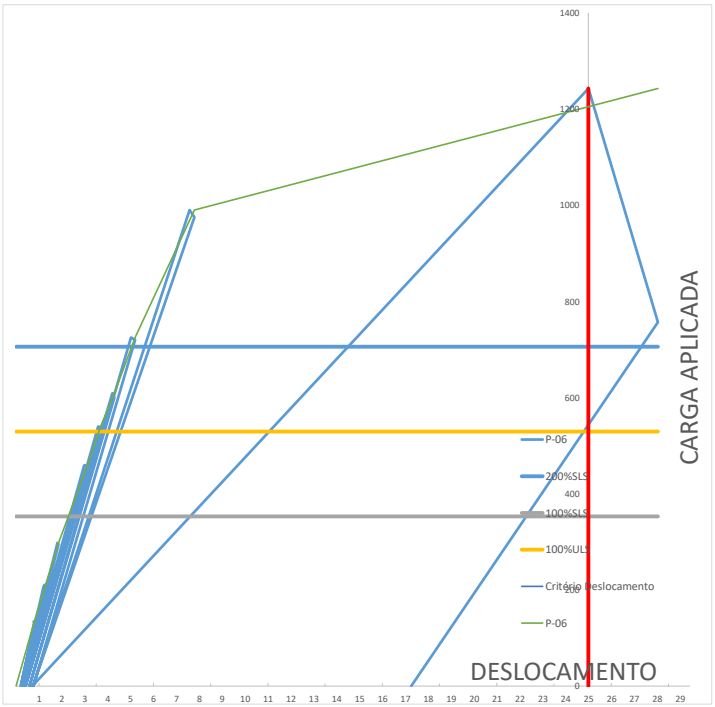
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificacão do Teste	P-06
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	13

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforco:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
88 Kgf	134	0,77	25,00%
t=30	133	0,80	
0 Kgf	0 Kgf	0,21	
t=30	0 Kgf	0,20	
176 Kgf	208	1,21	18,90%
t-30	211	1,27	
0 Kgf	0 Kgf	0,24	
t=30	0 Kgf	0,24	
265 Kgf	298	1,81	14,52%
t=30	295	1,86	
0 Kgf	0 Kgf	0,28	
t=30	0 Kgf	0,27	
353 Kgf	459	2,97	11,54%
t=30	459	3,12	
0 Kgf	0 Kgf	0,38	
t=30	0 Kgf	0,36	
441 Kgf	540	3,59	11,11%
t=30	538	3,69	
0 Kgf	0 Kgf	0,42	
t=30	0 Kgf	0,41	
529 Kgf	609	4,21	13,52%
t=30	600	4,29	
0 Kgf	0 Kgf	0,59	
t=30	0 Kgf	0,58	
618 Kgf	725	5,02	14,23%
t=30	720	5,2	
0 Kgf	0 Kgf	0,76	
t=30	0 Kgf	0,74	
706 Kgf	990	7,58	9,11%
t=30	975	7,79	
0 Kgf	0 Kgf	0,74	
t=30	0 Kgf	0,71	
CARGA DE RUPTURA	1243	25	61,55%
t=30	757	28,04	
0 Kgf	0 Kgf	17,26	
t=30	0 Kgf	17,26	

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

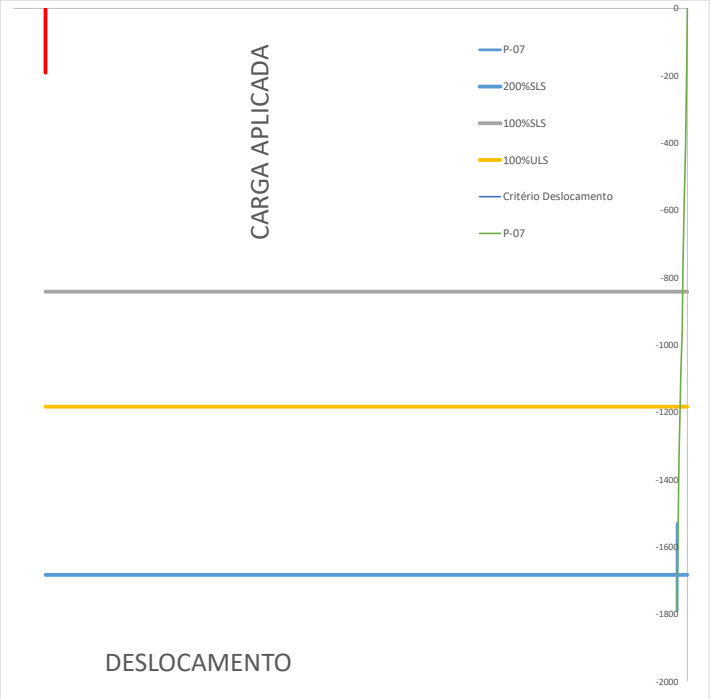
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-07
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_VC
Tipo de Teste	Vertical C
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	19

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
-210 Kgf	-191	-0,01	0,00%
t=30	-191	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-421 Kgf	-415	-0,03	0,00%
t-30	-415	-0,03	
0 Kgf			
t=30			
-631 Kgf	-573	-0,05	0,00%
t=30	-573	-0,05	
0 Kgf			
t=30			
-842 Kgf	-775	-0,07	0,00%
t=30	-775	-0,07	
0 Kgf			
t=30			
-1052 Kgf	-956	-0,08	0,00%
t=30	-956	-0,08	
0 Kgf			
t=30			
-1183 Kgf	-1075	-0,10	0,00%
t=30	-1075	-0,10	
0 Kgf			
t=30			
-1473 Kgf	-1340	-0,13	0,00%
t=30	-1340	-0,13	
0 Kgf			
t=30			
-1683 Kgf	-1790	-0,16	0,00%
t=30	-1530	-0,16	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

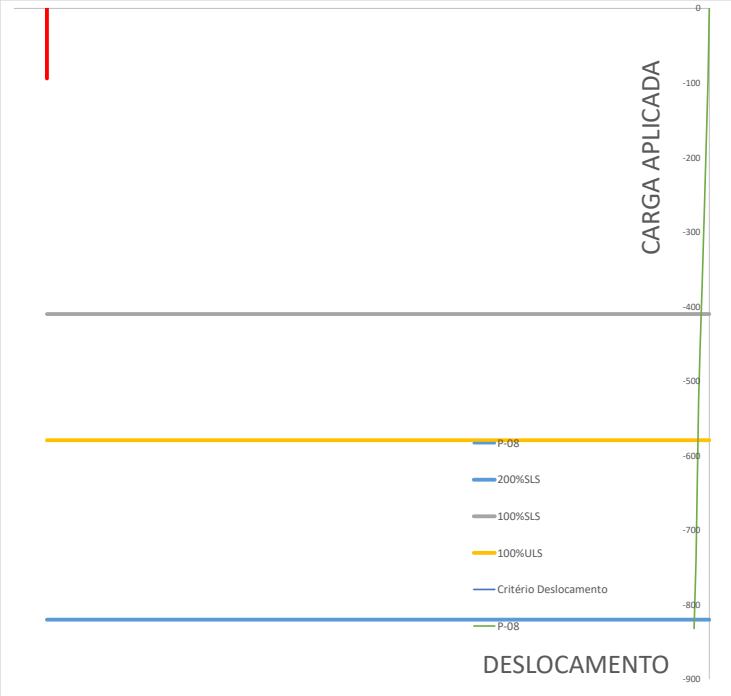
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-08
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 001_VC
Tipo de Teste	Vertical C
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	13

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
-103 Kgf	-94	-0,02	0,00%
t=30	-94	-0,02	
0 Kgf			
t=30			
-205 Kgf	-188	-0,05	0,00%
t-30	-188	-0,05	
0 Kgf			
t=30			
-308 Kgf	-281	-0,08	0,00%
t=30	-281	-0,08	
0 Kgf			
t=30			
-410 Kgf	-371	-0,11	0,00%
t=30	-371	-0,11	
0 Kgf			
t=30			
-513 Kgf	-462	-0,14	0,00%
t=30	-462	-0,14	
0 Kgf			
t=30			
-579 Kgf	-524	-0,16	0,00%
t=30	-524	-0,16	
0 Kgf			
t=30			
-718 Kgf	-740	-0,20	0,00%
t=30	-740	-0,20	
0 Kgf			
t=30			
-820 Kgf	-832	-0,23	0,00%
t=30	-832	-0,23	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

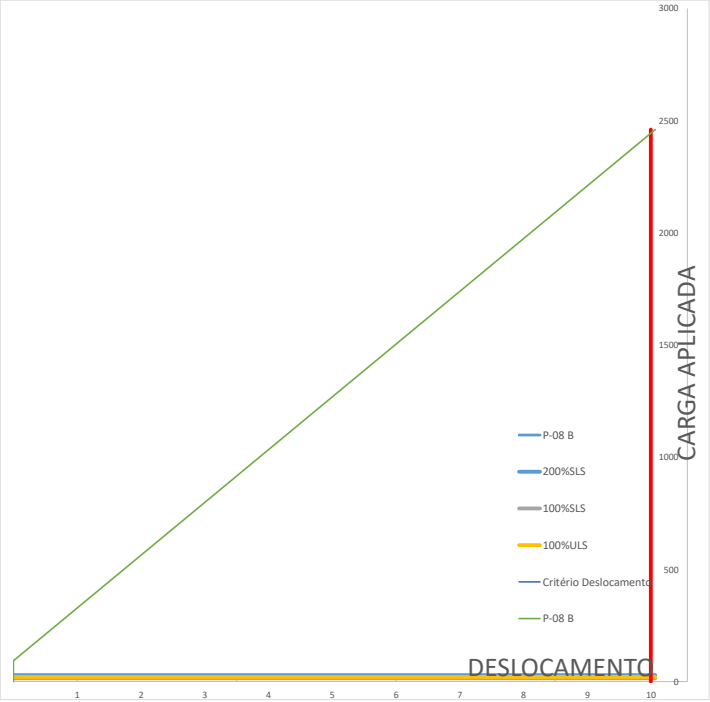
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS-IV-VIII
Identificação do Teste	P-08 B
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_VT
Tipo de Teste	Vertical T
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	13

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
4 Kgf	11	0,00	#DIV/0!
t=30	11	0,00	
0 Kgf			
t=30			
7 Kgf	24	0,00	#DIV/0!
t-30	24	0	
0 Kgf			
t=30			
11 Kgf	35	0,00	#DIV/0!
t=30	35	0	
0 Kgf			
t=30			
14 Kgf	47	0,00	#DIV/0!
t=30	47	0	
0 Kgf			
t=30			
18 Kgf	60	0,00	#DIV/0!
t=30	60	0	
0 Kgf			
t=30			
20 Kgf	66	0,00	#DIV/0!
t=30	66	0	
0 Kgf			
t=30			
25 Kgf	83	0,00	#DIV/0!
t=30	83	0	
0 Kgf			
t=30			
29 Kgf	93	0,00	#DIV/0!
t=30	93	0	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA	2460	10	#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			



SATURADO 300L

STi norland

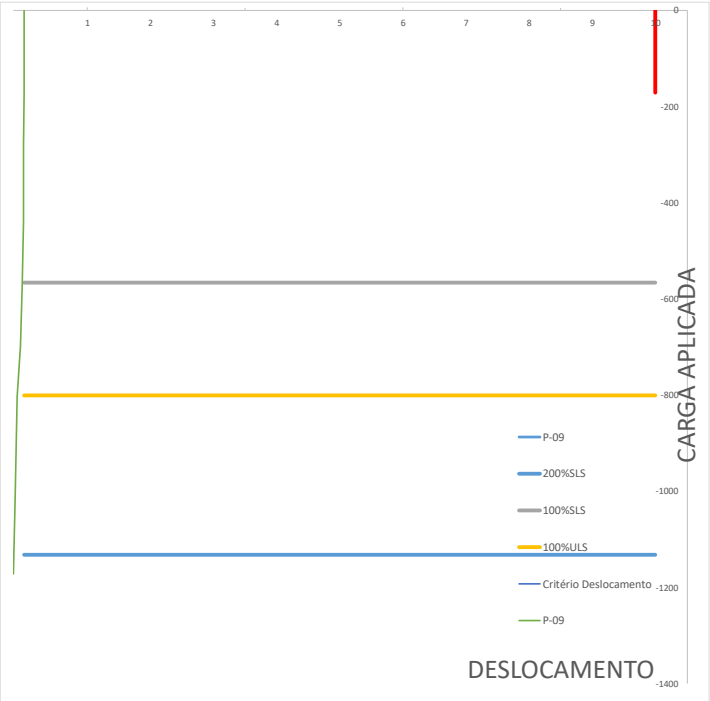
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS-IV-VIII
Identificação do Teste	P-09
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_VC
Tipo de Teste	Vertical C
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	13

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
-142 Kgf	-171	0,00	#DIV/0!
t=30	-171	0,00	
0 Kgf			
t=30			
-283 Kgf	-283	-0,01	0,00%
t-30	-283	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-425 Kgf	-440	-0,01	0,00%
t=30	-440	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-566 Kgf	-572	-0,03	0,00%
t=30	-572	-0,03	
0 Kgf			
t=30			
-708 Kgf	-699	-0,06	0,00%
t=30	-699	-0,06	
0 Kgf			
t=30			
-801 Kgf	-803	-0,11	0,00%
t=30	-803	-0,11	
0 Kgf			
t=30			
-991 Kgf	-1011	-0,14	0,00%
t=30	-1011	-0,14	
0 Kgf			
t=30			
-1132 Kgf	-1172	-0,17	0,00%
t=30	-1172	-0,17	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

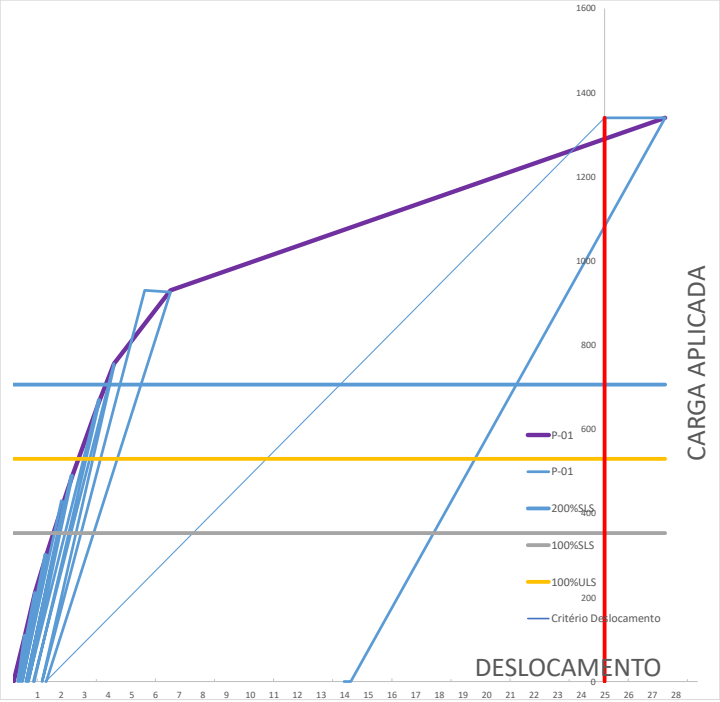
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MARCIO SHINDY FUKAMIZU
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-01
Latitude	24M 616362
Longitude	24M 9224344
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	2
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	15

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
88 Kgf	104	0,45	39,13%
t=30	110	0,46	
0 Kgf	0 Kgf	0,18	
t=30	0 Kgf	0,18	
176 Kgf	212	0,89	28,57%
t-30	210	0,91	
0 Kgf	0 Kgf	0,28	
t=30	0 Kgf	0,26	
265 Kgf	303	1,33	25,71%
t=30	301	1,4	
0 Kgf	0 Kgf	0,37	
t=30	0 Kgf	0,36	
353 Kgf	430	2,02	24,41%
t=30	426	2,13	
0 Kgf	0 Kgf	0,54	
t=30	0 Kgf	0,52	
441 Kgf	490	2,43	24,50%
t=30	490	2,49	
0 Kgf	0 Kgf	0,63	
t=30	0 Kgf	0,61	
529 Kgf	670	3,58	23,01%
t=30	670	3,65	
0 Kgf	0 Kgf	0,87	
t=30	0 Kgf	0,84	
618 Kgf	756	4,24	28,47%
t=30	750	4,25	
0 Kgf	0 Kgf	1,21	
t=30	0 Kgf	1,21	
706 Kgf	930	5,55	20,48%
t=30	926	6,64	
0 Kgf	0 Kgf	1,38	
t=30	0 Kgf	1,36	
CARGA DE RUPTURA	1340	25	50,73%
t=30	1340	27,56	
0 Kgf	0 Kgf	14,26	
t=30	0 Kgf	13,98	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

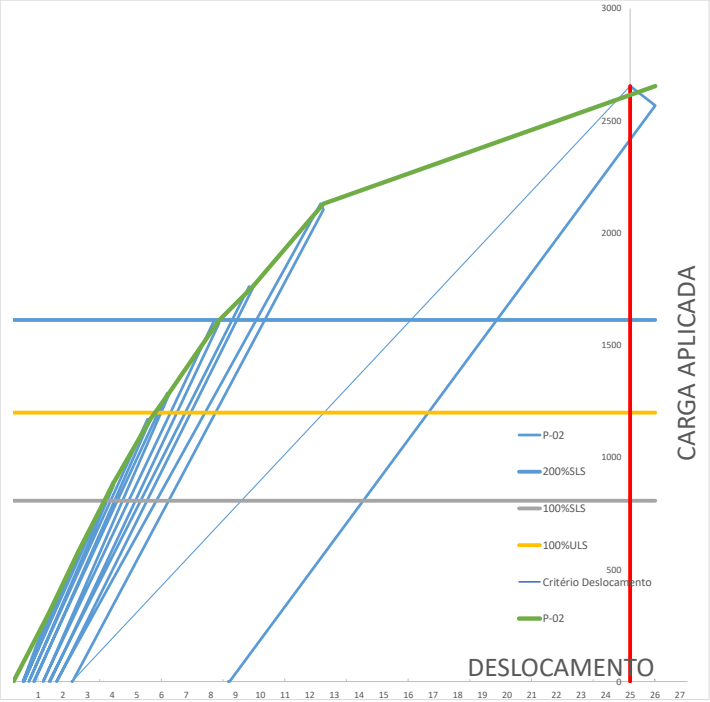
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-02
Latitude	24M 616362
Longitude	24M 9224344
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	2
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	10

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
201 Kgf	305	1,41	27,08%
t=30	310	1,44	
0 Kgf	0 Kgf	0,39	
t=30	0 Kgf	0,39	
403 Kgf	580	2,61	16,29%
t-30	573	2,64	
0 Kgf	0 Kgf	0,44	
t=30	0 Kgf	0,43	
604 Kgf	888	4,03	15,23%
t=30	876	4,07	
0 Kgf	0 Kgf	0,63	
t=30	0 Kgf	0,62	
806 Kgf	1170	5,44	14,77%
t=30	1168	5,55	
0 Kgf	0 Kgf	0,85	
t=30	0 Kgf	0,82	
1007 Kgf	1286	6,24	19,02%
t=30	1280	6,31	
0 Kgf	0 Kgf	1,22	
t=30	0 Kgf	1,2	
1199 Kgf	1610	8,14	17,39%
t=30	1597	8,34	
0 Kgf	0 Kgf	1,49	
t=30	0 Kgf	1,45	
1410 Kgf	1760	9,55	17,94%
t=30	1753	9,7	
0 Kgf	0 Kgf	1,77	
t=30	0 Kgf	1,74	
1612 Kgf	2130	12,45	18,85%
t=30	2103	12,57	
0 Kgf	0 Kgf	2,4	
t=30	0 Kgf	2,37	
CARGA DE RUPTURA	2654	25	33,44%
t=30	2567	26,02	
0 Kgf	0 Kgf	8,76	
t=30	0 Kgf	8,7	

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

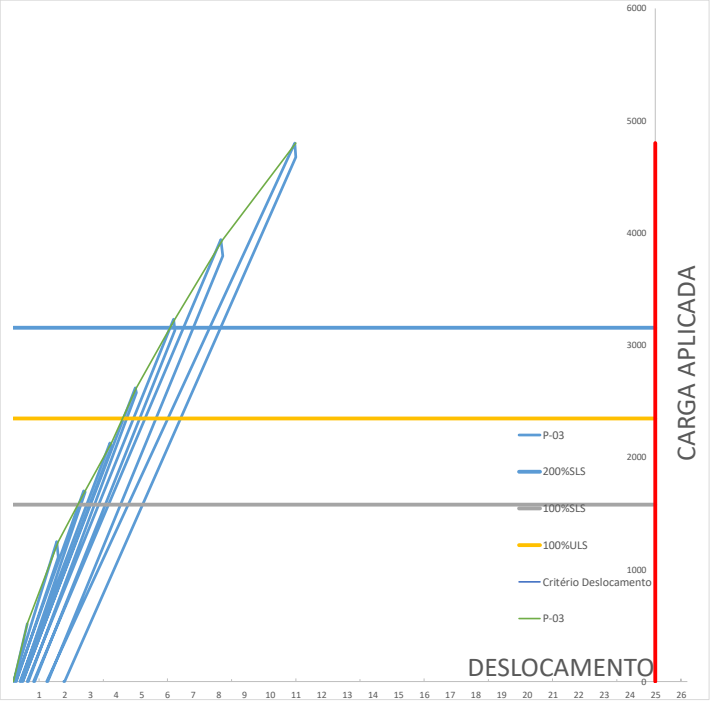
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-03
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	2
Altura do tiro (m)	0,36
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	10

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
394 Kgf	514	0,54	1,85%
t=30	513	0,54	
0 Kgf	0 Kgf	0,02	
t=30	0 Kgf	0,01	
788 Kgf	1247	1,69	5,14%
t-30	1110	1,75	
0 Kgf	0 Kgf	0,11	
t=30	0 Kgf	0,09	
1183 Kgf	1700	2,74	9,29%
t=30	1690	2,8	
0 Kgf	0 Kgf	0,29	
t=30	0 Kgf	0,26	
1577 Kgf	2126	3,76	9,42%
t=30	2090	3,82	
0 Kgf	0 Kgf	0,37	
t=30	0 Kgf	0,36	
1971 Kgf	2618	4,75	11,27%
t=30	2575	4,79	
0 Kgf	0 Kgf	0,58	
t=30	0 Kgf	0,54	
2345 Kgf	3230	6,24	12,56%
t=30	3131	6,29	
0 Kgf	0 Kgf	0,83	
t=30	0 Kgf	0,79	
2760 Kgf	3939	8,08	15,93%
t=30	3794	8,16	
0 Kgf	0 Kgf	1,34	
t=30	0 Kgf	1,3	
3154 Kgf	4800	10,96	17,82%
t=30	4674	11	
0 Kgf	0 Kgf	2	
t=30	0 Kgf	1,96	
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

STi norland

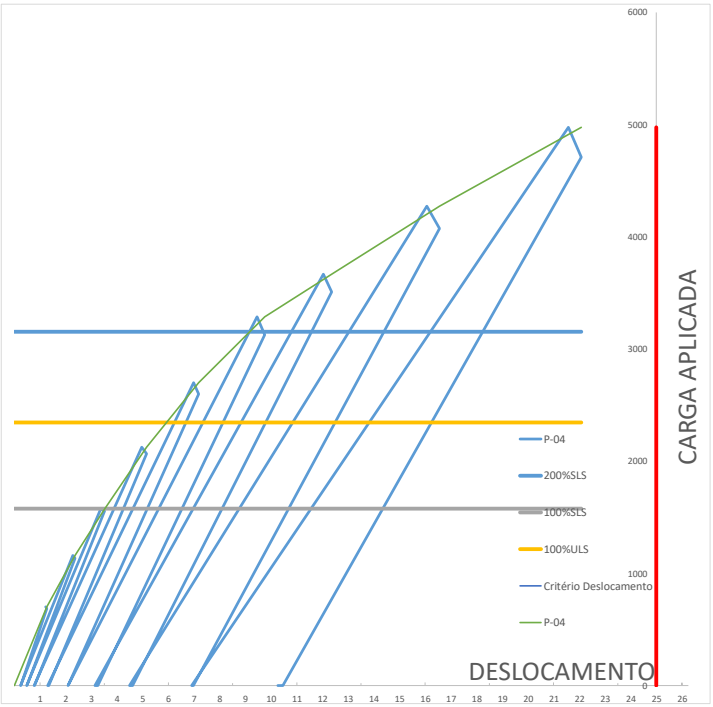
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-04
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	0,36
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	16

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0,00	0
394 Kgf	701	1,22	19,05%
t=30	686	1,26	
0 Kgf	0 Kgf	0,25	
t=30	0 Kgf	0,24	
788 Kgf	1159	2,28	20,34%
t-30	1135	2,36	
0 Kgf	0 Kgf	0,49	
t=30	0 Kgf	0,48	
1183 Kgf	1574	3,36	21,94%
t=30	1555	3,51	
0 Kgf	0 Kgf	0,79	
t=30	0 Kgf	0,77	
1577 Kgf	2124	4,96	25,24%
t=30	2067	5,15	
0 Kgf	0 Kgf	1,34	
t=30	0 Kgf	1,30	
1971 Kgf	2700	6,98	29,11%
t=30	2599	7,18	
0 Kgf	0 Kgf	2,09	
t=30	0 Kgf	2,09	
2345 Kgf	3286	9,45	32,21%
t=30	3126	9,75	
0 Kgf	0 Kgf	3,25	
t=30	0 Kgf	3,14	
2760 Kgf	3666	12,03	36,25%
t=30	3508	12,36	
0 Kgf	0 Kgf	4,60	
t=30	0 Kgf	4,48	
3154 Kgf	4272	16,06	41,67%
t=30	4074	16,56	
0 Kgf	0 Kgf	6,97	
t=30	0 Kgf	6,90	
CARGA DE RUPTURA	4976	21,58	46,47%
t=30	4709	22,08	
0 Kgf	0 Kgf	10,46	
t=30	0 Kgf	10,26	



SATURADO 300L

STi norland

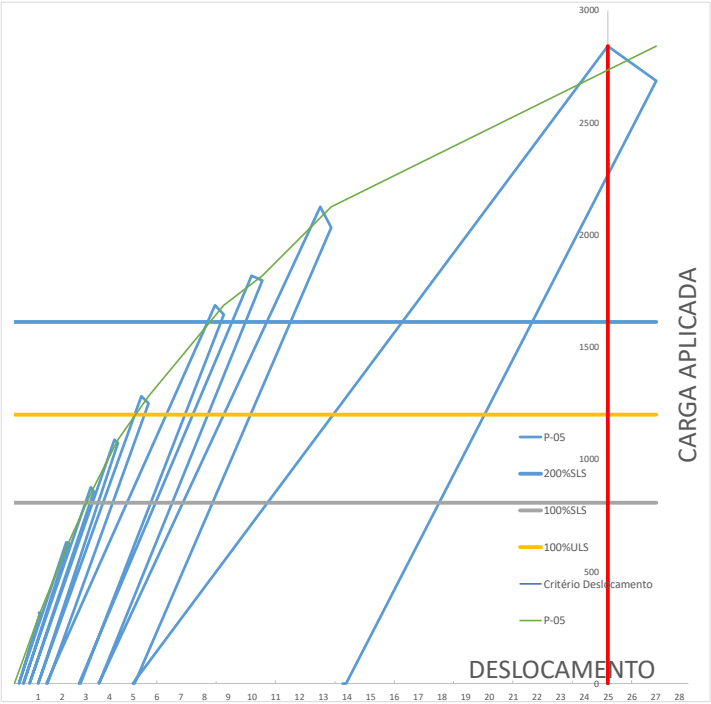
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-05
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	05/12/2019
Data do teste	05/12/2019
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Cravação direta
Tempo de cravação (s)	13

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
201 Kgf	316	1,03	17,59%
t=30	316	1,08	
0 Kgf	0 Kgf	0,2	
t=30	0 Kgf	0,19	
403 Kgf	630	2,19	16,16%
t-30	627	2,29	
0 Kgf	0 Kgf	0,39	
t=30	0 Kgf	0,37	
604 Kgf	875	3,22	19,10%
t=30	856	3,35	
0 Kgf	0 Kgf	0,64	
t=30	0 Kgf	0,64	
806 Kgf	1087	4,21	22,94%
t=30	1072	4,36	
0 Kgf	0 Kgf	1,01	
t=30	0 Kgf	1	
1007 Kgf	1281	5,35	23,89%
t=30	1249	5,65	
0 Kgf	0 Kgf	1,39	
t=30	0 Kgf	1,35	
1199 Kgf	1686	8,45	30,84%
t=30	1644	8,82	
0 Kgf	0 Kgf	2,79	
t=30	0 Kgf	2,72	
1410 Kgf	1818	9,99	34,10%
t=30	1796	10,44	
0 Kgf	0 Kgf	3,56	
t=30	0 Kgf	3,56	
1612 Kgf	2125	12,89	37,38%
t=30	2032	13,35	
0 Kgf	0 Kgf	5,06	
t=30	0 Kgf	4,99	
CARGA DE RUPTURA	2841	25	51,15%
t=30	2686	27,04	
0 Kgf	0 Kgf	13,97	
t=30	0 Kgf	13,83	



SATURADO 300L

STi norland

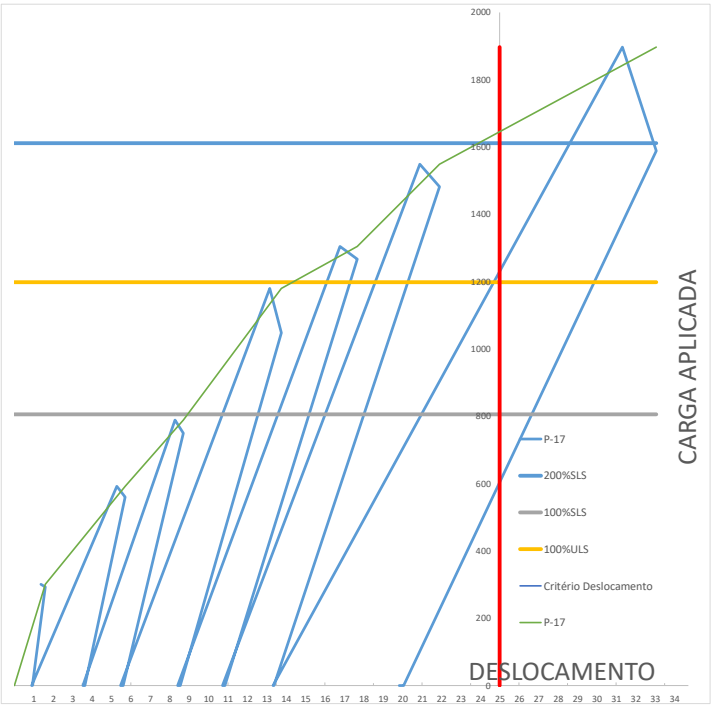
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-17
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,1
Tipo de Fundação	Micropilote 10"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
201 Kgf	301	1,37	55,97%
t=30	293	1,59	
0 Kgf	0 Kgf	0,93	
t=30	0 Kgf	0,89	
403 Kgf	592	5,28	61,82%
t-30	560	5,71	
0 Kgf	0 Kgf	3,63	
t=30	0 Kgf	3,53	
604 Kgf	789	8,28	62,87%
t=30	750	8,7	
0 Kgf	0 Kgf	5,6	
t=30	0 Kgf	5,47	
806 Kgf	1180	13,16	61,16%
t=30	1048	13,75	
0 Kgf	0 Kgf	8,55	
t=30	0 Kgf	8,41	
1007 Kgf	1305	16,78	60,70%
t=30	1267	17,66	
0 Kgf	0 Kgf	10,85	
t=30	0 Kgf	10,72	
1199 Kgf	1549	20,89	60,87%
t=30	1482	21,9	
0 Kgf	0 Kgf	13,37	
t=30	0 Kgf	13,33	
1410 Kgf	1897	31,33	59,96%
t=30	1589	33,07	
0 Kgf	0 Kgf	20,05	
t=30	0 Kgf	19,83	
1612 Kgf			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			



SATURADO 300L
CONCRETO 0,60 M DO SOLO
CONCRETO FRATUROU

STi norland

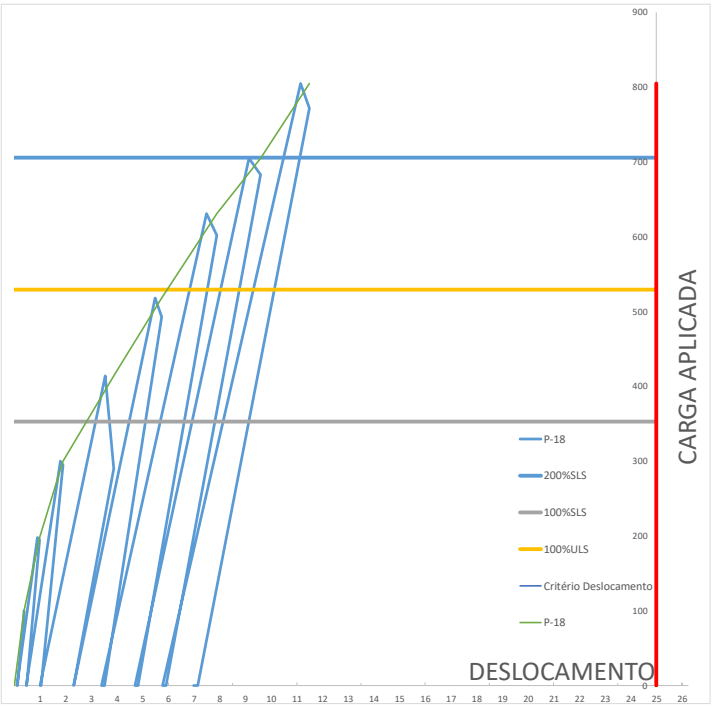
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMOS IV-VIII
Identificação do Teste	P-18
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Micropilote 8"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
88 Kgf	100	0,37	26,32%
t=30	99	0,38	
0 Kgf	0 Kgf	0,12	
t=30	0 Kgf	0,10	
176 Kgf	198	0,90	46,94%
t-30	195	0,98	
0 Kgf	0 Kgf	0,48	
t=30	0 Kgf	0,46	
265 Kgf	300	1,79	52,91%
t=30	295	1,89	
0 Kgf	0 Kgf	1,04	
t=30	0 Kgf	1	
353 Kgf	414	3,54	59,69%
t=30	290	3,87	
0 Kgf	0 Kgf	2,31	
t=30	0 Kgf	2,31	
441 Kgf	518	5,48	59,06%
t=30	493	5,74	
0 Kgf	0 Kgf	3,51	
t=30	0 Kgf	3,39	
529 Kgf	631	7,48	59,64%
t=30	602	7,88	
0 Kgf	0 Kgf	4,82	
t=30	0 Kgf	4,7	
618 Kgf	705	9,14	60,17%
t=30	683	9,59	
0 Kgf	0 Kgf	5,91	
t=30	0 Kgf	5,77	
706 Kgf	805	11,15	60,75%
t=30	772	11,49	
0 Kgf	0 Kgf	7,14	
t=30	0 Kgf	6,98	
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			



SATURADO 300L

CONCRETO 0,60 DO SOLO

STi norland

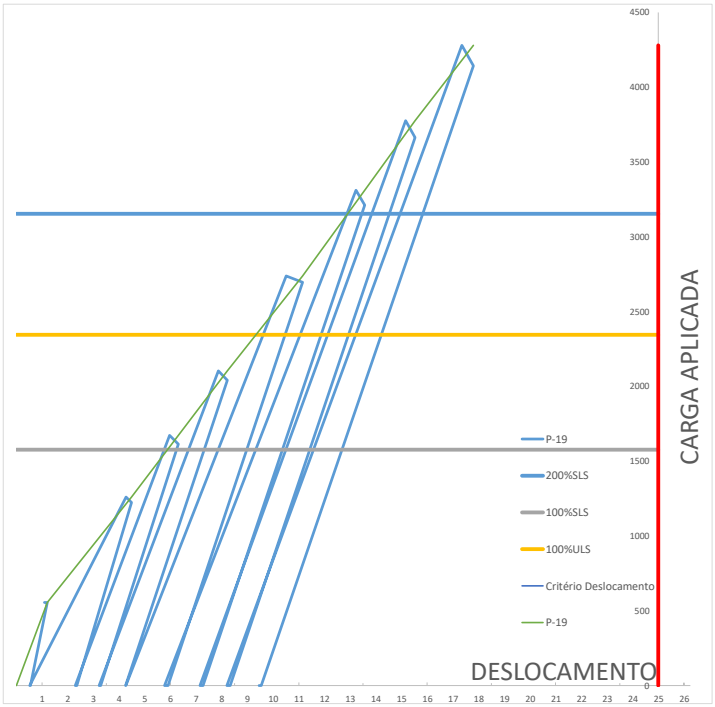
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMOS IV-VIII
Identificação do Teste	P-19
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	0,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Microplilote 12"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
394 Kgf	555	1,09	43,33%
t=30	556	1,20	
0 Kgf	0 Kgf	0,55	
t=30	0 Kgf	0,52	
788 Kgf	1260	4,27	51,12%
t-30	1223	4,48	
0 Kgf	0 Kgf	2,35	
t=30	0 Kgf	2,29	
1183 Kgf	1672	5,97	51,03%
t=30	1614	6,31	
0 Kgf	0 Kgf	3,28	
t=30	0 Kgf	3,22	
1577 Kgf	2104	7,87	51,82%
t=30	2041	8,22	
0 Kgf	0 Kgf	4,25	
t=30	0 Kgf	4,26	
1971 Kgf	2739	10,51	51,75%
t=30	2696	11,15	
0 Kgf	0 Kgf	5,91	
t=30	0 Kgf	5,77	
2345 Kgf	3312	13,23	52,69%
t=30	3212	13,57	
0 Kgf	0 Kgf	7,27	
t=30	0 Kgf	7,15	
2760 Kgf	3776	15,16	52,80%
t=30	3664	15,53	
0 Kgf	0 Kgf	8,33	
t=30	0 Kgf	8,2	
3154 Kgf	4280	17,35	53,09%
t=30	4143	17,8	
0 Kgf	0 Kgf	9,54	
t=30	0 Kgf	9,45	
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			



SATURADO 300L
CONCRETO 0,60 M DO SOLO

STi norland

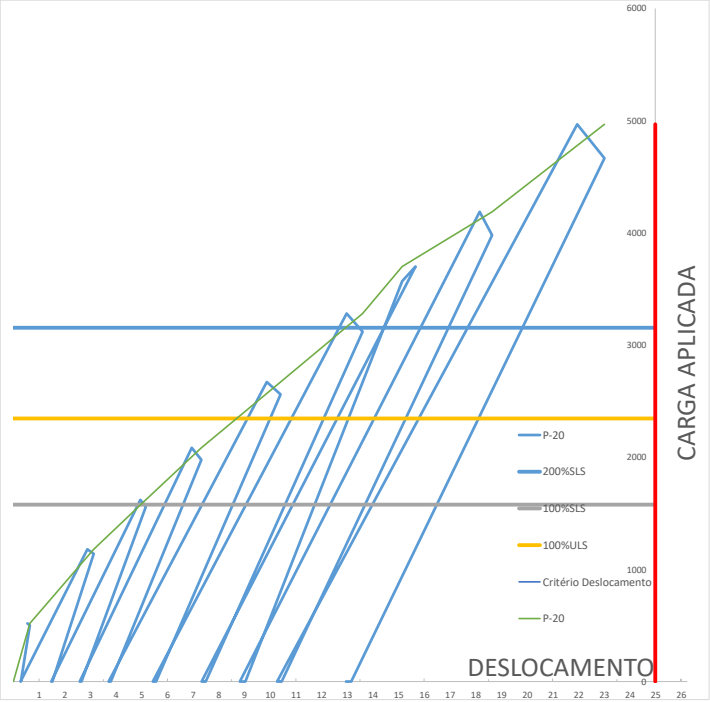
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMOS IV-VIII
Identificação do Teste	P-20
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	0,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Microplilote 12"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
394 Kgf	518	0,55	43,75%
t=30	501	0,64	
0 Kgf	0 Kgf	0,29	
t=30	0 Kgf	0,28	
788 Kgf	1180	2,88	47,28%
t-30	1138	3,13	
0 Kgf	0 Kgf	1,52	
t=30	0 Kgf	1,48	
1183 Kgf	1620	4,94	50,00%
t=30	1557	5,16	
0 Kgf	0 Kgf	2,65	
t=30	0 Kgf	2,58	
1577 Kgf	2083	6,95	50,68%
t=30	1976	7,32	
0 Kgf	0 Kgf	3,79	
t=30	0 Kgf	3,71	
1971 Kgf	2671	9,87	52,16%
t=30	2559	10,41	
0 Kgf	0 Kgf	5,56	
t=30	0 Kgf	5,43	
2345 Kgf	3280	12,98	53,90%
t=30	3118	13,6	
0 Kgf	0 Kgf	7,49	
t=30	0 Kgf	7,33	
2760 Kgf	3700	15,66	58,26%
t=30	3570	15,14	
0 Kgf	0 Kgf	9,03	
t=30	0 Kgf	8,82	
3154 Kgf	4188	18,16	55,07%
t=30	3979	18,65	
0 Kgf	0 Kgf	10,45	
t=30	0 Kgf	10,27	
CARGA DE RUPTURA	4967	22	56,26%
t=30	4665	23,02	
0 Kgf	0 Kgf	13,16	
t=30	0 Kgf	12,95	

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

CONCRETO 1,00 M DO SOLO

STi norland

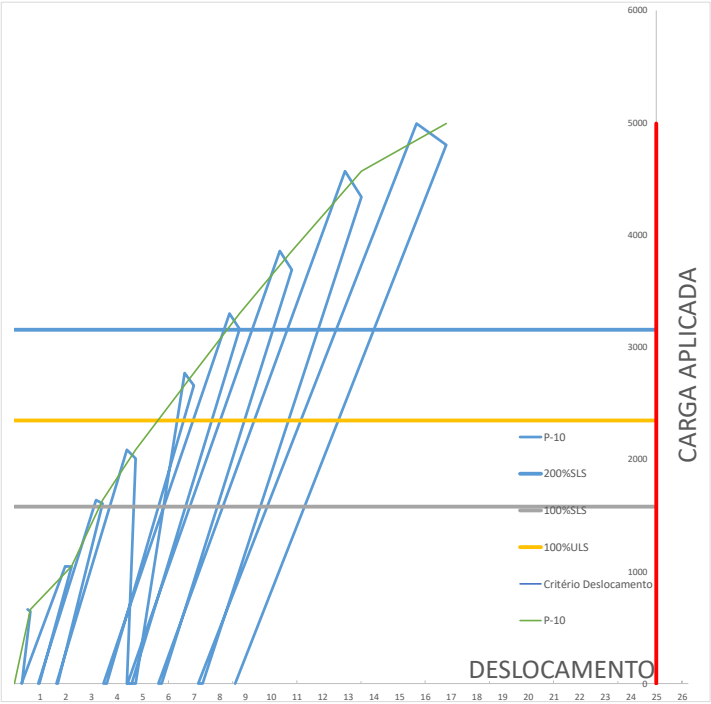
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-10
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,8
Altura do tiro (m)	0,36
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Micropilote 12"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
394 Kgf	661	0,51	45,16%
t=30	643	0,62	
0 Kgf	0 Kgf	0,29	
t=30	0 Kgf	0,28	
788 Kgf	1045	1,98	41,70%
t-30	1042	2,23	
0 Kgf	0 Kgf	0,97	
t=30	0 Kgf	0,93	
1183 Kgf	1636	3,18	47,67%
t=30	1605	3,44	
0 Kgf	0 Kgf	1,69	
t=30	0 Kgf	1,64	
1577 Kgf	2084	4,38	100,00%
t=30	2005	4,72	
0 Kgf	0 Kgf	4,38	
t=30	0 Kgf	4,72	
1971 Kgf	2768	6,63	49,64%
t=30	2656	6,99	
0 Kgf	0 Kgf	3,6	
t=30	0 Kgf	3,47	
2345 Kgf	3298	8,38	50,29%
t=30	3160	8,77	
0 Kgf	0 Kgf	4,57	
t=30	0 Kgf	4,41	
2760 Kgf	3856	10,34	51,90%
t=30	3689	10,81	
0 Kgf	0 Kgf	5,74	
t=30	0 Kgf	5,61	
3154 Kgf	4568	12,88	52,96%
t=30	4338	13,52	
0 Kgf	0 Kgf	7,33	
t=30	0 Kgf	7,16	
CARGA DE RUPTURA	4992	16	51,13%
t=30	4801	16,82	
0 Kgf	0 Kgf	8,6	
t=30	0 Kgf	8,6	



SATURADO 300L

CONCRETADO DE 1,80 M

STi norland

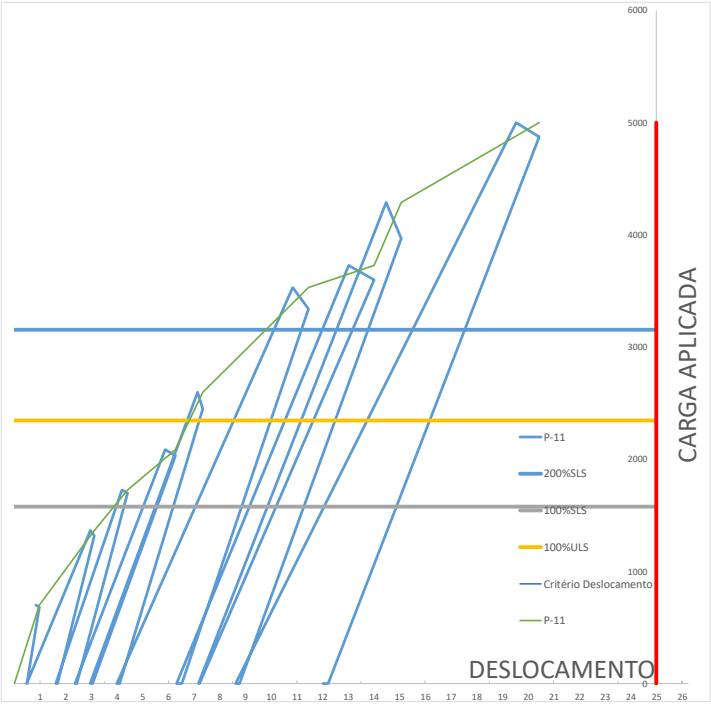
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-11
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SAC 001_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	0,36
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Micropilote 12"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0,00	0
394 Kgf	700	0,84	49,48%
t=30	683	0,97	
0 Kgf	0 Kgf	0,49	
t=30	0 Kgf	0,48	
788 Kgf	1364	2,96	51,77%
t-30	1317	3,11	
0 Kgf	0 Kgf	1,68	
t=30	0 Kgf	1,61	
1183 Kgf	1725	4,19	53,51%
t=30	1698	4,41	
0 Kgf	0 Kgf	2,43	
t=30	0 Kgf	2,36	
1577 Kgf	2086	5,87	47,05%
t=30	2032	6,27	
0 Kgf	0 Kgf	3,04	
t=30	0 Kgf	2,95	
1971 Kgf	2596	7,13	54,36%
t=30	2448	7,34	
0 Kgf	0 Kgf	4,10	
t=30	0 Kgf	3,99	
2345 Kgf	3531	10,84	55,20%
t=30	3339	11,45	
0 Kgf	0 Kgf	6,52	
t=30	0 Kgf	6,32	
2760 Kgf	3727	13,02	51,18%
t=30	3598	14,01	
0 Kgf	0 Kgf	7,21	
t=30	0 Kgf	7,17	
3154 Kgf	4289	14,48	57,20%
t=30	3966	15,07	
0 Kgf	0 Kgf	8,77	
t=30	0 Kgf	8,62	
CARGA DE RUPTURA	5000	19,54	58,81%
t=30	4873	20,44	
0 Kgf	0 Kgf	12,22	
t=30	0 Kgf	12,02	



SATURADO 300L

CONCRETADO 1,50 M

STi norland

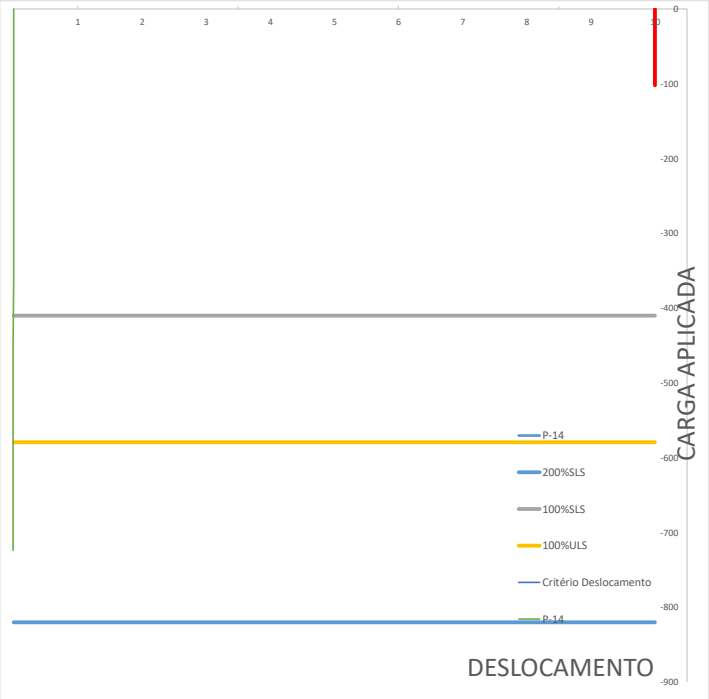
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	Coremas IV-VIII
Identificação do Teste	P-14
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 001_VC
Tipo de Teste	Vertical C
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Micropilote 10"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
-103 Kgf	-102	0,00	#DIV/0!
t=30	-102	0,00	
0 Kgf			
t=30			
-205 Kgf	-197	0,00	#DIV/0!
t-30	-197	0	
0 Kgf			
t=30			
-308 Kgf	-271	0,00	#DIV/0!
t=30	-271	0	
0 Kgf			
t=30			
-410 Kgf	-362	0,00	#DIV/0!
t=30	-362	0,00	
0 Kgf			
t=30			
-513 Kgf	-452	-0,01	0,00%
t=30	-452	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-579 Kgf	-540	-0,01	0,00%
t=30	-540	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-718 Kgf	-630	-0,01	0,00%
t=30	-630	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-820 Kgf	-724	-0,01	0,00%
t=30	-724	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

CONCRETAÇÃO 1,50 M

STi norland

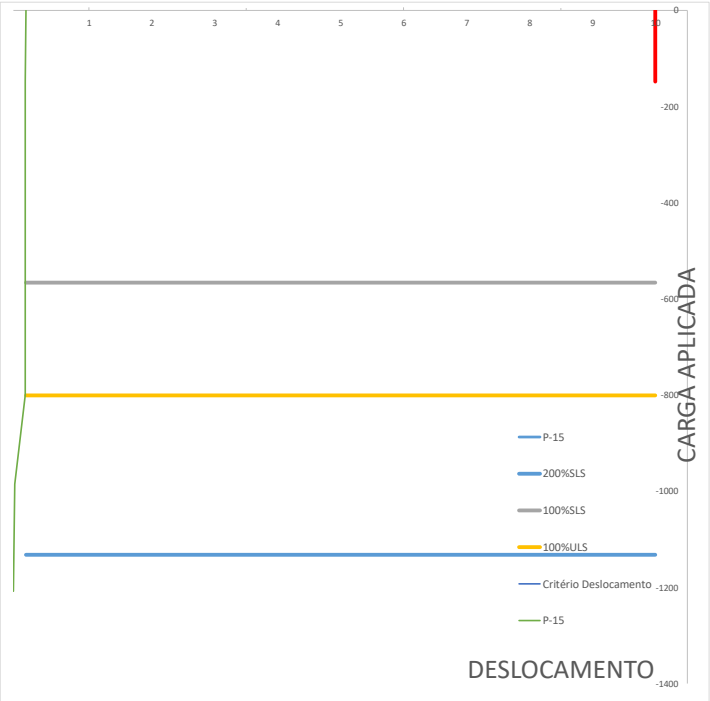
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-15
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_VC
Tipo de Teste	Vertical C
Profundidade Cravada (m)	1,4
Altura do tiro (m)	
Altura do relógio (m)	
Tipo de Fundação	Micropilote 8"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
-142 Kgf	-148	-0,01	0,00%
t=30	-148	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-283 Kgf	-291	-0,01	0,00%
t-30	-291	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-425 Kgf	-428	-0,01	0,00%
t=30	-428	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-566 Kgf	-564	-0,01	0,00%
t=30	-564	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-708 Kgf	-701	-0,01	0,00%
t=30	-701	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-801 Kgf	-800	-0,01	0,00%
t=30	-800	-0,01	
0 Kgf			
t=30			
-991 Kgf	-985	-0,18	0,00%
t=30	-985	-0,18	
0 Kgf			
t=30			
-1132 Kgf	-1208	-0,20	0,00%
t=30	-1208	-0,20	
0 Kgf			
t=30			
CARGA DE RUPTURA			#DIV/0!
t=30			
0 Kgf			
t=30			

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s



SATURADO 300L

CONCRETO 1,50 M

STi norland

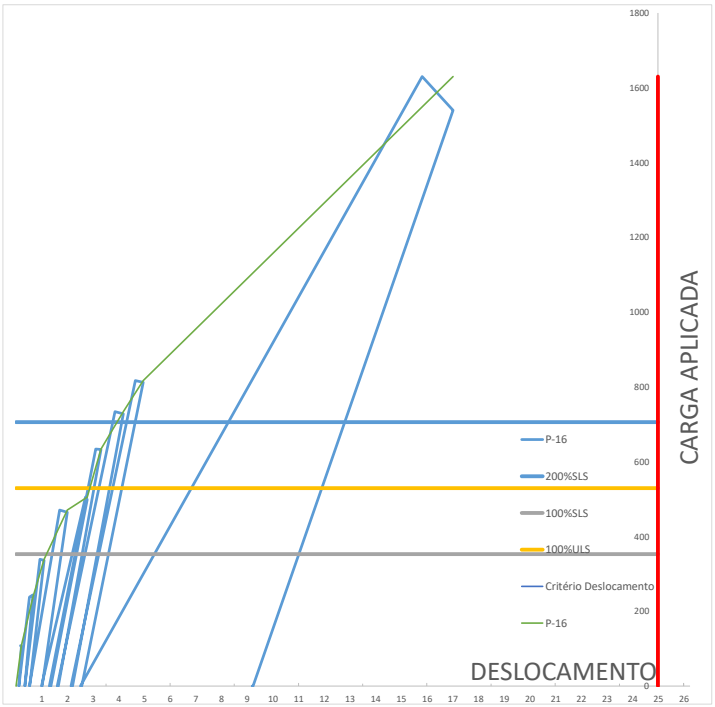
TESTE DE CARGA

DADOS DO TESTE	
Técnico Responsável	MSF
Nome do Projeto	COREMAS IV-VIII
Identificação do Teste	P-16
Latitude	
Longitude	
Altitude do projeto	
Data de cravação	
Data do teste	
Tipo de Estaca / Suporte	SOP 002_H
Tipo de Teste	Horizontal
Profundidade Cravada (m)	1,5
Altura do tiro (m)	1,32
Altura do relógio (m)	0,10
Tipo de Fundação	Micropilote 8"
Tempo de cravação (s)	

TIPO DE FORÇA APLICADA:				
	Carga		Carga	
	SLS			
	ULS			
NOTES:				
Tipos de esforço:	SLS	ULS	SLS	ULS
SAC 001_VC	-8,25	-11,6	-842	-1183
SAC 001_VT	-2,02	-3,4	-206	-347
SAC 001_H	15,46	22,99	1577	2345
SOP 001_VC	-4,02	-5,68	-410	-579
SOP 001_VT	-0,57	-0,24	-58	-24
SOP 001_H	7,9	11,75	806	1199
SOP 002_VC	-5,55	-7,85	-566	-801
SOP 002_VT	0,14	0,2	14	20
SOP 002_H	3,46	5,19	353	529

Isopletas: 0° - NBR 30.0 m/s

MEDIÇÕES			
Força [Kgf]		Delocamento (mm)	
Carga Teórica	Carga Aplicada		plastic
Kgf			
0	0	0	0
88 Kgf	108	0,17	52,38%
t=30	106	0,21	
0 Kgf	0 Kgf	0,11	
t=30	0 Kgf	0,11	
176 Kgf	238	0,52	51,52%
t-30	244	0,66	
0 Kgf	0 Kgf	0,34	
t=30	0 Kgf	0,34	
265 Kgf	339	0,93	47,71%
t=30	336	1,09	
0 Kgf	0 Kgf	0,53	
t=30	0 Kgf	0,52	
353 Kgf	471	1,70	49,50%
t=30	465	2	
0 Kgf	0 Kgf	1,02	
t=30	0 Kgf	0,99	
441 Kgf	505	2,70	46,93%
t=30	499	2,77	
0 Kgf	0 Kgf	1,36	
t=30	0 Kgf	1,3	
529 Kgf	634	3,10	48,34%
t=30	633	3,31	
0 Kgf	0 Kgf	1,65	
t=30	0 Kgf	1,6	
618 Kgf	734	3,85	51,20%
t=30	728	4,18	
0 Kgf	0 Kgf	2,2	
t=30	0 Kgf	2,14	
706 Kgf	817	4,65	50,71%
t=30	812	4,95	
0 Kgf	0 Kgf	2,56	
t=30	0 Kgf	2,51	
CARGA DE RUPTURA	1630	16	54,05%
t=30	1540	17,02	
0 Kgf	0 Kgf	9,23	
t=30	0 Kgf	9,2	



SATURADO 300L

CONCRETO 1,50 M

APÊNDICE D – Termos de Consentimento de Livre e Esclarecido

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA EMPRESA

1. Identificação da empresa:

Razão Social: RIO ALTO SERVIÇOS E CONSTRUÇÕES LTDA

CNPJ: 13.034.286/0001-78

Inscrição Estadual: 147.718.274.111

Endereço completo: Avenida Presidente Juscelino Kubitschek, 1600 Conj. 142 Sala C. Vila Nova Conceição – São Paulo – SP – 04543-000

Representante da empresa: EDMOND CHAKER FARHAT JUNIOR, com CPF nº 255.935.868-96

Telefone: (11) 3546-0900

e-mail: www.gruporioalto.com.br

2. Identificação do tipo de material bibliográfico:

(X) TCC de Graduação ( ) TCC de Especialização ( ) Artigo Científico

3. Identificação do Autor(a) e do Trabalho Acadêmico:

Nome: Luana Medeiros Araújo

RG: 3.823-298 CPF: 104.422.764-86

Nome do(a) orientador(a): Fábio Lopes Soares

Curso: Engenharia Civil

Como representante da empresa acima nominada, declaro que as informações e/ou documentos disponibilizados pela empresa para o trabalho citado:

(x) Podem ser publicados sem restrição.

( ) Possuem restrição parcial por um período de ____ anos, não podendo ser publicadas as seguintes informações e/ou documentos:

( ) Possuem restrição total para publicação por um período de ___ anos, pelos seguintes motivos:_____

EDMOND CHAKER FARHAT JUNIOR:25593586896

Assinado de forma digital por EDMOND CHAKER FARHAT JUNIOR:25593586896
Dados: 2022.11.01 08:57:03 -03'00'

Representante da empresa:

Coremas – 01 de Novembro de 2022.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

1. Identificação da empresa:

Razão Social: **STINORLAND BRASIL LTDA**

CNPJ: 22.314.723/0001-06

Endereço completo: Rua Nova do Parafuso, S/N, Km 13,5, Parafuso, Camaçari – BA, CEP 42811-344

Representante : Gabrielle Silva Santos

Telefone: 11 912350867

e-mail: gsantos@stinorland.com

2. Identificação do tipo de material bibliográfico:

(X) TCC de Graduação ( ) TCC de Especialização ( ) Artigo Científico

3. Objetivo da pesquisa:

Comparativo entres os métodos de execução das fundações de estacas metálicas da UFV Coremas (CO4 a CO8). As informações que serão divulgadas envolvem o quantitativo previsto e executado de fundações; Ensaios SPT e Test de Pull Out realizados nas UFV's de 4 a 8; e datas de início e fim da execução do serviço.

4. Identificação do Autor(a) e do Trabalho Acadêmico:

Nome: Luana Medeiros Araújo

RG: 3.823-298 CPF: 104.422.764-86

Nome do(a) orientador(a): Fábio Lopes Soares

Curso: Engenharia Civil

Como representante da empresa acima nominada, declaro que as informações e/ou documentos disponibilizados pela empresa para o trabalho citado:

( ) Podem ser publicados sem restrição.

( ) Possuem restrição parcial por um período de ____ anos, não podendo ser publicadas as seguintes informações e/ou documentos:

(_X) Possuem restrição total para publicação, pelos seguintes motivos: Somos uma empresa listada na bolsa de valores dos EUA, e quaisquer publicações dependem de aprovação expressa dos nossos Controladores._____

_____

STINorland Brasil LTDA

Coremas –16 de Novembro de 2022.