
		MEMORIAL DESCRITIVO			
		PARQUE SOLAR NO MORRO BOA VISTA			
		CLIENTE:	MONOBLOCO CONSTRUÇÃO		
		REFERÊNCIA:	PROJETO EXECUTIVO DE FUNDAÇÕES E DRENAGEM		
		LOCAL:	MORRO BOA VISTA, NITERÓI, RJ		
REVISÕES					
REV.	DATA	DESCRIÇÃO	ELAB.	VERIF.	APROV.
0	04/03/2021	EMISSÃO INICIAL	RMG	ELJ	RMG
<p><b>MEMORIAL DESCRITIVO</b></p> <p><b>FUNDAÇÕES</b></p> <p><b>DAS PLACAS SOLARES</b></p> <p>,4</p>					
GROUNDTECH ENGENHARIA LTDA.			ELAB.	RMG	04/03/2021
			VERIF.	ELJ	04/03/2021
			APROV.	RMG	04/03/2021
RESPONSÁVEL TÉCNICO: ENG. YVAN FATTORI PIMENTA CREA RJ-1981106185/D		ASSINATURA:	PROJETISTA: RONEY GOMES CREA RJ-2011107509		Nº ART (PROJETO): 2020200103100
FORMATO: A4	Nº DOCTO (GROUNDTECH): MD-GT-BV-0001	Nº (CLIENTE): MD-GT-BV-0001		REV. 0	

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	3
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA .....	3
3. ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO .....	5
4. ESTACA HELICOIDAL ADOTADA.....	6
5. REQUISITOS PARA O PROJETO MECÂNICO.....	7
6. REQUISITOS PARA FABRICAÇÃO.....	7
6.1. REQUISITOS PARA A INSPEÇÃO DA PRODUÇÃO .....	8
6.2. CONTROLE DE QUALIDADE .....	9
7. PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO .....	10
8. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS FUNDAÇÕES .....	10
8.1. PROVAS DE CARGA ESTÁTICAS .....	10
8.2. ENSAIOS DE ROTINA .....	11
9. MANUTENÇÃO.....	12
ANEXO – EXEMPLOS DE EXECUÇÃO MANUAL DE ESTACAS HELICOIDAIS.....	13

Leila Ferraz Figueireuo  
 PAT. 1  
 DCPR/EMUSA  
 Mat: 02493

## 1. INTRODUÇÃO

Este documento tem o objetivo de apresentar recomendações técnicas para as estacas helicoidais especificadas para as fundações dos módulos solares do Parque Solar Boa Vista, localizado no Morro Boa Vista, Niterói, RJ.

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

### - Referências do projeto

- DE-GT-BV-0001 - Estudo de implantação: Especificação das Investigações Geotécnicas.
  - DE-GT-BV-0002 - Estudo de implantação: Arranjo dos Painéis Solares.
  - DE-GT-BV-0004 – Fundações dos Painéis Solares: Locação e Detalhes.
  - DE-GT-BV-0005 – Fundações dos Painéis Solares: Corte e Detalhes.
  - MC-GT-BV-0001 – Memória de Cálculo – Esforços de Vento nas Placas Solares.
  - MC-GT-BV-0003 – Memória de Cálculo – Dimensionamento das Fundações das Placas Solares.
  - NT-GT-BV-0001 - Especificação de investigações.
  - RT-GT-BV-0001 - Relatório Técnico 1 - Interpretação das Investigações Geotécnicas - Sondagens a Percussão.
  - RT-GT-BV-0002 - Relatório Técnico 2 - Interpretação das Investigações Geotécnicas – Ensaios de Laboratório.
  - VS\_Relatorio\_Planialtimetrico\_BoaVista - Relatório de Levantamento Planialtimétrico.
  - Boletins de sondagens a percussão executadas pela RPJ Engenharia LTDA entre setembro e dezembro/2020.
  - Resultados de ensaios de laboratório (caracterização, triaxiais e cisalhamento direto) executados pela HGSOLOS Serviços Geotécnicos LTDA em novembro/2020.
- ### - Referências normativas
- NBR 5426:1985 - Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos.

Lella Ferreira Figueiredo  
FAO - V  
DCPR / EMUSA  
Mat. 02493

- NBR 5590:2015 - Tubos de aço-carbono com ou sem solda longitudinal, pretos ou galvanizados – Requisitos.
- NBR 6122:2019 - Projeto e execução de fundações.
- NBR 6323:2016 - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificação.
- NBR 8681:2003 - Ações e segurança nas estruturas.
- NBR 8800:2008 - Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.
- NBR 10899:2020 - Energia solar fotovoltaica - Terminologia.
- NBR 15218:2018 - Critério para qualificação e certificação de inspetores de pintura industrial.
- NBR 15421:2006 - Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimento.
- NBR 15877:2020 - Pintura industrial - Determinação da resistência à tração em sistemas de pintura e outros revestimentos anticorrosivos.
- NBR 16450:2016 - Ensaio não destrutivo – Líquido penetrante – Qualificação de procedimento.
- NBR 16903:2020 - Solo - Prova de carga estática em fundação profunda.
- NBR ISO/IEC 17025 - Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração.
- **Outras referências**
- A.B. CHANCE Co. (2008). Guide to model specification - Helical Piles for Structural Support. Hubbell.
- ASTM A500/A500M, Standard specification for cold-formed welded and seamless carbon steel structural tubing in rounds and shapes.
- ASTM A513/A513M, Electric-resistance-welded carbon and alloy steel mechanical tubing.
- AWS D1.1, Structural welding code – Steel.
- PERKO, H.A. (2009) Helical Piles, A Practical Guide to Design and Installation, John Wiley & Sons, Inc..
- Recomendações Técnicas para Projeto, Instalação e Manutenção de Estacas Helicoidais em Linhas de Transmissão e Distribuição – CIGRÉ Brasil - B2-20 (GT-07) 01.

 Leila Ferreira Figueiredo  
 PAT. 1  
 DCPR/EMUSA  
 Mat: 02493

### 3. ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

O Morro Boa Vista, local onde será implantado o Parque Solar, apresenta condicionantes particulares que tornam a concepção das fundações dos painéis solares um desafio.

Um destes aspectos é o difícil acesso, o que pode inviabilizar a mobilização de equipamentos de médio e grande portes.

Outro fator interveniente é a forte inclinação do talude (da ordem de 40°), que dificulta a execução de movimentos de terra para a implantação de vias de serviço e circulação de equipamentos com segurança. Adicionalmente, há a preocupação quanto à ocorrência de instabilizações de talude e/ou desenvolvimento de processos erosivos, o que pode levar à remoção/descalçamento das fundações dos painéis.

Diante do exposto, entende-se que o uso de fundações superficiais não é tecnicamente indicado.

A adoção de estacas metálicas de chapa fina – solução muito comum em parques solares – requer intervenções de terraplenagem significativas para a movimentação do equipamento de cravação. Além disso, haveria preocupação quanto ao descalçamento em caso de instabilizações de talude e erosões. Assim, esta alternativa foi descartada.

A solução de fundação concebida para a obra em questão é em **estacas metálicas helicoidais com instalação manual**. Esta alternativa apresenta elevada capacidade de carga geotécnica e reduz significativamente a necessidade de movimentos de terra (cortes e aterros).

Exemplos de instalação de estacas helicoidais por processos manuais são apresentados no Anexo.

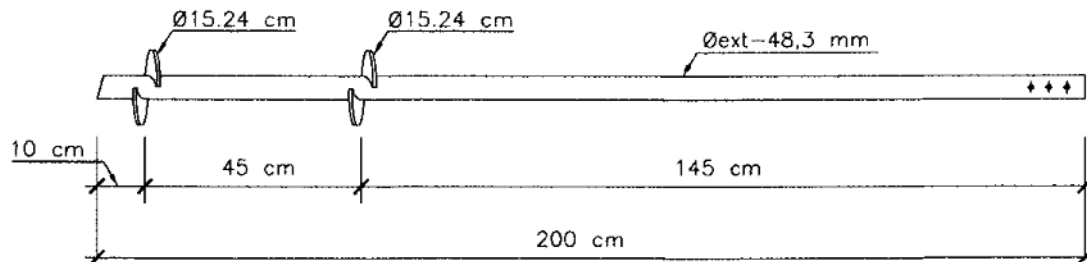
A estaca helicoidal é uma estaca metálica constituída por hastes tubulares ou maciças, nas quais são soldados helicoides denominados hélices, instalada no solo através de aplicação de torque. Este tipo de estaca pode ter essencialmente 2 tipos de seção:

- **Seção guia:** primeira seção a ser instalada, a mais profunda e, também, onde são soldadas as primeiras hélices.
- **Extensões:** seções que são conectadas à seção guia ou entre elas, que podem possuir ou não hélices soldadas na haste, de forma que adicionam comprimento à estaca.

Leila Ferreira Figueiredo  
RAV-4  
DCPR/EMUSA  
Mat: 02403

#### 4. ESTACA HELICOIDAL ADOTADA

A estaca helicoidal utilizada no presente projeto é formada por seção guia com 2 hélices presas ao seu eixo (Figura 1). Os detalhes de conexões e extensões devem ser definidos após a concepção da estrutura de suporte dos painéis solares.



**Figura 1 - Detalhe da estaca helicoidal - Seção principal proposta.**

O aço utilizado nas hastes e nas hélices é do tipo patinável VMB-COR, com limite de escoamento  $f_y = 350$  MPa e tensão de ruptura  $f_u = 480$  MPa.

As hélices possuem espessura de 9,5 mm e área mínima  $182$  cm<sup>2</sup> (diâmetro de 152,4 cm).

A haste possui 48,3 mm de diâmetro externo, parede com espessura de 5,1 mm e as seguintes resistências à torção e à tração.

- Torção resistente = 2.700 lbs.ft;
- Resistência à tração = 180 kN.

A configuração da estaca pode ser ajustada no início da obra caso ocorra dificuldade na perfuração e/ou baixo desempenho nos testes de carga.

Leila Ferreira Figueiredo  
PROFESSOR DE ENGENHARIA  
Matr. 02493

## 5. REQUISITOS PARA O PROJETO MECÂNICO

A capacidade de carga estrutural das estacas helicoidais deve ser dimensionada de acordo com a norma ABNT NBR 8800 (Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios), devendo constar em projeto as informações mínimas a seguir:

- a) Dimensão e características das soldas, assim como as classes de resistência do metal a ser depositado;
- b) Geometria das hastes e hélices, assim como suas características mecânicas (deve-se discriminar as proteções superficiais à corrosão, quando aplicáveis);
- c) Tipo e dimensionamento das terminações e conexões e suas características mecânicas (deve-se discriminar as proteções superficiais, quando aplicáveis).

O dimensionamento estrutural deverá contemplar as verificações para todas as solicitações previstas, incluindo flexão, flambagem, cisalhamento, tração e compressão da haste, bem como as combinações possíveis destas solicitações.

Recomenda-se que as estacas helicoidais e seus acessórios sejam projetados considerando possíveis situações de perda de massa por corrosão. Deverá ser considerado, no cálculo estrutural, uma espessura de sacrificio, sendo adotada conforme avaliação do ambiente a serem instaladas as fundações. Poderá também ser adotada cobertura de zinco por galvanização, cobertura por pintura epóxi ou ambas.

As perdas de corrosão devem ser consideradas, no cálculo estrutural, independente das estacas estarem embutidas no concreto, enterradas ou acima da cota do terreno e sem recobrimento lateral.

Este detalhamento deverá ser realizado em conjunto com o fabricante no início da obra, após a definição da estrutura de suporte dos painéis solares.

## 6. REQUISITOS PARA FABRICAÇÃO

A fabricação das estacas deverá seguir as definições do projeto mecânico e das normas citadas no item 2 deste documento.

Os fabricantes devem utilizar no processo de produção instrumentos, dispositivos e/ou gabaritos para medição e verificação dimensional das peças, calibrados de acordo com a norma NBR ISO/IEC 17025 (Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração), e acreditados pela RBC (Rede Brasileira de Calibração).

 Leila Ferreira Figueiredo  
 FATO  
 DCPR / EMUSA  
 Mat: 02403

Para peças revestidas (por exemplo: galvanizadas ou pintadas), os fabricantes devem possuir instrumentos que permitam a medição da camada ou espessura de proteção, devendo constar no plano de inspeção regular dos lotes produzidos. Da mesma maneira, esses instrumentos devem sempre estar calibrados, de acordo com as recomendações do fabricante.

No caso da adoção de galvanização como meio de proteção do material, devem-se seguir as recomendações da norma ABNT NBR 6323 (Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido – Especificação), e as peças metálicas devem ser galvanizadas somente após finalização total do processo de produção, ou seja, após sua forma final estar pronta. Esta galvanização deve ser executada por fornecedor previamente homologado pelo fabricante das estacas. Quando adotada pintura, o fabricante da estaca deverá disponibilizar ao cliente e inspetores a rastreabilidade dos insumos, tais como certificados, notas fiscais de compra e outros, atendendo à norma especificada.

Para a operação nas linhas de produção, deve-se apresentar habilitação ou certificação dos soldadores para a execução dos trabalhos. Esta certificação deve ser emitida ou validada por órgão, empresa ou entidade de classe reconhecido e deve atender à norma de soldagem estrutural AWS D1.1 (*Structural welding code – Steel*), ou similar.

## 6.1. REQUISITOS PARA A INSPEÇÃO DA PRODUÇÃO

O fabricante/fornecedor deve providenciar todas as facilidades para permitir ao inspetor do cliente verificar a completa conformidade do fornecimento com estas recomendações e o plano de inspeção. Os níveis de amostragem, aceitação e rejeição deverão ser firmados em comum acordo entre fabricante/fornecedor e cliente, devendo constar no PICQ (Plano de Inspeção e Controle da Qualidade).

Sendo assim, exigem-se como requisitos mínimos:

- Disponibilizar previamente o PICQ (Plano de Inspeção e Controle da Qualidade) a ser aprovado anteriormente à inspeção;
- Certificação da matéria-prima e dos consumíveis: composição química e propriedades mecânicas;
- Verificação da geometria e dimensões de acordo com o projeto de produção;
- Inspeção visual do acabamento: integridade das peças;
- Registros de rastreabilidade dos materiais empregados;
- Registros e evidências dos ensaios especificados nestas recomendações;
- Certificados de calibração/aferição válidos de todos os instrumentos de medição utilizados.



## 6.2. CONTROLE DE QUALIDADE

No controle de qualidade para a produção das estacas helicoidais é recomendada a execução dos ensaios listados a seguir.

- a) Ensaio de torção para as hastes e conexões. Este procedimento visa verificar e especificar qual o torque máximo suportado pelas peças que compõem a estaca helicoidal e suas deformações aceitáveis. Esse ensaio deve ser feito sempre que as características ou propriedades mecânicas forem alteradas;
- b) Ensaio de verificação da solda por torção. Este ensaio visa avaliar a interação haste-hélice, aplicando-se torção na haste e bloqueando a hélice. Esta verificação também pode ser garantida através de apresentação de memória de cálculo da solda feita juntamente com o projeto;
- c) Ensaio de líquido penetrante conforme a norma NBR 16450 (Ensaio não destrutivo – Líquido penetrante – Qualificação de procedimento), para verificação das soldas. Este ensaio deve ser feito obrigatoriamente antes de qualquer aplicação de proteção contra corrosão (pintura e galvanização) e, também, antes dos ensaios descritos nos itens a e b;
- d) Ensaio de compressão na hélice, que consiste em avaliar a ruptura da solda e flexão da hélice de forma simultânea gerando um esforço a compressão na haste mantendo a hélice apoiada por um sistema rígido em sua extremidade.
- e) Ensaio de inspeção visual/dimensional, que consiste em medir as dimensões e acabamento conforme projeto.

### Notas:

O fabricante/fornecedor deverá apresentar os certificados, registros e evidências dos materiais utilizados para fabricação das hastes, hélices, conexões e soldas, discriminando a composição química, processo de fabricação (inclusive tratamentos térmicos e/ou termoquímicos, caso aplicados), características microestruturais (tipos de grãos, fases constituintes etc.) e propriedades mecânicas (limite de escoamento, módulo de elasticidade). O cliente poderá exigir a realização de ensaios de rotina que comprovem as informações.

Os ensaios descritos neste tópico devem ser executados sob supervisão de profissional qualificado e capacitado.

O material somente poderá ser despachado e/ou aceito em obra após parecer de aprovação pelo inspetor do cliente. Todos os dados devem ser armazenados e disponíveis para consulta.

Leila F. F. Figueiredo  
 DCPR/EMUSA  
 Mat: 02493

## 7. PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO

No Procedimento de Instalação, a ser elaborado pelo executor, deve obrigatoriamente constar:

- a) Orientação quanto aos parâmetros geométricos, ou seja, como as equipes devem verificar posicionamento e inclinação das estacas e qual a frequência de medição.
- b) Orientação quanto à leitura e registro dos valores de torque de instalação.
- c) Orientação quanto à utilização de cada configuração de estaca, caso existam diferentes configurações no projeto.
- d) Informações de como proceder caso uma estaca não consiga atingir a profundidade mínima prevista em projeto, orientando a equipe de maneira a recuperar a estaca para posterior análise e, também, para não interromper o cronograma de instalação.
- e) Preenchimento de Boletim de Instalação com principais dados executivos.

Todo o trabalho de instalação deve ser fiscalizado pelo cliente, verificando os protocolos preenchidos.

## 8. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS FUNDAÇÕES

Para a estrutura em questão, a solicitação crítica para dimensionamento da fundação é o esforço axial à tração (arrancamento). Para esta condição, o desempenho das estacas helicoidais pode ser avaliado a partir dos seguintes ensaios (ambos para carregamento de tração):

- a) Provas de carga estáticas;
- b) Ensaio de rotina.

### 8.1. PROVAS DE CARGA ESTÁTICAS

As provas de carga estáticas (PCEs) devem ser executadas de modo a atender às prescrições da NBR 16903:2020 (Solo – Prova de Carga Estática em Fundação Profunda). O carregamento pode ser do tipo rápido (PCR) ou do tipo cíclico rápido (PCCR).

De acordo com o Item 8.6.9 da NBR 6122:2019 (Projeto e Execução de Fundações), podem ser empregadas estacas diferentes das que constam dos Anexos B a Q, desde que sejam respeitadas as diretrizes e conceitos da

Leila Ferreira Figueiredo  
DATA  
DCPR/EMUSA  
Mat: 02493

norma. Esta exceção se aplica à estaca metálica helicoidal. Neste caso recomenda-se:

- execução de pelo menos 3 provas de carga estáticas antes do início da obra;
- apresentação do procedimento executivo detalhado da estaca;
- execução do dobro da quantidade de PCEs estabelecida na Tabela 6 da norma;
- carga máxima de ensaio de duas vezes a carga admissível.

Considerando um total de 450 estacas na obra, e as recomendações dos Itens 8.6.9 e 9.2.2.1 da NBR 6122:2019, a **quantidade mínima é de 10 PCEs**.

Com base nos resultados das PCEs, o critério para aceitação da estaca helicoidal ensaiada é apresentar carga de ruptura igual ou superior a 2,0 vezes a carga admissível. Segundo recomendação da AB CHANCE (2008), a ruptura pode ser definida por um dos seguintes critérios, adotando-se o que resultar em menor valor de carga de ruptura:

- quando o deslocamento da ponta da estaca helicoidal exceder a compressão/extensão elástica do fuste da estaca em  $0,08 B$  (onde  $B$  é o diâmetro da maior hélice) ou
- quando a inclinação da curva carga versus deslocamento (no final do incremento) exceder  $0,05$  polegadas / kip ( $0,28$  mm / kN).

## 8.2. ENSAIOS DE ROTINA

Os ensaios de rotina são realizados durante o período de instalação das estacas helicoidais. Estes testes se assemelham às PCEs, mas com alguns critérios simplificados, de modo a não prejudicar o cronograma da obra.

As cargas aplicadas no topo da estaca devem ser medidas através de manômetro instalado no sistema de alimentação do macaco hidráulico. Adicionalmente podem ser empregadas células de carga. Os deslocamentos podem ser medidos por - no mínimo - um par de deflectômetros mecânicos.

As etapas de carregamento, o critério de aceitação, e a quantidade de ensaios devem ser definidas pelo executor, que deve garantir o bom desempenho das fundações.

Leila Ferreira Figueiredo  
FAT  
DCPR/EMUSA  
Mat: 02493

## 9. MANUTENÇÃO

Ao final da obra o fabricante deverá fornecer ao proprietário o **Manual de Monitoramento** das estacas, constando providências e recomendações básicas, em termos de inspeções periódicas e de manutenção a serem seguidas.

Adicionalmente recomenda-se a instalação de estacas testemunho com as mesmas características das estacas em uso. Estas estacas poderão ser retiradas para análise e reinstaladas no mesmo lugar de acordo com a programação de manutenção do manual supracitado.

Sempre que uma estaca for verificada, um relatório fotográfico deve ser feito, constando as perdas de massa e espessura, sendo arquivado para posterior consulta.

Quando constatadas patologias, podem ser especificadas metodologias e procedimentos adicionais de controle, instalação de instrumentação, verificação de carga, bem como redução da periodicidade de acompanhamentos. Os reparos necessários deverão ser objetos de relatório ou projeto específico.

Leila Ferreira Figueiredo  
PAT - 4  
DCPR/EMUSA  
Mat: 02493

**ANEXO - EXEMPLOS DE EXECUÇÃO MANUAL DE ESTACAS HELICOIDAIS**

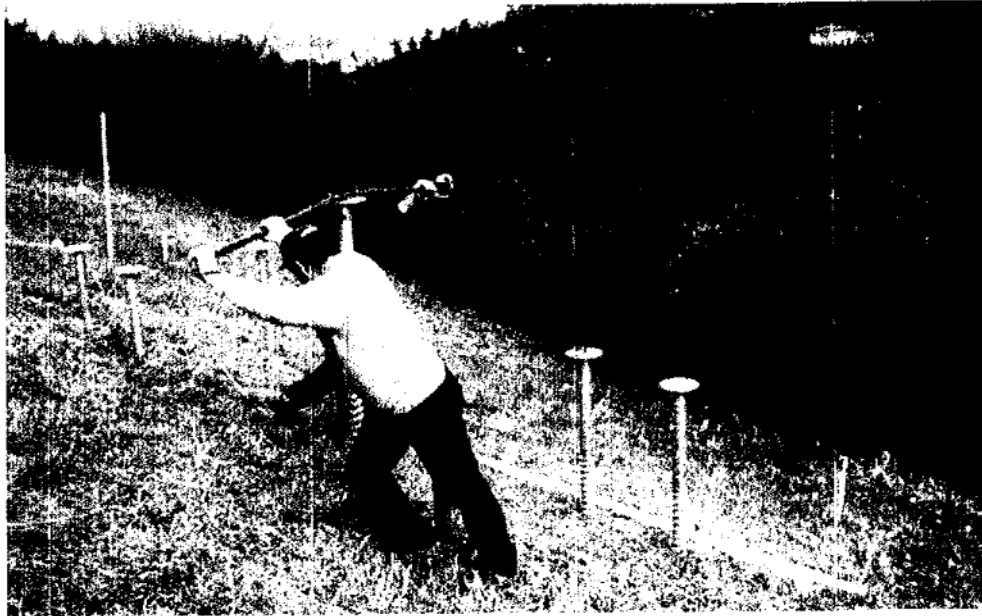


Figura A1.1 – Instalação com alavancas manuais

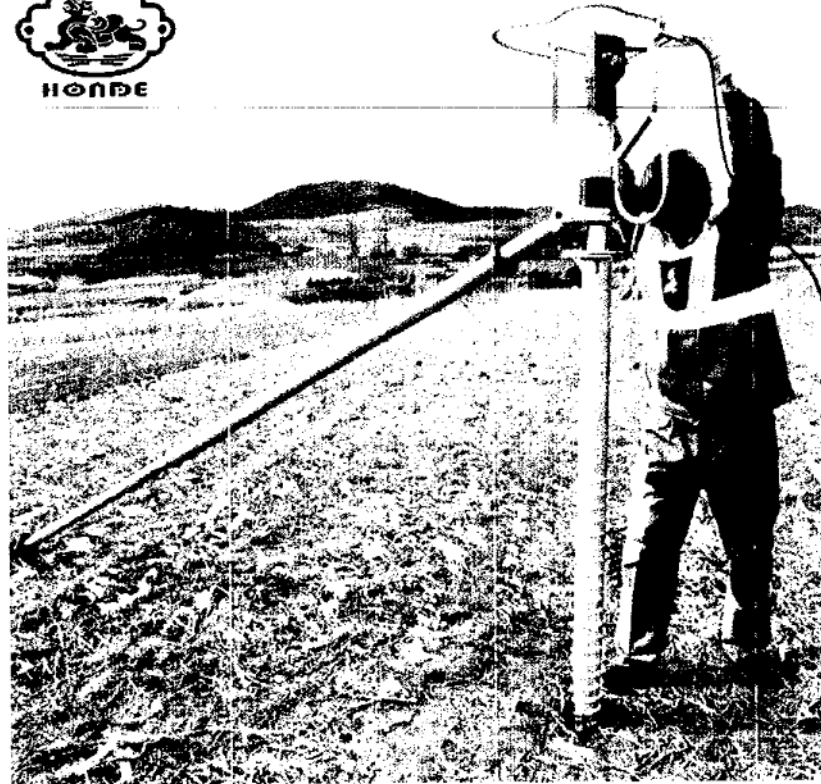


Figura A1.2 – Instalação com rotor portátil

Leila Ferreira Figueiredo

DCPR/EMUSA  
Mat: 02493