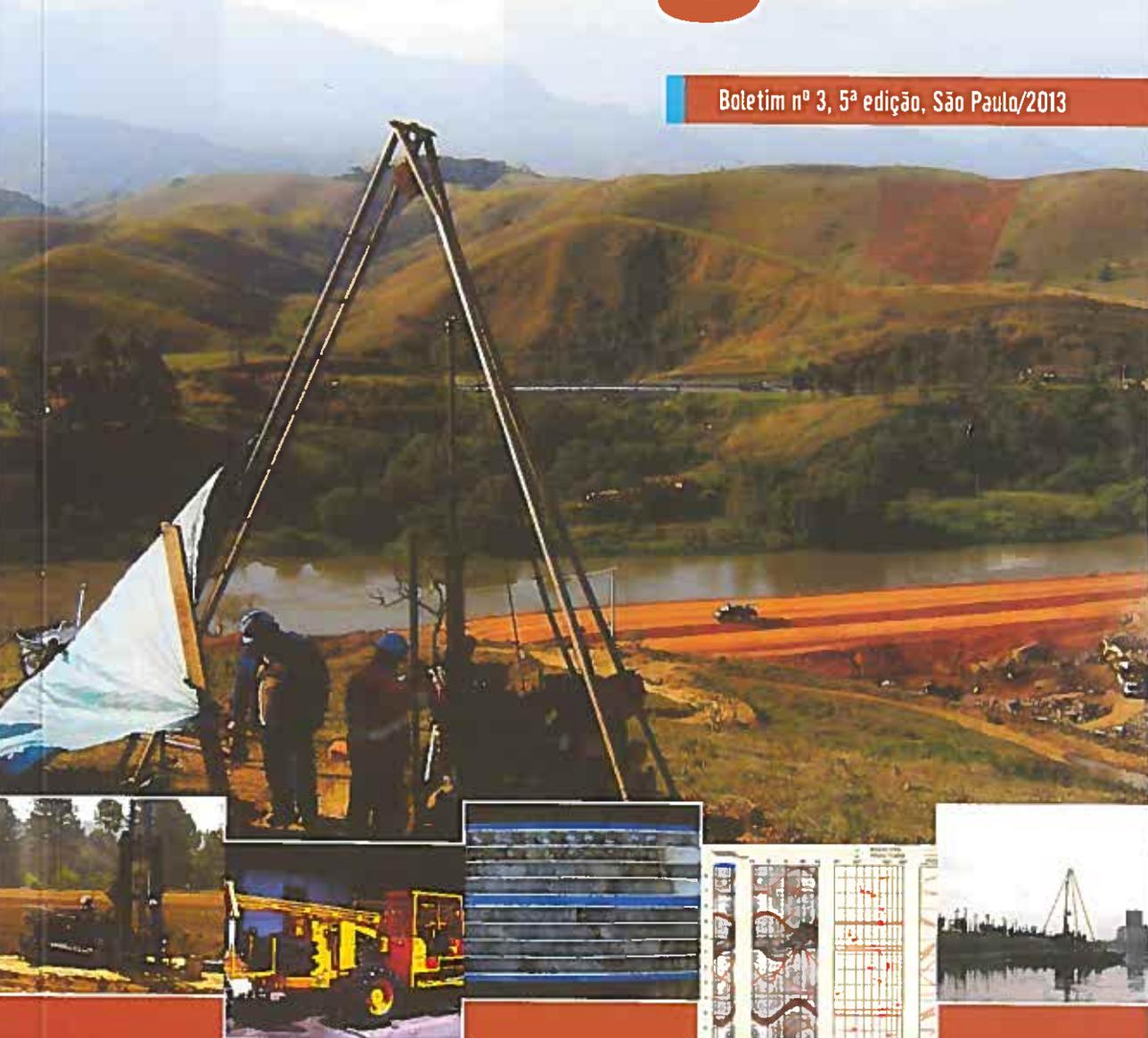




ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Manual de Sondagens

Boletim nº 3, 5ª edição, São Paulo/2013



Manual de Sondagens

Boletim nº 3, 5ª edição, São Paulo/2013

2013 Associação Brasileira de Geologia de Engenharia - ABGE
Av. Professor Almeida Prado, 532 - IPT (Prédio 11) - Cid. Universitária
CEP 05508-901 - São Paulo-SP

Impresso no Brasil

Coordenador
Ivan José Delatim

Apoio
Nill Cavalcante e Renivaldo Campos

Diagramação e capa
Rita Motta

Revisão ortográfica
Hellen Melo Pereira

Figuras e Anexos
Aroldo Ribeiro da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Manual de sondagens / coordenador Ivan José Delatim ; comissão coordenadora Elisângela Oliveira (et al.)... -- 5. ed. -- São Paulo : ABGE - Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013.

Outros coordenadores; Ivan José Delatim, João Jerônimo Monticeli, Luiz Ferreira Vaz
Bibliografia.
ISBN 978-85-7270-059-7

1. Sondagem 2. Sondagem dos solos I. Delatim, Ivan José. II. Oliveira, Elisângela. III. Monticeli, João Jerônimo. IV. Vaz, Luiz Ferreira.

13-01469

CDD-624.151

Índices para catálogo sistemático:

1. Sondagens geológicas e geotécnicas : Manuais :
Geologia de engenharia 624.151

Todos os direitos reservados à ABGE

Tiragem: 3000 exemplares

1ª Edição: 1971

2ª Edição: 1977

3ª Edição: 1990

4ª Edição: 1999

5ª Edição: 2013

Comissão Executiva
Ivan José Delatim (Coordenador)
Elisângela Oliveira
João Jerônimo Monticeli
Luiz Ferreira Vaz

Manual de Sondagens

Boletim nº 3, 5ª edição, São Paulo/2013

5ª. Edição
São Paulo - SP
2013


ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

DIRETORIA ABGE GESTÃO 2012/2013

Presidente: João Jerônimo Monticeli
Vice-Presidente: Eduardo Soares de Macedo
Diretor Secretário: Fabrício Araujo Mirandola
Diretor Financeiro: Jair Santoro
Diretor Financeiro Adjunto: Adalberto Aurélio Azevedo
Diretor de Eventos: Luciana Pascarelli dos Santos
Diretor de Eventos Adjunto: Kátia Canil
Diretor de Comunicação: Marcelo Fischer Gramani
Diretor de Comunicação Adjunto: Ivan José Delatim
Diretor de Ensino e Jovem Profissional: Leandro Eugênio da Silva Cerri

CONSELHO DELIBERATIVO

Adalberto Aurélio Azevedo, Eduardo Soares de Macedo, Fabrício Araújo Mirandola, Fernando Facciolla Kertzman, Ivan José Delatim, Jair Santoro, João Jerônimo Monticeli, José Luiz Albuquerque Filho, Kátia Canil, Leandro Eugênio Silva Cerri, Luciana Pascarelli dos Santos, Luis de Almeida Prado Bacellar e Marcelo Fischer Gramani. Suplentes: Aline Freitas Silva, Daniel Augusto Buzzatto de Lima, Ingrid Ferreira Lima, Jacinto Costanzo Junior e Jorge Pimentel.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO

Presidente: Euzébio José Gil
Vice-Presidente: Maisa Duque Pamplona Green
Diretor Secretário: Hugo Tavares Machado
Diretor Financeiro: Victor Seixas

NÚCLEO MINAS GERAIS

Presidente: Maria Giovana Parizzi - Secretário: Frederico Garcia Sobreira
Tesoureiro: Luis de Almeida Prado Bacellar - Diretor de Eventos: Leonardo Andrade de Souza End.: Univ. Fed. de Ouro Preto - Depto. Geologia - 35400-000 - Ouro Preto/MG Fone: (31) 3559.1600 r 237 - Fax: (31) 3559.1606 - E-mail: sobreira@degeo.ufop.br.

REPRESENTANTES REGIONAIS

Nome	Estado
Adelia Didia Caloba Aguiar	AM
Alberto Pio Fiori	PR
Andrea Valli Nummer	RS
Arnaldo Sakamoto	MS
Candido Bordeaux	SC
Carlos Henrique Medeiros	BA
Claudio Szlafsztein	PA
Heliene Ferreira da Silva	AL
João Luiz Armelin	GO
Jocélio Cabral Mendonça	TO
José Vitoriano de Brito Neto	CE
Kurt Albrecht	MT
Luiz Gilberto Dal'igna	RO
Moacyr Adriano Augusto Junior	MA
Nestor Antonio Mendes Pereira	DF



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Secretaria Executiva

Gerente Executivo: Renivaldo Campos

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - IPT (Prédio 11) - CEP:05508-901 - São Paulo - SP
Telefone: (11) 3767-4361 - Email: abge@abge.org.br - Home Page: www.abge.org.br

APRESENTAÇÃO

Este manual tem por objetivo orientar a execução das atividades rotineiras relacionadas às sondagens para fins de investigação geológico-geotécnica. Ele possui um formato genérico, e por isso é imprescindível que, na sua utilização, prevaleça sempre o julgamento criterioso de sua aplicabilidade, total ou parcial, de modo que se torne adequado às inúmeras situações e aos objetivos da investigação geológico-geotécnica.

A primeira edição, publicada em 1971, foi elaborada por uma comissão constituída pelo Conselho Deliberativo da Associação Paulista de Geologia Aplicada (APGA), antecessora da ABGE, sob a coordenação do geólogo Luiz Ferreira Vaz, com a participação dos geólogos Jayme de Oliveira Campos e Tetuo Nitta.

A segunda edição, publicada em 1977, foi coordenada pelo geólogo Ricardo Fernandes da Silva, tendo recebido sugestões e contribuições dos seguintes profissionais e empresas: Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Enzo Totis, Fernando Pires de Camargo, Flávio Villas Boas Gonçalves, Jayme de Oliveira Campos, João Jerônimo Monticeli, Luiz Ferreira Vaz, Nobotugo Kaji, Tetuo Nitta, Engesolos, EPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Geotécnica e Sondotécnica. Contribuição especial foi fornecida pela Hidroservice, cujos técnicos (Antonio Ribeiro Júnior, Rui Thales Baillot, Francisco de Assis Sant'Ana Nazário, Sohrab Shayani, Hamilton de Araújo Costa, Masahiko Okay, Emanuel Bonfante Demaria Júnior, Antonio Luiz Marins Lourenço, Martinho R.C. Rottmann e João Carlos B. Soares) elaboraram um texto prévio.

A terceira edição foi publicada em 1990, tendo como coordenador o geólogo Edgard Serra Júnior, que reuniu as sugestões apresentadas pelos profissionais: Adalberto Aurélio Azevedo, Antonio Marrano, Diogo Corrêa Filho, Eraldo Luporini Pastore, Fernão Paes de Barros, Francisco Nogueira de Jorge, José Carlos Cipriani, José Henrique Figueiredo, Nestor Antonio Mendes Pereira, Ricardo Fernandes da Silva e Wilson Shoji Iyomasa.

Em 1999 foi publicada a quarta edição, elaborada por comissão coordenada pelo geólogo Wilson Shoji Iyomasa, com participação de Antonio Marrano, Francisco Nogueira de Jorge e Tetuo Nitta e colaboração de Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Luiz Ferreira Vaz e Aroldo Ribeiro da Silva. Naquele ano, passou por uma revisão completa do seu texto, incluindo uma melhor adequação na divisão de seus itens e vários acréscimos bibliográficos.

A quinta edição, de 2013, em sua versão impressa e eletrônica, foi elaborada por comissão coordenada pelo geólogo Ivan José Delatim, com a participação dos geólogos Luiz Ferreira Vaz e João Jerônimo Monticeli, contando com contribuições das empresas Fugro In Situ, Fundsolo e Alphageos, além das geólogas Ivandra Cristina Silva de Mattos e Liliane Ibrahim, dos geólogos Wilson Shoji Iyomasa e Ricardo Abrahão e do engenheiro Neidyr Cury Neto. Esta edição contou com a revisão dos geólogos Antonio Marrano e Edmundo Talamini Neto.

Acumulando mais de 40 anos de experiência na execução de investigações, o Manual de Sondagens da ABGE, pelo grau de aprimoramento que atingiu, contempla os procedimentos essenciais para a execução de sondagens geológicas e geotécnicas. Logo em sua Introdução, o presente manual chama a atenção para a necessidade de integração entre os vários protagonistas – Proprietário, Investidor, Executor, Projetista e Fiscalização –, pois isso é de fundamental importância ao sucesso de uma campanha de sondagens.

Como as demais edições, além de uma revisão completa do seu texto, esta quinta edição também passou por readequação na divisão dos itens. Além disso, foram atualizados os métodos de perfuração e de ensaios e introduzidos capítulos referentes a Sondagem Mista, Perfilagem Óptica e Ensaios Especiais de Campo em Solos.

Outra inovação desta Edição foi a indicação de procedimentos para recuperação de rochas alteradas e de difícil amostragem em sondagens rotativas, a inclusão de ilustrações.

Sugestões para o aprimoramento deste manual devem ser encaminhadas por meio do endereço eletrônico abge@abge.org.br.

A ABGE agradece a todos os colaboradores que tornaram possíveis as várias edições e também àqueles que vierem a se manifestar e dar contribuições para melhorias no presente manual.

A Diretoria da ABGE

SUMÁRIO

Apresentação.....	4
Introdução.....	11
1. Sondagem a trado	17
2. Poço e trincheira de inspeção em solo	27
3. Sondagem a percussão.....	39
4. Ensaio de permeabilidade em solo	55
5. Sondagem rotativa	61
6. Sondagem mista	77
7. Ensaio de perda d'água sob pressão	83
8. Amostragem integral	91
9. Sondagem a rotopercussão	97
10. Perfilagem óptica.....	107
11. Ensaio especiais de campo em solo.....	113
11.1 Ensaio de penetração de cone com medida de poropressão – CPT	113
11.2 Ensaio de palheta – <i>vane test</i>	116

11.3 Ensaio dilatométrico – DMT	119
12. Outros equipamentos e ensaios.....	123
12.1 Sistema <i>wire line</i>	123
12.2 Sondagens em bancos de areia e cascalho	124
12.3 Sondagem borro.....	125
12.4 Geofísica em furos de sondagem	125
12.5 SPT mecanizado.....	126
13. Critérios para medição.....	129
14. Sugestão para montagem de planilhas de preços para serviços de sondagens	131
Referências	141
ANEXOS	
A – Figuras	145
B – Modelos de boletins e perfis.....	151
C – Equipamentos.....	173
D – Ilustrações e fotos	187

INTRODUÇÃO

Este manual destina-se aos profissionais que executam trabalhos de investigação geológico-geotécnica em Geologia de Engenharia e Ambiental, utilizados em estudos e projetos de obras civis, minerárias e relacionadas ao meio ambiente.

Para compreender o comportamento dos maciços naturais, são necessárias informações por meio de sondagens (amostragens e ensaios) que possibilitem a identificação dos diferentes tipos de solos e rochas e suas características mineralógicas, estruturais, de resistência mecânica e de permeabilidade.

A qualidade exigida da amostragem deve representar o maciço natural investigado, permitindo a obtenção das informações geológicas e geotécnicas essenciais para a elaboração de um projeto.

Outra importante finalidade do Manual é a de auxiliar as equipes de campo, tanto das empresas executoras como daquelas responsáveis pelo acompanhamento técnico e pela Fiscalização dos serviços, para que as sondagens sejam realizadas dentro de critérios de excelência técnica.

Para o bom sondador e para o técnico fiscalizador, o Manual traz informações importantes para a compreensão dos objetivos de um método de ensaio ou de amostragem. Portanto, ao seguir as recomendações aqui descritas, a relação entre o executor e o fiscal poderá ser harmoniosa e ter caráter de parceria, o que torna o trabalho de investigação geológico-geotécnica mais proveitoso e de melhor qualidade.

Atualmente, diversos participantes interferem na execução de sondagens, sendo os principais listados abaixo:

- a) **Proprietário:** detentor dos direitos sobre a área a ser investigada;
- b) **Investidor ou Empreendedor:** empresa ou grupo interessado na investigação, responsável pelo pagamento dos serviços; eventualmente o Proprietário e o Investidor podem ser representados pelo mesmo grupo;
- c) **Executor:** empresa contratada pelo Investidor (eventualmente pela Projetista) para executar as investigações e apresentar os seus resultados, na forma estabelecida em especificações e no contrato;
- d) **Projetista:** empresa contratada pelo Investidor responsável pelo projeto, no qual se inclui a programação das sondagens e os critérios de apresentação de seus resultados; eventualmente o Investidor faz a programação das investigações; eventualmente o Investidor delega a contratação do Executor à Projetista;
- e) **Fiscalização:** empresa contratada pelo Investidor, responsável pela Fiscalização dos serviços prestados pelo Executor; a Fiscalização estabelece os critérios e aprova a apresentação dos resultados da sondagem pelo Executor; eventualmente responsabiliza-se pela interpretação e apresentação dos resultados; essa tarefa geralmente é desenvolvida pela Projetista ou pelo Investidor.

O Executor é o responsável técnico pelas sondagens e deverá recolher a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), em nome de profissional habilitado, junto ao CREA do Estado competente.

A Fiscalização é responsável pelo acompanhamento das sondagens, verificando a aplicação deste manual e demais especificações contratuais e normas técnicas aplicáveis. A Fiscalização responde, ainda, pela medição dos serviços executados pelo Executor, conforme contrato celebrado entre este e o Investidor, e pela aprovação dos resultados das sondagens, elaborados pelo Executor.

A contratação do Executor é feita por processo seletivo, segundo critérios de cada contratante. No caso de ente público ser o contratante, a contratação segue os procedimentos legais de contratos de serviços e licitação pública.

É fundamental que as normas e especificações dos trabalhos a serem contratados sejam consolidadas em **Termo de Referência** que, obrigatoriamente, fará parte do contrato a ser assinado com a empresa executora selecionada, contendo no mínimo: localização das sondagens, os itens de serviço e respectivas quantidades e indicação das normas de perfuração e especificações técnicas a obedecer, inclusive aquelas referentes à apresentação dos resultados. Na proposta do Executor devem constar os itens de serviço, as respectivas quantidades, os preços unitários e totais.

As sondagens fornecem os dados básicos que irão alimentar concepções de obras, definição de fundações e de escavações subterrâneas e a céu aberto, ângulo de corte de taludes, custos das obras em diferentes etapas de projeto, cálculo de estabilidade, dimensionamentos de recuperação e remediação de terrenos contaminados etc. As sondagens são, portanto, imprescindíveis para um bom projeto de engenharia e estimativa correta de seus custos.

Ao utilizar-se do Manual como parte ou totalidade de especificações técnicas de contrato, as partes envolvidas nos trabalhos – Proprietário, Investidor (Empreendedor), Executor, Projetista e Fiscalização – precisam definir, previamente e com clareza (com base nos contratos e em reuniões específicas), as responsabilidades de cada entidade, principalmente as funções e limites da Fiscalização, a responsabilidade técnica da Projetista e as formas de apresentação dos resultados dos trabalhos pelo Executor. O planejamento cuidadoso, amparado por correta política de preços, é fundamental para a garantia de êxito nos trabalhos.

As melhores práticas indicam que à Projetista deve ser delegada toda a responsabilidade pelo planejamento das investigações, pelas especificações técnicas dos serviços de sondagens e pela consolidação das informações geológico-geotécnicas necessárias ao projeto. No caso de o contrato ser realizado entre a Projetista e a Executora de sondagem, esses aspectos ficam mais garantidos, mas isso não exime a Proprietária da obra de realizar auditorias sobre os trabalhos e procedimentos, tanto da Projetista e da Fiscalização, como da Executora.

A Comissão Coordenadora da Edição 2013



SONDAGEM A TRADO

1.1 Definição

Sondagem a trado é um método de investigação que utiliza o trado como ferramenta de perfuração. O trado é um tipo de amostrador de solo constituído por lâminas cortantes, que podem ser compostas por duas peças, de forma convexa (trado concha) ou única, de forma helicoidal, conforme mostrado na Figura 2 do Anexo C. A sondagem a trado não utiliza revestimento e é executada com ferramentas manuais, atravessando usualmente apenas a camada de solo de baixa resistência à perfuração.

A perfuração a trado é geralmente interrompida ao alcançar material mais resistente do que o solo, tal como uma camada de seixos ou de rocha alterada, mesmo de baixa coerência, ou então logo após atingir o nível d'água subterrâneo, devido ao desmoronamento das paredes do furo.

1.2 Identificação

As sondagens a trado deverão ser identificadas pelas letras **ST**, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente do local, fase ou objeto da sondagem. Sugere-se

utilizar diferentes centenas na numeração para as diversas estruturas da obra. Exemplo: vertedouro: ST 101, ST 102, ST 103...; barragem de terra: ST 201, ST 202, ST 203...; eclusa: ST 401, ST 402, ST 403...

1.3 Equipamentos e ferramentas

- a) O Executor deverá fornecer equipamentos e ferramentas para a execução de sondagens com até 15 m de profundidade ou que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.
- b) Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais: trados do tipo concha com diâmetro de 100 mm (4"), 150 mm (6") e 200 mm (8"), trado helicoidal com diâmetro mínimo de 63 mm (2 1/2"); cruzetas, hastes e luvas de ferro galvanizado (diâmetro mínimo de 25 mm) ou de aço sem costura (diâmetro mínimo de 19 mm); ponteira constituída por peça de aço terminada em bisel; chaves de grifo; metro ou trena; recipientes herméticos (tipo copo) para amostras; parafina; sacos plásticos ou de lona; etiquetas para identificação; medidor de nível d'água.
- c) As hastes deverão ser retilíneas e dotadas de roscas em bom estado, que permitam firme conexão com as luvas. Quando acopladas, as hastes deverão formar um conjunto retilíneo.
- d) O Executor deverá dispor de hastes com comprimentos métricos exatos (por exemplo: 1 m, 2 m, 3 m etc.), a fim de facilitar as operações de início do furo e evitar emendas sucessivas, inconvenientes para maiores profundidades.

1.4 Execução da sondagem

- a) A sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e com a abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de enxurradas.

- b) Junto ao local onde será executada a sondagem, deverá ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica.
- c) A sondagem deverá ser iniciada com o trado concha e seu avanço deverá ser feito até os limites especificados no item 1.4.l, observando-se antes as condições discriminadas no item 1.4.d.
- d) Quando o avanço do trado concha tornar-se difícil, poderá ser utilizado o trado helicoidal, no caso de solos argilosos, ou empregar-se uma ponteira, no caso de camadas de cascalho. Tratando-se de camada de areia fofa, sem recuperação da amostra, a sondagem poderá ser terminada, observando-se o item 1.4.l, ou deslocada, conforme o item 1.4.m.
- e) A critério da Fiscalização e quando não houver a necessidade de retirar amostras para determinação da umidade natural, poderão ser adicionadas pequenas quantidades de água a fim de facilitar a perfuração e a coleta de amostras, principalmente nos casos de materiais duros e areias sem coesão. Tal prática deverá ser indicada no boletim de campo e no perfil da sondagem.
- f) O material retirado do furo deverá ser depositado à sombra, em local ventilado, sobre uma lona ou tábua, de modo a evitar sua contaminação com materiais do solo superficial e provocar a diminuição da umidade.
- g) Os materiais retirados do furo deverão ser agrupados em montes, dispostos segundo as profundidades de coleta.
- h) O controle das profundidades do furo deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com o trado e a sobra das hastes em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo. A precisão mínima será de 5 cm.
- i) Durante a operação, o operador deve estar atento a qualquer aumento aparente da umidade do solo, indicativo da proximidade do nível d'água.

- j) No caso de a sondagem atingir o nível freático, interrompe-se a operação de perfuração, anotando-se a profundidade, e passa-se a observar a elevação do nível d'água no furo, efetuando-se leituras a cada 5 minutos, durante 30 minutos.

Quando ocorrer artesianismo não surgente deverá ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, deverá ser feita uma avaliação da vazão de escoamento da água ao nível do solo e indicada a profundidade de interceptação de água.

- k) O nível d'água (N.A.) deverá ser medido todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte à conclusão do furo.

l) A sondagem a trado será terminada nos seguintes casos:

- quando se atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- quando ocorrerem desmoronamentos sucessivos da parede do furo;
- quando o avanço do trado for inferior a 5 cm em 10 min de operação contínua de perfuração;
- quando o terreno for impenetrável ao trado devido à ocorrência de cascalho, matacões ou rocha.

m) Quando o terreno for impenetrável ao trado devido à ocorrência de cascalho, matacões ou rocha, a critério da Fiscalização, poderão ser feitas sondagens a trado adicionais, deslocadas de cerca de 3 m para qualquer direção. Todas as tentativas deverão constar da apresentação final dos resultados.

n) Nos intervalos dos turnos de furação e nos períodos de espera para a medida final do nível d'água, o furo deverá permanecer tamponado e protegido da entrada de água de chuva.

o) Salvo especificação em contrário, todos os furos deverão ser totalmente preenchidos com solo, após o seu término, deixando-se cravada no local uma estaca com a sua identificação. Nos furos que alcançarem o nível d'água, essa operação será feita após a última medida do N.A. (item 1.4.j).

1.5 Amostragem

a) Quando o material perfurado for homogêneo, as amostras deverão ser coletadas a cada metro, salvo orientação contrária da Fiscalização. Se houver mudança no transcorrer do metro perfurado, deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

b) As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, nas quais devem contar:

- nome da obra e do cliente;
- nome do local;
- número do furo;
- intervalo de profundidade da amostra;
- número da amostra;
- data da coleta.

As anotações deverão ser feitas com caneta esferográfica ou com tinta indelével, em etiquetas de papel-cartão, protegidas com sacos plásticos contra avarias no manuseio das amostras.

c) Todo material coletado deverá permanecer guardado à sombra, em local ventilado, até o fim da jornada diária, quando será transportado para o local indicado pela Fiscalização.

1.5.1 Amostras para ensaios geotécnicos

a) As amostras para ensaios geotécnicos deverão ser acondicionadas em embalagens rígidas ou sacos plásticos com amarrilho, imediatamente após a sua retirada do furo.

b) Inicialmente, coletam-se 100 g em recipiente rígido com tampa, de maneira que o frasco fique hermético, parafinado ou selado com fita colante, para determinação de umidade natural.

- b) A seguir, devem ser coletados cerca de 25 kg em sacos de lona ou de plástico transparente de alta resistência, com amarrilho, para os demais ensaios geotécnicos (granulometria, índice de plasticidade, compactação, adensamento etc.).

1.5.2 Amostras para estudos geológicos

- a) Para estudos geológicos, as amostras poderão ser coletadas durante o avanço da sondagem ou a partir do material depositado em montes, conforme disposto no item 1.4.f.
- b) Coleta-se uma amostra para cada tipo de solo ou uma amostra por metro de furo, dependendo da homogeneidade do material atravessado. As amostras, com cerca de 500 g, serão acondicionadas em recipientes rígidos ou sacos de plástico transparente de alta resistência. O material retirado dos últimos centímetros do furo *deverá* constituir-se em uma amostra.

1.6 Ensaio de permeabilidade

Para realizar o ensaio de permeabilidade *in situ*, em solo, deve ser consultado o item 4 ou o Boletim nº 4 da ABGE.

1.7 Apresentação dos resultados

- a) Deverão ser fornecidas diariamente informações sobre o andamento da sondagem, a saber:
- nome da obra e do cliente;
 - identificação e localização do furo;
 - tipo de trado utilizado na perfuração;
 - diâmetro da sondagem;

- cota, quando disponível;
 - data da execução;
 - descrição dos materiais e profundidade das amostras coletadas;
 - motivo da paralisação;
 - medidas de nível d'água com: data, hora e profundidade do furo na ocasião da medida. No caso de não ser atingido o nível d'água, devem-se anotar as palavras "furo seco".
- b) Os resultados finais de cada sondagem a trado deverão ser apresentados num prazo máximo de 15 dias após seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (Modelo N do Anexo B), onde conste, além dos dados do item anterior, a classificação granulométrica tátil-visual dos materiais atravessados, feita por técnico especializado, cujo nome e assinatura deverão constar nos boletins e perfis. Caso seja necessária a classificação geológica dos materiais, esta deverá ser realizada por geólogo, cujo número de registro do órgão fiscalizador deverá ser anotado nos perfis.
- c) Até 15 dias após o término do último furo da campanha programada, o Executor deverá entregar o relatório final, contendo:
- texto explicativo com localização, tempo gasto, total de furos executados, total de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da empresa; e
 - planta de localização das sondagens com referência topográfica ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.
- d) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro.



POÇO E TRINCHEIRA DE INSPEÇÃO EM SOLO

2.1 Definição

Poço de inspeção em solo é uma escavação vertical, de seção circular ou quadrada, com dimensões mínimas suficientes para permitir o acesso de um observador para a inspeção visual das paredes e do fundo, bem como a retirada de amostras representativas, deformadas e/ou indeformadas.

A trincheira também é uma escavação vertical, porém de seção retangular, feita para se obter uma exposição contínua do solo num certo trecho do terreno.

2.2 Identificação

Os poços de inspeção deverão ser identificados pelas letras **PI**, e as trincheiras pelas letras **TR**, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente e sequencial, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem.

2.3 Equipamentos e ferramentas

- a) O Executor deverá fornecer equipamentos e ferramentas para execução de poços de inspeção com até 10m de profundidade.
- b) Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais: sarilho, corda, enxadão, picareta, pá, balde, escada, colher de pedreiro, espátula de aço, faca, serrote, fio de arame de aço, caixa cúbica de madeira, talagarça, parafina, aquecedor, pincel, serragem, guarda-sol, carrinho de mão, sacos plásticos e de lona, etiquetas para identificação, trena e outras ferramentas e materiais necessários para atender às exigências da amostragem e da execução.
- c) A corda e o sarilho deverão ser suficientemente resistentes para suportarem, com segurança, carga de no mínimo 1.500 N (150 kgf).
- d) A caixa cúbica de madeira deverá ter suas partes componentes fixadas com parafuso.

2.4 Execução do poço

As restrições ambientais e as normas de segurança deverão ser atendidas na perfuração de poços e trincheiras. Caso se disponha de equipamento mecanizado para a escavação, em geral é mais conveniente executar uma trincheira.

- a) A escavação do poço deverá ser iniciada após a limpeza superficial de uma área de 16 m² e a construção de uma cerca, no perímetro da área limpa, com mourões de madeira, com cinco fios de arame farpado fixados nos mourões.
- b) No caso de escavação de poço próxima a edificações ou em áreas urbanas, deverá ser mantido, ao redor do poço, um isolamento resistente e seguro contra o acesso de pessoas e animais, com dimensões de acordo com a área disponível, além de sinalização de advertência.
- c) No perímetro da área cercada, deverá ser aberto um sulco para drenagem superficial que evite a entrada de água de enxurradas no poço.

- d) A dimensão mínima do poço a ser aberto será de 1,10 m. A sua forma deverá ser de preferência quadrada, empregando-se seção circular quando houver necessidade de maior segurança.
- e) A escavação deverá ser executada com picareta, enxadão e pá e prosseguirá normalmente até uma profundidade que possibilite lançar para fora o material escavado. Para o prosseguimento da escavação, deverá ser instalado um sarilho munido de corda, para a entrada e saída dos trabalhadores e retirada do material escavado.
- f) Durante as fases de execução e descrição, a Executora deverá manter uma corda de reserva estendida junto à parede do poço, firmemente fixada na superfície do terreno. Nas paredes do poço, deverão ser escavados degraus, dispostos segundo duas fileiras diametralmente opostas, que facilitem a escalação do poço com o auxílio da corda de reserva.
- g) No caso de serem detectados quaisquer indícios de instabilidade, por menores que sejam, deverá ser imediatamente providenciado o escoramento das paredes do poço.
- h) O escoramento a ser adotado deverá garantir a estabilidade nos trechos considerados instáveis, sem prejudicar a inspeção visual das paredes. Para tanto, o escoramento deverá ter aberturas retangulares, verticais, com largura suficiente para permitir o exame de toda sequência vertical do terreno.
- i) Caberá ao Executor a responsabilidade pelo fornecimento dos equipamentos de proteção individual (EPI) requeridos, inclusive contra quedas acidentais, bem como a responsabilidade pela verificação da estabilidade das paredes dos poços em execução, interrompendo os trabalhos de escavação tão logo seja verificado indício de desmoronamento.
- j) A Fiscalização opinará sobre a necessidade de dar continuidade ao poço, em casos de insegurança para o trabalho. Caso seu aprofundamento seja necessário, o escoramento será feito pelo Executor com base em sua experiência nesse tipo de serviço.

- k) Nos poços escavados em terrenos ricos em matéria orgânica, deverá ser providenciada ventilação forçada, de modo a expulsar eventuais emanações de gases tóxicos.
- l) Todo solo retirado do poço deverá ser depositado ao seu redor, em ordem sequencial, de maneira a formar um anel, fora da área cercada, de tal forma que a distribuição vertical dos materiais atravessados fique reproduzida.
- m) O controle da profundidade do poço será feito através de medida direta entre o fundo do poço e um ponto de referência na superfície do terreno natural.
- n) Quando a escavação estiver a uma profundidade de 10 cm acima da cota prevista para a retirada da amostra indeformada, deve-se evitar o pisoteamento do terreno sobrejacente à superfície do topo da amostra. Deverão ser observados os procedimentos descritos no item 2.6.2.d.
- o) No caso de se atingir o nível d'água, a sua profundidade será anotada após paralisação momentânea da operação de escavação. No caso de artesianismo, deverão ser registrados os níveis dinâmico e estático.
- p) O nível d'água deverá ser medido todos os dias antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão do poço.
- q) O poço será considerado concluído nos seguintes casos:
- quando atingir a profundidade prevista pela programação dos trabalhos;
 - quando houver insegurança para a continuidade dos trabalhos;
 - quando ocorrer infiltração acentuada de água que dificulte sua escavação;
 - quando existir, no fundo do poço, material não escavável por processos manuais.
- r) Ao final de cada jornada de trabalho, a boca do poço deverá ser coberta por uma tampa, apoiada sobre um cordão de solo, que impeça a entrada de águas pluviais e de animais.

- s) O reaterro do poço deverá ser feito com o solo proveniente da sua escavação, podendo ser solicitada a compactação manual do solo de preenchimento.
- t) Para efeito de identificação, no local do poço deverá ser cravada uma tabuleta contendo, no mínimo, os seguintes dados:
- número do poço;
 - profundidade;
 - cota da boca, quando fornecida.

2.5 Execução da trincheira

Para abertura da trincheira devem ser observados os mesmos procedimentos descritos para o poço. Deverá ter largura mínima de 1 m e comprimento de acordo com as necessidades de investigação.

2.6 Amostragem

2.6.1 Amostras deformadas

- a) Amostras deformadas são aquelas extraídas por raspagem ou escavação, o que implica a destruição da estrutura e a alteração das condições de compacidade ou consistência naturais do material.
- b) As amostras deformadas deverão ser coletadas a cada metro perfurado em material homogêneo, salvo orientação em contrário da Fiscalização. Se ocorrer mudança no transcorrer do metro perfurado, deverão ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.
- c) As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, contendo:
- nome da obra e do cliente;

- nome do local;
 - número do poço ou trincheira;
 - intervalo de profundidade da amostra;
 - data da coleta.
- d) As anotações deverão ser feitas com caneta esferográfica ou com tinta indelével, em etiquetas de papel-cartão, protegidas com sacos plásticos contra avarias no manuseio das amostras.
- e) As amostras serão coletadas do material retirado do poço (ou trincheira) à medida que a escavação avançar. No caso de determinação de umidade natural, não será permitida a amostragem por raspagem da parede do poço (ou trincheira) após sua conclusão.
- f) As amostras deverão ser coletadas sem demora em dois recipientes: um com tampa, de modo que o frasco fique hermético, parafinado ou selado com fita colante, com aproximadamente 100 g de material; e outro de lona ou plástico com amarrilho, com cerca de 20 kg.
- g) As amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas para o local indicado pela Fiscalização.

2.6.2 Amostras indeformadas

- a) Amostras indeformadas são aquelas extraídas com o mínimo de perturbação possível, de modo a preservar as estruturas, condições de umidade, compacidade e consistência naturais do material.
- b) O número de amostras indeformadas, bem como as profundidades de coleta, deverá ser determinado pela Fiscalização.
- c) As amostras indeformadas serão coletadas em bloco com formato cúbico, com arestas de 30cm de dimensão mínima.
- d) Quando o fundo do poço (ou trincheira) se encontrar a cerca de 10 cm da profundidade prevista para a moldagem do bloco, a

superfície deverá ser regularizada cuidadosamente e a moldagem executada com as mesmas ferramentas utilizadas na talhagem do bloco.

- e) Atingida a cota de topo do bloco, deverá ser iniciada a talhagem lateral até sua base.
- f) Talhado o bloco, sem seccioná-lo do fundo do poço (ou trincheira), seu topo deverá ser identificado com uma marcação apropriada. As faces expostas deverão inicialmente ser envolvidas com faixa de talagarça ou similar e, em seguida, receber uma camada de parafina líquida aplicada com pincel.
- g) Após a operação do item anterior, envolve-se a amostra com uma forma quadrada de madeira aparafusada, com dimensões internas de 4 cm maior que o lado do bloco. Colocada a forma e bem selado o contato com o solo abaixo do bloco, despeja-se parafina líquida nos vazios da forma e na face superior do bloco.
- h) Após o endurecimento da parafina, indica-se o Norte geográfico no topo do bloco, com auxílio de uma bússola e, em seguida, secciona-se cuidadosamente o bloco pela sua base, regularizando-a e parafinando-a.
- i) O bloco deverá ser retirado do poço (ou trincheira) com a forma, a qual somente será removida do bloco na superfície do terreno. Uma etiqueta de identificação deverá ser aplicada contendo os seguintes dados:
- obra;
 - local;
 - número do poço ou trincheira;
 - orientação em relação a uma direção (montante, Norte etc.);
 - profundidade do topo e da base do bloco no poço;
 - cota da boca do poço ou trincheira;
 - data da amostragem;
 - nome do operador.
- j) Completada a identificação, o bloco deverá ser colocado em uma caixa cúbica de madeira ou material de rigidez similar, com dimensões

internas 6 cm maior que o bloco com parafina. Os espaços entre as faces do bloco e a caixa deverão ser preenchidos com serragem fina, pouco umedecida.

- k) No lado da caixa correspondente ao topo do bloco, deverá ser colocada uma etiqueta com os mesmos dados da etiqueta colada no bloco.
- l) Os procedimentos descritos nos itens anteriores sobre a retirada de amostras indeformadas deverão ser executados sem interrupções, no menor espaço de tempo possível, ao abrigo de luz solar direta ou da água da chuva.
- m) As amostras coletadas deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da jornada diária, quando serão transportadas com o máximo cuidado, sem choques ou vibrações, até o local indicado pela Fiscalização.

2.7 Ensaio de permeabilidade

Para realizar o ensaio de permeabilidade *in situ*, em solo, deve ser consultado o item 4 ou o Boletim nº 4 da ABGE.

2.8 Apresentação dos resultados

- a) Deverão ser fornecidas diariamente informações sobre o andamento da execução do poço (ou trincheira), quando solicitadas.
- b) Os resultados preliminares da abertura de cada poço (ou trincheira) deverão ser apresentados num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins (Modelo M do Anexo B), com três vias, em que constem, no mínimo:
 - nome da obra e do cliente;
 - identificação e localização do poço ou trincheira;
 - forma e dimensões;

- cota da boca, quando fornecida;
 - data da execução;
 - descrição dos materiais e profundidade das amostras coletadas;
 - motivo da paralisação;
 - medidas de nível d'água com: data, hora e profundidade do poço (ou trincheira) na ocasião da medida. No caso de não ser atingido o nível d'água, devem-se anotar as palavras "poço seco" (ou "trincheira seca").
- c) Os resultados finais dos poços (ou trincheiras) deverão ser apresentados num prazo máximo de 15 dias após seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (Modelo M do Anexo B), onde constem, além dos dados do item anterior, a classificação granulométrica tátil-visual dos materiais atravessados, suas estruturas, resistência etc., feitas por técnico especializado cujo nome e número de registro no CREA deverão constar no perfil. O mapeamento das paredes do poço ou trincheira e das características geológico-geotécnicas dos materiais atravessados deverá ser realizado por geólogo, cujo número de registro do órgão fiscalizador deverá ser anotado no perfil.
 - d) Até 30 dias após o término do último poço (ou trincheira) da campanha programada, o Executor deverá entregar o relatório final, contendo:
 - texto explicativo com localização, tempo gasto, número de poços (ou trincheiras) executados, total de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Executora;
 - planta de localização dos poços (ou trincheiras) com referência topográfica ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.
 - e) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro.



SONDAGEM A PERCUSSÃO

3.1 Definição

Sondagem a percussão é um método de investigação de solo cujo avanço da perfuração é feito por meio de trado ou de lavagem, sendo utilizada a cravação de um amostrador para a medida de índices de resistência à penetração, obtenção de amostras, determinação do nível d'água e execução de vários ensaios *in situ*. É possível, ainda, no final do ensaio à penetração, medir o torque para ruptura da amostra e instalar instrumentação.

3.2 Identificação

As sondagens a percussão deverão ser identificadas pelas letras SP, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem. Sugere-se utilizar diferentes centenas na numeração para as diversas estruturas da obra. Exemplos: vertedouro: SP 101, SP 102, SP 103... ; barragem de terra: SP 201, SP 202, SP 203... ; eclusa: SP 401, SP 402, SP 403...

Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

No caso de prosseguimento da sondagem pelo método rotativo ou na alternância entre os métodos percussivo e rotativo, deverão ser empregadas as letras SM (sondagem mista) para identificar a sondagem.

3.3 Equipamentos e ferramentas

- a) O Executor deverá fornecer equipamentos e ferramentas para a execução de sondagens com até 40 m de profundidade, que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.
- b) Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais: tripé com roldana; guincho mecânico, ou moitão; trado concha e helicoidal; hastes e luvas de aço galvanizado; alimentador de água; cruzeta, trépano e "T" de lavagem; barriletes amostradores e peças para sua cravação; martelo com 65 kg e guia; tubos de revestimento; torquímetro; bomba d'água; abraçadeiras para revestimento; abaixadores e alçadores para hastes, saca-tubos; bomba-balde (baldinho com válvula de pé); chaves de grifo; metro ou trena; recipientes herméticos (tipo copo) para amostras; sacos plásticos transparentes de alta resistência; etiquetas para identificação; medidor de nível d'água e outros.
- c) As peças de avanço da sondagem deverão permitir a abertura de um furo com diâmetro máximo de 100 mm (4"), até atingir o nível de água. Abaixo do NA devem-se utilizar tubos de revestimento com diâmetro nominal interno de 63,5 mm (2.1/2"), emendado por luvas com comprimentos de 1 m e/ou 2 m.
- d) As características das hastes de perfuração, cravação do amostrador padrão e de lavagem por tempo deverão ser idênticas para todos os equipamentos, durante todo o serviço de sondagem numa mesma obra. O trépano, ou peça de lavagem, deve ser uma peça de aço, com diâmetro nominal de 25 mm, terminada em bisel, dotada de duas saídas laterais para a água e comprimento mínimo de 20 cm.
- e) Para os ensaios penetrométricos, as hastes deverão ser do tipo Schedule 80, retilíneas, com 25,4 mm (1") de diâmetro interno e dotadas de roscas em bom estado, que permitam firme conexão com

as luvas, e massa de aproximadamente 3 kg/m. Quando acopladas, as hastes deverão formar um conjunto retilíneo.

- f) O Executor deverá dispor de hastes com comprimentos de 1m e/ou 2m, a fim de facilitar as operações de início do furo e evitar emendas sucessivas em maiores profundidades.
- g) Os barriletes amostradores tipo Raymond, mais conhecidos como barriletes SPT, deverão estar em bom estado, com roscas e ponteiras perfeitas e firmes, sem apresentar fissuras.
- h) O trépano deverá estar em bom estado, com extremidade cortante sempre afiada.

3.4 Execução da sondagem

- a) A sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao seu redor para desviar as águas de enxurradas. Quando for necessária a construção de uma plataforma, esta deverá ser totalmente assoalhada e cobrir, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de fixação do tripé. Nos centros urbanos, deve-se montar uma estrutura que permita o total confinamento da equipe e dos equipamentos na área em que será executada a sondagem, que garanta segurança aos transeuntes e condições de trabalho à equipe.
- b) Junto ao local de execução do furo, deverão ser cravados um piquete e uma estaca com a identificação da sondagem. O piquete servirá de ponto de referência para medidas de profundidade e para amarração topográfica.
- c) As sondagens deverão ser iniciadas utilizando-se o trado concha até onde possível, passando-se a utilizar o trado helicoidal quando se tornar impossível o avanço com o trado concha.
- d) A perfuração acima do lençol freático deverá ser feita com trado, exceto no caso de se encontrar material impenetrável à perfuração.

- e) No caso de ser atingido o nível freático, ou quando o avanço do trado helicoidal for inferior a 5 cm em 10 min de operação contínua de perfuração, poder-se-á passar para o método de percussão com circulação de água (conhecido como método de lavagem). Para tanto, é obrigatória a cravação de revestimento.
- f) Quando o avanço se fizer por lavagem, deve-se erguer o sistema de circulação de água a 30 cm a partir do fundo do furo. Durante sua queda livre, deve-se imprimir, manualmente, um movimento de rotação no hasteamento.
- g) Os detritos pesados, não carreados com a circulação de água, deverão ser retirados com bomba-balde (conhecido como baldinho), munida de válvula de pé.
- h) O controle das profundidades do furo, com precisão de 1 cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas, em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.
- i) No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Deve-se garantir a estabilização do nível d'água encontrado com leituras a cada 5 minutos, durante 30 minutos. O nível d'água estará estabilizado quando obtiver 3 leituras consecutivas em intervalos de tempos iguais.
- j) Quando ocorrer artesianismo não surgente, deverá ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, deverão ser realizadas medidas e é preciso indicar a profundidade de interceptação da água.
- k) Os níveis d'água e as vazões deverão ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte à conclusão da sondagem. A critério da Fiscalização, a última medida poderá ser feita seis horas depois de concluída a sondagem.
- l) A sondagem a percussão será terminada nos seguintes casos:
 - quando atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;

- quando ocorrer a condição de impenetrabilidade descrita no item 3.5.k;
- quando estiver prevista sua continuação pelo processo rotativo e forem atingidas as condições do item 3.5.l.
- m) Salvo orientação em contrário, imediatamente após a última leitura do nível d'água ou após o encerramento da sondagem, o furo deverá ser totalmente preenchido com solo, solo-cimento ou outro material, a critério da Fiscalização, deixando-se cravada no local uma estaca ou marcada com tinta indelével no pavimento a identificação da sondagem.

3.5 Ensaio de penetração padronizado – SPT

- a) O ensaio de penetração padronizado, também denominado *Standard Penetration Test* (SPT), é executado no transcorrer da sondagem a percussão com o propósito de se obterem índices de resistência à penetração do solo (Norma ABNT NBR 6484). Para determinação do torque e para empregá-lo conforme característica do terreno, recomenda-se consultar Ranzini (1988), Décourt e Quaresma Filho (1994), Ranzini (1994) e Alonso (1994).
- b) O ensaio de penetração deverá ser executado a cada metro, a partir de 1 m de profundidade da sondagem, ou conforme especificação da Fiscalização.
- c) As dimensões e detalhes construtivos do barrilete amostrado SPT deverão estar rigorosamente de acordo com o indicado na Figura I do Anexo A. As hastes a serem utilizadas são aquelas indicadas no item 3.3.e. Deve-se verificar a presença de válvula esférica no barrilete antes do ensaio penetrométrico, especialmente em terrenos não coesivos ou abaixo do nível freático.
- d) O fundo do furo deverá estar limpo. Caso sejam observados desmontamentos da parede do furo, o tubo de revestimento precisará ser cravado de tal modo que sua boca inferior fique posicionada 10 cm acima da cota do ensaio penetrométrico. Nos casos em que, mesmo com o revestimento cravado, ocorrer fluxo de material para o furo,

o nível d'água no furo deverá ser mantido acima do nível do terreno por adição de água. Nesses casos, a operação de retirada do equipamento de perfuração deverá ser feita lentamente.

- e) O ensaio de penetração consistirá na cravação do barrilete amostrador por meio do impacto de um martelo de 65 kg, caindo livremente de uma altura de 75 cm sobre a composição de hastes.
- f) O martelo para cravação do amostrador deverá possuir uma haste-guia, na qual deverá estar claramente assinalada a altura de 75 cm. Em torno da haste-guia, num recesso circular, deverá estar alojado um coxim de madeira de lei, com as fibras paralelas à haste-guia, para que o impacto com a composição não se dê diretamente entre os aços. O martelo deverá ser erguido manualmente, com auxílio de uma corda e polia, fixas no tripé. É vedado o emprego de cabo de aço para erguer o martelo. A queda do martelo deverá ocorrer verticalmente sobre a composição, com a menor dissipação de energia possível.
- g) O barrilete deverá ser apoiado suavemente no fundo do furo, confirmando-se que sua extremidade se encontre na cota desejada e que as conexões entre as hastes estejam firmes e retilíneas. A ponteira do amostrador (bico) não poderá estar fissurada ou amassada.
- h) Colocado o barrilete no fundo, deverão ser assinalados com giz, na porção da haste que permanecer fora do revestimento, três trechos de 15 cm cada um referidos a um ponto fixo do terreno. A seguir, o martelo deverá ser suavemente apoiado sobre a composição de hastes, anotando-se a eventual penetração observada. A penetração obtida dessa forma corresponderá a zero golpe.
- i) Não tendo ocorrido penetração igual ou maior do que 45 cm no procedimento anterior, inicia-se a cravação do barrilete da queda do martelo. Cada queda do martelo corresponderá a um golpe e serão aplicados tantos golpes quantos forem necessários à cravação de 45 cm do amostrador, atendida a limitação do número de golpes indicados no item 3.5.k. Deverão ser anotados o número de golpes e a penetração em centímetros para a cravação de cada terço do

barrilete; caso ocorram penetrações superiores a 15 cm (cada terço do barrilete), estas deverão ser anotadas, sem fazerem-se aproximações. Após o término de cada ensaio SPT, a sondagem será prosseguirá conforme definido no item 3.4 até a cota do novo ensaio.

- j) O valor da resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 30cm finais do barrilete amostrador.
- k) A cravação do barrilete será interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5cm após dez golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, ou quando o número de golpes ultrapassar 50 em um mesmo ensaio (45 cm do amostrador). Nessas condições, o material será considerado impenetrável ao SPT, devendo ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva.
- l) Atingidas as condições descritas no item anterior, os ensaios de penetração deverão ser suspensos. No caso de prosseguimento da sondagem pelo método rotativo, os ensaios SPT serão reiniciados quando, em qualquer profundidade, voltar a ocorrer material suscetível de ser submetido a esse tipo de ensaio.

3.6 Ensaio de lavagem por tempo

- a) Atingido o impenetrável ao SPT (item 3.5.k) e havendo interesse no prosseguimento da sondagem pelo método a percussão, deve-se iniciar o processo da lavagem com ensaios de lavagem por tempo, conforme descrito no item 3.6.b, atendendo à limitação de avanço indicada no item 3.6.c.
- b) O ensaio de lavagem por tempo é utilizado numa sondagem a percussão com o objetivo de se avaliar a penetrabilidade do solo ao avanço do trépano de lavagem. Consiste na aplicação do processo definido em 3.4.f por 30 min, anotando-se os avanços obtidos a cada período de 10 min. O equipamento a ser utilizado é o especificado nos itens 3.3.d e 3.3.e.

- c) Quando, no mesmo ensaio de lavagem por tempo, forem obtidos avanços inferiores a 5cm por período, em três períodos consecutivos de 10 min, o material será considerado impenetrável à lavagem.
- d) O impenetrável à lavagem por tempo, como critério para o término da sondagem a percussão, não implica na eliminação dos ensaios de penetração SPT (item 3.5), devendo ser observadas as condições definidas no item 3.5.k. No caso de o material voltar a ser penetrável, deverão ser executados ensaios SPT nas cotas já definidas (item 3.5).
- e) Não é permitida a adoção do critério de impenetrável à lavagem por tempo para término da sondagem a percussão quando estiver prevista a sua continuação pelo processo rotativo. Nesse caso, a mudança do método deve ser feita quando atingido o impenetrável aos ensaios SPT (item 3.5.k).

3.7 Amostragem

- a) As amostras deverão ser representativas dos materiais atravessados e livres de contaminação.
- b) As amostras a serem obtidas nas sondagens a percussão serão dos seguintes tipos:
 - amostras de barrilete amostrador SPT, com cerca de 200 g, constituídas pela parte inferior do material obtido no amostrador (bico). Sempre que possível, a amostra deve ser acondicionada mantendo-se intactos os cilindros de solo obtidos;
 - amostras de trado, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido durante a perfuração e coletadas na parte inferior das lâminas cortantes do trado;
 - amostras de lavagem, com cerca de 500 g, obtidas pela decantação da água de circulação, em recipientes com capacidade mínima de 100 L. Nesse processo de amostragem, é vedada a prática de coleta do material acumulado durante o avanço da sondagem em recipiente colocado junto à saída da água de circulação;

- amostras de baldinho, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido na bomba-balde (baldinho com válvula de pé).
- c) Excetuando-se as amostras de barrilete, deve ser coletada, no mínimo, uma amostra para cada metro perfurado. Deverão ser coletadas tantas amostras quanto forem os diferentes tipos de materiais.
- d) As amostras acondicionadas em copos (item 3.7.j) e sacos plásticos serão colocadas em caixas de plástico, de tipo e dimensões usados em furos rotativos de diâmetro BW, conforme a Figura II do Anexo A. Na tampa e num dos lados menores da caixa, deverão ser anotados, com tinta indelével, os seguintes dados:
 - número do furo;
 - nome da obra e do cliente;
 - local;
 - número da caixa e número de caixas do furo.

Quando a sondagem a percussão for seguida por sondagem rotativa, deve ser utilizada caixa de amostra apropriada para o diâmetro da sondagem rotativa programada. Nesse caso, as amostras de solo poderão ser guardadas na mesma caixa onde serão acondicionados os testemunhos de rocha.

- e) As amostras serão coletadas desde o início do furo e acondicionadas na caixa, com separação de tacos de madeira ou outro dispositivo. A sequência de colocação das amostras na caixa deverá seguir a orientação da flecha constante nas caixas de plástico, da esquerda para a direita. A profundidade de cada trecho amostrado deve ser anotada, com caneta esferográfica ou tinta indelével, no taco do lado direito da amostra. No lado direito da última amostra do furo, coloca-se um taco adicional com a palavra “fim”.
- f) Cada metro perfurado a percussão, com exceção do primeiro, deve estar representado na caixa de amostra por duas porções de material, separadas por tacos de madeira, sendo a primeira com amostra de penetrômetro (bico e corpo do amostrador) e a segunda com amostra de trado, lavagem ou bomba-balde (baldinho).

g) Não havendo recuperação de material no barrilete, o local da amostra na caixa deve ser preenchido com um taco de madeira com as palavras “não recuperou”. No caso de ser utilizado todo o material disponível para a amostragem especificada no item 3.7.j, coloca-se no local da amostra um taco com as palavras “recuperou pouco”. A não recuperação de amostra também deverá estar indicada no boletim de campo da sondagem.

h) No caso de baixa recuperação de amostra no barrilete, deve-se dar preferência à amostragem indicada no item 3.7.j.

i) Poderá ser indicado na caixa de amostras, por meio de tacos de madeira e na profundidade devida, o tipo de amostragem, isto é: trado, lavagem, penetrômetro etc.

j) A cada ensaio de penetração, cerca de 100 g da amostra do barrilete deverão ser imediatamente acondicionados em recipientes de plástico rígido, com tampa, de maneira que o frasco fique hermético e selado com fita colante. Essa amostra deve ser identificada por duas etiquetas em papel-cartão, sendo uma interna e a outra colada na parte externa do recipiente, em que constem:

- nome da obra e do cliente;
- nome do local;
- número de sondagem;
- número da amostra;
- profundidade da amostra;
- número de golpes e penetração do ensaio;
- data;
- operador.

As anotações devem ser feitas com caneta esferográfica ou tinta indelével; as etiquetas devem ser protegidas com sacos plásticos contra avarias no manuseio da amostra. Esses recipientes precisam ser acondicionados em caixas apropriadas para transporte ou, de preferência, na caixa especificada no item 3.7.d.

k) As caixas de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da sondagem, quando serão transportadas para o local indicado pela Fiscalização.

3.8 Ensaio de permeabilidade

Para realizar o ensaio de permeabilidade *in situ*, em solo, deve ser consultado o item 4 ou o Boletim nº 4 da ABGE.

3.9 Apresentação dos resultados

a) Deverão ser fornecidas diariamente informações sobre o andamento da sondagem, quando solicitadas.

b) Ao término de cada sondagem, deverá ser encaminhada à contratante cópia dos boletins de campo em que constem, no mínimo:

- nome da obra e do cliente;
- número da sondagem (identificação) e localização do furo;
- diâmetro da sondagem e método de perfuração;
- cota e coordenadas;
- datas da execução (início e término);
- tabela com leitura de nível d'água com: data, hora e profundidade do furo no momento da leitura, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo etc. No caso de não ser atingido o nível d'água, devem-se anotar as palavras “furo seco”.
- posição final do revestimento;
- resultados dos ensaios de penetração, com o número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amostrador;
- resultados dos ensaios de lavagem por tempo, com intervalo ensaiado, avanço em centímetro e tempo de operação da peça de lavagem;

- resultados dos ensaios de permeabilidade (conforme item 4), com indicação do processo utilizado, posição das extremidades inferior e superior do revestimento, profundidade do furo e do trecho a ser ensaiado, diâmetro interno do revestimento e medidas de absorção d'água feitas a cada minuto, com a respectiva unidade;
- identificação das anomalias observadas;
- confirmação do preenchimento do furo após a conclusão ou, se for o caso, motivo do não preenchimento;
- descrição sucinta dos materiais atravessados;
- motivo da paralisação do furo;
- visto do encarregado do Executor.

c) Os resultados finais de cada sondagem a percussão deverão ser apresentados num prazo máximo de 30 dias após seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (Modelo O do Anexo B), e conter, além dos dados do item 3.9.b, *valores de resistências a penetração do amostrador*, calculados e colocados em gráfico (quando for o caso), a classificação granulométrica tátil-visual dos materiais atravessados, feita por técnico especializado, cujo nome e assinatura deverão constar nos boletins e perfis. A classificação geológica dos materiais deverá ser realizada por geólogo, cujo número de registro do órgão fiscalizador deverá ser anotado nos perfis.

Os resultados dos ensaios de permeabilidade deverão ser apresentados em valores numéricos: da absorção em L/min.m, da pressão em kgf/cm² e da perda d'água específica em L/min.m/(kgf/cm²), assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado. A unidade da pressão pode ser expressa em MPa, porém, nesse caso, deve-se observar a equivalência: 1 kgf/cm² = 0,1 MPa.

- d) Até 15 dias após o término do último furo da campanha programada, o Executor deverá entregar o relatório final, contendo:
- texto explicativo com localização, tempo gasto, número de furos executados e total de metros perfurados, bem como outras informações de interesse e conhecimento do Executor;

- planta de localização das sondagens com referência topográfica ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.
- e) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser disponibilizadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro.



ENSAIO DE PERMEABILIDADE EM SOLO

Neste capítulo, serão tratados somente os ensaios de infiltração e de rebaixamento, por serem os mais simples e os mais utilizados em sondagens a percussão. Para orientações detalhadas a respeito dos ensaios de permeabilidade em solos, deve-se consultar o Boletim nº 4 da ABGE: Ensaio de permeabilidade em solo (1996).

4.1 Introdução

O ensaio de permeabilidade, executado em furos de sondagem a percussão, conhecido por ensaio de infiltração, tem por finalidade a determinação da perda d'água específica (PE) e do coeficiente de permeabilidade do solo. Juntamente com o ensaio de perda d'água sob pressão (aplicável em sondagens rotativas), constitui o conjunto de ensaios de permeabilidade executados em furos de sondagens, mais comumente utilizados no campo para a caracterização hidrogeotécnica dos maciços naturais.

4.2 Definição

O ensaio de permeabilidade em furos de sondagens consiste na medida da vazão, representada pelo volume de água absorvido ou retirado, durante

um intervalo de tempo, em função da aplicação de diferenciais de pressão induzida por colunas d'água, resultante da injeção ou da retirada de água do furo.

Pela injeção de água no furo, podem ser realizados dois tipos de ensaios:

- 1) *Ensaio de infiltração*, também denominado infiltração a nível constante, no qual se mantém uma coluna de água (carga) constante e mede-se a vazão necessária para mantê-la.
- 2) *Ensaio de rebaixamento*, também denominado de infiltração a nível variável, no qual se estabelece uma coluna d'água inicial, interrompe-se a introdução da água e acompanha-se o rebaixamento do nível d'água com o tempo.

Pela retirada de água do furo, podem ser realizados dois tipos de ensaios:

- 1) *Ensaio de bombeamento*: bombeia-se a água e mede-se a vazão necessária para manter estabilizado o nível rebaixado;
- 2) *Ensaio de recuperação*: bombeia-se a água até que o seu nível esteja rebaixado o suficiente em relação ao nível freático ou piezométrico, medindo-se, em seguida, a velocidade de recuperação.

Os ensaios de bombeamento e de recuperação só podem ser realizados na porção do maciço situada abaixo do nível freático.

4.3 Equipamentos e ferramentas

Os equipamentos e ferramentas necessários à execução dos ensaios de permeabilidade deverão constar dos seguintes elementos:

- Bomba d'água: com capacidade mínima de 40 L/min.
- Hidrômetro: em boas condições, com divisões de escala em litros, testado no início de cada sondagem e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. O hidrômetro não deve apresentar desvio superior a 10% do valor real na faixa de vazão entre 10 e 40 L/min. É vedado o uso de curvas de calibração.

- Tambor: graduado em litros, com capacidade de aproximadamente 200 L.
- Provetas: graduadas a cada 50 mL, com capacidade mínima de 1 L.
- Funil: com orifício inferior de 2,54cm (1") e diâmetro maior de, no mínimo, 20cm, acoplável à peça de redução rosqueada no revestimento.
- Escarificador: constituído por uma haste com ponteira decimétrica de madeira ou de metal, com numerosos pregos sem cabeça, semi-cravados.

4.4 Execução do ensaio

- a) A execução dos ensaios de permeabilidade e de penetração padronizados (SPT) num mesmo trecho deverá ser limitada aos horizontes abaixo do nível d'água, ou onde o avanço da sondagem for feito pelo método de lavagem. Ensaios de infiltração acima do nível d'água deverão ser feitos em um novo furo, deslocado de 3 m em relação ao primeiro, exceto quando instruções específicas dos serviços não exigirem tal condição.
- b) A parede do furo, no horizonte de solo a ser ensaiado, deverá ser desobstruída por raspagem com escarificador.
- c) O revestimento deverá ser posicionado até um mínimo de 100cm acima do nível do terreno e preenchido com água até a boca.
- d) Será feito ensaio de rebaixamento quando a carga hidráulica, no trecho ensaiado, for superior a 0,2 kgf/cm² ou 0,02 MPa (2,0 m de coluna d'água) e, por avaliação visual, o rebaixamento da água no tubo de revestimento for inferior a 10,0 cm/min. Nos casos em que o nível d'água estiver próximo da superfície do terreno, admite-se carga mínima de 0,1 kgf/cm² ou 0,01 MPa (1 m de coluna d'água).
- e) O ensaio de rebaixamento será feito através da medida do nível d'água dentro do revestimento, a intervalos de tempo curtos no início e mais

longos em seguida (por exemplo: 15 s, 30 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min, 5 min etc.). As medidas de rebaixamento devem ser iniciadas após a manutenção do tubo de revestimento cheio de água até a boca, durante 10 min, no mínimo.

- f) O ensaio de rebaixamento será concluído quando o rebaixamento atingir 20% da carga inicial aplicada ou após 30 min de ensaio.
- g) O ensaio de infiltração será executado quando não ocorrerem as condições indicadas no item 4.4.d.
- h) O ensaio de infiltração consiste na medida da absorção d'água estabilizada, feita a cada minuto, durante 10 min.
- i) Entende-se que as leituras de absorção d'água estão estabilizadas quando:
 - não for observada variação progressiva nos valores lidos;
 - a diferença entre leituras isoladas e o valor médio não superar 20%.
- j) Nos casos de medidas próximas ao limite de sensibilidade dos equipamentos, as diferenças admissíveis deverão ser estabelecidas pela Fiscalização segundo um critério mais flexível.
- k) As medidas de absorção d'água no ensaio de infiltração serão feitas com: hidrômetro acoplado à canalização da bomba, quando forem superiores a 10 L/min; com proveta graduada, quando forem inferiores a 1 L/min; e com tambor graduado nos casos intermediários.
- l) É importante o registro completo das informações necessárias ao cálculo do coeficiente de permeabilidade, tais como: vazão, nível d'água, diâmetro e profundidade do furo, comprimento do trecho de ensaio etc., conforme indicado no Modelo J do Anexo B.
- m) É importante também registrar todo fenômeno que, ocorrendo durante o ensaio, auxilie no conhecimento do trecho ensaiado, especialmente comportamentos inesperados.



SONDAGEM ROTATIVA

5.1 Definição

Sondagem rotativa é um método de investigação que consiste no uso de um conjunto motomecanizado destinado à perfuração de maciços rochosos e obtenção de amostras de materiais rochosos com formato cilíndrico, chamadas de testemunho. Pode também amostrar solos e outros materiais e serve de acesso para a realização de diversos ensaios.

5.2 Identificação

As sondagens rotativas serão identificadas pelas letras **SR**, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deve ser sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem. Sugere-se utilizar diferentes centenas na numeração para as diversas estruturas da obra. Exemplo: vertedouro: SR 101, SR 102, SR 103...; barragem de terra: SR 201, SR 202, SR 203...; eclusa: SR 401, SR 402, SR 403...

Quando for necessária a execução de mais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

5.3 Procedimentos para perfuração em solo

As sondagens rotativas destinam-se à perfuração e à amostragem de maciços rochosos, porém, em geral, é necessário atravessar camadas de solo, com espessura e características muito variáveis, para alcançar o maciço rochoso.

Podem ser utilizados diferentes procedimentos para atravessar as camadas de solo como abaixo:

- a) perfuração destrutiva no trecho de solo, sem amostragens e ensaios. Utilizada quando não há interesse ou necessidade de dados e amostras das camadas de solo. Neste caso deverá ser indicado no perfil individual da sondagem rotativa que, no trecho em solo, foi utilizado o método de perfuração destrutiva, sem amostragem e ensaios;
- b) execução antecipada de sondagem a percussão, na mesma localização da sondagem rotativa, efetuando a perfuração, ensaios SPT e amostragem conforme indicado no capítulo 3 – Sondagem a percussão. Usualmente, na sondagem a percussão, é utilizado o revestimento Φ 4” para posterior aproveitamento do furo pela sondagem rotativa. A sondagem a percussão não recebe numeração específica, sendo seus dados incorporados ao perfil individual da sondagem rotativa.
- c) perfuração das camadas de solo utilizando os métodos de sondagem rotativa (coroas, barriletes, etc.) conforme indicado no capítulo 5 – Sondagem rotativa. As camadas de solo são perfuradas e amostradas com barrilete duplo e pouca água. Não sendo necessários os ensaios SPT, a amostragem das camadas de solo é feita continuamente. Os testemunhos obtidos devem ser acondicionados em embalagens plásticas, hermeticamente fechadas nas extremidades, e
- d) outros procedimentos e combinações além dos acima mencionados podem ser utilizados para atender aos requisitos das diferentes situações encontradas durante as investigações.

Em todos os procedimentos de perfuração e amostragem das camadas de solo a passagem para a perfuração e amostragem do maciço rochoso pelo

método rotativo deverá ser feita ao ser atingido o impenetrável ao ensaio SPT, conforme abaixo:

- até 5cm de penetração após 10 golpes consecutivos, excluídos os primeiros 5 golpes; ou
- quando forem atingidos 50 golpes no mesmo ensaio.

Este procedimento destina-se a assegurar a recuperação da parte superior do maciço rochoso, geralmente mais alterada e fraturada, o que não pode ser feito com os ensaios SPT.

5.4 Equipamentos, ferramentas e procedimentos

- a) O Executor deve fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.
- b) Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais: tripé, sonda rotativa, bomba d'água, hastes, barriletes, coroas, luvas alargadoras (calibradores), tubos de revestimento e demais acessórios e ferramentas necessárias à execução de sondagens rotativas. Poderão ser exigidos equipamentos para as sondagens a percussão, conforme relação do item 3.3.
- c) Os equipamentos utilizados deverão seguir as normas de padronização de dimensões e de nomenclatura de equipamentos de sondagens, para permitir a permutabilidade de peças provenientes de diversos fabricantes. Existem dois sistemas que normatizam mundialmente as dimensões e as nomenclaturas para sondagens rotativas: o padrão DCDMA (*Diamond Core Drill Manufacturers Association*), ou americano, que adota a combinação de duas ou mais letras para designar diâmetros e modelos dos equipamentos; e o padrão europeu, também conhecido por sistema métrico, ou Craelius, que expressa o diâmetro do furo em milímetros e uma ou mais letras, para designar o modelo do equipamento. Os equipamentos padrão DCDMA mais

comuns são os da série G (standard), T (coroa de paredes finas), M (prolongador de tubo interno até perto da coroa), W (nomenclatura atualizada da série das roscas) e Q (tubo interno retrátil ou *wire line*). O equipamento Craelius, série T, 86 mm, barriletes e coroa de paredes finas são os de uso mais comum no Brasil.

d) Os diâmetros de sondagens mais comumente utilizados são indicados na Tabela 1.

Tabela 1 • Diâmetros de Sondagens

Diâmetros de Coroas e Revestimentos

Sistema	Coroas			Revestimento			
	Diâmetro do Furo (mm)	Diâmetro Perfuração (mm)	Diâmetro Testemunho (mm)	Tamanho (mm)	Diâmetro Externo (mm)	Diâmetro Interno (mm)	Poso (kg/m)
Sistema métrico (Craelius)	36	36	22	35	35	29	1,4
	46	46	32	44	44	37	3,5
	56	56	42	54	54	47	4,4
	66	66	52	64	64	57	5,2
	76	76	62	74	74	67	6,3
	86	86	72	84	84	77	7,2
	101	101	84	98	98	89	10,5
	116	116	86	113	113	104	12,4
	131	131	101	128	128	119	13,8
	146	146	116	143	143	134	15,4
Sistema Americano (Diamond core drill manuf. Assoc)	EX	37,7	21,4	-	-	-	-
	AX	48,0	30,1	EX	46,0	38,1	4,1
	BX	60,0	42,0	AX	57,2	48,4	4,5
	NX	75,5	54,0	BX	73,0	60,3	9,0
	HX	99,2	76,2	NX	88,9	76,2	11,8
	23/3" x 37/8"	98,4	68,3	4"	129,0	102,0	16
	4" x 5 1/2"	139,6	100,8	6"	187,0	154,0	30
	6" x 7 1/4"	196,9	151,6	8"	239,0	203,0	39
	Wire line						
	AQ	48,0	27,0	EX	46,0	38,1	4,1
	BQ	60,0	36,5	AX	57,2	48,4	4,5
	NQ	75,7	47,6	BX	73,0	60,3	9,0
	HQ	96,0	63,5	NX	88,9	76,2	11,8

Fonte: Modificado de Mazariegos, 1993. Ingeniería Geológica, Vallejo, L.I.G. 2004.

e) Barriletes amostradores.

Os barriletes são tubos com diâmetros compatíveis, inseridos entre a coroa e as hastes, destinados a acomodar e proteger os testemunhos.

Existem diversos tipos de barriletes amostradores (simples, duplos, triplos etc.), porém recomenda-se a utilização de barriletes duplo-livres ou triplos, de modo a atender aos níveis de recuperação exigidos.

- **Barrilete duplo-livre:** constituído por dois tubos. Entre as partes da cabeça do barrilete, onde os tubos são rosqueados, existe um sistema de rolamentos. Assim, enquanto o tubo externo gira com a coluna de perfuração, o tubo interno permanece estacionário ou gira lentamente. O testemunho fica protegido do atrito com a parede do barrilete e o contato do testemunho com o fluido de circulação se dá entre a extremidade do tubo interno e a face da coroa. Existem variações desse barrilete, com saída do fluido de circulação na face interna da coroa (saída lateral) ou na parte inferior (saída frontal), para obter recuperação de boa qualidade de maciço alterado e muito fraturado. Quando se pretende recuperar materiais de preenchimento de fraturas, são utilizados também os equipamentos compostos por barrilete duplo-livre, coroa de paredes finas (com saída d'água frontal) e prolongador de tubo interno até 3 mm da coroa que permitem elevada recuperação de testemunhos, principalmente quando combinados com a habilidade do profissional e pressão de avanço cuidadosa.
- **Barrilete wire line:** barrilete de alta produção, com dispositivos especiais que permitem a retirada do tubo interno, portador do testemunho, por dentro da coluna de perfuração, sem a necessidade de removê-la. Esse tipo de barrilete é muito utilizado em sondagens profundas, como é o caso nas investigações de minerações subterrâneas, explorações petrolíferas, cavernas para depósitos etc.

f) Procedimentos para amostragem adequada

No caso de baixa qualidade na amostragem de maciços rochosos pelo uso de equipamentos e técnicas tradicionais, os seguintes procedimentos são recomendados (NAKAMURA e VIRGILI et al, 1993 2012):

1º) Emprego de profissionais com domínio técnico dos equipamentos e com habilidade para operá-los em maciço rochoso de difícil amostragem;

2º) Utilização de barrilete triplo (barrilete duplo-livre com luva para o testemunho), especialmente indicado para trechos de rochas muito fraturadas ou zonas de falhas encaixadas em rochas duras;

3º) Utilização de diâmetros HW ou 86 mm, barrilete duplo-livre e coroa de paredes finas, saída d'água frontal, em vez de barrilete duplo-livre e coroa tradicional, de diâmetro NW, utilizados genericamente para as campanhas de sondagens;

4º) Aplicação de técnicas de injeção de espuma de bolhas de ar (*air bubble*) ou de soluções de polímeros como fluidos de perfuração, nos trechos de maior dificuldade e onde não se conseguiu obter sucesso com os procedimentos anteriores. O uso dessa técnica deve considerar se há restrição quanto a possível contaminação da amostra por utilização desses materiais.

No Anexo D são apresentadas fotos de testemunhos de sondagens que permitem comparar, num mesmo local, procedimentos para amostragem adequada e procedimentos tradicionais que não conseguem obter boa recuperação dos testemunhos.

5.5 Execução da sondagem

- a) Em terreno seco, a sondagem deverá ser iniciada após a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos e a abertura de um sulco ao redor, que desvie as águas de enxurradas, no caso de chuva. A sonda deverá ser firmemente ancorada no terreno, de maneira a minimizar as vibrações e a consequente transmissão para a composição da sondagem.
- b) Em terreno alagado ou coberto por lâmina d'água de grande espessura, a sondagem deverá ser feita a partir de plataforma fixa ou flutuante, firmemente ancorada, totalmente assoalhada, com balaústres de proteção em todo o perímetro. A área do flutuante deverá abranger, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de apoio do tripé, acrescida das áreas necessárias para instalação dos demais equipamentos.
- c) Junto ao local onde será executada a sondagem, deverá ser cravado um piquete com a identificação da sondagem, que servirá de ponto

de referência para medidas de profundidade e para fins de amarração topográfica. Em área com lâmina d'água, o ponto de referência deverá ser o topo do revestimento, firmemente ancorado no furo, cuja cota deverá ser fornecida pela equipe de topografia.

- d) No caso de sondagem inclinada, o posicionamento e o ajuste da sonda deverão ser realizados com o auxílio de bússola e clinômetro, de modo a respeitar rigorosamente o rumo e a inclinação previstos no programa de sondagens. Nesta situação, será preciso atentar para a interferência magnética que os equipamentos de sondagem podem causar na agulha da bússola.
- e) No horizonte de solo, a sondagem deverá ser executada com medidas de SPT a cada metro, até serem atingidas as condições definidas no item 3.5.m.
- f) Deverão ser empregados, com a anuência da Fiscalização, todos os recursos das sondagens rotativas, de maneira a assegurar a melhor recuperação de todos os materiais atravessados, entre eles: a redução de vibração do equipamento mediante a correta ancoragem da perfuratriz; o emprego de hastes retilíneas; a utilização de equipamentos e acessórios apropriados às condições geológicas; o emprego de lamas bentoníticas como fluido de perfuração; a realização de manobras curtas e a adequação da velocidade de perfuração. A lama bentonítica deve ser utilizada com ressalva em trechos onde serão realizados ensaios de permeabilidade, pois pode haver colmatação, interferindo no resultado da permeabilidade. A recuperação de testemunho, especialmente em trechos de maciços rochosos muito a extremamente alterados e/ou muito fraturados, pode ser conseguida com a escolha adequadas de barrilete e coroa (item 5.4.e), avanço lento e redução do volume de água, sob controle de um sondador experiente. Sondas com avanço hidráulico são apropriadas para se avaliar a resistência da rocha através da velocidade de perfuração, pois a pressão sobre a coroa pode ser mantida constante durante a execução da sondagem.
- g) A recuperação mínima exigida é de 95%, ou seja, a cada metro perfurado devem ser obtidos 0,95 m de testemunhos, medidos após sua

acomodação em uma calha de descrição ou na caixa de amostras, conforme item 5.6.b. Entretanto, mesmo com a utilização das medidas dos itens anteriores, a recuperação de 95% poderá não ser alcançada. Nesse caso a aceitação do furo e dos seus resultados, no trecho de recuperação insuficiente, ficará a critério da Fiscalização. Alternativamente, o furo poderá ser objeto de perfilagem óptica digital.

- h) Constituem elementos de interesse para avaliação do desempenho dos equipamentos o registro das características da sonda rotativa e da coluna de perfuração, o tempo de realização das manobras, as características da coroa (tipo: cravada, microcravada ou impregnada; tempo de uso etc.), bem como a avaliação da pressão aplicada sobre a composição, sua velocidade de rotação, velocidade de avanço, pressão e vazão da água de circulação.
- i) Os diâmetros a serem utilizados e sua sequência (telescopagem) deverão ser estabelecidos em especificações técnicas e em contrato, podendo ser ajustados mediante aprovação da Fiscalização. Para material decomposto e rocha alterada, deve-se optar por diâmetros maiores.
- j) Quando, no avanço da sondagem rotativa, ocorrer mais de 50 cm de material mole ou incoerente, deverá ser executado um ensaio de penetração SPT, seguido de outros a intervalos de 1 m, até serem atingidas novamente as condições do item 3.5.m.
- k) O controle da profundidade do furo, com precisão de 1 cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação ao piquete de referência fixado junto à boca do furo.
- l) No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente, deverá ser registrado o nível estático; no caso de artesianismo surgente, além da profundidade da entrada de água, deverá ser medida a vazão.
- m) Os níveis d'água e as vazões deverão ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte à conclusão da sondagem.

- n) Quando houver interesse na obtenção de uma medida de nível piezométrico em qualquer trecho do furo em andamento, a Fiscalização poderá solicitar a instalação, em cota determinada, de um obturador durante o intervalo entre dois turnos de perfuração. Nesse caso, no reinício dos trabalhos serão medidos os níveis d'água interno à tubulação do obturador e externo a ela.
- o) Salvo orientação contrária, imediatamente após a última leitura de nível d'água ou após o encerramento da sondagem, o furo deverá ser totalmente preenchido, deixando-se cravada no local uma estaca com a identificação da sondagem. Nos furos em sítios de barragens, túneis ou escavações profundas a céu aberto, o preenchimento deverá ser feito com calda de cimento ou argamassa, vertida a partir do fundo do furo com ajuda de tubo auxiliar, que será levantado à medida de seu preenchimento. Em outros tipos de obras, o preenchimento será feito com solo ou solo-cimento, ao longo de toda sua extensão.

5.6 Amostragem

- a) A amostragem deverá ser contínua e total, mesmo em materiais incoerentes ou muito fraturados, permitindo a obtenção das informações geológicas de interesse à caracterização do maciço rochoso. Os testemunhos não deverão se apresentar fraturados ou roletados pela ação mecânica do equipamento de sondagem.
- b) A relação entre a extensão do trecho perfurado e o comprimento total do testemunho obtido, conhecida como recuperação, deverá ser calculada e expressa em porcentagem, não podendo ser inferior a 95% por manobra, exceto quando autorizado pela Fiscalização. Para medir a recuperação, as partes do testemunho deverão ser justapostas, na caixa de amostra ou na calha de descrição recompondo-se tanto quanto possível, a situação natural anterior à perfuração.
- c) As operações de retirada das amostras do barrilete e de seu acondicionamento nas caixas deverão ser feitas cuidadosamente, de maneira a serem mantidas as posições relativas dos testemunhos coletados.

- d) Caso seja necessário quebrar o testemunho para acondicioná-lo na caixa de amostra, o local da quebra deverá ser assinalado por dois riscos paralelos, com tinta indelével, traçados transversalmente à quebra.
- e) As amostras serão acondicionadas em caixas de plástico, conforme a Figura III do Anexo A. Nos casos de serem acondicionadas amostras com diversos diâmetros numa mesma caixa, deverão ser colocados calços no fundo e nas laterais das divisões das caixas, de maneira a garantir a imobilidade dos testemunhos durante o manuseio. As caixas deverão ser providas de tampa. Quando for executada sobre flutuante, a profundidade começa a contar abaixo da lâmina d'água.
- f) Na tampa e num dos lados menores da caixa, segundo o esquema da Figura II do Anexo A, deverão ser anotados, com tinta indelével, os seguintes dados:
- número do furo;
 - nome da obra e do cliente;
 - local;
 - número da caixa e o número de caixas do furo.
- g) Os testemunhos deverão ser colocados nas caixas, após cada manobra, com a parte superior da manobra do lado esquerdo do observador como indicado na Figura III do Anexo A. As amostras subsequentes deverão ser colocadas na caixa, sempre guardando o andamento da esquerda para a direita, na sequência crescente de profundidade das amostras.
- h) As amostras de cada manobra deverão ser separadas por um taco de madeira, posicionado transversalmente na canaleta da caixa de amostra. Nesse taco, deverá ser escrita a profundidade do furo com caneta esferográfica ou tinta indelével. No último taco, colocado após a última manobra do furo, deverá constar, além da profundidade final do furo, a palavra "fim".
- i) No caso de ser empregado, no início do furo ou num determinado intervalo, avanço de sondagem pelo processo a percussão, as amostras

assim coletadas deverão ser acondicionadas na mesma caixa de amostra da sondagem rotativa, segundo a sequência de sua obtenção.

- j) As caixas de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da sondagem, quando serão transportadas para o local indicado pela Fiscalização.
- k) Para descrição dos testemunhos o Executor deverá disponibilizar um local arejado, com iluminação adequada e protegido das intempéries, bem como calha para descrição ou bancada para posicionamento das caixas de testemunhos.

5.7 Ensaio de permeabilidade

Para realizar o ensaio de permeabilidade *in situ*, em rocha (perda d'água sob pressão), deve ser consultado o item 6 e o Boletim nº 2 da ABGE.

5.8 Apresentação dos resultados

- a) Deverão ser fornecidas à Fiscalização, diariamente ou quando solicitadas, informações sobre o andamento da sondagem.
- b) Os resultados preliminares de cada sondagem rotativa deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins (Modelos F, G, H, I e L do Anexo B), com três vias, em que constem, no mínimo:
- nome da obra e do cliente;
 - identificação e localização do furo;
 - inclinação em relação à vertical e rumo do furo;
 - diâmetro da sondagem e tipos de barrilete e coroa utilizados;
 - cota e coordenadas;
 - data da execução;

- nome do sondador e da empresa;
- tabela com leituras de nível d'água com: data, hora, nível d'água, profundidade do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo, instalação de obturador, com sua cota etc. No caso de não ter sido atingido o nível d'água, deverão constar no boletim as palavras "furo seco";
- posição final do revestimento;
- resultados dos ensaios de penetração SPT, com o número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amostrador;
- resultados do ensaio de lavagem por tempo, com o intervalo ensaiado, avanço em centímetros e tempo de operação da peça de lavagem;
- recuperação dos testemunhos, em porcentagem, por manobra;
- nos trechos com recuperação superior a 75% deverá ser indicado o número de peças de testemunhos por metro, segundo trechos de mesmo padrão de fraturamento (frequência de fraturas), bem como o IQR (índice de qualidade da rocha) por trecho de isofraturamento (igual fraturas), e/ou o RQD (*Rock Quality Designation*) por manobra, expressos em porcentagem;
- resultados dos ensaios de permeabilidade, com indicação do método utilizado, posição do revestimento das extremidades superior e inferior, profundidade do trecho ensaiado, diâmetro do revestimento e medidas de absorção d'água feitas a cada minuto, com respectiva unidade;
- resultados dos ensaios de perda d'água com:
 - profundidade do furo;
 - posição da parte inferior da zona vedante do obturador;
 - intervalo e posição das partes vedantes no caso de obturador duplo;
 - altura da extremidade superior do funil e/ou canalização do obturador;
 - altura do manômetro em relação à boca do furo;
 - medida da vazão;

- leitura do manômetro;
 - total de litros retornados e pressão que estava aplicada no trecho;
 - número da bomba, hidrômetro e manômetro (com respectivos certificados de calibrações), bem como suas capacidades, para cada furo de sondagem;
 - indicação dos trechos com absorção total da vazão da bomba.
- resultados do ensaio de perda de carga das tubulações, no primeiro boletim de cada campanha, com vazões, pressões, comprimento e diâmetro da tubulação;
 - indicação das anomalias observadas e fenômenos importantes ocorridos como, por exemplo, a profundidade de perda d'água durante a perfuração;
 - descrição sucinta dos materiais;
 - observações sobre o preenchimento do furo, com peso gasto (em quilogramas) se for usado cimento ou, se for o caso, motivo do não preenchimento;
 - visto do encarregado da Executora na obra.
- c) Os resultados finais de cada sondagem deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (Modelo P do Anexo B), onde constem, além dos dados do item 5.8.b, a classificação geológico-geotécnica dos materiais atravessados, feita por geólogo habilitado, cujo nome, número de registro no órgão de Fiscalização profissional e assinatura deverão constar dos perfis.
- O número de peças e a recuperação dos testemunhos poderão ser apresentados na forma de histogramas e/ou numericamente.
- d) Os resultados dos ensaios de permeabilidade deverão ser apresentados em valores numéricos: da absorção em L/min.m, da pressão em kgf/cm² e da perda d'água específica em L/min.m/(kgf/cm²),

assinalados em três colunas justapostas, limitadas acima e abaixo por linhas horizontais na posição dos limites do intervalo ensaiado. A unidade da pressão pode ser expressa em MPa, porém, nesse caso, deve-se observar a equivalência: $1 \text{ kgf/cm}^2 = 0,1 \text{ MPa}$.

Os resultados dos ensaios de perda d'água deverão ser apresentados na mesma forma dos ensaios de permeabilidade em solo, com resultados de cada estágio separados entre si por linhas horizontais tracejadas ou mais finas do que as que limitam o trecho ensaiado, na sequência normal de sua realização.

- e) Até 30 dias após o término do último furo da campanha programada, a firma Executora deverá entregar o relatório final, contendo:
- texto explicativo, com critérios de descrição das amostras, correções e interpretações adotadas nos testes executados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Executora, com nome e assinatura do responsável pela empresa;
 - planta de localização das sondagens com referência topográfica ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.
- f) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro. Esses arquivos permitem o emprego de programas para confecção de perfis automatizados.



SONDAGEM MISTA

6.1 Definição

Sondagem mista é um método de investigação que conjuga a sondagem a percussão para o trecho em solo e a sondagem rotativa para o trecho em rocha. Dessa forma, aplicam-se às sondagens mistas os mesmos procedimentos das sondagens rotativas e das sondagens a percussão, estas somente no que se refere ao ensaio SPT e à amostragem.

As sondagens mistas são utilizadas quando é necessário executar ensaios SPT no trecho em solo de uma sondagem rotativa. A passagem do método de sondagem a percussão para o método rotativo deve ser feita, obrigatoriamente, ao ser atingido o impenetrável ao SPT, sem recorrer ao método de lavagem para o avanço da perfuração (ver item 6.4.d).

Essas medidas são necessárias, pois o método de lavagem não permite a obtenção de amostras representativas, como geralmente ocorre com a execução de ensaios SPT com número de golpes acima de 50. Dessa forma, para permitir a obtenção de amostras representativas do trecho de transição entre solo e rocha, a passagem para o método rotativo deve ser feita ao ser atingido o impenetrável ao SPT.

6.2 Identificação

As sondagens mistas são identificadas pelas letras SM, seguidas de número indicativo. A numeração das sondagens deve obedecer ao estabelecido no item 5.2 deste manual.

6.3 Equipamentos e ferramentas

- a) O Executor deve fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.
- b) Os equipamentos e ferramentas serão aqueles constantes do item 5.3 deste manual, além dos equipamentos exigidos para a execução de ensaios SPT nas sondagens a percussão, conforme item 3.3 deste manual.

6.4 Execução da sondagem

- a) Deverão ser obedecidos os procedimentos previstos nos itens 3.4 e 5.4 deste manual.
- b) No horizonte de solo deverão ser feitos ensaios SPT a cada metro, conforme os procedimentos indicados no item 3.5 deste manual.
- c) Nos trechos acima do nível d'água entre os ensaios SPT, o avanço da perfuração poderá ser feito a trado ou por método de rotação com barrilete amostrador com diâmetro HW. Abaixo do nível d'água, a perfuração seguirá pelo método rotativo, com perfuração cuidadosa utilizando-se coroa e barrilete apropriados para a recuperação de amostras do solo. Deverá ser utilizado revestimento compatível com o diâmetro da perfuração.
- d) A passagem para o método de sondagem rotativa deverá ser feita ao ser atingido o impenetrável ao SPT, conforme as condições definidas no item 3.5, ou seja: i) até 5cm de penetração após 10 golpes consecutivos, excluídos os primeiros 5 golpes; e ii) 50 golpes no mesmo ensaio.

- e) O procedimento anterior tem por objetivo assegurar a amostragem do material atravessado, permitindo sua classificação geológico-geotécnica. Dessa forma, não será permitido o avanço pelo método de sondagem a percussão após o impenetrável ao SPT, tampouco será permitida a execução de ensaios SPT quando forem obtidos índices acima de 50 golpes.
- f) Em nenhuma hipótese será permitido o avanço na perfuração pelo método de lavagem.
- g) Quando no avanço da sondagem pelo processo rotativo ocorrer mais de 50 cm de material mole ou incoerente, deverá ser executado um ensaio de penetração SPT, seguido de outros a intervalos de 1 m, até serem atingidas novamente as condições do item 3.5.k.

6.5 Amostragem

- a) A amostragem deverá obedecer ao estabelecido nos itens 3.7 e 5.6 deste Manual, respectivamente para os métodos de sondagem a percussão e rotativa.
- b) As amostras de solo serão acondicionadas em frascos herméticos dispostos em caixas de plástico, conforme a Figura III do Anexo A. Parte do material recuperado entre os ensaios SPT deverá ser disposta entre os respectivos frascos, se possível mantendo o formato cilíndrico.

6.6 Ensaios

Nas sondagens mistas poderão ser executados os ensaios previstos nas sondagens a percussão e rotativas.

6.7 Apresentação dos resultados

Deverão ser atendidos os procedimentos dos itens 3.9 e 5.8 deste manual, que se referem, respectivamente, às sondagens a percussão e rotativas.



ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

Nesta seção são apresentados os procedimentos gerais para execução de ensaio de perda d'água sob pressão. Para orientações detalhadas, deve-se consultar o Boletim nº 2 da ABGE (1975) e Corrêa Filho (1985).

7.1 Introdução

O ensaio de perda d'água sob pressão (EPA), realizado em maciços rochosos por meio de furos de sondagens, visa à determinação das características de permeabilidade e do comportamento desses maciços frente à percolação d'água.

7.2 Definição

O ensaio de perda d'água consiste na injeção de água sob pressão num certo trecho de um furo de sondagem e na medida da quantidade de água absorvida pelo maciço rochoso durante um certo tempo, a uma dada pressão de injeção. O ensaio é realizado com vários estágios de pressão.

7.3 Equipamentos e ferramentas

Os equipamentos e ferramentas necessários à execução dos ensaios de permeabilidade deverão constar dos seguintes elementos:

- **Bomba d'água:** com capacidade de vazão de 120 L/min a uma pressão de 10 kgf/cm² (1 MPa). A critério da Fiscalização, poderá ser utilizada bomba com capacidade de vazão de 60 L/min a uma pressão de 10 kgf/cm² (1 MPa), caso as absorções medidas sejam compatíveis com essas vazões. A bomba deverá ser testada no início de cada conjunto de ensaios a serem executados num mesmo furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento.
- **Hidrômetro:** com divisões de escala em litros. Deve ser suficientemente sensível para detectar uma vazão mínima de 3 L/min. No início de cada sondagem e sempre que houver suspeita de mau funcionamento, o hidrômetro deverá ser submetido à calibração, sendo rejeitado aquele que apresentar um desvio de leitura superior a 10%. Recomenda-se que a escolha do hidrômetro, quanto a sua capacidade nominal, seja feita em função da ordem de grandeza das vazões medidas: hidrômetro de capacidade nominal de 3 ou 5 m³/h, para vazões de até 60 L/min, e hidrômetro com capacidade nominal de 7 m³/h, para vazões entre 60 e 120 L/min.
- **Manômetros:** com capacidade e divisões de escala adequadas às pressões a serem aplicadas. Devem ser comparados com um manômetro aferido, de uso exclusivo para calibração, a cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Os manômetros não deverão apresentar desvios de leituras superiores a 10% do valor real. É vedado o uso de curvas de calibração. A pressão máxima de operação não deve ultrapassar 75% do valor máximo da escala do manômetro. Na Tabela 2 são apresentadas, para diferentes pressões admissíveis dos manômetros, as pressões de ensaio, empregando-se o critério de 0,25 kgf/cm² (0,025 MPa) por metro de profundidade do obturador.
- **Obturadores de borracha:** tipo pneumático (infláveis) ou mecânico (de cruzeta), simples e/ou duplos, em boas condições. O obturador de cruzeta deverá ter comprimento mínimo de 30 cm, e seu diâmetro

externo deverá ser cerca de 5 mm menor do que o do furo. O diâmetro interno de sua tubulação deverá ser igual ao indicado no item seguinte. Não é recomendada a utilização de obturadores cuja expansão seja obtida através de compressão das hastes no fundo do furo, mediante o emprego de haste perfurada abaixo do obturador. No caso de obturador pneumático, seu comprimento não deverá ser inferior a 60 cm.

- **Canalização, mangueira, luvas e cotovelos:** em boas condições, com juntas estanques, sem obstruções de ferrugem e com diâmetro mínimo de 25,4 mm (1"). É vedado o uso de niples ou reduções que diminuam a seção da tubulação. O diâmetro da canalização será único e uniforme para todos os equipamentos de sondagem e durante toda a campanha programada.
- **Estabilizador de pressão:** cuja atuação impeça que o campo de variação das oscilações de pressão seja superior a 10% do valor lido. É vedado o uso de agulha salva-manômetro para estabilização das leituras de pressão.
- **Transdutores de pressão:** quando for especificado que a determinação da pressão deva ser feita diretamente no trecho ensaiado.

Tabela 2 • Relação das pressões máximas admissíveis dos manômetros e da profundidade do obturador

Pressão máxima na escala do manômetro kgf/cm ² (0,1 MPa)	Divisões da escala kgf/cm ² (0,1 MPa)	Intervalo de posição do obturador (m) com critério de pressão de 0,25 kgf/cm ² (0,025 MPa)
1,0	0,1	1,0 a 3,0
3,0	0,1	2,5 a 9,0
6,0	0,2	6,0 a 18,0
10,0	0,5	15,0 a 30,0
20,0	1,0	25,0 a 60,0
30,0	1,0	50,0 a 90,0

7.4 Disposição dos equipamentos

Os equipamentos deverão ser dispostos na seguinte ordem: bomba, estabilizador de pressão, derivação com registro para controle de pressão, hidrômetro, tubulação com manômetro e obturador. O manômetro deverá ficar fixado num "T" do trecho retilíneo da tubulação, sem curvas ou cotovelos entre seu ponto de fixação e o obturador.

7.5 Água

A água utilizada nos ensaios não deverá apresentar partículas de material sólido em suspensão, visíveis a olho nu.

7.6 Ensaio de perda de carga

- a) O ensaio de perda de carga consiste numa simulação do ensaio de perda d'água. Esse ensaio tem por objetivo a determinação de perda de pressão provocada pelo atrito da água com as paredes da tubulação. Deverá ser feito um ensaio a cada campanha de sondagem ou quando necessário.
- b) Serão feitas medidas de pressão e vazão em cinco estágios, cada um com aproximadamente dez minutos de duração, utilizando-se a mesma tubulação e conexões a serem empregadas nos ensaios, de preferência com diâmetro igual ou maior do que $\frac{3}{4}$ polegadas.
- c) Com os resultados obtidos, deverá ser construído um ábaco relacionando vazão, comprimento da tubulação e perda de carga, que será utilizado na correção da pressão efetivamente aplicada no trecho do furo ensaiado, no cálculo do ensaio de perda d'água.
- d) A determinação da perda de carga não é necessária com a utilização de um transdutor posicionado no trecho de ensaio.

7.7 Trecho e pressão do ensaio de perda d'água

- a) Os ensaios deverão ser executados à medida que se avança com a sondagem, em trechos de aproximadamente 3 m de comprimento, a contar do início da efetiva utilização do processo rotativo.
- b) A Fiscalização poderá solicitar a execução de ensaios adicionais em trechos de diferentes comprimentos, tanto na porção final da sondagem como acima dela. Neste último caso, poderá ser empregado obturador duplo, muito embora essa prática seja pouco recomendada pela dificuldade de vedação do obturador inferior.
- c) As pressões do ensaio serão aplicadas num ciclo de cinco estágios: pressões mínima, intermediária, máxima, intermediária e mínima.
- d) As pressões em cada estágio deverão obedecer aos seguintes critérios:
 - pressão máxima: 0,25 kgf/cm (0,025 MPa) por metro de profundidade, na vertical, a contar da boca do furo até a metade do trecho ensaiado. Para trechos de baixas profundidades poderá ser considerada apenas a profundidade do obturador. No caso de rocha friável ou muito alterada, deverá ser utilizada pressão de 0,15 kgf/cm²/m (0,015 MPa/m);
 - pressão intermediária: igual à metade da pressão máxima;
 - pressão mínima: um metro de coluna d'água acima da boca do furo, 0,10 kgf/cm².
- e) As pressões máximas e intermediárias deverão ter seus valores arredondados até a divisão mais próxima do manômetro.
- f) O ensaio pode ser executado com maior número de estágios de pressão (ensaio de múltiplos estágios), o que permite interpretação mais completa e detalhada. Nesse caso, recomenda-se maior número de estágios de baixa pressão, principalmente em feições geológicas muito permeáveis. O emprego de transdutores de pressão facilita esse tipo de ensaio.

7.8 Procedimento de ensaio

- a) Inicialmente, deverá ser efetuada cuidadosa lavagem do furo até que a água de circulação se apresente limpa e isenta de detritos.

- b) Terminada a lavagem do furo, deverá ser instalado o obturador, cuja extremidade inferior da porção vedante deverá situar-se no limite superior do trecho a ser ensaiado.
- c) A técnica de ensaio com obturador duplo não deverá ser empregada como alternativa do ensaio com obturador simples. O seu emprego deverá ser restrito em situações em que forem necessários ensaios complementares em trechos acima da posição do fundo do furo.
- d) Ao ser aplicada a pressão mínima do primeiro estágio, deverá ser avaliada a eficiência da vedação do obturador, por meio da medida do nível d'água no furo, que geralmente sobe quando o obturador não está vedando. É vedada a aplicação de pressão superior à mínima. Se exequível, para facilitar essa observação, recomenda-se o enchimento do furo com água até a boca do revestimento, após a instalação do obturador. Em caso de impossibilidade de vedação devido ao fraturamento da rocha ao redor do trecho de aplicação do obturador, deverão ser utilizados obturadores de maior comprimento. Persistindo a impossibilidade de vedação, o obturador deverá ser deslocado para cima, até posição na qual a vedação seja eficiente, observando-se os testemunhos do trecho.
- e) Assegurada a vedação do trecho, será iniciada a aplicação dos estágios de pressão, na sequência indicada no item 7.7.c. A pressão mínima, do 1º e 5º estágios, será obtida pela manutenção da coluna d'água na tubulação do obturador (nos moldes do ensaio de infiltração) e as demais pressões serão dadas pela bomba d'água. As medidas das pressões mínimas deverão ser feitas com a utilização de manômetro com escala adequada (mais sensível), liberado pela Fiscalização.
- f) Em cada estágio, após a estabilização dos valores de pressão e vazão, deverão ser feitas dez leituras de seus valores, com intervalos de 1 min.
- g) Entende-se que as leituras de absorção d'água e pressão estão estabilizadas quando:
- não for observada variação progressiva nos valores lidos;
 - a diferença entre leituras isoladas e o valor médio não superar 20%.
- Nos casos de pressão e vazão pequenas, próximas aos limites inferiores de sensibilidade dos equipamentos de medida, as diferenças de leitura admissíveis deverão ser estabelecidas pela Fiscalização, segundo critério mais flexível. Como subsídio, são apresentados, na Tabela 3, os

limites de vazão dos hidrômetros normalmente utilizados nos ensaios de perda d'água sob pressão.

Tabela 3 - Limites de vazão de hidrômetros (adaptado de Corrêa Filho, 1985)

Capacidade nominal e diâmetro do hidrômetro	Faixa de valores de maior confiança (erro \cong 2%)	Límite inferior de funcionamento (erro \cong 5%)
3 m ³ /h Ø = 3/4"	2,5 a 50 L/min	0,7 L/min
5 m ³ /h Ø = 3/4"	4,2 a 83 L/min	1 L/min
7 m ³ /h Ø = 1"	5,8 a 117 L/min	1,3 L/min
10 m ³ /h Ø = 1"	8,3 a 167 L/min	1,8 L/min

Fonte: Adaptada de Corrêa Filho (1985).

- g) Na fase decrescente do ciclo de pressão, se ocorrer retorno da água injetada, a tubulação deverá ser aberta e serão anotados os seguintes valores:
- volume total de água retomada até o total alívio de pressão no trecho ensaiado;
 - pressão que estava aplicada no trecho.
- i) Para a medida do volume d'água retornada, poderá ser utilizado o próprio hidrômetro, com a conexão invertida para garantir seu perfeito funcionamento ou tambor de volume conhecido.
- j) Após as medidas do volume retornado, o ensaio deverá ser retomado a partir do estágio subsequente àquele que deu origem ao retorno da água.
- l) Quando, mesmo com a vazão máxima da bomba, não for atingido o valor da pressão de qualquer dos estágios, deverão ser feitas leituras dos valores de pressão e vazão, durante 10 min, a cada minuto. Nesse caso, além do registro de absorção total da vazão da bomba, deverão ser executados e registrados os demais estágios com pressão inferior àquela cuja pressão não foi atingida.
- m) Todo e qualquer fenômeno que ocorra durante o ensaio, que possa ser útil para o conhecimento do maciço, deve ser anotado.

AMOSTRAGEM INTEGRAL

8.1 Definição

Amostragem integral é a técnica utilizada para a obtenção de amostras íntegras de trechos de maciços cuja recuperação pelo método convencional é muito baixa ou quase nula. É uma técnica desenvolvida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC) que consiste basicamente na execução de um furo de pequeno diâmetro (EW), fixando-se neste um varão orientado, por meio de injeção de calda de cimento ou resina. Após o endurecimento do aglutinante e solidarização ao maciço rochoso, é feita a sobreperfuração com um diâmetro maior (86 mm ou HW).

Esse método de amostragem é empregado na caracterização de feições geológicas de um maciço rochoso, especialmente discontinuidades, com duas finalidades principais: determinação da disposição espacial (geometria, atitude e espessura) e qualidade da amostragem (recuperação de materiais de preenchimento de consistência mole). O método é utilizado também visando à amostragem integral de materiais rochosos de baixa coerência e/ou elevado grau de alteração.

8.2 Identificação

As sondagens rotativas com amostragem integral serão identificadas pelas letras **SRI**, seguidas de número indicativo, sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem. Sugere-se utilizar diferentes

centenas na numeração para as diversas estruturas da obra. Quando for necessária a execução de mais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

8.3 Equipamentos e ferramentas

O Executor deverá fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para execução das sondagens, que são executadas, mais comumente, nos diâmetros EW (perfuração inicial) e 86 mm ou HW (sobrerperfuração). Os equipamentos utilizados serão os mesmos empregados para a execução da sondagem rotativa, item 5.4, acrescidos dos equipamentos necessários à amostragem integral, a saber: bússola de geólogo para orientar o varão, centralizadores, hastes e guias de orientação com respectivas conexões, canos de ferro para chumbamento (varão), equipamento de injeção de cimento ou resina e demais acessórios e ferramentas necessários à execução da amostragem integral.

8.4 Execução da sondagem

- a) Inicialmente, deverá ser aberto um furo com diâmetro que possibilite a execução de sondagem com amostragem integral, 86 mm ou HW, até a cota especificada para início da amostragem integral. Para tanto, deverá ser seguido o estabelecido no item 5.4, referente à execução de sondagens rotativas.
- b) A partir do fundo do furo obtido segundo o item anterior, deverá ser executado um furo coaxial, com diâmetro EW e com comprimento igual ao do testemunho a se obter. Recomenda-se que esse trecho tenha comprimento máximo de 1,5 m. Deverão ser usados centralizadores que permitam a perfeita coaxialidade dos furos.
- c) O furo aberto segundo o item 8.4.b deverá ser lavado, com circulação cuidadosa de água, até sua base. Cuidados deverão ser tomados para evitar o acúmulo de detritos no fundo do furo que possam comprometer a introdução do varão. Em rochas friáveis a lavagem poderá

causar o alargamento do furo; nesse caso poderá ser utilizada lama bentonítica, em substituição à água.

- d) Após a lavagem do furo EW, deverá ser realizada injeção, por gravidade, no trecho a ser amostrado, com calda de cimento de traço 0,5:1,0 (relação, em peso, de água:cimento).
- e) Um varão deve ser colocado no furo EW cheio de aglutinante, de maneira orientada, por meio de hastes-guias. Seu comprimento deverá compreender toda a extensão do trecho a ser amostrado mais 10cm, para as operações de orientação.
- f) O sistema de orientação das hastes-guias deverá ser suficientemente rígido, de maneira a garantir a correspondência da indicação de direção da superfície com aquela situada no varão, dentro do furo. Para tanto, simulações de orientação deverão ser feitas na superfície, com acompanhamento da Fiscalização.
- g) Após o chumbamento do varão, garantindo-se o suficiente endurecimento do aglutinante, deverá ser executada a sobrerperfuração, com diâmetro 86 mm ou HW.
- h) No caso de a recuperação não ser total, os fragmentos que estiverem soltos deverão ser encaixados e colados de modo a recompor o testemunho. Caso isso não seja exequível, os fragmentos deverão ser acondicionados em sacos plásticos e armazenados na mesma caixa de sondagem correspondente.
- i) Salvo orientação contrária, imediatamente após a última leitura de nível d'água, ou após o encerramento das sondagens, o furo deverá ser totalmente preenchido e é preciso cravar no local uma estaca com a identificação da sondagem.

8.5 Amostragem

- a) A amostragem deverá ser contínua e total, mesmo se o trecho amostrado for constituído de material mole, sem coesão ou muito fraturado.

- b) A recuperação dos testemunhos deverá ser de 100% por manobra, salvo quando autorizado pela Fiscalização.
- c) As amostras recuperadas serão acondicionadas em caixas de plástico para testemunhos de diâmetro H.
- d) Na tampa e num dos lados menores da caixa, segundo o esquema da Figura II do Anexo A, deverão ser anotados, com tinta indelével, todos os dados descritos no item 5.6.f.

8.6 Apresentação dos resultados

Os resultados deverão ser apresentados conforme descrito no item 5.8 (sondagem rotativa) deste manual. A Executora deverá fornecer a descrição completa das discontinuidades, em especial a atitude, espessura e material de preenchimento, bem como todos os procedimentos de critérios adotados na execução da sondagem e descrição das amostras.



SONDAGEM A ROTOPERCUSSÃO

9.1 Introdução

As perfuratrizes a ar comprimido são empregadas com muita frequência em obras civis, na perfuração de rocha e concreto sem armação, com finalidades diversas, principalmente em perfurações para desmonte e tratamentos de maciços rochosos (cortinas de injeção, drenagem, chumbadores, tirantes etc.). Em casos particulares, a perfuração a rotopercussão é realizada como sondagem, embora não forneça amostras dos materiais perfurados, a não ser os detritos da perfuração e a velocidade de avanço. É o caso da investigação de horizontes existentes no interior de maciços rochosos, como passagens friáveis, mudanças litológicas, feições geológicas de alta permeabilidade etc., quando não for necessária a obtenção de testemunhos.

Mais recentemente, a sondagem a rotopercussão tem sido utilizada como meio de acesso para a execução de perfilagem óptica digital (televisamento ou filmagem das paredes do furo), em função do custo mais baixo e da velocidade de perfuração. É também utilizada para investigação de feições geológicas em fundação de estruturas quando não se dispõe de equipamento convencional para a execução de sondagens rotativas e mistas, neste caso sempre acompanhada por Fiscalização e executada por operadores experientes.

9.2 Definição

Perfuração a rotopercussão é um método de abertura de furos com o uso de equipamentos rotopercussivos, geralmente com propulsão pneumática. Pode ser adaptado nos equipamentos um sistema de circulação de água para auxiliar na remoção dos detritos da perfuração e limpeza do furo.

Sondagem a rotopercussão é um caso específico da perfuração rotopercussiva, quando esta é executada com o objetivo de obter informações geológico-geotécnicas de maciços rochosos.

9.3 Identificação

As sondagens a rotopercussão serão identificadas pelas letras RP, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente do local, período de execução ou objetivo da sondagem. Sugere-se utilizar diferentes centenas na numeração para as diversas estruturas da obra. Exemplo: vertedouro: RP 101, RP 102, RP 103...; barragem de terra: RP 201, RP 202, RP 203...; eclusa: RP 401, RP 402, RP 403...

Quando for necessária a execução de mais de um furo num mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

9.4 Equipamentos e ferramentas

- a) O Executor deverá fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de perfurações que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.
- b) Os equipamentos e ferramentas constarão dos seguintes elementos principais: perfuratriz a ar comprimido para execução de perfurações a céu aberto e a partir de galerias, compressor de ar, hastes, *bits*, tubos de revestimentos e demais acessórios e ferramentas necessários

à execução da perfuração. As perfuratrizes deverão dispor de punhos especiais que permitam a circulação de água para remoção dos detritos e limpeza do furo.

- c) Em geral, as sondagens a rotopercussão são executadas com diâmetros de 3" e 4".

9.5 Execução da sondagem (perfuração)

- a) A sondagem deverá ser iniciada após limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações sem obstáculos, posicionamento adequado da perfuratriz no local, bem como instalação de acessórios e equipamentos necessários à execução dos serviços. Deverá ser assegurado que, durante a execução da sondagem, não ocorra aporte de água ao local da perfuração. Quando for necessária a construção de uma plataforma, esta deverá ser totalmente assoalhada, com dimensões e estruturas capazes de acomodar os equipamentos e permitir a execução dos trabalhos.
- b) Quando ocorrer solo ou rocha friável no local do furo que possa provocar o seu fechamento, será obrigatória a cravação de revestimento.
- c) Deverão ser anotadas as características táteis e visuais dos detritos da perfuração e as profundidades de mudança da velocidade de penetração, ruídos da perfuração e perdas d'água de circulação.
- d) Constituem elementos de interesse o registro das características do equipamento utilizado, coluna de hastes, tipo de *bits* etc.
- e) Mudanças no interior do maciço podem ser percebidas por variações na velocidade de perfuração. Estas deverão ser anotadas, quando necessário, ao longo do trecho de interesse. A velocidade de perfuração pode ser obtida cronometrando-se o tempo de avanço em relação a uma régua graduada, colocada próximo à boca do furo, paralela à coluna de perfuração. A graduação da régua dependerá da velocidade de perfuração: para velocidades de até 50 m/h, é possível cronometrar o avanço a cada 5 cm; para velocidades superiores, é necessária

uma graduação maior (10, 20, 30 cm etc.). Recomenda-se adotar a menor graduação possível.

- f) O controle de profundidade do furo, com precisão de 1 cm, deverá ser feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra delas em relação a um nível de referência fixado junto à boca do furo.
- g) No caso de a sondagem atingir o nível freático, a sua profundidade deverá ser anotada. Quando ocorrer artesianismo não surgente, deverá ser registrado o nível estático, e no caso de artesianismo surgente, além da profundidade de entrada de água, deverá ser medida a vazão.
- h) O nível d'água ou as características do artesianismo deverão ser medidos todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte após a conclusão da sondagem.
- i) Quando houver interesse na obtenção de uma medida de nível piezométrico em qualquer trecho do furo em andamento, a Fiscalização poderá solicitar a instalação, em cota determinada, de um obturador durante o intervalo entre dois turnos de perfuração. Nesse caso, no reinício dos trabalhos, serão medidos os níveis d'água interno à tubulação do obturador e externo a ela.
- j) Salvo orientação contrária, imediatamente após a última leitura de nível d'água, após o encerramento da perfuração, o furo deverá ser totalmente preenchido, deixando-se cravada no local uma estaca com a identificação da sondagem. Nos furos em sítios de barragens, o preenchimento deverá ser feito com calda de cimento grossa ou argamassa, vertida no fundo do furo com auxílio de um tubo, que será levantado à medida que o furo for sendo preenchido. Nos demais furos, o preenchimento deverá ser feito com solo ou solo-cimento ao longo de toda sua profundidade.

9.6 Amostragem

- a) A sondagem a rotapercussão é um método de perfuração destrutivo, sendo, portanto, impossível a obtenção de amostras intactas dos

materiais perfurados. Entretanto, é de grande importância a observação criteriosa dos detritos produzidos, assim como o registro de fenômenos importantes ocorridos durante a perfuração.

- b) Deverão ser coletadas amostras dos detritos da perfuração a cada metro de avanço ou toda vez que ocorrerem mudanças nas características do material.
- c) Para a amostragem, deverá ser construído um dispositivo na boca do furo capaz de desviar os detritos de perfuração para o lado e para baixo. Esse dispositivo deve permitir que os detritos de perfuração sejam descarregados sobre uma tela (peneira) de malha com cerca de 0,5 cm, separando os detritos em duas frações, uma grosseira, retida pela peneira e correspondente ao trecho perfurado, e outra fina (pó). A amostragem é feita com a coleta de cerca de 200 g de detritos grosseiros, retidos pela peneira, a cada metro.
- d) Os materiais obtidos deverão ser agrupados segundo sua profundidade, em montes dispostos sobre uma lona ou tábua, para serem posteriormente acondicionados em recipientes rígidos ou em sacos plásticos transparentes.
- e) As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, em que constem:
 - nome da obra e do cliente;
 - nome do local;
 - número do furo;
 - intervalo de profundidade da amostra.

As anotações deverão ser feitas com caneta esferográfica ou tinta indelével, em etiquetas de papel-cartão, protegidas com sacos plásticos contra avarias no manuseio das amostras.

9.7 Ensaios de permeabilidade

Os ensaios de permeabilidade deverão seguir as diretrizes estabelecidas nos itens 4 (ensaio de permeabilidade em solo) e 7 (ensaio de perda d'água

sob pressão) para trechos com solo residual ou rocha, respectivamente. Recomenda-se redobrar a atenção na instalação de obturadores, pois a chance de fugas de água em sondagens a rotopercussão é maior do que em sondagens rotativas, dadas as irregularidades das paredes nos furos executados com perfuratrizes, principalmente nos casos de feições geológicas muito fraturadas e/ou alteradas.

9.8 Apresentação dos resultados

- a) Deverão ser fornecidas diariamente informações sobre o andamento da sondagem, quando solicitadas.
- b) Os resultados preliminares de cada sondagem a rotopercussão deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após seu término, em boletins (Modelo D do Anexo B), com três vias, nos quais constem, no mínimo:
 - nome da obra e do cliente;
 - identificação e localização do furo;
 - inclinação com a vertical e rumo do furo;
 - diâmetro da sondagem e método de perfuração;
 - cota e coordenadas;
 - data da execução;
 - nome do sondador e da empresa executora;
 - tabela com leituras de nível d'água com data, hora, nível d'água, profundidade do furo, profundidade do revestimento e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo, instalação de obturador com sua cota etc. No caso de não ter sido atingido o nível d'água, deverão constar no boletim as palavras "furo seco";
 - posição final do revestimento;
 - tabela com as anotações da velocidade de penetração;
 - resultados de ensaio de perda de carga das tubulações, no primeiro boletim de cada campanha, com vazões, pressões, comprimento e diâmetro da tubulação;

- resultados dos ensaios de permeabilidade;
 - indicação das anomalias observadas e fenômenos importantes ocorridos durante a perfuração;
 - descrição sucinta dos materiais;
 - observações sobre o preenchimento do furo, consumo de cimento ou motivo de seu não preenchimento;
 - motivo da paralisação do furo;
 - visto do encarregado da Executora na obra.
- c) Os resultados finais de cada sondagem a rotopercussão deverão ser apresentados, num prazo máximo de 15 dias após o seu término, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (Modelo Q do Anexo B), em que conste, além dos dados do item anterior, a classificação geológica dos materiais atravessados, feita por geólogo cujo nome e assinatura deverão constar no perfil. Os resultados dos ensaios de permeabilidade e/ou perda d'água deverão ser apresentados conforme item 5.l.c, para sondagens rotativas.
 - d) Até 30 dias após o término do último furo da campanha programada, a firma Executora deverá entregar o relatório final, contendo:
 - texto explicativo com resultados das sondagens e interpretações adotadas nos testes executados, bem como outras informações de interesse e conhecimento da Executora, com nome e assinatura do responsável pela firma;
 - planta de localização das sondagens com referência topográfica ou, na sua falta, esboço com distâncias aproximadas e amarração.
 - e) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro.



PERFILAGEM ÓPTICA

10.1 Definição

A perfilagem óptica, ou televisamento de furos, consiste em um método de investigação recente em que se obtém imagem contínua, colorida, em 360°, de paredes de furos de sondagem convencional ou perfurações com métodos destrutivos (sondagem a rotopercussão).

Este método tem sido utilizado em diversas aplicações, como: investigações geológico-geotécnicas em furos de sondagem, verificação de integridade de colunas, verificação de vazamentos ou danos em revestimentos de poços, análises estruturais para geotecnia e mineração, observação de vazios em estruturas geológicas, entre outras.

10.2 Identificação

As perfilagens ópticas, ou televisamentos, deverão ser identificadas pelo mesmo número da sondagem a ser televisada, ou seja, SR, SM ou RP, caso o furo tenha sido executado pelos métodos rotativo, misto ou rotopercussivo, respectivamente.

Nota: As ilustrações deste capítulo estão apresentadas em cores no Anexo D.

10.3 Equipamentos e ferramentas

O equipamento constitui-se, principalmente, de uma câmera com um espelho convexo, ligada a um cabo de aço especial que envia informações a uma central acoplada ao computador, conforme figuras a seguir. Esse sistema fornece imagens de “fatias” em 360°, que são “empilhadas” formando a imagem completa da parede do furo.

O aparelho é equipado por um sistema de três magnetômetros e três gravímetros, além de um contador de profundidades. Com isso, a ferramenta fornece dados complementares de direção e inclinação dos furos.

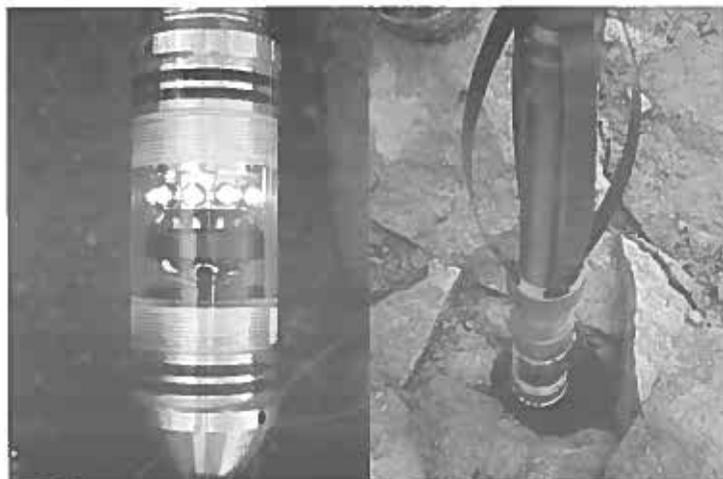


Figura 1 - Câmera utilizada na perfilagem.

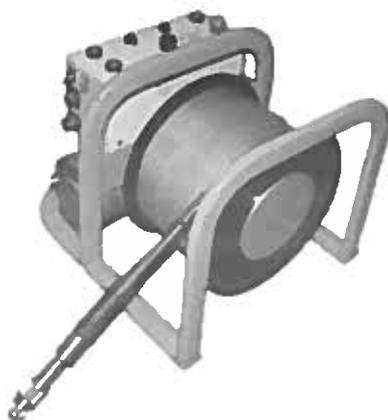


Figura 2 - Guincho com cabo de aço.

10.4 Execução da perfilagem óptica

- a) O furo de sondagem a ser perfilado deve estar limpo e livre de qualquer obstrução que possa comprometer a realização da perfilagem.
- b) Antes de iniciar a perfilagem, é feita uma checagem nas condições do furo para verificação de possíveis obstruções que possam interferir na descida e subida do equipamento. Essa verificação pode ser feita por meio da descida de uma haste ou uma ponteira (de aço, por exemplo), que represente o diâmetro do equipamento utilizado.
- c) Devem ser averiguadas as condições da água presente no furo. Quanto mais limpa, melhor será a qualidade da imagem. Recomenda-se uma lavagem prévia do furo para retirada de possíveis materiais em suspensão e acúmulo de detritos no fundo do furo. Atenção especial para a utilização de produtos químicos na limpeza do furo, os quais podem contaminar o subsolo e danificar o equipamento.
- d) Deve-se verificar se o cabo de aço utilizado possui o comprimento necessário para registrar todo o furo.
- e) Uma mesa deverá ser montada ao lado para posicionamento dos equipamentos eletrônicos: computador, baterias e demais ferramentas que serão utilizadas durante toda a operação.
- f) Será preciso testar a câmera antes de descê-la, para verificação das lâmpadas internas.
- g) Todo o equipamento é calibrado e “zerado” para dar início à descida da câmera.
- h) A velocidade da descida do aparelho é controlada pelo programa, que registra a todo tempo as imagens captadas das paredes do furo. Pode-se fazer a perfilagem tanto descendente como ascendente, sem que isso interfira no resultado. A perfilagem é considerada concluída após a varredura de todo o furo e a verificação de que as imagens registradas estão dentro do que se considera satisfatório para interpretação dos dados. A Figura 3 mostra como é apresentada na tela do computador a imagem do furo durante a perfilagem.

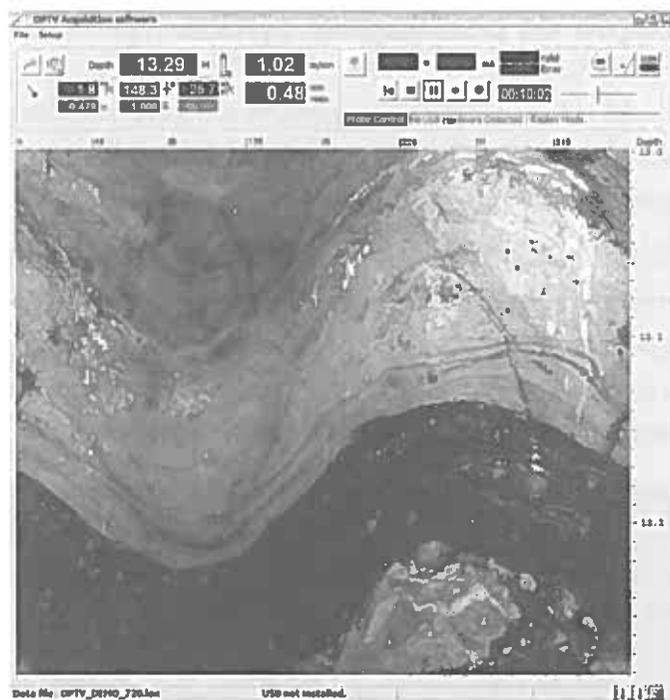


Figura 3 • Imagem no telo do computador.

10.4 Apresentação dos resultados

a) As imagens obtidas na perfilagem passam por tratamento e interpretação realizados por *softwares* específicos. Esses *softwares* permitem a obtenção de dados estruturais das feições existentes no maciço, tais como direção e mergulho das discontinuidades. Também é possível obter a indicação de vazios, acamamentos, intrusões, dimensões de camadas, preenchimento e abertura de fraturas. A Figura 4 ilustra as imagens da perfilagem óptica indicando contato litológico e, ao lado, dos testemunhos do trecho perfilado.

A Figura 5 mostra a representação gráfica da perfilagem. A primeira coluna (à esquerda) mostra uma vista do furo e suas discontinuidades; a segunda coluna representa o furo aberto, desenvolvido 360°; a terceira coluna indica o mergulho de cada discontinuidade e o rumo do mergulho; as demais colunas mostram cortes segundo as direções 45° e 315°.

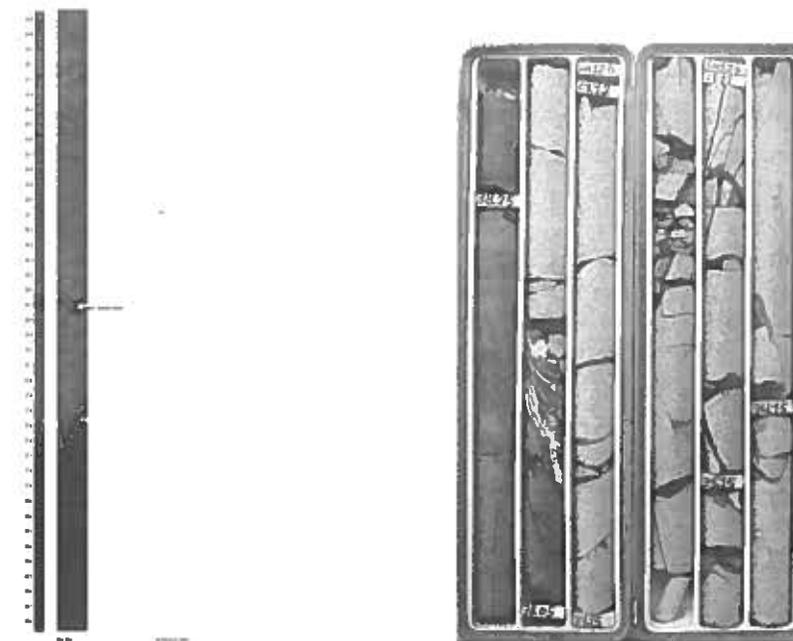


Imagem obtido com perfilagem

Testemunho convencional

Figura 4 • Contato geológico observado na perfilagem ótica e em testemunhos.

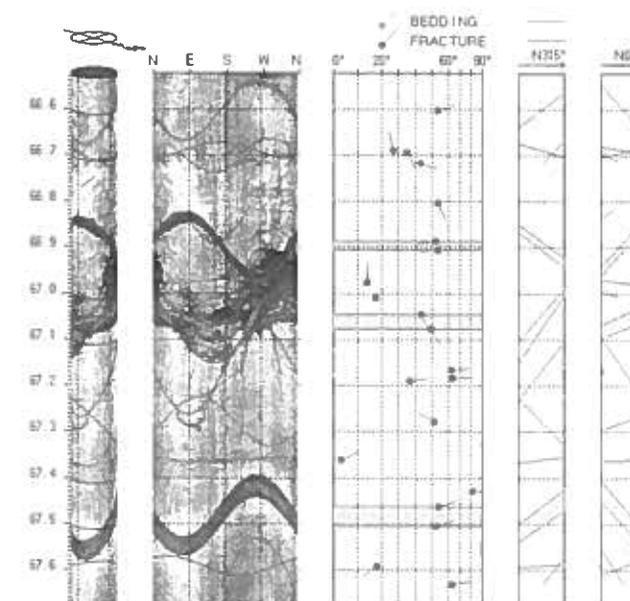


Figura 5 • Representação gráfica da interpretação estrutural a partir de perfilagem em furos de sondagens.

b) Como se trata de procedimento recente, a padronização da apresentação de resultados não está consolidada. Recomenda-se que os resultados preliminares e finais de cada perfilagem sejam apresentados na forma e nos prazos definidos em contrato com o Executor e contendo, no mínimo:

- nome da obra e do cliente;
 - identificação (com o mesmo número da sondagem);
 - diâmetro, inclinação com a vertical e rumo do furo especificado;
 - desvio do furo;
 - cota e coordenadas;
 - data de execução (início e término da perfilagem);
 - leitura do nível d'água no início e término da perfilagem. No caso de não se ter atingido o nível d'água na sondagem, deverão constar na planilha de apresentação e de imagens as palavras "furo seco";
 - imagens em 2D das paredes dos furos;
 - imagens em 3D das paredes dos furos (testemunho virtual);
 - indicação das fraturas com suas atitudes;
 - descrição visual das paredes, quando possível com indicação das mudanças litológicas.
- c) A representação gráfica, as imagens obtidas em cada furo e o texto explicativo contendo metodologia utilizada, correções e interpretações adotadas na descrição, bem como outras informações de interesse e conhecimento por parte do Executante, deverão ser feitas por geólogo, cujo nome, número de registro no órgão de fiscalização profissional e assinatura deverão constar dos referidos documentos.
- d) Todas as informações técnicas deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos, compatíveis com os *softwares* disponíveis no mercado brasileiro, e disponibilizadas à Fiscalização na forma que permita sua reprodução e impressão.

Observação: As fotos e ilustrações do Capítulo 10 foram cedidas pela empresa *Fmndsolo*.

ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO EM SOLO

A seguir serão descritos os ensaios especiais de campo em solo mais comumente utilizados.

11.1 Ensaio de penetração de cone com medida de poropressão – CPTu

11.1.1 Definição

Os ensaios de penetração de cone são utilizados para determinação de perfis de solos, determinação de propriedades dos materiais prospectados, particularmente em depósitos de argilas moles, incluindo a previsão da capacidade de carga de fundações. O ensaio fornece dados de resistência de ponta, atrito lateral e poropressão (pressão neutra).

11.1.2 Identificação

Os ensaios de penetração de cone com medida de poropressão deverão ser identificados pelas letras CPTu, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente do local, da fase ou do objetivo da sondagem.

Observação: As ilustrações deste capítulo estão apresentadas em cores no Anexo D.

Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

11.1.3 Normas e documentos complementares

- ABNT NBR 12069/91 – Solo – Ensaio de penetração de cone *in situ* (CPT).
- ASTM-3441-95 – Standard Test Method for Deep, Quasi-Static, Cone and Friction-Cone Penetration Tests of Soil.
- ASTM-5778-95 – Standard Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soil.
- SGF Report 1:93E – Swedish Geotechnical Society – Recommended Standard for Cone Penetration Tests.

11.1.4 Descrição sucinta

O ensaio consiste na cravação do piezocone a velocidade constante de 2 cm/s (-+ 0,5 cm/s) com auxílio de penetrômetro hidráulico e hastes padronizadas. O piezocone (ponteira cônica Figura 6) deverá estar devidamente calibrado.

As informações são transmitidas em tempo real à superfície e processadas por meio de computador com programa (*software*) capaz de processar em tempo real os valores de resistência de ponta, atrito lateral, poropressão (pressão neutra) e desvio em função da profundidade.

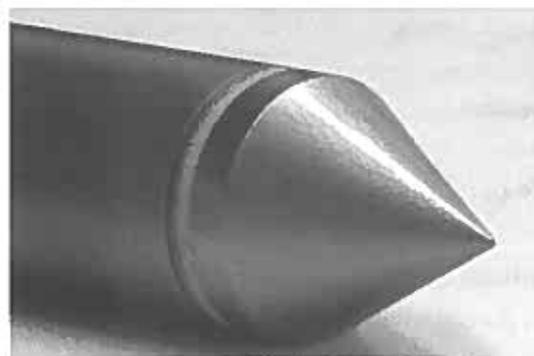


Foto: Damosco Pena

Figura 6 • Ponteira do piezocone

Durante a cravação, a cada centímetro o cone efetua três leituras por meio de sensores: resistência de ponta, resistência ao atrito lateral e pressões neutras. As sobrepressões neutras são lidas por meio de elemento poroso situado na base do cone, saturado com o auxílio de bomba a vácuo e óleo silicone. Durante o ensaio, podem ser realizadas medidas de dissipação da pressão neutra até uma dissipação mínima de 60% do excesso de poropressão gerado pela cravação do piezocone.

Com intuito de evitar a dessaturação da pedra porosa, perfura-se até que o nível d'água seja encontrado, permitindo-se assim realizar o ensaio no trecho saturado.

Além dos dados lidos em tempo real durante o ensaio (resistência de ponta, atrito lateral e pressão neutra), podem-se obter, por meio de correlações, as seguintes propriedades:

- perfil do solo;
- coeficiente de adensamento;
- densidade relativa;
- resistência não drenada;
- ângulo de atrito efetivo de areias;
- história de tensões (tensão de pré-adensamento);
- coeficiente de permeabilidade.

Os critérios de término de ensaio são os seguintes:

- limitação do cliente: quando o cliente previamente estipula uma profundidade a ser atingida.
- perda de ancoragem: quando o sistema de reação (ancoragem) rompe o solo.
- resistência de ponta: quando é atingida a resistência máxima de ponta do cone.
- atrito: quando é atingida a resistência máxima de atrito do cone.
- poropressão: quando é atingida a resistência máxima de poropressão.
- aviso na tela quando o desvio é excessivo.

Após atingir um dos critérios de parada, interrompe-se o ensaio e inicia-se o processo de extração das hastes e do cone.

11.1.5 Apresentação dos resultados

O relatório final deverá conter descrição sucinta dos trabalhos, incluindo:

- a planta planialtimétrica e a identificação detalhada do local do ensaio (coordenadas e cota);
- data de execução;
- o nome da Executante e do interessado;
- descrição sucinta da aparelhagem (tipo da ponteira e dimensões), do procedimento e das normas adotadas nos ensaios;
- gráficos dos parâmetros do ensaio em função da profundidade: resistência de ponta, atrito lateral e poropressão;
- demais informações obtidas, análises, interpretações, correlações e limitações dos ensaios, conforme especificado em contrato;
- assinatura do profissional responsável, geólogo ou engenheiro civil, com o devido número de registro no órgão de fiscalização profissional.

11.2 Ensaio de palheta - *vane test*

11.2.1 Definição

O ensaio de palheta tem por objetivo determinar a resistência ao cisalhamento do solo, principalmente argilas saturadas submetidas à condição de carregamento não drenado.

Utiliza-se uma palheta de seção cruciforme que, cravada em argilas saturadas, de consistência mole a rija, é submetida ao torque necessário para cisalhar o solo por rotação.

11.2.2 Identificação

Os ensaios de palheta deverão ser identificados pelas letras VT, seguidas de número indicativo do local do ensaio e também número sequencial indicativo do ensaio nas respectivas profundidades.

Em cada obra, o número indicativo da vertical deverá ser sempre crescente, independentemente do local, da fase ou do objetivo da sondagem; e o número indicativo do ensaio, crescente e sequencial de acordo com o aumento da profundidade ensaiada.

Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

11.2.3 Normas e documentos complementares

- ABNT NBR 10905/89 – Solo – Ensaio de palheta *in situ* (VT);
- ASTM-SPT-1014 – Vane Shear Strength Testing Soils.

11.2.4 Descrição sucinta

Inicialmente, deve-se fazer a aferição do torquímetro de ensaio, comparando-se com um torquímetro manual devidamente calibrado para se certificação de que o equipamento está bem aferido.

A palheta é descida e cravada estaticamente até a posição do ensaio utilizando-se um sistema duplo de hastes, que visa descer a palheta pela haste interna e assim evitar o atrito da haste da palheta de teste com o solo. Durante os primeiros graus de rotação, poderá existir um patamar que corresponderá a um possível atrito existente entre a haste fina e o revestimento, cujo valor deverá ser descontado.

Uma vez posicionada a palheta, liga-se o computador e entra-se no *software* específico. Informam-se os dados do ensaio e do equipamento.

Aplica-se torque à ponteira com velocidade de 0,1 a 0,2 graus/segundo. O torque máximo permite a obtenção do valor de resistência não drenada do solo, na condição natural e indeformado. Realizam-se dez giros completos na palheta, com o auxílio de uma chave de boca e efetua-se novamente o ensaio para obtenção da resistência amolgada do solo.

Após o término do ensaio e recolhimento da palheta, crava-se todo o conjunto até 0,50 m da próxima cota de ensaio, e repete-se o procedimento para outra cota de ensaio. A Figura 7 ilustra as condições da palheta após a conclusão do ensaio.

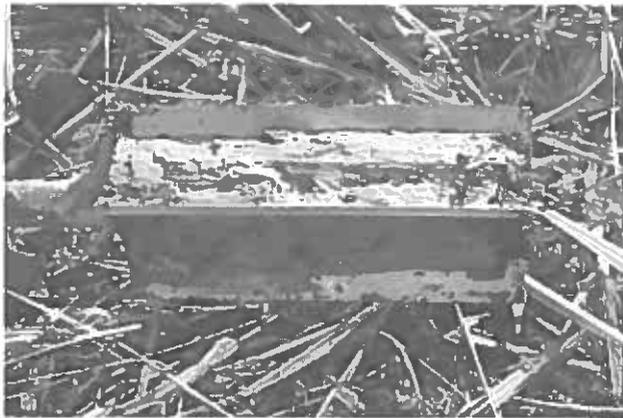


Figura 7 - Palheta de ensaio vane test.
Fonte: Damasco Penna Engenharia Geotécnica.

11.2.5 Apresentação dos resultados

O relatório final deverá conter descrição sucinta dos trabalhos, incluindo:

- a planta planialtimétrica e a identificação detalhada do local do ensaio (coordenadas e cota);
- o nome da Executante e do interessado;
- data da execução;
- profundidade do ensaio e do nível d'água;
- descrição sucinta da aparelhagem (tipo de palheta, dimensões), do procedimento e das normas adotadas nos ensaios;

- gráfico de torque em função da rotação;
- resistência não drenada nas condições naturais e em condições amolgadas, em função da profundidade;
- demais informações obtidas, análises, interpretações e limitações dos ensaios, conforme especificado em contrato;
- assinatura do profissional responsável, geólogo ou engenheiro civil, com o devido número de registro no órgão de Fiscalização profissional.

11.3 Ensaio dilatométrico – DMT

11.3.1 Definição

O ensaio DMT (Dilatômetro de Marchetti) é utilizado desde 1975 e é considerado uma preciosa ferramenta de ensaio *in situ* para previsão de recalques e estimativa do módulo de elasticidade das camadas de solo prospectadas.

Com o ensaio DMT é possível obter informações relativas ao comportamento “tensão x deformação”, aspecto que está associado aos parâmetros fundamentais de resistência, deformabilidade, entre outros. Na Figura 8, fotografia do equipamento utilizado para realização do ensaio dilatométrico.

O ensaio Dilatométrico Sísmico SDMT é uma extensão do ensaio dilatométrico, pois acrescenta ao anterior a medida de velocidade de propagação de uma onda sísmica no solo. A velocidade dessa onda permite a obtenção do módulo de distorção inicial do solo.



Figura 8 • Equipamentos para ensaio DMT.

Fonte: Damasco Penna Engenharia Geotécnica.

11.3.2 Identificação

Os ensaios DMT deverão ser identificados pelas letras DMT, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deverá ser sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem.

Quando for necessária a execução de mais de um furo em um mesmo ponto de investigação, os furos subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

11.3.3 Normas e documentos complementares

- ASTM "Standard Test Method for Performing the Flat Plate Dilatometer Test" – D6635-01;
- Eurocode 7 – Geotechnical Design, Part 3 – "Design assisted by field testing" – Section 9 – "Flat Dilatometer Test (DMT).

11.3.4 Descrição sucinta

O ensaio consiste na cravação de lâmina metálica (Figura 9) com interrupções a cada 20 cm. Nessas interrupções é introduzido gás nitrogênio, que expande a

membrana metálica da lâmina contra o terreno. Em cada expansão registram-se em nanômetro de precisão duas leituras, a primeira quando a dilatação vence o esforço de compressão do terreno e a segunda quando esta deforma o solo em 1,1 mm.

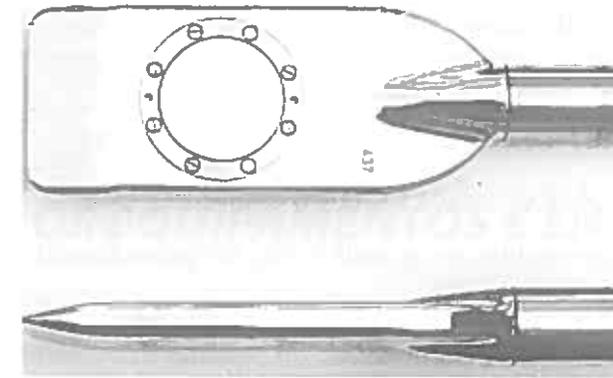


Figura 9 • Lâminas de ensaio DMT.

Fonte: Damasco Penna Engenharia Geotécnica.

O teste permite obtenção de valores em diversos pontos do terreno, em várias profundidades.

A partir dos dados coletados no campo durante os ensaios, com apoio de *software* específico, e por meio de correlações, podem ser obtidos os seguintes parâmetros:

- coeficiente de empuxo em repouso;
- módulo de elasticidade;
- resistência ao cisalhamento não drenada em argilas;
- ângulo de atrito interno em areias;
- classificação granulométrica;
- razão de sobreadensamento/histórico de tensões.

No caso de execução de ensaio sísmico, que necessita equipamentos e técnicas específicas, é possível obter a velocidade de ondas sísmicas no solo e, conseqüentemente, o módulo de distorção inicial do solo. (Ver item 12.4.c.)

11.3.5 Apresentação dos resultados

O relatório final deverá conter descrição sucinta dos trabalhos, incluindo:

- a planta planialtimétrica e a identificação detalhada do local do ensaio (coordenadas e cota);
- data de execução;
- profundidade do ensaio e do nível d'água obtido;
- o nome da Executante e do interessado;
- descrição sucinta da aparelhagem, do procedimento e das normas adotadas nos ensaios;
- gráfico do índice do material, do módulo dilatométrico e do índice de tensão horizontal (I_d , E_d , K_d definidos por Marchetti);
- demais informações obtidas, análises, interpretações e limitações dos ensaios, conforme especificado em contrato;
- assinatura do profissional responsável, geólogo ou engenheiro civil, com o devido número de registro no órgão de fiscalização profissional.

Observação: As fotos no Capítulo 11 são provenientes do site da empresa Damasco Penna Engenharia Geotécnica (www.damascopenna.com.br).

OUTROS EQUIPAMENTOS E ENSAIOS

As sondagens podem utilizar outros equipamentos e ensaios para reconhecimento dos terrenos. A seguir descrevem-se os de uso mais frequente.

12.1 Sistema *wire line*

O Sistema Q, conhecido como *wire line* (ver também o Capítulo 5), é um método de sondagem rotativa que, quando bem operado, tem vantagens produtivas comparativamente à sondagem convencional. Sua maior produtividade na perfuração deve-se à grande rapidez na retirada de testemunhos.

Este sistema é comumente usado em sondagens profundas, principalmente para pesquisa mineral, ou em campanhas longas de investigações geológico-geotécnicas de grandes obras civis, que permitem ganhos de produção e de qualidade à medida que o cronograma do projeto avança. O sistema é mais utilizado para rochas duras e possui dificuldades de recuperação em rochas friáveis.

O sistema *wire line* também tem sido utilizado em perfurações para injeções de calda de cimento.

O ganho de produtividade se reduz com a falta de operadores experientes e com a necessidade de se realizarem ensaios de perda d'água no furo de sondagem.

Todo o conjunto de perfuração é específico para o sistema *wire line*, sendo denominado Série Q: hastes, barrilete (tubo interno, coroa, alargador), cabeçote, *overshot* e conjunto rotativo do cabo.

A principal diferença entre a sondagem pelo sistema *wire line* e a sondagem rotativa convencional é o tipo de barrilete. No sistema *wire line*, utiliza-se barrilete duplo-livre com tubo interno removível, que funciona da seguinte maneira:

- durante a operação de perfuração, a penetração do barrilete é executada por meio de rotação das hastes, que funcionam como revestimento (o conjunto de perfuração desce acoplado à parede interna do “revestimento”);
- ao término de cada manobra, o barrilete é destravado das hastes; um agarrador, denominado *overshot*, é introduzido na coluna de perfuração através de um cabo acoplado a um guincho exclusivo (adaptado ao lado do guincho principal da sonda);
- o *overshot* é então engatado ao tubo interno removível e este sistema é erguido para a superfície do terreno, levando junto o testemunho que se encontra dentro do tubo interno;
- para maior rapidez no processo, enquanto o testemunho é retirado do tubo, solta-se o cabo de içamento e este é acoplado a outro barrilete de tubo interno removível, o qual dá continuidade ao processo de perfuração.

12.2 Sondagens em bancos de areia e cascalho

A pesquisa de bancos de areia e cascalho em leitos de rios pode ser realizada por meio de varejão com ponta revestida de aço, para se fazer a delimitação do depósito aluvial em superfície e com sonda manual constituída por um amostrador, denominado sondina, para amostragem e determinação da espessura do depósito aluvial. A sondina possui 4, 6 ou 12 polegadas de diâmetro (externo) e é introduzida no terreno com sucessivos movimentos de queda livre. A sondina possui, na parte inferior, uma válvula de sentido

único, que retém os sedimentos no interior do amostrador. O diâmetro de 12 polegadas permite melhor amostragem de cascalhos.

12.3 Sondagem Borro

Em campanhas de sondagens de simples reconhecimento, por exemplo, para estudo da fundação de torres de linhas de transmissão, podem ser usadas sondagens Borro (Borro Hammer Drill). Trata-se de um tipo de sondagem semelhante à sondagem a percussão, porém de execução rápida, pois é feita sem amostragem, medindo-se o número de golpes necessários para introduzir no terreno uma barra metálica padronizada. O número de golpes obtidos é correlacionável a valores do Índice de Resistência a Penetração (SPT), o que permite ser utilizado para se avaliar a capacidade de carga dos terrenos.

12.4 Geofísica em furos de sondagens

Dentre os métodos e técnicas geofísicas aplicáveis em furos de sondagens, estão a transmissão sísmica ascendente (*uphole shooting*), transmissão sísmica descendente (*downhole shooting*), transmissão sísmica entre furos (*crosshole transmission*) e perfilagem acústica (*acousting borehole logging*).

a) Transmissão sísmica ascendente (*uphole shooting*)

O ensaio permite a obtenção de zoneamento do maciço, principalmente espessuras de zonas alteradas. Nesse método, a fonte de ondas sísmicas (espoleta, por exemplo) é fixada a várias profundidades no furo de sondagem (não revestido), enquanto os geofones, que captam as ondas, estão situados na superfície do terreno. Os gráficos tempo-distância (tempo de percurso das ondas e a distância percorrida) permitem calcular a velocidade de transmissão de ondas sísmicas no local da sondagem e, com base no resultado obtido, interpretar as condições do maciço perfurado.

b) Transmissão sísmica descendente (*downhole shooting*)

Este ensaio, ao contrário do anterior, mantém a fonte na superfície e os geofones em vários níveis dentro do furo de sondagem. As

velocidades de propagação são obtidas da mesma maneira que no anterior, ou seja, por meio de curva tempo-distância.

c) Transmissão sísmica entre furos (*crosshole transmission*)

Este ensaio permite localizar zonas de baixas velocidades, que não conseguem ser detectadas pelos ensaios sísmicos tradicionais, feitos a partir da superfície. Permite, ainda, a determinação de parâmetros elásticos dinâmicos do maciço rochoso: módulo de elasticidade, de rigidez ou de cisalhamento, módulo de compressibilidade e coeficiente de Poisson. Esses parâmetros, importantes para o projeto estrutural de obras, são obtidos a partir da determinação da velocidade das ondas longitudinais e transversais em um determinado material a uma mesma cota.

Utilizam-se dois ou mais furos de sondagens, sendo o primeiro reservado à fonte e os geofones dispostos nos demais furos, na mesma cota.

d) Perfilagem acústica (*acousting borehole logging*)

Este ensaio é recomendado para os locais onde ocorre grande número de camadas pouco espessas, porém possuindo contrastes distintos de velocidade. Esta é uma situação de difícil caracterização nas investigações e nos ensaios sísmicos tradicionais. A perfilagem contínua permite determinar o tempo de percurso de uma onda sísmica em distâncias entre 0,5 e 3 m (portanto, as velocidades), pela colocação de emissores e captadores de vibração dentro de um mesmo furo de sondagem, a diversas profundidades. A perfilagem encontra aplicações no estudo de porosidade, fraturamento, mudanças litológicas etc., a partir da medida de parâmetros físicos como resistividade, densidade e potencial espontâneo.

12.5 SPT mecanizado

A execução de sondagem a percussão com SPT mecanizado é feita com a abertura do furo com o equipamento denominado trado oco (*hollow stem*

auger). No ensaio SPT mecanizado, emprega-se perfuratriz rotativa e martelo automático montado sobre chassi de esteira ou de caminhão, haste da série A ou Schedule 80, sem o uso do sistema de lavagem. Ao atingir o topo rochoso, a sondagem pode ser prosseguida pelo método rotativo. Sob o aspecto geológico, a grande vantagem do SPT mecanizado é a cravação estática de um barrilete bipartido (13 cm de diâmetro), permitindo recuperar amostras contínuas, preservando-se as estruturas geológicas de interesse à investigação. Outra vantagem é o emprego em campanhas de investigação em terrenos contendo poluentes químicos. Por exemplo, podem-se obter amostras protegidas em tubos plásticos, diminuindo, com isso, a possibilidade de contaminação. A grande limitação desse equipamento é a dificuldade da execução de sondagens em locais de difícil acesso. Nos últimos anos, ocorreram avanços na execução do SPT mecanizado e correlação entre os valores de SPT mecanizado e manual. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – está analisando a normatização do SPT mecanizado.

12.6 Amostradores para solos moles

Em terrenos argilosos não muito resistentes podem ser obtidas amostras pouco deformadas por meio de barriletes especiais de paredes finas como Shelby, Denison e Osterberg, ilustrados nas Figuras 25, 26 e 27 do Anexo C. As amostras coletadas nestes amostradores são submetidas a ensaios de laboratório para determinação da resistência mecânica.

No caso das coletas Shelby crava-se estaticamente o amostrador com o auxílio de um penetrômetro até 700 mm da cota de início. Em caso de argilas de média consistência aguarda-se 15 min para a dissipação da pressão neutra. No caso de argilas moles deve-se aguardar um mínimo de 3 horas para que o máximo das pressões neutras geradas no momento da cravação sejam dissipadas. Em seguida efetua-se a retirada do amostrador. Os solos amolgados depositados nas extremidades do amostrador devem ser descartados, retirando-se 25 mm de material em cada extremidade.

As coletas de amostras por meio do barrilete Denison são indicadas para solos mais resistentes. Pode ser acionado por qualquer sonda rotativa

que possa trabalhar com hastes NX, usando água comum ou lama de perfuração. A cabeça do amostrador Denison é regulável, o que permite o avanço ou recuo da sapata interna, a fim de controlar a ação da água sobre o solo, face a sua permeabilidade.

O amostrador Osterberg é indicado para argilas orgânicas moles, silte-argilosos e areias. Enquanto o tubo superior se mantém fixo, o tubo interno (paredes finas) é cravado no solo por meio de pressão hidráulica. No interior do amostrador existe um êmbolo que permanece fixo durante a cravação. Quando o tubo interno está completamente preenchido pela amostra de solo, o que corresponde ao término do curso da cabeça, dá-se à coluna de hastes uma torção para cortar a base da amostra. A seguir retira-se o amostrador com cuidado a fim de evitar perturbações. As válvulas de esfera aliviam toda a pressão durante a subida e provocam um vácuo que contribui para reter a amostra no tubo interno.

12.7 Sondagem Barramina (Barra Mina)

Sondagem de fácil execução, utilizadas em obras rodoviárias, para determinação da espessura e extensão de solos moles. Normalmente o procedimento consegue resultados satisfatórios até 4 metros de profundidade. Consiste na cravação vertical de um conjunto constituído por hastes de 1 metro de comprimento e uma ponta de penetração cônica, de diâmetros de 3/4 polegadas. Após a limpeza do terreno (remoção de vegetação e/ou a execução de um pré-furo a trado) inicia-se a cravação manualmente por meio de um soquete (peso de cerca de 4,9 Kg), diretamente na camada de solo mole. A sondagem é dada por encerrada quando não se consegue aprofundar a cravação da ponteira.

CRITÉRIOS PARA MEDIÇÃO

A seguir são apresentadas sugestões de critérios para medição dos serviços de sondagem.

- a) Ao final de cada mês, ou conforme contrato com a Fiscalização, a firma Executora entregará, para aprovação e devolução, os documentos de medição das quantidades de serviços executados, segundo os itens da planilha de preços do contrato de serviços.
- b) Considera-se serviço executado aquele cujos resultados preliminares forem apresentados e aceitos pela Fiscalização.
- c) Quando a execução de uma sondagem demorar mais do que 30 dias, poderão ser emitidos boletins preliminares com os resultados parciais da parte executada, sendo esses documentos válidos para a medição parcial do furo.
- d) Após a devolução dos documentos de medição visados pela Fiscalização, a firma Executora emitirá a fatura correspondente a quem de direito, acompanhada dos documentos visados.
- e) A critério da Fiscalização, poderão ser retidos 15% do preço da perfuração de cada furo, até a apresentação do seu resultado final.
- f) Exceto quando expressamente autorizado pela Fiscalização, nenhum serviço terminado deixará de ser medido no mês subsequente à sua conclusão.

- g) Nas sondagens rotativas, no caso do aceite (pela Fiscalização) de trechos com recuperação de testemunhos inferiores ao especificado no contrato dos serviços, sugere-se que o pagamento desses trechos fique restrito àqueles em que a diferença entre a porcentagem recuperada e a mínima exigida não superar 10%.
- h) Salvo quando previstos em contrato, por não observância do estabelecido neste manual ou na programação dos serviços, a Fiscalização poderá determinar nova execução, total ou parcial, de uma sondagem. Nesse caso, sugere-se o pagamento de apenas o equivalente a uma sondagem completa.
- i) Salvo quando previsto em contrato, nos preços da sondagem, retirada de amostras e nos deslocamentos, deverão estar incluídos todos os custos dos equipamentos, materiais e encargos necessários à execução dos serviços contratados. Deverá ser incluído também o custo da entrega das amostras no local determinado pela Fiscalização (na obra), bem como dos documentos relativos à sua execução.
- j) Os deslocamentos dos equipamentos num mesmo ponto de investigação (sondagem a trado, percussão, rotativa, mista e rotopercussão) não serão cobrados.
- k) Cabe ao contratante o fornecimento dos dados de topografia e a obtenção de autorização para operação da Executora no sítio das sondagens.

PLANILHAS DE PREÇOS PARA SERVIÇOS DE SONDAGENS

Na elaboração de uma planilha de preços para serviços de sondagens é importante considerar para cada projeto ou fase do projeto os tipos e as quantidades dos serviços previstos, bem como as condições e características dos locais de execução dos trabalhos. A seguir são apresentadas sugestões de planilhas de preços de serviços de sondagens.

14.1 Sondagem a trado

- a) Mobilização de equipamentos e equipe, dimensionados na programação dos serviços (única).
- b) Sondagem (perfuração), com amostras nos diâmetros de 2 ½", 3", 4" e 6".
- c) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras (unidade).

14.2 Poço de inspeção

- a) Mobilização de equipe e ferramentas dimensionadas na programação dos serviços (única).

- b) Abertura do poço até 10 m, com retirada de amostras deformadas (m).
- c) Abertura de poços de 10 a 20 m, com retirada de amostras deformadas (m).
- d) Execução e material para escoramento das paredes do poço (m).
- e) Coleta de amostras indeformadas, por bloco aproveitável, incluindo caixas e outros materiais para acondicionamento (unidade).
- f) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras deformadas (unidade).
- g) Fornecimento de tampão de madeira para o poço (m²).
- h) Reaterro do poço (m).

14.3 Trincheira

- a) Mobilização de equipe e ferramentas dimensionadas na programação dos serviços (única).
- b) Abertura da trincheira, com retirada de amostras deformadas, limitada à profundidade de 5 m (m).
- c) Execução e material para escoramento das paredes da trincheira (m).
- d) Coleta de amostras indeformadas, por bloco aproveitável, incluindo caixas e outros materiais para acondicionamento (unidade).
- e) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras deformadas (unidade).
- f) Reaterro da trincheira (m).

14.4 Sondagem a percussão

14.4.1 Mobilização de equipamentos

- a) Equipamento completo e equipe para perfuração com diâmetro de até 4" (única).
- b) Equipamento completo e equipe para perfuração com diâmetro de até 6", inclusive sondina para pesquisa de areia (única).

- c) Plataforma flutuante completa para instalação de equipamentos de sondagem a percussão, com diâmetro de até 6", para perfuração no leito do rio ou local alagado (única).
- d) Plataforma fixa completa para instalação de equipamentos de sondagens a percussão, com diâmetro de até 6", para perfuração em terrenos alagados, reservatórios ou terrenos inclinados (única)

14.4.2 Preparação

- a) Conformação de plataforma para instalação de qualquer tipo de equipamento de sondagem a percussão, em terrenos inclinados (m³ de escavação):
 - terrenos com até 20° de inclinação;
 - terrenos com inclinação superior a 20°.
- b) Desmontagem e reinstalação de equipamentos para perfuração com diâmetro de até 6", em terreno seco, na mesma frente (unidade).
- c) Acréscimo sobre o item anterior para serviços efetuados em terrenos alagados (%).
- d) Desmontagem e reinstalação de plataforma flutuante, para instalação de equipamento de sondagem a percussão, no leito do rio ou locais alagados (unidade).
- e) Desmontagem e reinstalação de plataforma fixa, para instalação de equipamento de sondagem a percussão, em reservatórios ou locais alagados ou terrenos inclinados (unidade).

14.4.3 Deslocamento

- a) De equipamentos completos de sondagem a percussão, com diâmetro de até 4", entre dois furos em terreno seco, medidos em linha reta (m).
- b) Acréscimo sobre o item anterior, para serviços efetuados em terrenos alagados (%).

- c) De plataforma flutuante, no leito do rio ou em locais alagados, com equipamento de sondagem montado, na mesma frente (m).
- d) De equipamento completo de sondagem a percussão, com diâmetro de até 6", transporte por caminhão ou outro meio motorizado, distância medida pelo menor caminho transitável (km):
 - local da obra;
 - fora da obra.
- e) De plataforma flutuante para sondagem a percussão, com diâmetro de até 6", transporte por caminhão ou outro meio motorizado, distância medida pelo menor caminho transitável (km):
 - local da obra;
 - fora da obra.
- f) De plataforma fixa, para sondagem a percussão, entre dois furos, distância medida pelo menor caminho transitável (km).

14.4.4 Execução de sondagem a percussão

- a) Sondagem a percussão, com diâmetro de até 100 mm (4"), com amostragem de metro em metro, ou quando houver mudança das características tátil-visuais dos materiais (m):
 - de simples reconhecimento, sem qualquer ensaio;
 - com ensaio de penetração SPT a cada metro.
- b) Ensaio extra de penetração SPT (unidade).
- c) Acréscimo sobre o item anterior para serviços efetuados em terrenos alagados ou em leito de rio (%).
- d) Sondagem a percussão, com diâmetro de 150 mm (6") a 200 mm (8"), com amostragem de metro em metro ou quando houver mudanças das características tátil-visuais dos materiais (m).
- e) Ensaio de lavagem por tempo (unidade).

- f) Ensaio de permeabilidade (unidade):
 - com 20 min de duração;
 - com 1 h de duração.
- g) Acréscimo para o item anterior (com 1 h de duração) para ensaio de permeabilidade com mais de 1 h de duração, para cada hora ou fração a mais (h).
- h) Instalação de tubos de revestimento para perfuração no leito do rio, em furos de sondagem a percussão, com diâmetro de até 6" (m).
- i) Tubo de revestimento temporariamente deixado no furo, por ordem da Fiscalização, qualquer diâmetro, por turno de serviço (m/turno de 8 h).
- j) Fornecimento de frascos e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras de bico do amostrador SPT em sondagem a percussão de até 4" de diâmetro (unidade).
- k) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras de sondagem a percussão de até 6" de diâmetro (unidade).
- l) Obturação do furo de sondagem com solo-cimento, argamassa ou calda de cimento, incluindo o fornecimento dos materiais (kg de cimento).

14.5 Sondagem rotativa e amostragem integral

14.5.1 Mobilização de equipamentos

- a) Equipamento de sondagem rotativa, com quaisquer diâmetros especificados, inclusive equipamento completo para ensaios de perda d'água (única).
- b) Plataforma flutuante completa, para instalação de equipamentos de sondagem rotativa, para perfuração no leito do rio ou local alagado (única).

- c) Plataforma fixa completa, para instalação de equipamentos de sondagem rotativa, para perfuração em terrenos alagados, reservatórios ou terrenos inclinados (única).

14.5.2 Preparação

- a) Conformação de plataforma, para instalação de equipamento de sondagem rotativa completa, em terrenos inclinados (m^3 de escavação):
- terrenos com até 20° de inclinação;
 - terrenos com inclinação superior a 20° .
- b) Desmontagem e reinstalação de equipamentos completos de sondagem rotativa, em terrenos secos, na mesma frente (unidade).
- c) Acréscimo sobre o item anterior para serviços efetuados em terrenos alagados (%).
- d) Desmontagem e reinstalação de plataforma flutuante, para instalação de equipamento de sondagem rotativa, nos reservatórios ou em locais alagados (unidade).
- e) Desmontagem e reinstalação de plataforma fixa, para instalação de equipamento de sondagem rotativa, em reservatórios ou em locais alagados ou terrenos inclinados (unidade).

14.5.3 Deslocamento

- a) De equipamentos completos de sondagem rotativa, entre dois furos, em terreno seco, medidos em linha reta (m).
- b) Acréscimo sobre o item anterior para serviços efetuados em terrenos alagados (%).
- c) De equipamentos completos de sondagem rotativa, transporte por caminhão ou outro meio motorizado, distância medida pelo menor caminho transitável (km):

- local da obra;
 - fora da obra.
- d) De plataforma flutuante, no leito do rio ou em locais alagados, com equipamento completo de sondagem rotativa montado na mesma frente (m).
- e) De plataforma flutuante, para sondagem rotativa, transporte por caminhão ou outro meio motorizado, entre dois furos, distância medida pelo menor caminho transitável (km):
- local da obra;
 - fora da obra.
- f) De plataforma fixa, para sondagem rotativa, transporte por caminhão ou outro meio motorizado, entre dois furos, distância medida pelo menor caminho transitável (km).

14.5.4 Execução de sondagem rotativa e amostragem integral

- a) Sondagem em solo, com ensaio de penetração SPT e com amostragem, de metro em metro, ou quando houver mudança das características tátil-visuais dos materiais, discriminando-se diâmetros (m).
- b) Sondagem em solo, sem ensaio de penetração SPT e com amostragem, de metro em metro, ou quando houver mudança das características tátil-visuais dos materiais, discriminando-se diâmetros (m).
- c) Perfuração em rocha ou concreto sem armação, furo vertical, com coroa de vídia e barrilete simples, sem amostragem, discriminando-se diâmetros (m).
- d) Perfuração em rocha ou concreto sem armação, furo vertical ou com até 10° de inclinação, com coroa de diamante, amostragem com recuperação mínima de 95%, discriminando-se os diâmetros:
- com barrilete simples;
 - com barrilete duplo-livre;

- com barrilete *wire line*;
 - com barrilete triplo;
 - com uso de equipamentos e procedimentos especiais e adequados, como os descritos em 5.4.f.
- e) Acréscimo (%) sobre o item anterior, para
- perfuração com uso de lama, inclusive com fornecimento da bentonita;
 - perfuração com uso de polímeros (descrever), inclusive com o fornecimento destes;
 - perfuração com equipamentos e procedimentos especiais (descrever), como a injeção de espuma de bolhas de ar citada em 5.4.f.
- f) Perfuração em concreto armado, furo vertical ou com até 10° de inclinação, com coroa de diamante e barrilete simples, discriminando-se diâmetros (m).
- g) Acréscimo sobre os itens anteriores, para cada grau de inclinação que exceder aos 10° iniciais (%).
- h) Redução sobre os itens 14.5.4.a, b, d, f para perfuração de qualquer natureza e quaisquer diâmetro, sem a necessidade de extrair amostras (%).
- i) Instalação de tubos de revestimento, para perfuração no leito do rio, discriminando-se diâmetros (m).
- j) Sondagem em rocha para amostragem integral, furo vertical com diâmetro externo 86 mm e diâmetro interno EW ou equivalente, com coroa de diamante e barrilete duplo-livre; amostragem com recuperação de 100%, inclusive todos os trabalhos de injeção, colocação e orientação do varão, retirada e acondicionamento de cada amostra em caixa apropriada e fornecimento de materiais (m).
- k) Acréscimo sobre os itens 14.5.4.a, b, c, d, j para serviços executados em terrenos alagados ou em reservatórios (%).
- l) Acréscimo sobre os itens 14.5.4.c, d, f para serviços executados a partir de poços e galerias (%).

- m) Fornecimento de caixas para acondicionamento de testemunhos de sondagem (unidade).
- n) Tubo de revestimento temporariamente deixado no furo, por ordem da Fiscalização, qualquer diâmetro, por turno de serviço (m/turno de 8 h).
- o) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água, para acondicionamento de amostras de sondagem a percussão (unidade).
- p) Obturação do furo de sondagem com calda de cimento, incluindo o fornecimento dos materiais (kg de cimento).

14.5.5 Ensaio de perda d'água sob pressão

- a) Ensaio em rocha, com até 1 h de duração, no mínimo em cinco estágios de pressão, qualquer trecho, em furos de qualquer diâmetro e qualquer profundidade, incluindo montagem, desmontagem e deslocamento de equipamento e ensaio de vazão da bomba (unidade).
- b) Acréscimo sobre o item anterior para ensaios com mais de 1 h de duração, para cada 30 min a mais ou fração (h).

14.6 Sondagem a rotopercussão

- a) Transporte até o local da obra, por qualquer meio, de equipamento completo para perfuração com diâmetro de até 4", inclusive grupo gerador ou compressor e equipamento completo para ensaios de perda d'água (única).
- b) Perfuração com qualquer inclinação, em rocha ou concreto sem armação, com equipamento a rotopercussão, com até 4" de diâmetro, incluindo amostragem dos detritos de perfuração, deslocamento e posicionamento dos equipamentos, fornecimento de água e ar comprimido e limpeza dos furos por lavagem com água e ar de até 30 min de duração (m):

- a partir da superfície natural do terreno e/ou concreto;
 - a partir de poços e galerias.
- c) Deslocamento de equipamento completo para sondagem a rotopercussão, entre dois furos, distância medida pelo menor caminho transitável (km).
- d) Limpeza de furos para cada período adicional de 30 min ou fração, além dos 30 min iniciais que correspondem a uma lavagem normal (única).
- e) Fornecimento de sacos de lona ou de plástico e etiquetas à prova d'água para amostragem (unidade).
- f) Obturação do furo com calda de cimento, argamassa ou solo-cimento, incluindo o fornecimento dos materiais (kg de cimento).

14.7 Horas ociosas

Discriminar os diversos equipamentos de sondagens, inclusive mão de obra e encargos de equipes mínimas, quando justificáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL (ABGE). **Fluxo de água a três dimensões em rochas fissuradas**. Trad. de J. O. Campos. São Paulo: ABGE, 1974. (Tradução 5).

_____. **Ensaio de perda d'água sob pressão: diretrizes**. São Paulo: ABGE, 1975. (Boletim 2).

_____. **Diretrizes para execução de sondagens**. 4. ed. São Paulo: ABGE, 1999. (Boletim 3).

_____. **Glossário de termos técnicos de Geologia de Engenharia: equipamentos de sondagens**. São Paulo: ABGE, 1980.

_____. **Ensaio de permeabilidade em solo, orientações para sua execução no campo**. 3. Ed. São Paulo: ABGE, 1996. (Boletim 4).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484: Execução de sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

_____. **NBR 6502: Rochas e solos; terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

_____. **NBR 7250: Identificação e descrição de amostras de solos obtidas em sondagens de simples reconhecimento dos solos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

_____. **NBR 6491: Monitoramento e amostragem para fins de caracterização de pedregulho e areia.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____. **NBR 6490: Reconhecimento e amostragem para fins de caracterização de ocorrência de rochas.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

_____. **NBR 9604: Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas.** Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 9603: Sondagem a trado.** Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

_____. **NBR 6484/97. 1º projeto de revisão da ABNT NBR 6484/80: solos – sondagens de simples reconhecimento com SPT; método de ensaio. (prelo).** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ALONSO, U. R. **Correlação entre o atrito lateral medido com o torque e o SPT. Solos e Rochas, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 191-194, 1994.**

CELESTINO, T. B; DINIZ, N. C. **Informática.** In: ABGE. **Geologia de Engenharia.** Capítulo 14. São Paulo: ABGE, 1999.

CORRÊA FILHO, D. **Ensaio de perda d'água sob pressão.** 1985. 134 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1985.

DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A. R. **Practical applications of the standard penetration test complemented by torque measurements, SPT-T: present stage and future trends.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, 13, New Delhi, 1994. **Proceedings...** New Delhi: Oxford & IBH Publishing CO. PVT. LTD. v. 1, p. 143-146, 1994.

IYOMASA, W. S.; MATSUDA, K.; BRITO, F. A. **Sistema de gerenciamento de dados: perfil automatizado de sondagens (1ª etapa).** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 8, Rio de Janeiro, 1996. **Anais...** São Paulo: ABGE, 1996. p. 767-776.

NAKAMURA, Y. **Techniques for obtaining high quality boring core of rock mass.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON DAMS FOR A CHANGING WORLD, Kyoto, 2012. **Proceedings...** Kyoto, Japan: ICOLD, 2012.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Ed.). **Geologia de Engenharia.** São Paulo: ABGE, 1998. 587 p.

RANZINI, S. M. T. **SPTF. Solos e Rochas, São Paulo, v. 11, p. 29-30, 1988.**

_____. **SPTF: 2ª parte. Solos e Rochas, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 189-190, 1994.**

SERRA JÚNIOR, E. **Equipamentos de sondagens rotativas para amostragem de rochas brandas em investigações geológico-geotécnicas.** 1991. 127 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1991.

SILVA, F.A. **Protótipo para o monitoramento de sondas rotativas e aplicação na prospecção geológico-geotécnica.** 2001. 133 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

VIRGILI, J.C., MONTICELI, L.T. e MINETTE, E. 1993. **Sondagens geológico-geotécnicas: considerações sobre alguns aspectos do momento atual.** Atas do 7º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Poços de Caldas, MG. Tema VI-Investigação para obras civis e minerais. V.1, p. 265-269. ABGE. São Paulo.

ANEXO A

FIGURAS

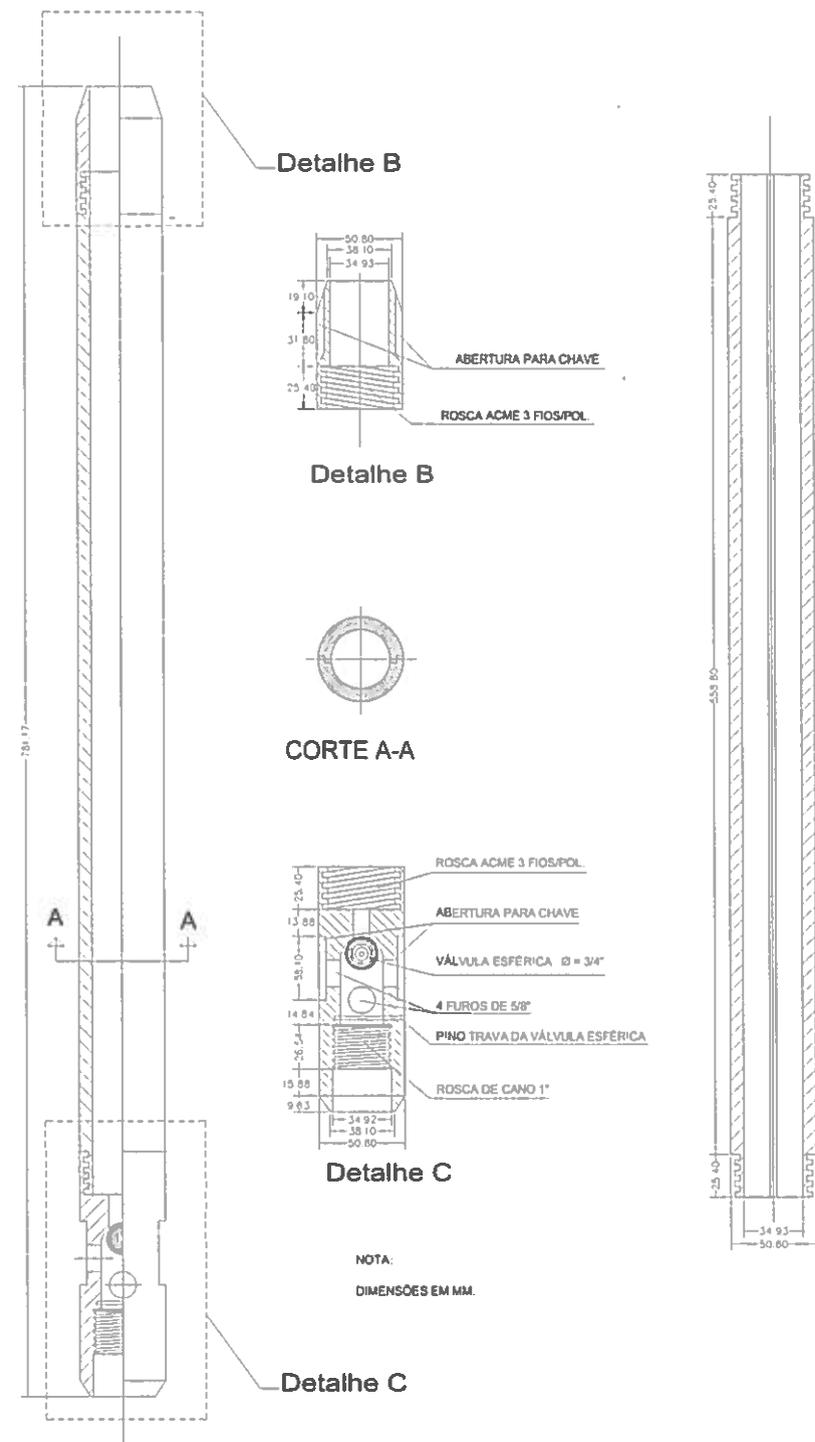


Figura I - Amostrador SPT tipo Raymond de 50,8 mm.

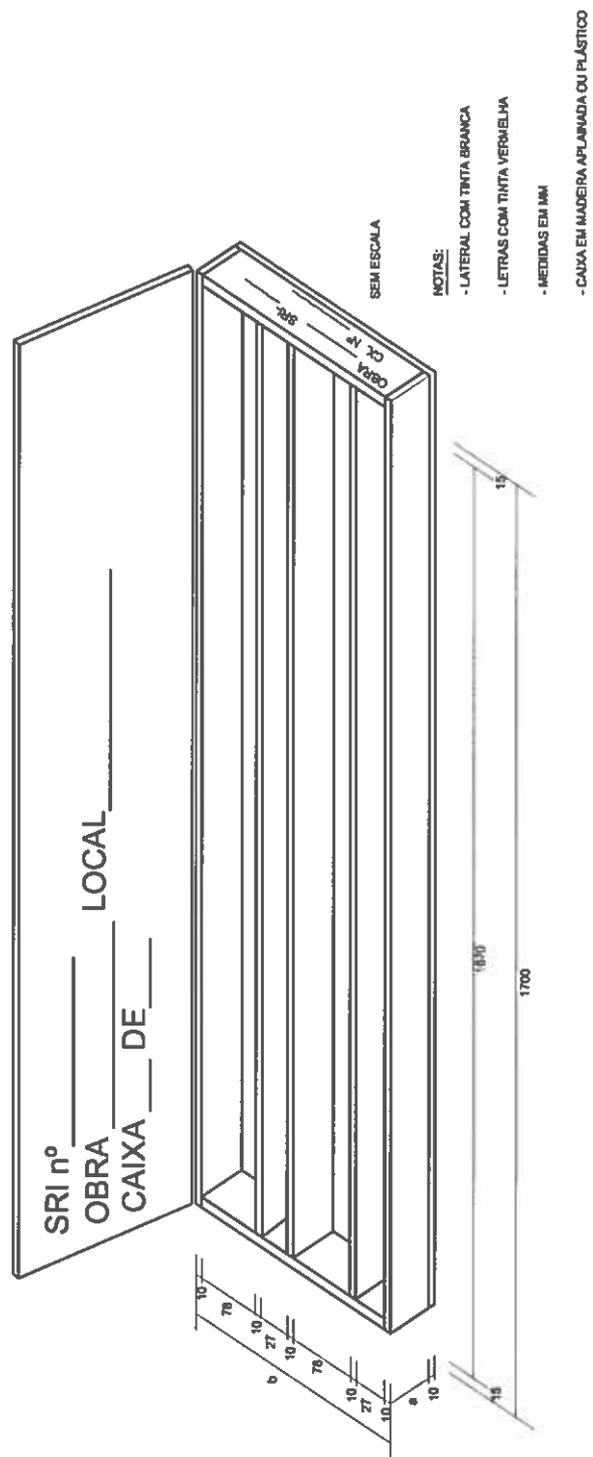


Figura II - Caixa de testemunhos para sondagem integral.

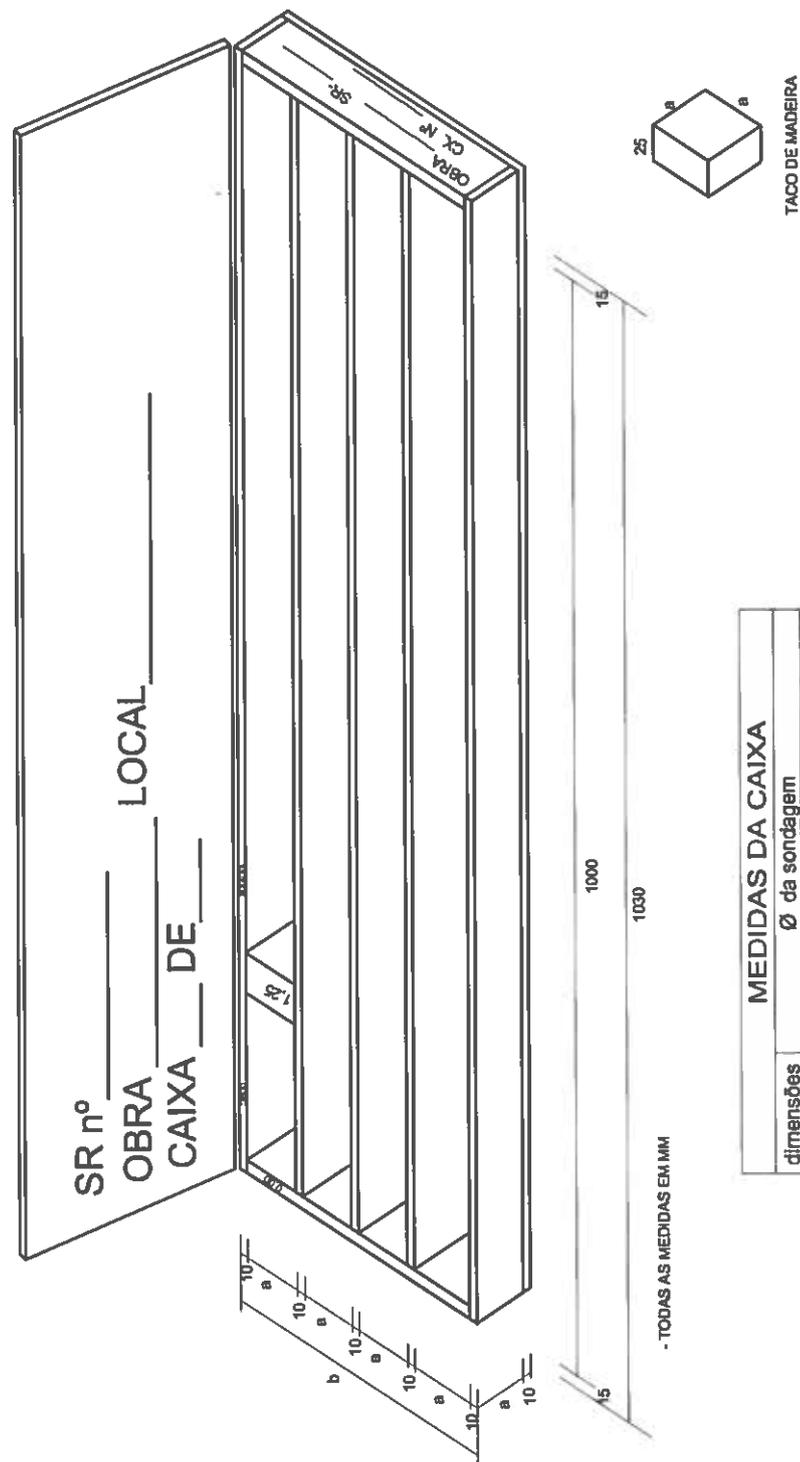


Figura III - Caixa de testemunhos para sondagem rotativa.

MEDIDAS DA CAIXA						
dimensões (mm)	Ø da sondagem					
	HW	86mm	NW	BW	AW	EW
a ≥	78	73	56	43	34	27
b =	275	275	275	275	275	275
Número de colunas	3	3	4	5	6	7

ANEXO B

MODELOS DE BOLETINS E PERFIS

BOLETIM DE FISCALIZAÇÃO DIÁRIA

TODOS TIPOS DE SONDAJENS

CLIENTE _____ EMPREITEIRA _____ FOLHA ____ / ____
OBRA _____ TIPO DE EQUIPAMENTO _____ FURO _____
DATA ____ / ____ / ____ SONDADOR _____ TÉCNICO _____

HORÁRIO DA EMPREITEIRA _____ A _____ TRECHO PERFURADO _____ A _____ m
HORÁRIO DA FISCALIZAÇÃO _____ A _____ TRECHO FISCALIZADO _____ A _____ m

OBS.: _____

DATA ____ / ____ / ____ SONDADOR _____ TÉCNICO _____
HORÁRIO DA EMPREITEIRA _____ A _____ TRECHO PERFURADO _____ A _____ m
HORÁRIO DA FISCALIZAÇÃO _____ A _____ TRECHO FISCALIZADO _____ A _____ m

OBS.: _____

DATA ____ / ____ / ____ SONDADOR _____ TÉCNICO _____
HORÁRIO DA EMPREITEIRA _____ A _____ TRECHO PERFURADO _____ A _____ m
HORÁRIO DA FISCALIZAÇÃO _____ A _____ TRECHO FISCALIZADO _____ A _____ m

OBS.: _____

Modelo A - Boletim de fiscalização diária.

BOLETIM DE SONDAGEM A ROTOPERCUSSÃO

Folha _____

CLIENTE _____ FIRMA EXECUTORA _____

OBRA _____ LOCAL _____ SONDAGEM Nº _____

COORDENADAS: N _____ ESTACA _____ INCLINAÇÃO _____
 E _____ AFASTAM. _____

INÍCIO ____/____/____ TÉRMINO ____/____/____ ESPECIFICAÇÃO _____

GEÓL. OU ENGº RESP. _____ TÉCNICO _____ SONOADOR _____

TRECHO (m)	MÉTODO	DIÂMETRO	BITS	HASTE	REVESTIM. (m)	TRECHO (m)	MÉTODO	DIÂMETRO	BITS	HASTE	REVESTIM. (m)

ACOMPANHAMENTO DA VELOCIDADE DE PERFURAÇÃO POR HASTE									
NÚMERO DE LEITURA	LEITURAS EM TEMPO (s) (acumuladas)	DIFERENÇA (s)	INTERVALO ENTRE CADA LEITURA* (cm)	OBS.	NÚMERO DE LEITURA	LEITURAS EM TEMPO (s) (acumuladas)	DIFERENÇA (s)	INTERVALO ENTRE CADA LEITURA* (cm)	OBS.
0					8				
1					9				
2					10				
3					11				
4					12				
5					13				
6					14				
7					15				

(*) - ver item no teste

TRECHO (m)	DESCRIÇÃO DO MATERIAL E OBSERVAÇÕES SOBRE A PERFURAÇÃO	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA

DATA	PROF. FURO (m)	PROF. NÍVEL D'ÁGUA (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)			DATA	PROF. FURO (m)	PROF. NÍVEL D'ÁGUA (m)	NÍVEL D'ÁGUA (m)		
			ESTÁTICO	DINÂMICO	VAZÃO (l/min)				ESTÁTICO	DINÂMICO	VAZÃO (l/min)

Modelo D - Boletim técnico de sondagem a rotopercussão.

BOLETIM DE ENSAIO DE PENETRAÇÃO

FOLHA _____

CLIENTE _____ FIRMA EXECUTORA _____

OBRA _____ INÍCIO ____/____/____ TÉRMINO ____/____/____ SONDAGEM _____

TRECHO (m)	ACOMPANHADO POR	ACUMULADOS		GOLPES	GOLPES ACUMULADOS	PENETRAÇÃO (cm)	PENETRAÇÃO ACUMULADA (cm)	Nº GOLPES	
		cm	%					15 cm	30 cm
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
DE _____									
A _____									
TRECHO (m)	OBSERVAÇÕES SOBRE OS ENSAIOS								

Modelo E - Boletim de ensaio de penetração SPT.

OBRA _____		LOCAL _____		POÇO nº P- _____							
COORDENADA N. _____		ESTACA _____		COTA _____ m							
E. _____		AFASTAMENTO _____		DIMENSÕES _____							
EXECUTORA _____		INÍCIO ____/____/____		TÉRMINO ____/____/____							
COTA E NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOLÓGICO	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA							
Medidas de Nível d'Água											
DATA	HORA	N. A. (m)	PROF.FURO (m)	DATA	HORA	N. A. (m)	PROF.FURO (m)				
OBS.:											
PERFIL INDIVIDUAL DO POÇO P-											
DESENHO				VERIFICADO		RESPTÉCNICO		APROVAÇÃO		DATA	
ESCALA				Nº		VERT.:					

Modelo M • Perfil individual de poço.

OBRA _____		LOCAL _____		Sondagem nº ST- _____						
COORDENADA N. _____		ESTACA _____		COTA _____ m						
E. _____		AFASTAMENTO _____		DIMENSÕES _____						
EXECUTORA _____		INÍCIO ____/____/____		TÉRMINO ____/____/____						
DIÂM. E MÉTODO DE PERF.	COTAS E NÍVEL D'ÁGUA (m)	PROF. (m)	PERFIL GEOL.	DESCRIÇÃO DO MATERIAL	INTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA					
Medidas de Nível d'Água										
DATA	HORA	N. A. (m)	PROF.FURO (m)	DATA	HORA	PROF.FURO (m)				
OBS.:										
PERFIL INDIVIDUAL DA SONDAGEM A TRADO ST-										
DESENHO		VERIFICADO		RESPTÉCNICO		APROVAÇÃO		DATA		
ESCALA		Nº		VERT.:						

Modelo N • Perfil individual de sondagem a trado.

PLANILHA DE CAMPO:		
VANE TEST		
DOCUMENTO	REVISÃO	FOLHA:
Obra:	Operador:	data:
Localização:	Interessado:	N. Sond.:
Aferição	Fator de calibração:	
	Torquímetro (N.m)	
	vane-log (N.m)	
Leituras	10,00 N.m	
	20,00 N.m	

Dim. Da palheta	Prof. (m)	Arquivo	Torque Indeformado		Torque Amolgado	
			Atrito	Torque máx.	Atrito	Torque máx.
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						
() 13/6,5 () 10/0,5						

Resp. Executora

Resp. Fiscalização

Resp. Cliente

Modelo S - Planilha: vane test.

PLANILHA DE CAMPO:		CPTu - Dissipação	
DOCUMENTO		REVISÃO	
FOLHA:			
Obra:	Operador:	Data:	
Localização:	Interessado:		
OBRAS INICIAIS		OBRAS INICIAIS	
Sond. nº	Horas	NA (m)	rº Sonda
q _c (MPa)	f _s (kPa)	U _s (kPa)	U _s (kPa)
MUDANÇA DE CAMADAS			
Prof. (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	U _s (kPa)
	TA		
	E:		
	X:		
	Y:		
OBSERVAÇÕES:			
Observações:			
COORDENADAS			
Dissipação			
Pressão de			
Porosidade			
Excesso de			
Pressão Hidrostática			
Pico			
NA (m)			
Prof. (m)			
q _c (MPa)			
f _s (kPa)			
U _s (kPa)			
TA			
q _c (MPa)			
f _s (kPa)			
U _s (kPa)			
TA			
MOTIVO DO TÉRMINO			

Resp. Executora

Resp. Fiscalização

Resp. Cliente

Modelo T - Planilha: CPTu - Dissipação.

ANEXO C

EQUIPAMENTOS

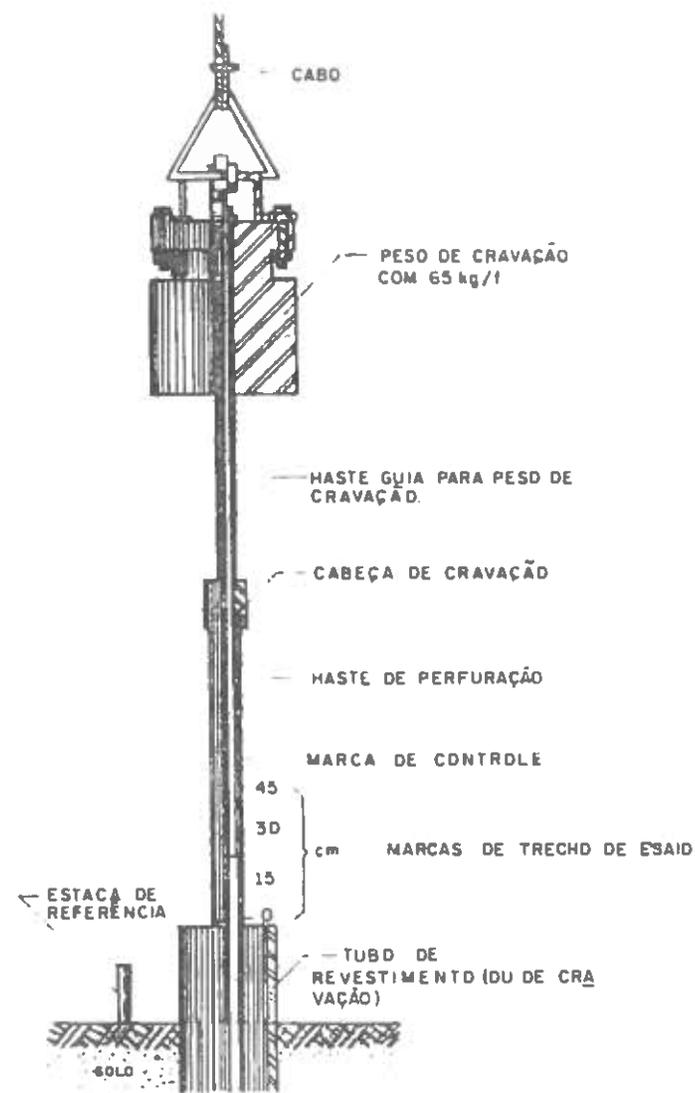


Figura 1 - Esquema de um ensaio de penetração em sondagem a percussão

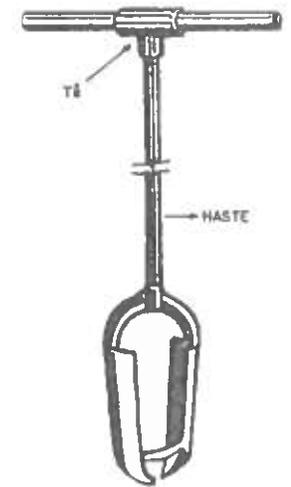


Figura 2 - Trado (Tipo concha)



Figura 3 - Trado (Tipo helicoidal ou espiral)

ORIFÍCIO DE SAÍDA D'ÁGUA



Figura 4 - Trépano (Tipo cunha)



Figura 5 - Porta-cabo



Figura 6 - Peso de cravação

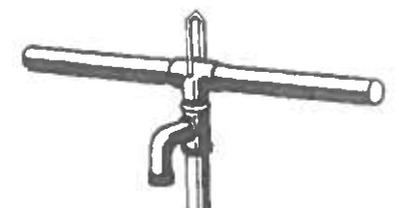


Figura 7 - Cruzeta de lavagem

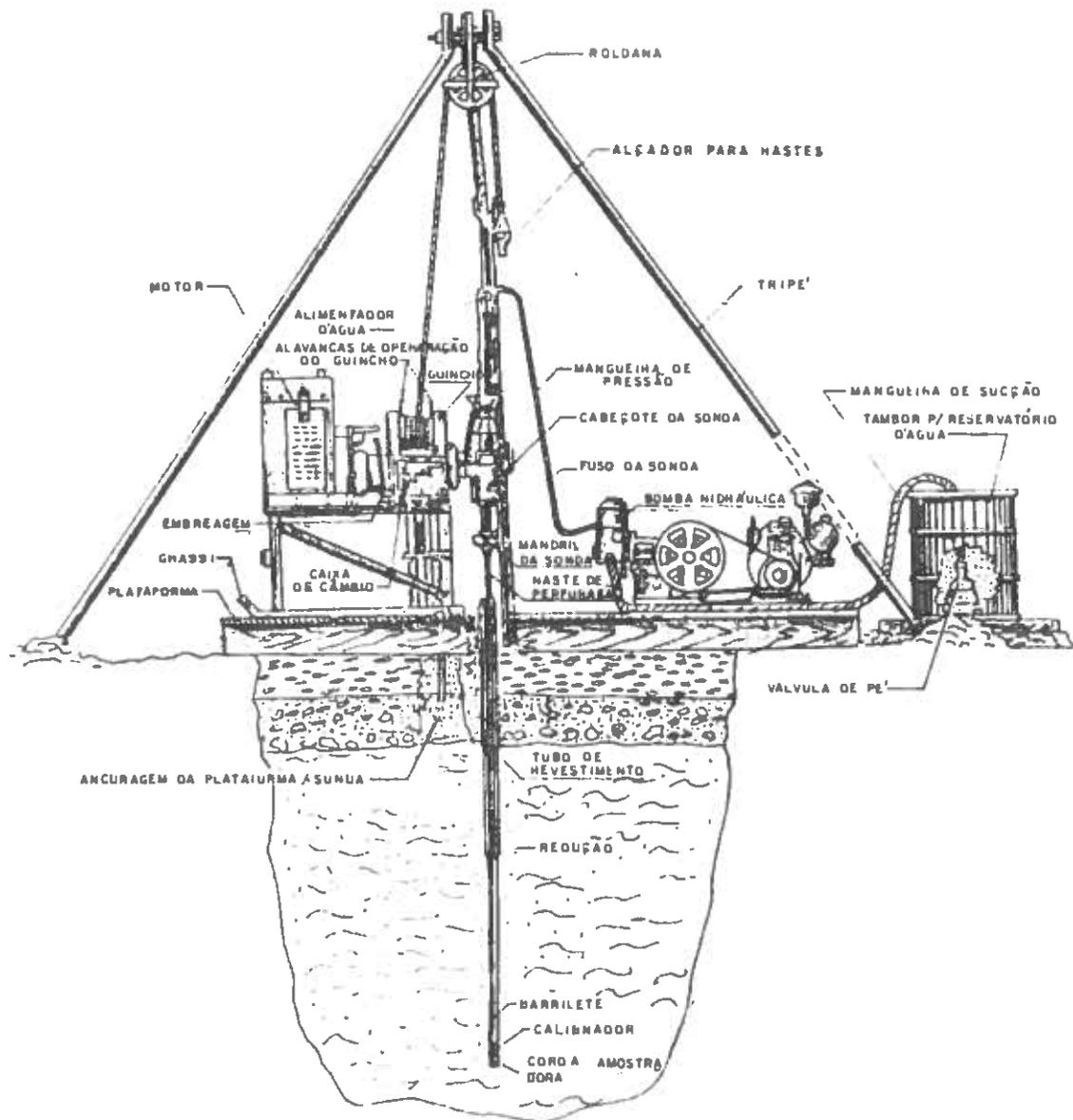


Figura 8 - Instalação típica para uma sondagem rotativa de investigação geológica

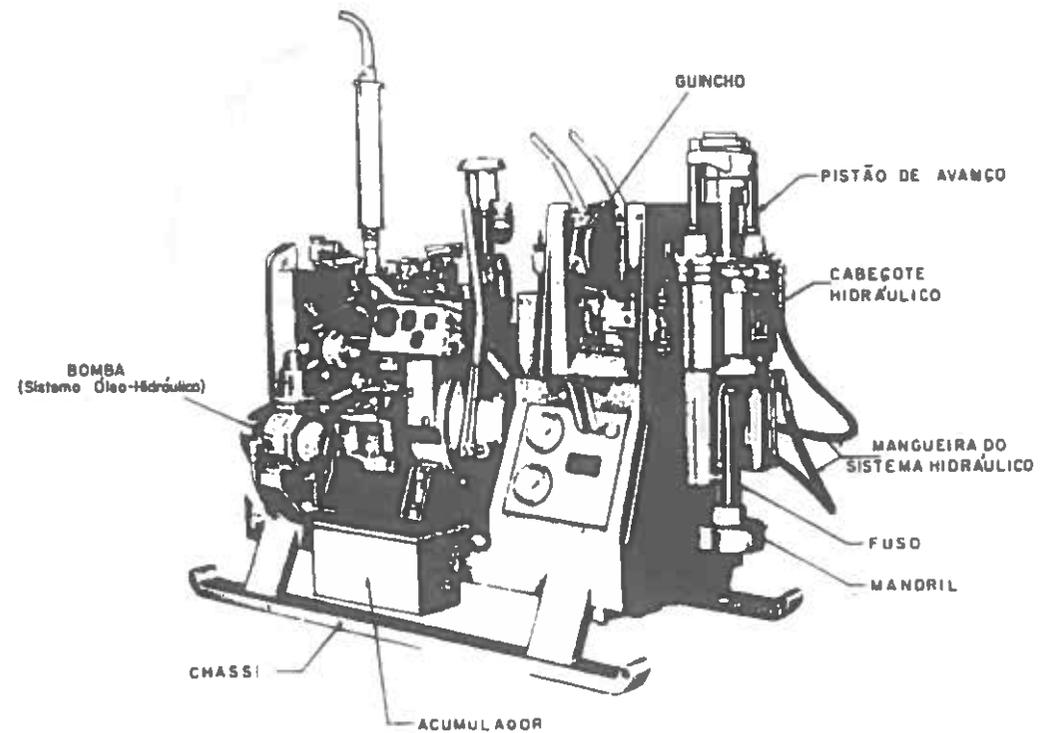
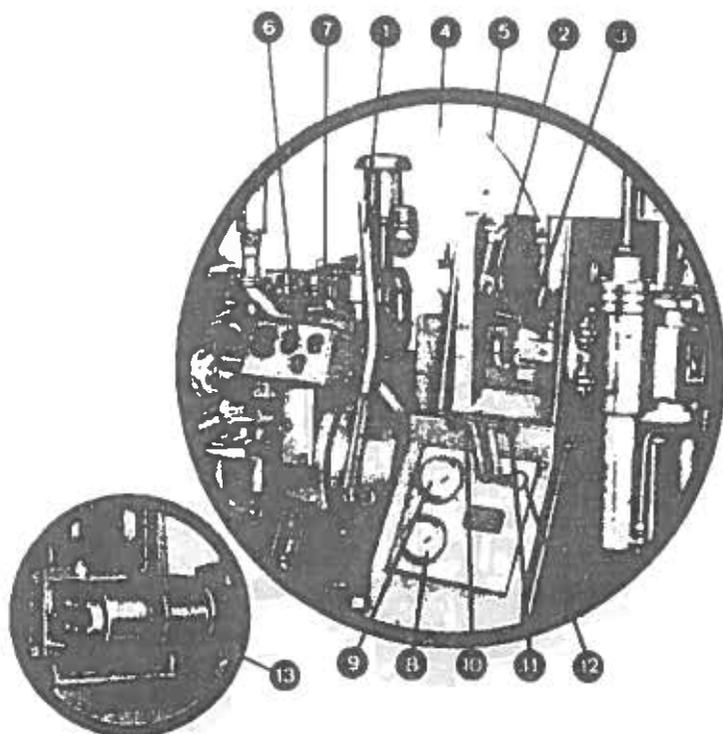


Figura 9 - Sonda de avanço hidráulico



- ① Alavanca de embreagem principal (Motor da Sonda)
- ② Alavanca de mudança de velocidade (Alavanca de Câmbio)
- ③ Alavanca de engate do guincho
- ④ Alavanca de embreagem do guincho
- ⑤ Alavanca da freia do guincho
- ⑥ Painel do motor
- ⑦ Acelerador do motor
- ⑧ Manômetro indicador da pressão de recalque (de perfuração)
- ⑨ Manômetro indicador da pressão de elevação (da coluna de perfuração)
- ⑩ Alavanca de comando direcional (ascendente e descendente) rápida
- ⑪ Alavanca de comando direcional (ascendente e descendente) com velocidade regulada.
- ⑫ Válvula reguladora de vazão (do óleo do sistema hidráulico p/ o par de pistões sobre o cabeçote da sonda = ajuste ou avanço fino)
- ⑬ Mallnete (Guincho Opcional)

Figura 10 • Sonda de avanço hidráulico (detalhe)

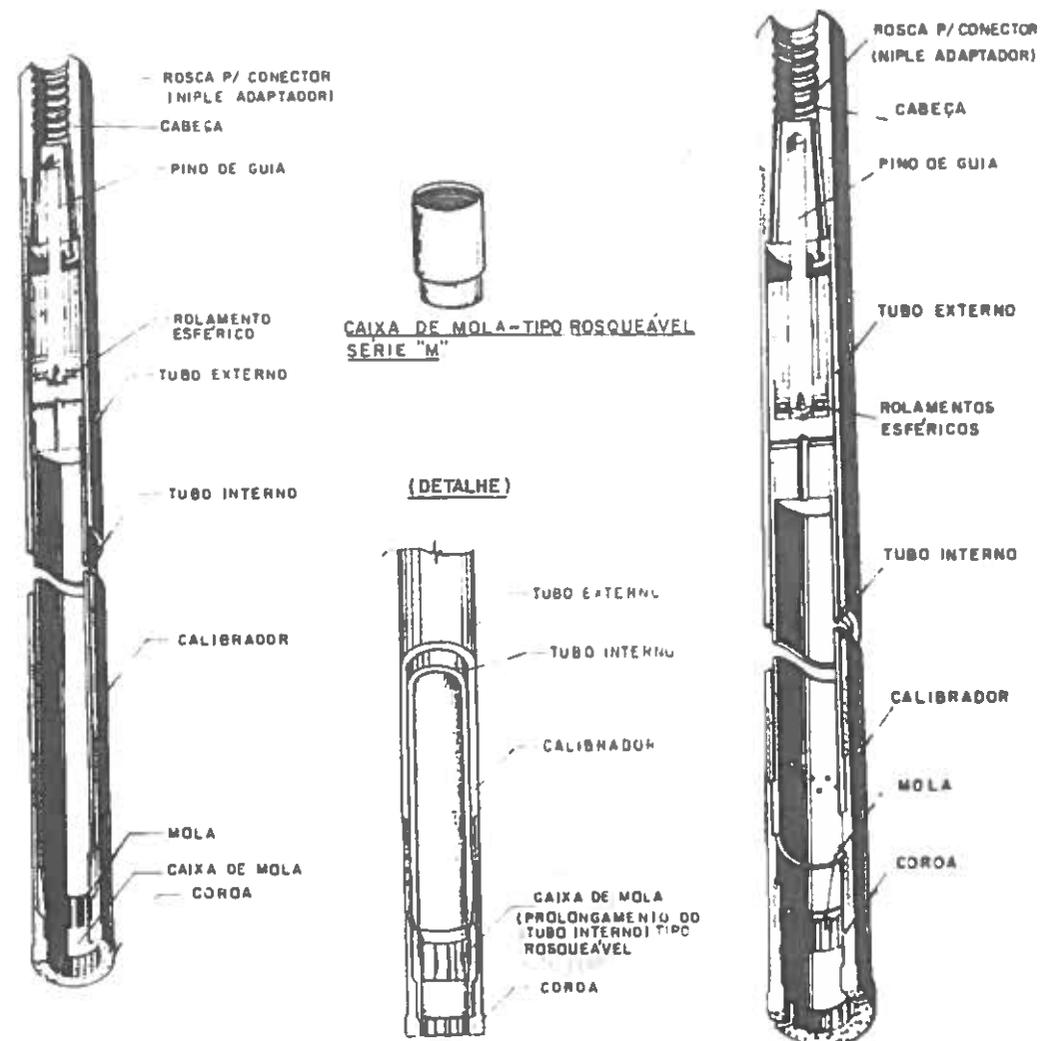


Figura 11 • Barrilete de alta recuperação - série "M"

Figura 12 • Barrilete duplo-giratório

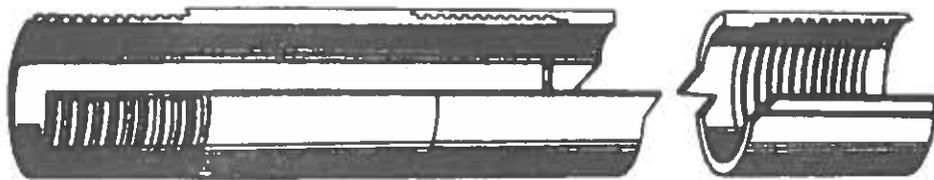
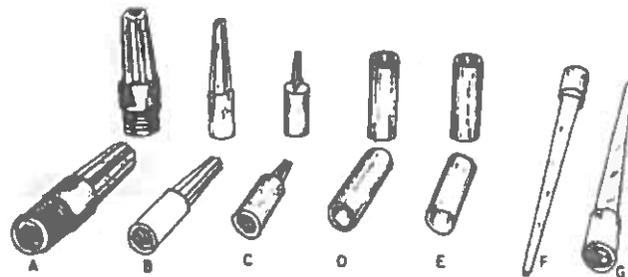


Figura 13 - Tubo de revestimento de junção lisa com conector (Niplex)
(Série "x" - normas antigas)



- A - PESCADOR FILETADO MACHO PARA TUBO DE REVESTIMENTO E CONECTOR (NIPLE) DE TUBO DE REVESTIMENTO.
- B - PESCADOR FILETADO MACHO PARA HASTE.
- C - PESCADOR FILETADO MACHO PARA CONECTOR (NIPLE) DE HASTE.
- D - PESCADOR DE TESTEMUNHO.
- E - PESCADOR FÊMEA (TIPO SINO) PARA HASTE.
- F - PESCADOR DE PONTEIRO PARA HASTE.
- G - PESCADOR DE PONTEIRO PARA HASTE.

Figura 14 - Pescadores

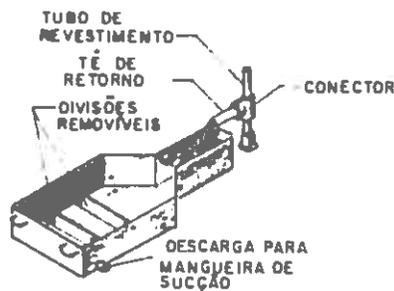


Figura 15 - Recipiente de decantação

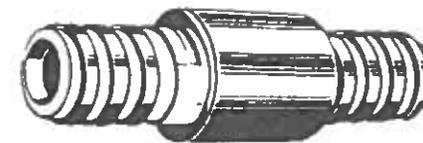


Figura 16 - Conector (tipo macho x macho para hastes)

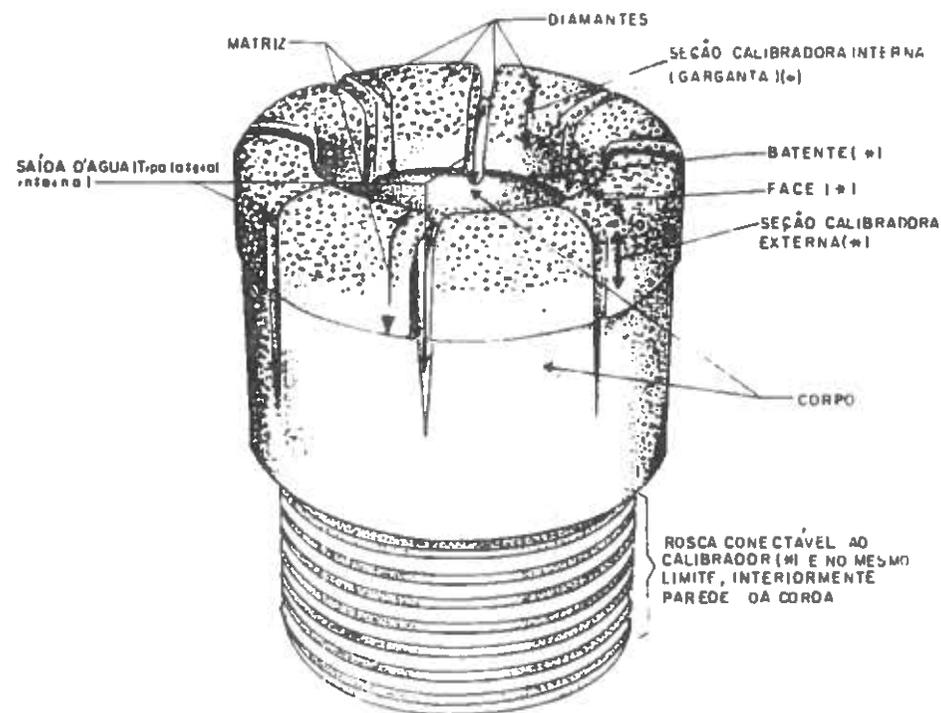


Figura 17 - Corda com diamantes cravados e seus elementos
(Amostradora, com saída d'água do tipo lateral interna)

Estruturas
Funcionais (*)

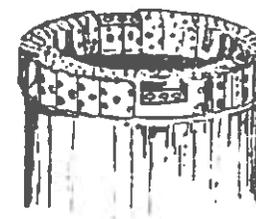


Figura 18 - Coroa com diamantes cravados
(amostradoro, com saída d'água do tipo frontal)



Figura 19 - Coroa Maciça (não amostradora, tipo piloto)

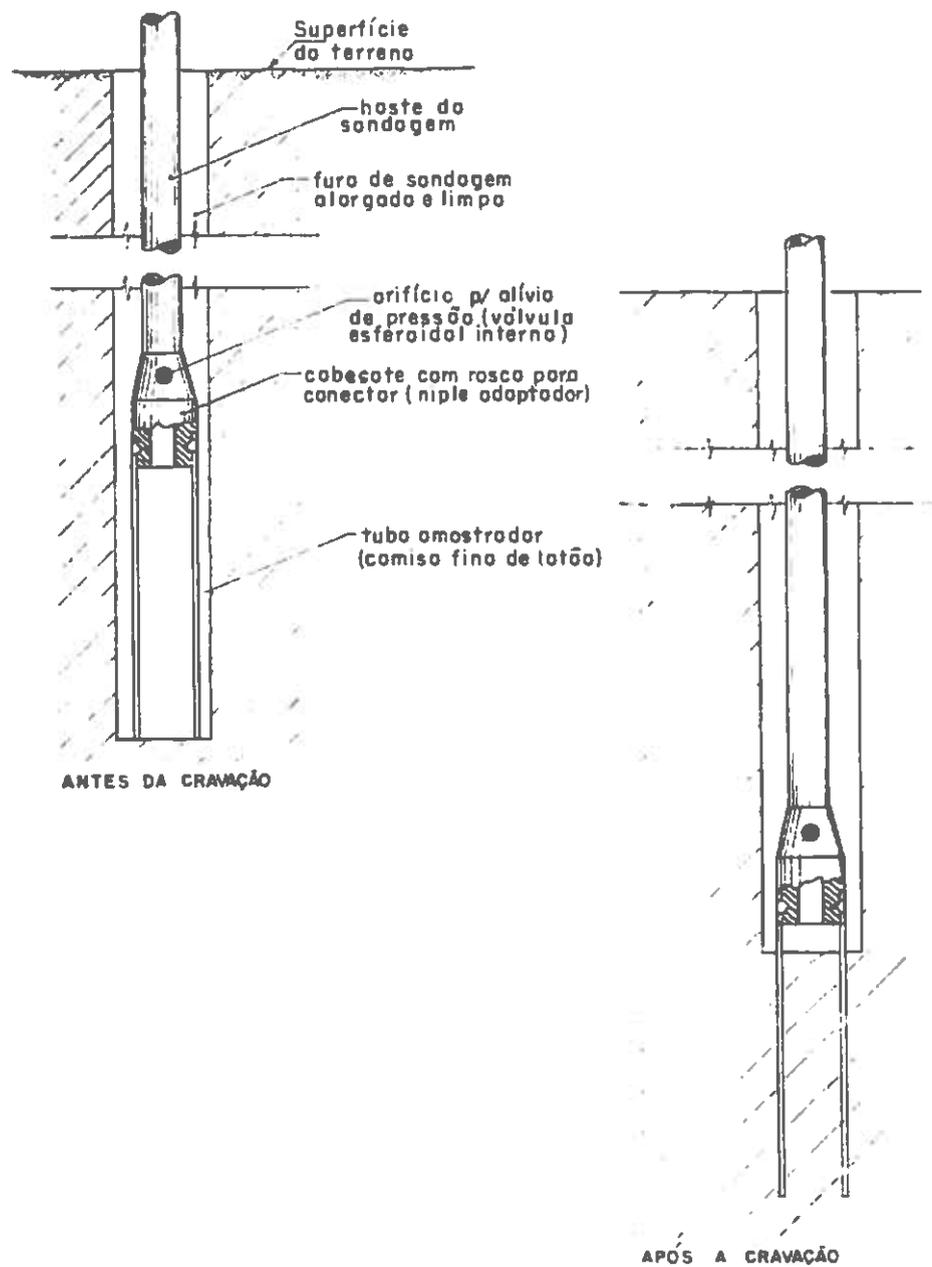


Figura 25 - Amostrador de solo de cravação com paredes finas (Tipo Shelby)

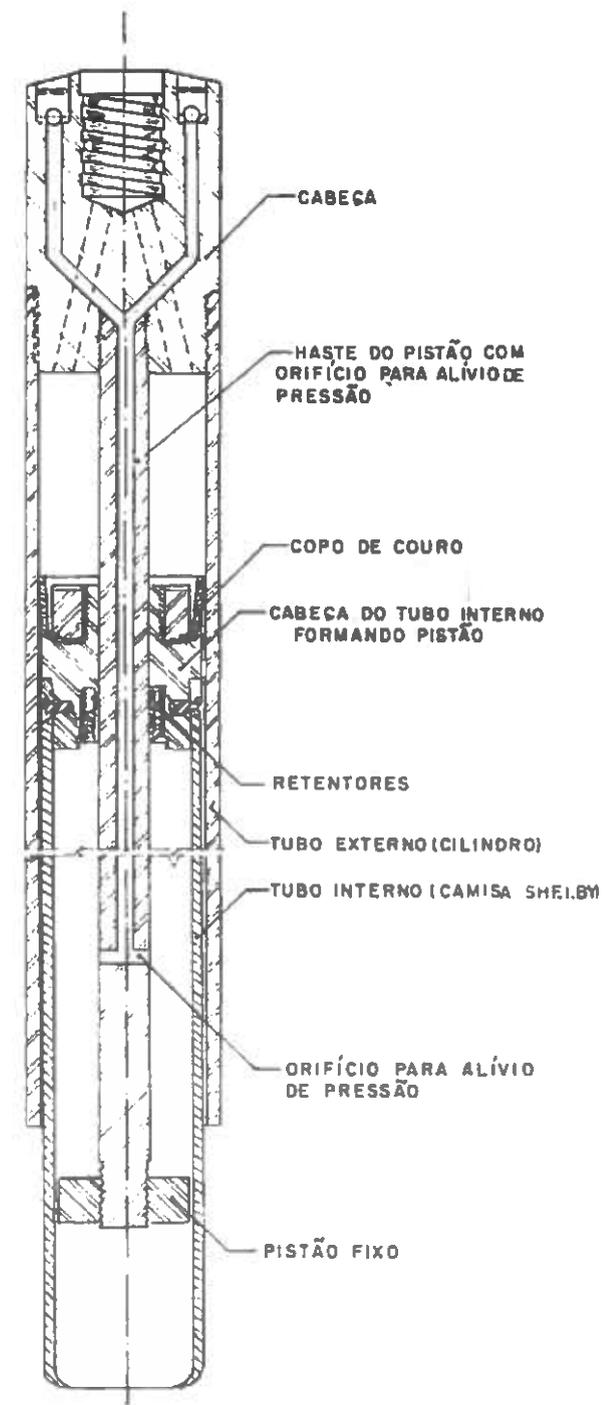
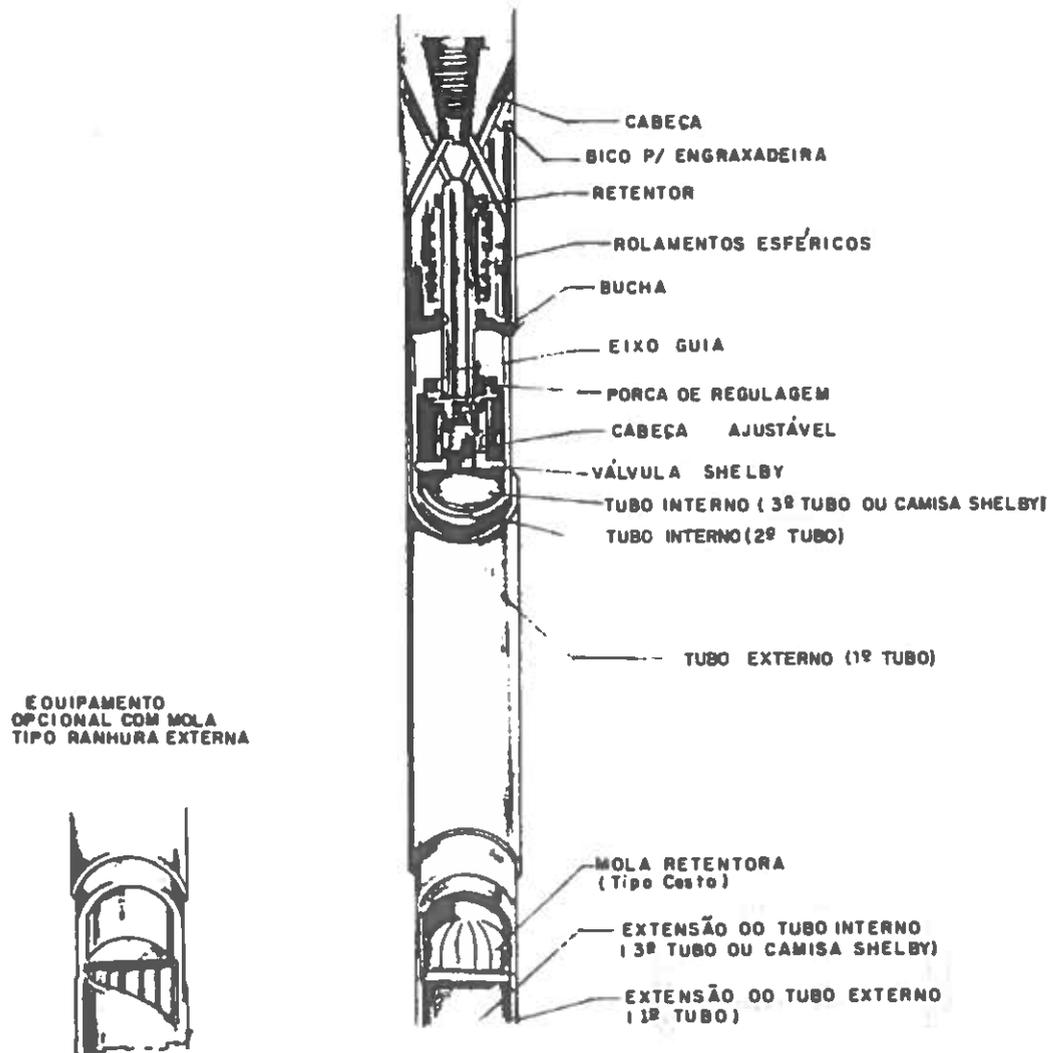


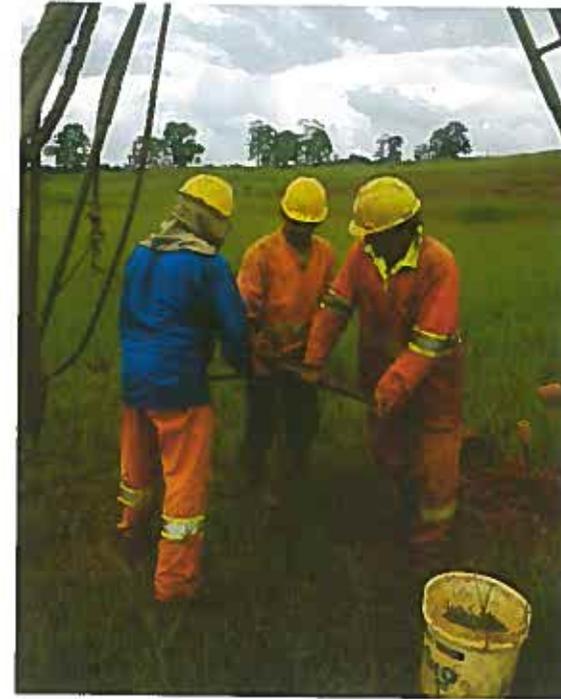
Figura 26 - Amostrador de solo de pistão (Tipo Osterberg)

ANEXO D



ILUSTRAÇÕES E FOTOS

Figura 27 - Amostrador de solo de tubo duplo (Tipo Denilson)



Cap. 1: Sondagem a trado.



Cap. 1: Trado concha.



Cap. 3: Sondagem a percussão: abertura do amostrador SPT.



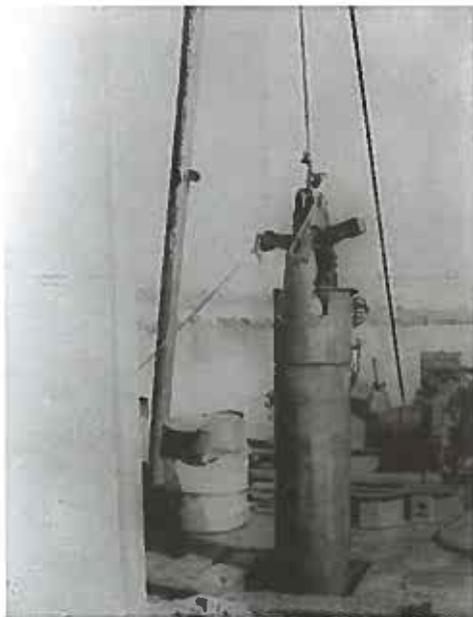
Cap. 3: Sondagem a percussão: amostrador SPT pronto para descer no furo.



Cap. 3: Sondagem a percussão: ensaio SPT – marcação dos trechos de 15 cm na haste.



Cap. 3: Sondagem a percussão: ensaio SPT – cravação manual.



Cap. 3: Sondagem em banco de areia e cascalho: cravação de sondina de 16".



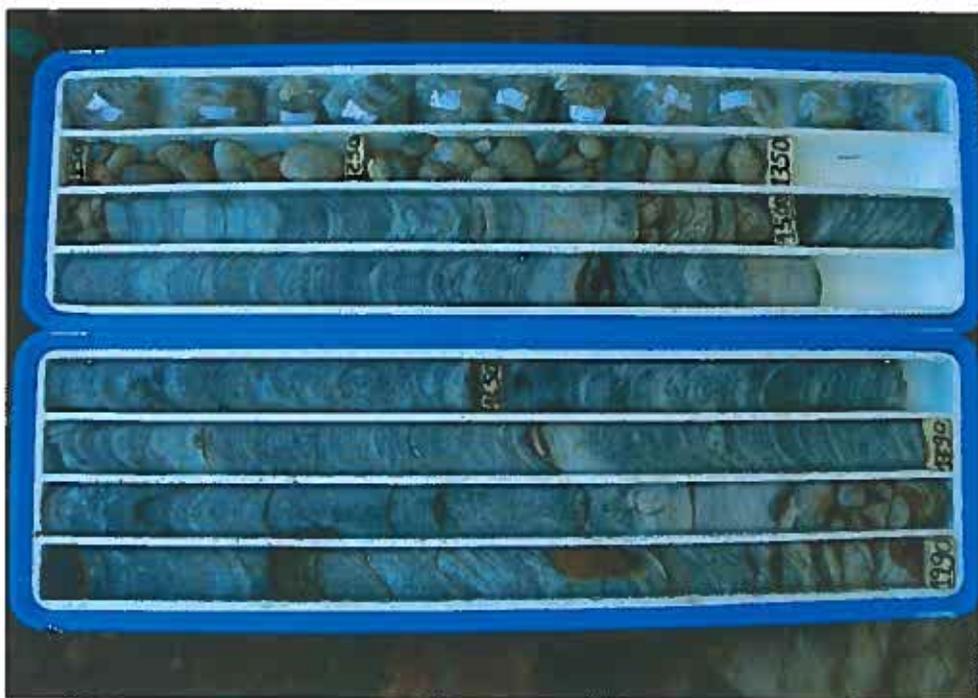
Cap. 3: Equipamentos para sondagem a percussão.



Cap. 5: Sondagem rotativa: barrilete duplo-livre de 86 mm, Série T (paredes finas).



Cap. 5: Sondagem rotativa: barrilete duplo-livre NWM: 1-coroa; 2-caixa de mola; 3-mola; 4-calibrador; 5-tubo interno; 6-tubo externo.



Cap. 5: Caixa de amostra de sondagem mista.



Cap. 5: Acondicionamento de testemunho de sondagem.



Cap. 5: Sondagem rotativa.



Cap. 5: Sondagem rotativa:
instalação piezômetro.



Cap. 5: Sondagem rotativa em balsa no Rio Paraná.



Cap. 5: Amostra de brecha vulcânica obtida por sondador sem experiência.



Cap. 5: Amostra de brecha vulcânica obtida por sondador de alta experiência.



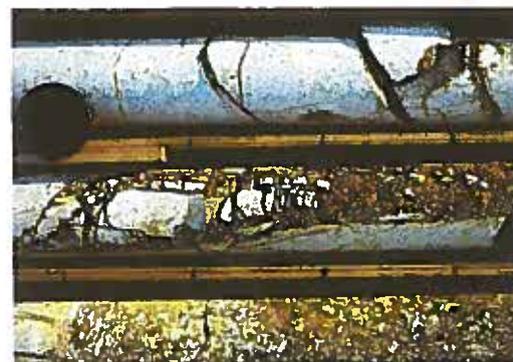
Cap. 5: Amostra de granito alterado obtido de barrilete duplo-livre diâmetro NX, segundo técnica dos anos 80.



Cap. 5: Amostra de granito alterado obtido em barrilete triplo de 86 mm de diâmetro.



Cap. 5: Amostra de granito alterado obtido por técnicas tradicionais de amostragem 66 mm de diâmetro.



Cap. 5: Amostra de granito alterado obtido por técnicas de alta qualidade de amostragem com uso de barrilete duplo-livre e injeção de bolhas (air bubble).



Cap. 5: Amostragem de granito alterado obtido com barrilete de 86 mm de diâmetro.



Cap. 5: Amostragem de granito alterado obtido por técnicas de alta qualidade com 86 mm de diâmetro e com injeção de bolhas (air bubble).



Cap. 7: Ensaio de perda d'água.



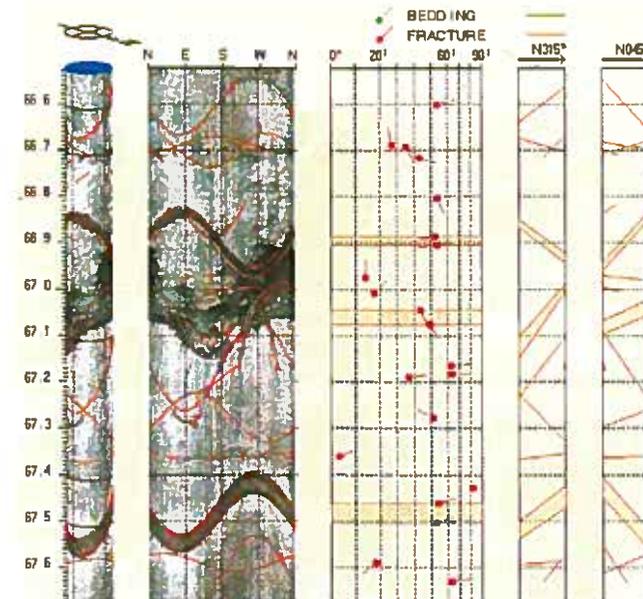
Cap. 9: Sondagem a rotopercussão.



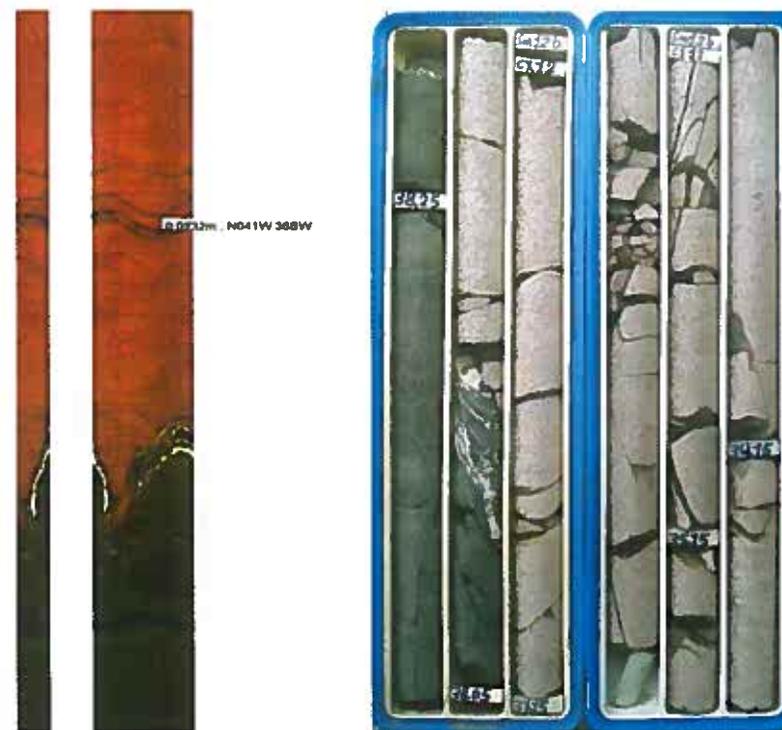
Cap. 10: Perfilagem óptica: câmera.



Cap. 10: Perfilagem óptica: imagem na tela do computador.



Cap. 10: Representação gráfica da interpretação estrutural a partir de perfilagem em furos de sondagens.



Cap. 10: Apresenta a perfilagem indicando o contato geológico que pode ser observado na caixa de testemunho.



Cap. 11: Palheta de ensaio vane test.



Cap. 11: Equipamento para ensaio DMT (Fonte: Site da empresa Damasco Penna Engenharia Geotécnica).



Cap. 11: Ensaio especial em solo: equipamento para ensaio CPTu.



Cap. 11: Ensaio especial em solo: execução do vane test.



Cap. 11: Ensaio especial em solo: equipamento para ensaio SDMT Marchetti.



Cap. 12: Sandagem a percussão – Equipamento para SPT mecanizada – Foto: Alphageos.



Cap. 11: Ensaio especial em solo: equipamento para ensaio CPTu, Vane e DMT.



Cap. 12: Sondagem rotativa.



Cap. 12: Sondina de 10", utilizada para sondagens em bancos de areia e cascalho.



Cap. 12: Ensaio de penetração em Barramina - SOPEL - Geotecnia e Fundações Ltda



Cap. 12: Sondina de 10"

ATUAÇÃO DA ABGE

Há mais de 40 anos a ABGE trabalha para agregar profissionais, estudantes, empresas e instituições de pesquisa e ensino que atuam na Geologia de Engenharia e Ambiental, estimulando o debate e a reflexão em temas desta área técnico-científica, que envolve a previsão do comportamento geológico face às solicitações das obras de engenharia e infraestrutura. Com mais de 800 sócios, a entidade conta com uma sede nacional, em São Paulo, dois núcleos regionais (Rio de Janeiro e Minas Gerais) e quinze representações regionais por todo o país, constituindo uma das associações mais ativas da *International Association for Engineering Geology and the Environment* - IAEG.

A ABGE busca promover a disseminação do conhecimento por meio da realização de: simpósios, congressos, workshops, reuniões técnicas, mesas redondas, palestras, jornadas estudantis e conferências e edição de livros, manuais, anais de congresso e revistas, além da organização de cursos.

A ABGE pode formar Comissões Técnicas que desempenham papel importante constituindo grupos de trabalho, por parte dos associados interessados, que atuam em temas específicos da Geologia de Engenharia e Ambiental.

Principais áreas de atuação da ABGE

I - PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL

- Cartografia geotécnica e geoambiental
- Riscos geológicos e Defesa Civil
- Geologia urbana
- Erosão, assoreamento e enchentes
- Uso e ocupação do solo
- Plano diretor municipal
- Plano regional de desenvolvimento sustentável

II - GESTÃO AMBIENTAL

- Licenciamento ambiental
- Planejamento e gestão ambiental
- Resíduos sólidos
- Áreas contaminadas
- Áreas degradadas
- Recursos hídricos superficiais e subterrâneos
- Plano de bacia hidrográfica

III - INFRAESTRUTURA

- Planejamento, projeto e acompanhamento de construção de obras
- Barragens e reservatórios
- Hidrelétricas e termoelétricas
- Mineração subterrânea e a céu aberto
- Obras subterrâneas: túneis, casas de força, câmaras de estocagem
- Obras lineares: metrô, dutos, rodovias, ferrovias, canais, linhas de transmissão
- Portos e obras marítimas
- Riscos geológicos em obras
- Geoengenharia de petróleo

IV - GERAL

- Disseminação do conhecimento: congressos, seminários, oficinas, publicações e cursos

- Políticas públicas, legislação e organização institucional
- Ensino e jovem profissional
- Arbitragem e perícia
- Manuais, Diretrizes, Padronização de procedimentos
- Informática aplicada à geologia de engenharia e ambiental

V - ÁREAS TÉCNICAS ESPECÍFICAS

- Sondagens e investigações geológicas e geotécnicas
- Taludes e Encostas Naturais e de Escavação
- Caracterização tecnológica e mecânica de solos, rochas e maciços rochosos
- Água subterrânea e hidrogeotecnia
- Modelagem geomecânica de maciços rochosos
- Geofísica aplicada
- Materiais naturais de construção
- Tensões naturais e induzidas em maciços rochosos
- Fundações e Escavações
- Sismologia natural e induzida

A entidade conta com três categorias de filiação: ABGE Jovem, destinada aos estudantes, Titular, voltada para todos os profissionais, e Patrocinador, dedicada as empresas e instituições interessadas em apoiar as atividades da ABGE e divulgar sua marca. Os associados da ABGE recebem todas as publicações editadas pela Associação (livros, traduções, artigos técnicos, anais de simpósios e congressos), a Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, além da Caderneta ABGE, Infomails e ABGE em Revista.

Para mais informações, notícias, downloads e formas de filiação acesse nosso site: www.abge.org.br