

APOIO AO DESENVOLVIMENTO TÉCNICO-CIENTÍFICO NO BRASIL

A FVD – Fundação Victor Dequech, entidade sem fins lucrativos, criada em 2001, apoia e incentiva ações e projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico e Inovativo no Brasil.

Com foco na pesquisa e engenharia mineral -- bem como nas áreas de energia, óleo e gás, meio ambiente e tecnologias a elas relacionadas -- a FVD sente-se plenamente honrada por apoiar a ABGE – Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental na edição de suas Diretrizes, Guias, Manuais, Boletins e outros documentos assemelhados, agora como Normas Técnicas dessa conceituada associação.

A FVD e a ABGE estão irmanadas no esforço para a educação e a capacitação continuada, que proporcionam qualificação, habilidades e competências de empresas e de profissionais, contribuindo assim com o desenvolvimento e a melhoria da qualidade de vida em nosso país.

Cumprimentamos a todos os participantes dessa iniciativa pioneira.

Antonio de Padua Vieira Chaves
Diretor Presidente da FVD



Rua São Vicente, 255. Bloco B
Bairro Olho D'água - Belo Horizonte, Minas Gerais,
Brasil. CEP 30.390-570.
Tel. +55 31 3288-1742 | www.fvd.org.br



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
NORMA ABGE 104/2023
1ª Edição, 2023

**SONDAGEM ROTATIVA
E SONDAGEM MISTA**

NORMA ABGE 104
1ª Edição, 2023

ABGE — AJUDANDO AS EMPRESAS A TRABALHAREM MELHOR



Copyright 2023. Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental – ABGE
Todos os direitos reservados a ABGE.

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

Norma ABGE - 104/2023 : sondagem rotativa e
sondagem mista. -- 1. ed. -- São Paulo :
ABGE, 2023.

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88460-21-4

1. Geotecnia 2. Investigações geológicas
3. Investigações geotécnicas 4. Normas técnicas.

23-179467

CDD-624.151
-624.15

Índices para catálogo sistemático:

1. Geologia de engenharia 624.151
2. Geotecnia 624.15

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

Sugestão de referência bibliográfica:

NORMA ABGE 104/2023 - Sondagem rotativa e sondagem mista. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: Abge, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE
Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 59. Cidade Universitária, São Paulo, SP CEP 05508-901
www.abge.org.br – abge@abge.org.br
Fones: (11) 3767.4361 (11) 9.8687.6560

A ABGE e todos os colaboradores, revisores, coordenadores, autores e editor participantes dessa Norma ou de artigos e livros utilizados como referência bibliográfica, não possuem responsabilidade de qualquer natureza por eventuais danos ou perdas pessoais ou de bens originados do uso da presente publicação. Aqueles que usam essa publicação são responsáveis por tomar suas próprias decisões quando aplicarem as informações aqui fornecidas e as cotejarem e harmonizarem com outras. Críticas e contribuições devem ser encaminhadas a Secretaria Executiva da ABGE: **abge@abge.org.br**

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	4
1. FINALIDADE.....	6
2. DEFINIÇÃO.....	7
3. IDENTIFICAÇÃO	7
4. PROCEDIMENTOS PARA PERFURAÇÃO EM SOLO	8
5. EQUIPAMENTOS, FERRAMENTAS E PROCEDIMENTOS PROCEDIMENTOS PARA SONDAGEM ROTATIVA.....	10
6. EXECUÇÃO DA SONDAGEM	15
7. AMOSTRAGEM DE SONDAGEM ROTATIVA.....	18
8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	20
9. SISTEMA Q – <i>WIRE LINE</i>	24
10. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO EM UMA CAMPANHA DE SONDAGENS.....	26
11. PRINCIPAIS PARTICIPANTES.....	27
12. REFERÊNCIAS.....	28
13. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS.....	29
ANEXO ÚNICO: Figuras 1 a 43.....	31

APRESENTAÇÃO

Essa Norma aborda “**Sondagem rotativa e sondagem mista**” e destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em “Investigações geológico – geotécnicas para obras de infraestrutura”, como são os casos de proprietários de obras, investidores, construtoras, empresas executoras de serviços geológico-geotécnicos de campo e de laboratório, projetistas, consultores e encarregados de fiscalização.

A presente publicação utilizou como referência básica o livro “Investigações Geológico-Geotécnicas – Guia de Boas Práticas”, publicado pela ABGE em 2021. Trata-se, objetivamente, da reunião de dois temas tratados no livro 3 daquele Guia, de título “Manual de Sondagens”, quais sejam: “Sondagem Rotativa” e “Sondagem Mista”. Portanto, a base da presente Norma consolida uma documentação já consagrada no meio técnico, com adequações e atualizações feitas pelo Editor e revisores, basicamente a inclusão de considerações sobre a importância do Planejamento e Digitalização das informações.

A Norma ABGE possui formato próprio, mas semelhante ao publicado por entidades civis e associações técnicas e profissionais, nacionais ou estrangeiras, como ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), ISO (international Organization for Standardization), ASCE (American Society of Civil Engineering), CDA (Canadian Dam Association), IAEG (International Association for Engineering Geology and the Environment), dentre outras. Essas entidades publicam Normas (Standards), Diretrizes (Guidelines), Boletins (Bulletins), Regras (Codes) e outros documentos assemelhados, com a finalidade de ajudar empresas e profissionais a trabalharem melhor.

As normas e as publicações técnicas editadas pelas entidades acima citadas, assim como a presente NORMA ABGE, são de aceitação voluntária. A sua aplicação somente passará a ter caráter vinculante no plano legal/normativo, caso seja reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público (por exemplo, se a adoção de alguma NORMA ABGE for exigida ou referida por algum dispositivo legal); e, no plano privado, caso seja mencionada

em um contrato como norma a ser observada pelas partes no cumprimento de suas obrigações (Passini & Alvares Sociedade de Advogados, 2021).

Sugerimos que os usuários das informações dessa publicação a cotejem e a harmonizem com outras sobre o mesmo tema, assim possibilitando maior consistência nos termos de referências e contratos e maior eficácia, segurança e economicidade nos estudos, projetos e obras.

Agradecimentos aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação, em especial aos participantes das edições históricas do “Manual de Sondagens”, anos de 1971, 1977, 1990, 1999 e 2013 e do livro “Investigações geológico-geotécnicas – Guia de Boas Práticas”, de 2021.

João Jeronimo Monticelli

Editor

Fábio Soares Magalhães

Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

1 FINALIDADE

A sondagem rotativa visa:

- Caracterizar e classificar o maciço rochoso, através da coleta e descrição de amostras (rocha intacta e descontinuidades), por vezes com execução de imageamento das paredes do furo.
- Investigar a profundidade e variação do nível d'água, executar ensaio de perda d'água sob pressão (avaliação da condutividade hidráulica/permeabilidade) e aproveitar o furo para ensaios geofísicos e para instalar instrumentação geotécnica e geoambiental;
- Coletar amostras para análise petrográfica e para ensaios geotécnicos, que permitam caracterização mineralógica, da alterabilidade e de resistência mecânica da rocha intacta e das descontinuidades;
- Investigar as tensões residuais e deformabilidade do maciço rochoso, através de ensaios do tipo hidrofraturamento, dilatométrica e outros.

Principais informações a obter na sondagem rotativa:

- Litologia
- Recuperação por manobra
- Graus de alteração, de coerência e de fraturamento
- Índice de qualidade da rocha (IQR) ou *Rock quality designation* (RQD)
- Condutividade hidráulica
- Profundidade e variação do nível d'água
- Condições das descontinuidades
- Caracterização petrográfica, tecnológica e mecânica das amostras obtidas (testemunhos)
- Ovalização, descamação e disqueamento (*discing*) das paredes do furo

- Outros: contatos entre tipos de rochas, identificação de áreas frágeis em profundidade (avanço rápido da sonda, perda d'água de circulação) etc.

A Sondagem mista visa:

- identificar, amostrar e caracterizar todo o maciço natural, englobando os solos e as rochas

As sondagens mistas são utilizadas quando é necessário executar ensaios SPT em trecho em solo de uma sondagem rotativa.

2 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. A sondagem rotativa se utiliza de coroas diamantadas, às vezes coroas de vídea, neste caso em perfuração em solo e quando não há necessidade de amostragem de testemunhos.

Sondagem mista é o método de investigação que conjuga a sondagem à percussão para o trecho em solo e sondagem rotativa para o trecho em rocha. Dessa forma, aplicam-se às Sondagens mistas os mesmos procedimentos das sondagens rotativas e das sondagens à percussão.

3 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... Alvo Periquito: SR 501, SR 502, SR 503... . Para determinadas situações pode ser necessário identificar a SR por diferentes centenas na numeração (SR 100, SR 101...ou SR 200, SR 201....) ou outras siglas que melhor identifiquem a fase, objeto da sondagem e o local investigado, situação cada vez mais comum para obras civis lineares (estradas, ferrovias, linhas de transmissão) e de mineração.

Quando for necessário deslocar a sondagem e executar mais de um furo num mesmo ponto de investigação, as sondagens subsequentes terão a mesma numeração do primeiro, acrescida das letras A, B, C etc.

Em mineração é comum a identificação com outras siglas, do tipo FD, Furo Direcional, típico para as sondagens com a finalidade principal de pesquisa mineral; ou FG, Furo Geotécnico, onde a finalidade principal é a de investigar as condições geológico-geotécnicas. Adota-se, também, as letras A, B, C...após as siglas FD e FG da mesma forma que as citadas para SR, para sondagens num mesmo ponto de investigação.

As Sondagens mistas serão identificadas pelas letras SM, seguidas de número indicativo, utilizando-se dos mesmos procedimentos citados anteriormente para as Sondagens rotativas.

4 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 locação da sondagem rotativa, efetuando a perfuração, ensaios SPT e amostragem conforme indicado na ABGE Norma 103 – Sondagens à percussão. Usualmente, na sondagem a percussão, é utilizado o revestimento $\Phi 4''$ 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, passando a ser identificada como Sondagem Mista (SM).
- c) perfuração e amostragem das camadas de solo utilizando os métodos de sondagem rotativa (coroas, barriletes etc.). As camadas de solo são perfuradas e amostradas com barrilete duplo ou triplo e pouca água de refrigeração, ou com uso de lama bentonítica (ou poliméricas), caso não haja necessidade de ensaios de permeabilidade ou, excepcionalmente, caso esses ensaios possam ser executados sob rígido controle executivo e de análise dos resultados. 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, sendo necessário prever em Contrato as Especificações Técnicas complementares e os correspondentes preços adicionais.
- e) Em todos os procedimentos de perfuração, com ou sem amostragem das camadas de solo, a passagem para a perfuração e amostragem do maciço rochoso pelo método rotativo deverá ser feita da seguinte maneira:
 - i) Quando a sondagem é somente rotativa (SR), sem recuperação do solo, o início do topo rochoso e utilização de avanço pela sondagem rotativa é identificado pela dificuldade de avanço

do revestimento e de ferramentas percussivas de perfuração, do tipo tricône;

- ii) Quando a sondagem for mista (SM) a passagem para a perfuração e amostragem em rocha deve ser feita ao ser atingido o impenetrável ao ensaio SPT, ao ocorrer uma das seguintes situações (ABNT NBR 6484/2020):
 - » se em qualquer dos três segmentos de 15 cm, o número de golpes ultrapassar 30;
 - » não se observar avanço do amostrador durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo.

Nessas condições, o material será considerado impenetrável ao SPT, devendo ser anotados o número de golpes e a penetração respectiva. A interrupção do ensaio ao impenetrável ao SPT e a continuação da sondagem pelo método rotativo visa identificar e caracterizar a parte superior do maciço rochoso, geralmente friável ou mais alterada e fraturada e fornecer informações adequadas do perfil de intemperismo.

- f) 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, salvo disposição em contrário das Especificações/Contrato ou da Fiscalização. A mudança do método para o processo rotativo deve ser feita quando atingido o impenetrável aos ensaios SPT, conforme critério acima referido.

5 EQUIPAMENTOS, FERRAMENTAS E PROCEDIMENTOS PROCEDIMENTOS PARA SONDAÇÃO ROTATIVA

- 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: sondas com torres ou tripés, bomba d'água, hastes, barriletes, coroas, luvas alargadoras (calibradores), tubos de revestimento e demais acessórios e ferramentas necessárias à execução de sondagens rotativas. Na Sondagem mista serão exigidos equipamentos para as sondagens a percussão (Norma ABGE 103/2023 – Sondagens à percussão).
- 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, tipos de rosca 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. As Especificações, devidamente amparadas em Contrato, devem conter cláusula que indique os tipos de equipamentos e técnicas a utilizar. Vide também item f.
- 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)	Peso (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	96	96	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 – DCDMA (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	46,4	4,5
	NX	76,5	54,0	BX	73,0	60,3	9,0
	HX	99,2	76,2	NX	68,9	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 3/4"	198,9	156,1	8"	239,0	203,0	39
	Wire line						
	AQ	48,0	27,0	EX	46,0	36,1	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	86,9	76,2	11,8

Fonte: Modificado de Mazariegos ,1993. In: Ingeniería Geológica, Vallejo et al., 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, este com a opção de uso do terceiro tubo de PVC acrílico transparente (*liner*), de modo a atender aos níveis de integrabilidade e de recuperação exigidos, principalmente em saprolito e rochas muito friáveis.

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.

Obs.: Existem variações desse barrilete/coluna de perfuração(ver item c). Há aqueles com saída do fluido de circulação na face interna da coroa (saída lateral) ou na parte inferior (saída frontal), neste caso visando obter recuperação de boa qualidade de maciço alterado e muito fraturado. Quando se pretende recuperar, além das rochas alteradas e friáveis os 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 trazendo a caixa de mola e o 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. Essa exigência deve fazer parte das Especificações e do Contrato, e viger para toda uma campanha ou para sondagens de aferição e estudo estratigráfico, principalmente da transição solo-rocha (saprolito/ solo residual/solo de alteração/ rocha alterada mole/presença de matacões), visando melhor caracterização da escavabilidade e do perfil de intemperismo do maciço rochoso. Ver também o item f.

Barrilete *wire line* – Sistema Q: 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. Os equipamentos, ferramentas e procedimentos do Sistema Q estão descritos no item 10.

f) Procedimentos para amostragem adequada

No caso de baixa qualidade na amostragem de maciços rochosos alterados ou friáveis e mesmo do solo residual jovem (saprolito) pelo uso de equipamentos e técnicas tradicionais, e caso necessidade de preservar o preenchimento e o estado das paredes das descontinuidades (separando as naturais daquelas produzidas mecanicamente), os seguintes procedimentos são recomendados para melhoria da amostragem (NAKAMURA, 2012 e VIRGILI et al., 1993):

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 terceiro tubo interno bipartido, que abriga o testemunho), especialmente indicado para trechos de rochas muito fraturadas ou zonas de falhas encaixadas em rochas duras;

3º) Utilização de diâmetros HW, série T (DCDMA) ou 86 mm (Craelius), barrilete duplo-livre e coroa de paredes finas, saída d'água frontal, em vez de barrilete duplo-livre e coroa tradicional, de diâmetro NW (NX), 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 fluídos 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 ensaios de perda d'água e de possível contaminação da amostra por utilização desses materiais.

No Anexo Único 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. Além dos procedimentos citados, pode-se recorrer à sondagem sônica (DM ABGE 112/2024 – Sondagem Sônica, em fase de debate e revisão na ABGE).

6 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. A profundidade do furo começa a ser contada a partir da superfície do fundo do terreno.
- 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 **ângulo de inclinação é sempre medido com a vertical**. 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 4.e.
- 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 colmatção, 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.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 7. 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 e acústica.

- 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 rotativo da sondagem mista, 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 de impenetrabilidade (item 4). A boa prática de investigações geológico-geotécnicas deve prever nos Contratos de execução de sondagem exclusivamente rotativa a disponibilidade, pelo Executante, de equipamento para o ensaio SPT, ou eximir explicitamente o Executante dessa responsabilidade.
- 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.

7 AMOSTRAGEM DE SONDAGEM ROTATIVA

- 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, salvo em situações específicas, devidamente justificadas pelo Executor e aprovadas pela Fiscalização.

- 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 plásticas conforme indicado no Anexo. Caixas de madeira aplainada poderão ser utilizada, porém, com o aval do cliente ou da fiscalização. 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.
- f) Na tampa e num dos lados menores da caixa (ver Anexo), 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) Após cada manobra, os testemunhos deverão ser colocados nas caixas num mesmo sentido. Nas caixas plásticas deverá iniciar

pela canaleta que tem a indicação de uma flecha ou a palavra “início ou start”. Nas caixas de madeira o início para acondicionamento dos testemunhos deve ser adjacente às dobradiças que sustenta a tampa, com a parte superior da manobra ao seu lado esquerdo, conforme ilustrado no **Anexo**. As amostras subsequentes deverão ser colocadas na caixa, sempre guardando o andamento crescente de profundidade.

- 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.

8 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

- a) Deverão ser fornecidas à Fiscalização, diariamente ou quando solicitadas, informações sobre o andamento da sondagem. A utilização de tecnologias digitais (NORMA ABGE 100/2023) permite

disponibilização em tempo real das informações obtidas (24 horas), o que deve estar contido nas Especificações e em Contrato;

- b) Os resultados preliminares de cada sondagem rotativa ou mista deverão ser apresentados simultaneamente a sua execução, por transmissão digital, salvo definição em contrário da Especificação/Contrato, que fixará então o prazo, sendo este de no máximo 15 dias após seu término. Os resultados serão apresentados em boletins (Modelos apresentados em Anexo), digitais e impressos em 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, com descrição detalhada do tipos utilizados;
 - » cota da boca do furo, coordenadas e latitude e a longitude, conforme o Datum WGS 84;
 - » data do início e término 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 fraturas 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 ou o RQD (Rock Quality Designation) por manobra, expressos em porcentagem*;
- » resultados dos ensaios de permeabilidade em solo, caso exigidos (Norma ABGE 107/2023 e Norma ABGE 109/2023), 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 em rocha (ABGE Norma 108/2023), caso exigidos, 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;

* Consultar “Norma ABGE 109/2023 – Descrição e Classificação de Sondagens”, contendo critérios de cálculo e de apresentação do fraturamento, IQR, RQD e de outros parâmetros, como recuperação por manobra, alteração, coerência, permeabilidade, perda d'água específica etc.

- 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, caso assim exigidos (Norma ABGE 109/2023);
 - 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, salvo outro prazo definido em Contrato, na forma de perfis individuais na escala 1:100 (vide modelo no Anexo), onde constem, além dos dados do item 9.b, a descrição geológico-geotécnica dos materiais atravessados (litologia, alteração, coerência, características das descontinuidades, permeabilidade etc.) feita por profissional habilitado, cujo nome, número de registro no órgão de Fiscalização profissional (CREA) e assinatura deverão constar dos perfis. O número de fraturas por metro e a recuperação dos testemunhos poderão ser apresentados na forma de histogramas e/ou numericamente (Vide Norma ABGE 109/2023 -Descrição e Classificação de Sondagens).
- d) Os resultados dos ensaios de perda d'água em rocha (infiltração, quando em solo), caso exigidos, 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. 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, ou conforme data especificada em Contrato, 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 planialtimétrica das sondagens 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 – Norma ABGE 100/2023).

9 SISTEMA Q – WIRE LINE

O Sistema Q[®], conhecido como *wire line*, 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, que necessitam, neste caso, experiência do Executor e uso de fluidos de perfuração, tipo lama bentonítica ou a base de polímeros.

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 perfilagens, ensaios de fraturamento hidráulico e ensaios de perda d'água sob pressão 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 provisório (o conjunto de perfuração desce acoplado à parede interna do “revestimento provisório”);
- 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.

10 PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO EM UMA CAMPANHA DE SONDAGENS

A presente “Norma ABGE 104/2023 – Sondagem rotativa e mista”, bem como as anteriores da série 100, referentes às sondagens mecânicas, justificam a importância do planejamento, da digitalização e da padronização das campanhas de sondagens, e que pode ser estendida a outros tipos de investigações geológico-geotécnicas, utilizando-se softwares disponíveis no mercado, que possibilitem intercâmbio de informações da campanha, segundo uma linguagem comum, a qualquer tempo, entre os diversos envolvidos nos serviços, principalmente Investidor, Projetista, Fiscalização e Executor. Isso adquire importância ainda maior ao longo do tempo ao assegurar:

- a) rapidez e eficiência, mesmo que sejam alterados os entes envolvidos durante o período de vida do empreendimento, desde os estudos iniciais, projeto, construção, operação e até o descomissionamento; e
- b) construção de bancos de dados.

A “Norma ABGE 103/2023 – Sondagem à percussão” apresenta diretrizes importantes para o planejamento de uma campanha de sondagens à percussão, segundo quatro fases de trabalho: a) Programação dos serviços, b) Execução dos serviços, c) Descrição e classificação das amostras e d) Entrega dos Resultados. Essa metodologia pode ser adaptada para ser utilizada também para sondagem rotativa e mista objeto da presente publicação.

11 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Revisores: Ivan José Dellatim e Alessandro Jésus Guimarães.

Coordenadores e colaboradores (profissionais e empresas) do “Manual de sondagens”, fonte da presente Norma:

1ª edição (1973): Luiz Ferreira Vaz (Coord.), Jayme de Oliveira Campos e Tetuo Nitta;

2ª edição (1977): Ricardo Fernandes da Silva (Coord.), Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Enzo Totis, Fernando Pires de Camargo, Flávio Villas Boas Gonçalves, Jayme de Oliveira Campos, João Jeronimo Monticelli, Luiz Ferreira Vaz, Nobotugo Kaji, Tetuo Nitta, Engesolos, EPT, IPT, Geotécnica e Sondotécnica; contribuição especial foi fornecida pela Hidroservice, cujos técnicos (Antonio Ribeiro Júnior, Ruy Thales Baillot, Francisco de Assis Sant’Ana Nazário, Sohrab Shayani, Hamilton de Araújo Costa, Masahito Okay, Emanuel Bonfante Demaria Júnior, Antonio Luiz Marins Lourenço, Martinho R.C. Rottmann e João Carlos B. Soares) elaboraram texto prévio.

3ª edição (1990): Edgar Serra Júnior (Coord.), 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.

4ª edição (1999): Wilson Shoji Iyomasa (Coord.), Antonio Marrano, Francisco Nogueira de Jorge, Tetuo Nita, Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Luiz Ferreira Vaz e Aroldo Ribeiro da Silva.

5ª edição (2013): Ivan José Delatim (Coord.), Luz Ferreira Vaz, João Jeronimo Monticelli e Elisângela Oliveira, com contribuições das empresas Fugro, Fundsolo e Alphageos e dos profissionais Ivandra Cristina Silva de Mattos, Liliane Ibrahim, Wilson Shoji Iyomasa, Ricardo Abrahão e Neyyr Cury Neto e revisão de Antonio Marrano e Edmundo Talamini Neto;

6ª edição (2020): Ivan José Delatim (Coord.), Alessandro Jesús Guimarães, colaboração de Marcelo Denser Monteiro e Ruy Thales Baillot. (Corresponde ao livro 3 da publicação “Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas”, publicado pela ABGE, em 2021).

12 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE. 1980. Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia – Equipamentos de sondagens. 1ª Edição. São Paulo: ABGE

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL – ABGE. 2012. Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia e ambiental. 2ª Edição. São Paulo: ABGE

MONTICELLI, J. J. (Ed.) 2021. Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas. Vários autores, 526 p. São Paulo: ABGE.

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

MARRANO, A. ;YIOMASA, W. S.; MIYASHIRO, N. J. 2018. Investigações geotécnicas e geoambientais. Capítulo 14, V. 2, p. 274-312. *In:* OLIVEIRA, A. M. S.; MONTICELLI, J. J. Geologia de engenharia e ambiental. São Paulo: ABGE.

PASSINI & ALVARES – SOCIEDADE DE ADVOGADOS. 2021. Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE. Relatório de consultoria jurídica, 13 p. Disponível em www.abge.org.br

VALLEJO, L. I. G.; FERRER, M.; ORTUÑO, L.; OTEO, C. 2004. **Ingeniería geológica**, 2ª Ed. Madrid: Pearson Educación.

VIRGILI, J. C.; MONTICELLI, L. T.; MINETTE, E.1993. **Sondagens geológico-geotécnicas: considerações sobre aspectos do momento atual**. Atas do 7º CBGE, Poços de Caldas, MG. Tema VI-Investigções para obras civis e mineiras, V. 1, p. 265-269. São Paulo: ABGE

13 REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS

Cabe ao usuário da presente publicação cotejar a mesma com outras normas (diretrizes, guias, manuais, boletins técnicos, instruções e artigos técnicos, em geral), nacionais e estrangeiras, visando harmonização e melhor aplicação prática nos projetos. No presente caso, recomenda-se considerar, dentre outras, as seguintes publicações:

ABNT NBR 6502/2022: Rochas e solos – Terminologia.

ABNT NBR 6484/2020: Solo – Sondagem de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio.

ABNT NBR 15492/2007: Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento

ABNT NBR 13441/1995: Rochas e solos – Simbologia.

CETESB. 2021 Manual de gerenciamento de áreas contaminadas. 3ª ed. Organizadores e revisores: Elton Gloeden, André Silva Oliveira, Fernando Ricardo Scolamieri Pereira. São Paulo : CETESB. Disponível em www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em 09.03.2023.

DEINFRA 1994: Instruções normativas para execução de sondagens (DER SC, Setor de Geologia: Instruções 01 a 09/1994). Disponível via Google, acesso em 28.04.2023.

DER SP. 2006a. Instrução. Estudos geológicos. IP-DE-G00/001. São Paulo: DER SP. Disponível em www.der.sp.gov.br acesso em 28.04.2023.

DER SP. 2006b. Instruções de Serviços Geotécnicos. IP-DE-GOO/002. São Paulo: DER SP. Disponível em www.der.sp.gov.br acesso em 28.04.2023.

DNIT. 2006. IPR 726: Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários – Escopos básicos/Instruções de serviços. Anexo B, IS-202: Estudos geológicos; Anexo B, IS-206: Estudos geotécnicos. 3ª Edição. Rio de Janeiro: IPR. Disponível em www.dnit.gov.br acesso em 29.04.2023.

NORMA ABGE 100/2023: Investigações geológico-geotécnicas para obras de infraestrutura – Métodos e técnicas.

NORMA ABGE 101/2023: Sondagem a trado.

NORMA ABGE 103/2023: Sondagens à percussão

NORMA ABGE 105/2023: Imageamento de furo de sondagem – Perfilagem óptica e acústica

NORMA ABGE 107/2023: Ensaio e cálculo da permeabilidade em solo – infiltração em furo de sondagem, ensaio em poço e cava, *slug test* e anel duplo.

NORMA ABGE 108/2023: Ensaio de perda d'água sob pressão

NORMA ABGE 109/2024: Descrição e Classificação de Sondagens

REED, J. ; STACEY, P. (Ed.) 2023. Guia para projetos de taludes de minas a céu aberto (Guidelines for open pit slope design). Coords. da tradução: Gambetti, D. L. G. e Pacheco I. B. Vários participantes. São Paulo: ABGE, 559 p.

ANEXO ÚNICO

FIGURAS 1 A 43: modelos de caixas de amostras, de boletins, de perfil (log), ilustrações de equipamentos e fotos contendo comparações de amostragem entre técnicas de execução de sondagens.



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



Figura 1 – Caixas de madeira.
 Foto: arquivo ABGE.

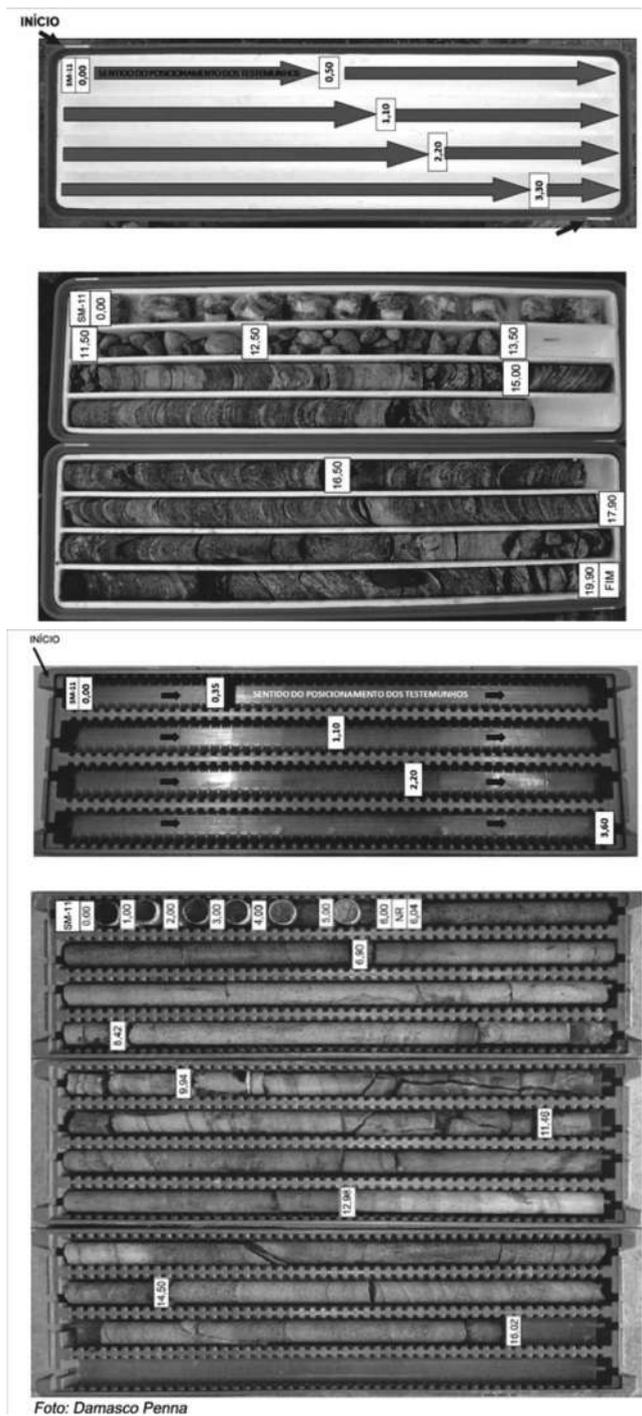


Figura 2 – Modelos de caixas de plástico para testemunhos.
Foto: arquivo ABGE

BOLETIM DE FISCALIZAÇÃO DIÁRIA

TODOS TIPOS DE SONDAgens

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.: _____

Figura 3 – Boletim de fiscalização diária.

BOLETIM DE ENSAIO DE PERDA D'ÁGUA SOB PRESSÃO

Folha _____

CLIENTE _____ FIRMA EXECUTORA _____

OBRA _____ LOCAL _____ SONDAGEM N° _____

ENSAIO DE VAZÃO DA BOMBA				MANÔMETRO Nº			HIDRÔMETRO Nº	
PRESSÃO kgf/cm ²	VAZÃO l/min			CAPACIDADE kgf/cm ²	DIVISÃO DA ESCALA	DATA DE AFERIÇÃO	TIPO	DATA DE AFERIÇÃO

N.A. ANTES DO ENSAIO _____ m ALTURA DO MANÔMETRO _____ m ALTURA DO FUNIL _____ m DIAM. TUBULAÇÃO _____ cm INCLINAÇÃO _____ °

COLUNA D'ÁGUA MEDIDA NA VERTICAL

1 (ACIMA DO N.A.) = PROF. DO OBTURADOR _____ m + TRECHO DE ENSAIO/2 _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

2 (ABAIXO DO N.A.) = PROF. N.A. ADOTADO _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

3 (ARTESIANISMO) = ALTURA DO MANÔM. _____ m -- ALTURA DO NÍVEL ESTÁTICO _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

PERDA DE CARGA = PROF. DO OBTURADOR _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

TRECHO DE _____ A _____ m DATA _____ / _____ / _____

ESTÁGIOS	PRESSÕES kgf/cm ²	ABSORÇÕES EM LITRO A CADA MINUTO				l/min	l/min x m
1							
2							
3							
4							
5							

ESTÁGIOS	MANÔM. OU FUNIL kgf/cm ²	COLUNA D'ÁGUA kgf/cm ²	PERDA DE CARGA kgf/cm ²	PRESSÃO EFETIVA kgf/cm ²	ABSORÇÃO l/min	P.E. l/m. min. kgf/cm ²	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
1								
2								
3								
4								
5								

N.A. ANTES DO ENSAIO _____ m ALTURA DO MANÔMETRO _____ m ALTURA DO FUNIL _____ m DIAM. TUBULAÇÃO _____ cm INCLINAÇÃO _____ °

COLUNA D'ÁGUA MEDIDA NA VERTICAL

1 (ACIMA DO N.A.) = PROF. DO OBTURADOR _____ m + TRECHO DE ENSAIO/2 _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

2 (ABAIXO DO N.A.) = PROF. N.A. ADOTADO _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

3 (ARTESIANISMO) = ALTURA DO MANÔM. _____ m -- ALTURA DO NÍVEL ESTÁTICO _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

PERDA DE CARGA = PROF. DO OBTURADOR _____ m + ALTURA DO { FUNIL _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²
MANÔM. _____ m = _____ m x 0,1 = _____ kgf/cm²

TRECHO DE _____ A _____ m DATA _____ / _____ / _____

ESTÁGIOS	PRESSÕES kgf/cm ²	ABSORÇÕES EM LITRO A CADA MINUTO				l/min	l/min x m
1							
2							
3							
4							
5							

ESTÁGIOS	MANÔM. OU FUNIL kgf/cm ²	COLUNA D'ÁGUA kgf/cm ²	PERDA DE CARGA kgf/cm ²	PRESSÃO EFETIVA kgf/cm ²	ABSORÇÃO l/min	P.E. l/m. min. kgf/cm ²	FATOR DE CORREÇÃO	K (cm/s)
1								
2								
3								
4								
5								

Figura 9 – Boletim de ensaio de perda d'água sob pressão.

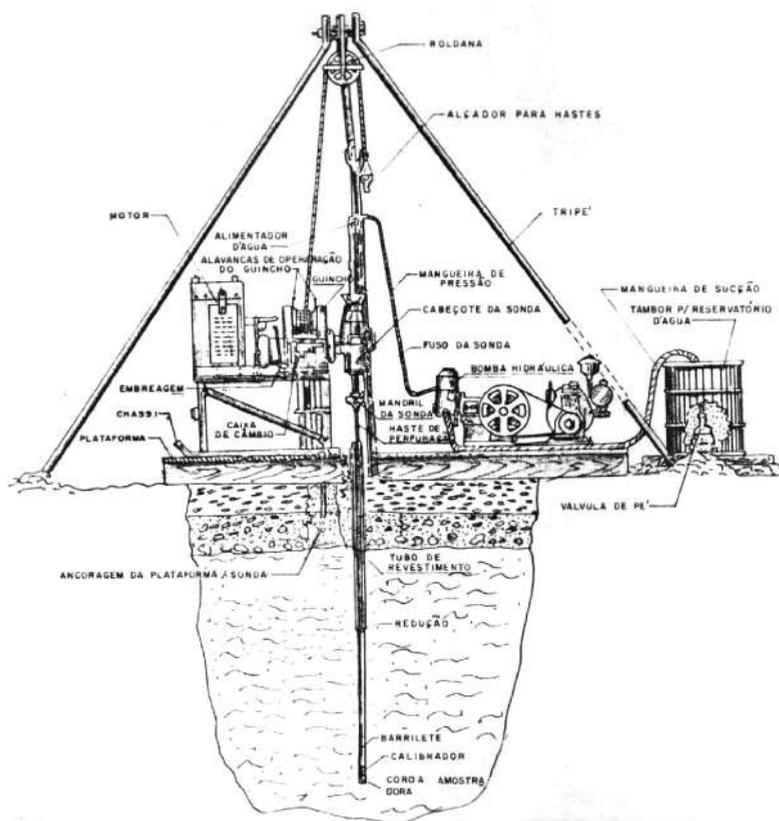


Figura 11 – Instalação típica para uma sondagem rotativa de investigação geológico-geotécnica

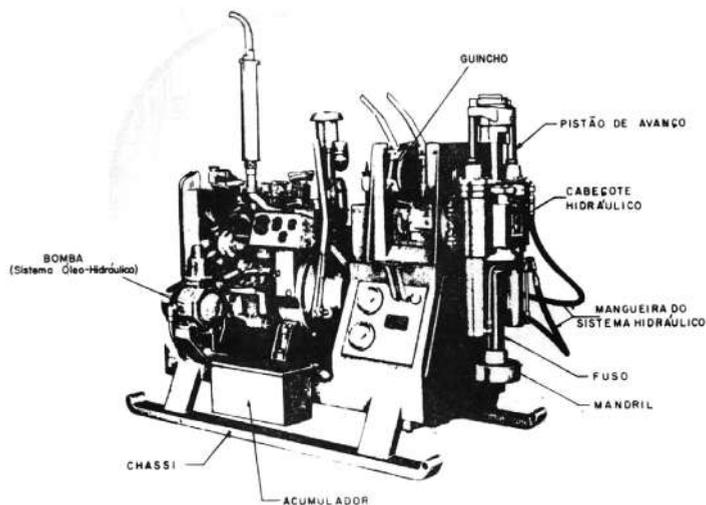
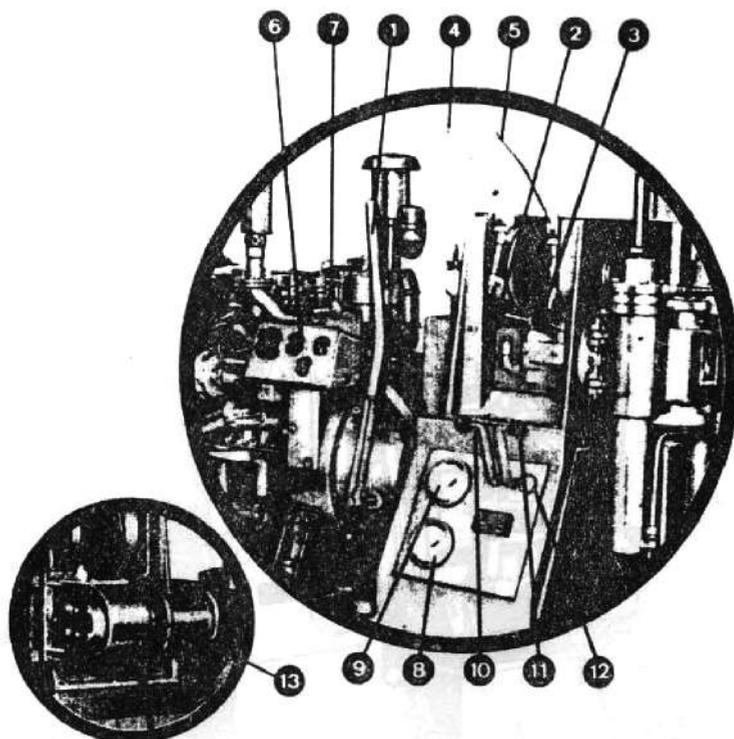


Figura 12 – Sonda de avanço hidráulico.



- ① Alavanca da 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 do freio 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) rápido
- 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 Molinete (Guincho Opcional)

Figura 13 – Sonda de avanço hidráulico (detalhe).

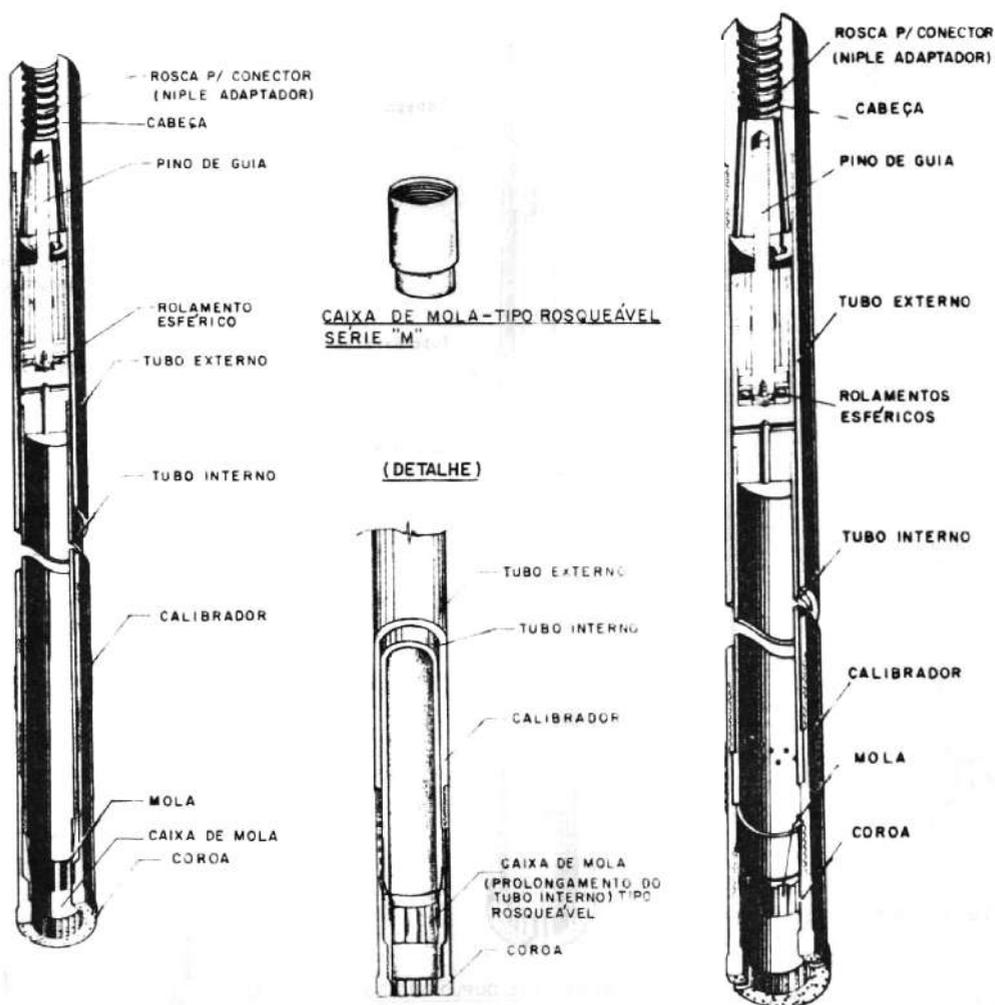


Figura 14 – Barrilete de alta recuperação – série “M”. **Figura 15** – Barrilete duplo-giratório.

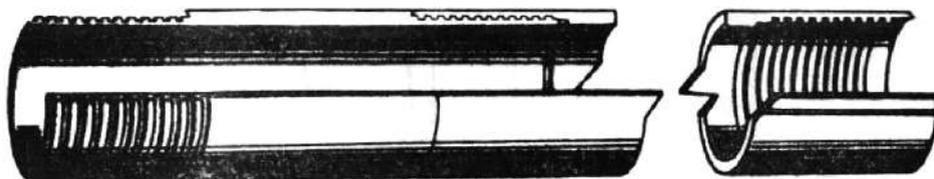
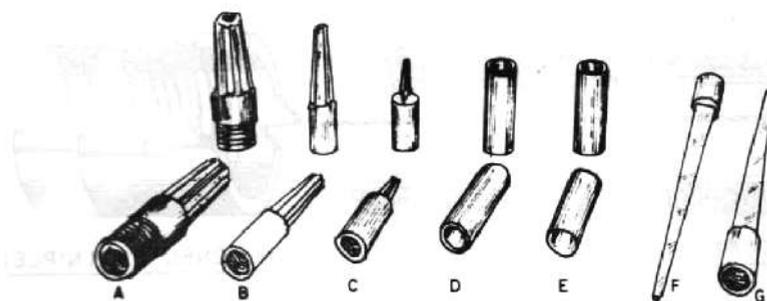


Figura 16 – Tubo de revestimento de junção lisa com conector (Niplex) (Série “x” – normas antigas).



- 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 17 – Pescadores.

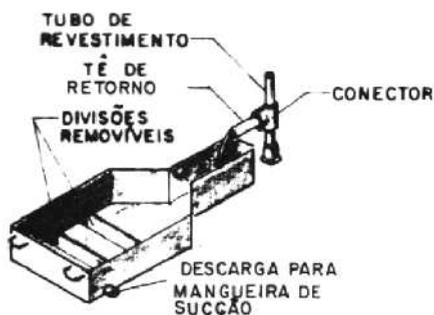


Figura 18 – Recipiente de decantação.

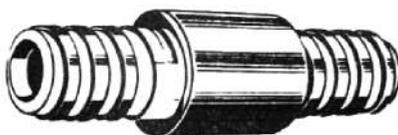


Figura 19 – Conector (tipo macho x macho para hastes).

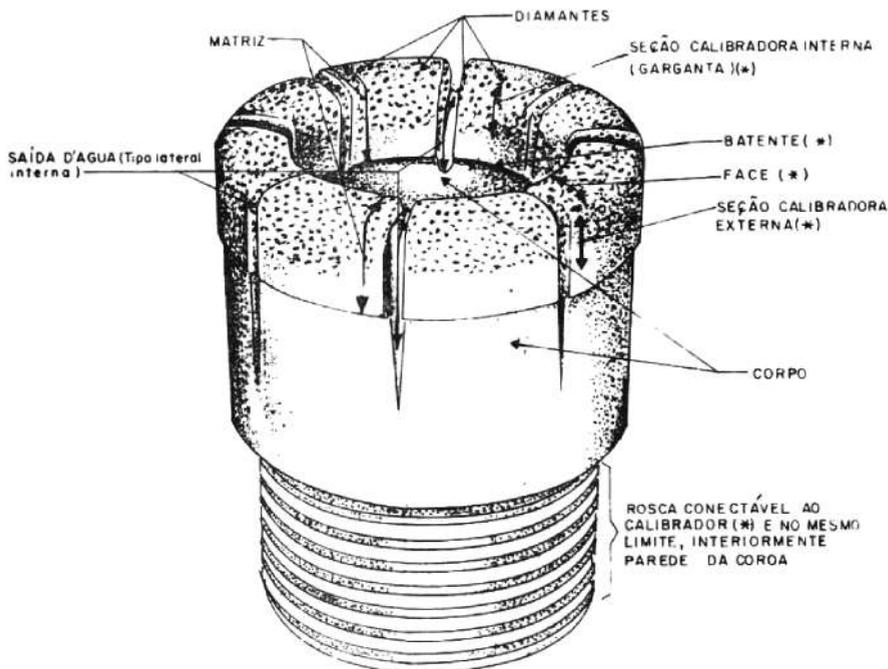


Figura 20 – Coroa com diamantes cravados e seus elementos (coroa com saída d'água do tipo lateral interna).



Figura 21 – Coroa com diamantes cravados (coroa com saída d'água do tipo frontal).



Figura 22 – Coroa Maciça (não amostradora, tipo piloto).

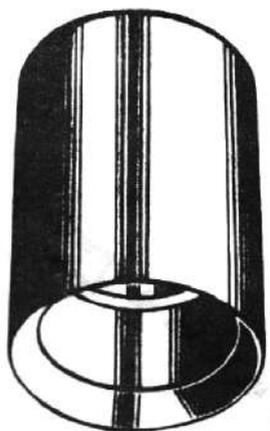


Figura 23 – Sapata de revestimento (tipo biselada).

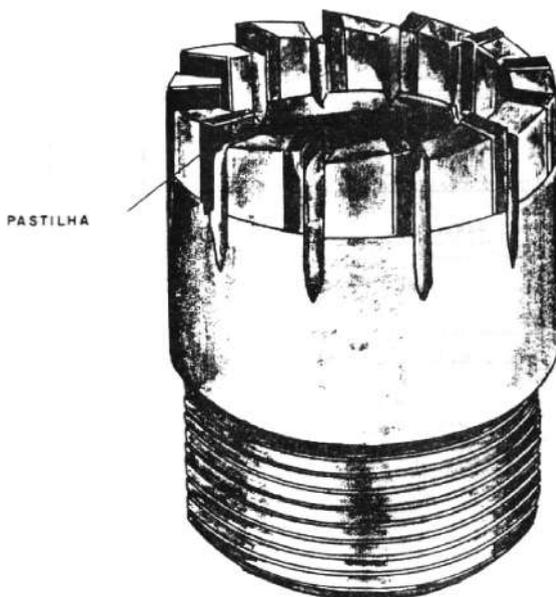


Figura 24 – Coroa de vídia (com pastilhas retangulares).

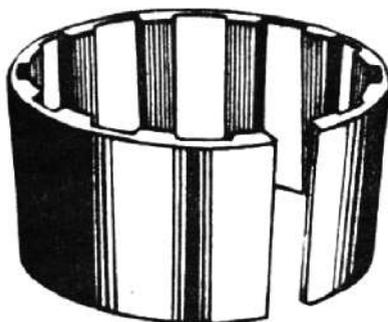


Figura 25 – Mola retentora de testemunho (tipo ranhura interna).



Figura 26 – Mola retentora de testemunho (tipo aranha).



Figura 27 – Equipamentos para sondagem a percussão.



Figura 28 – Sondagem rotativa: barrilete duplo-livre de 86 mm, Série T (paredes finas).

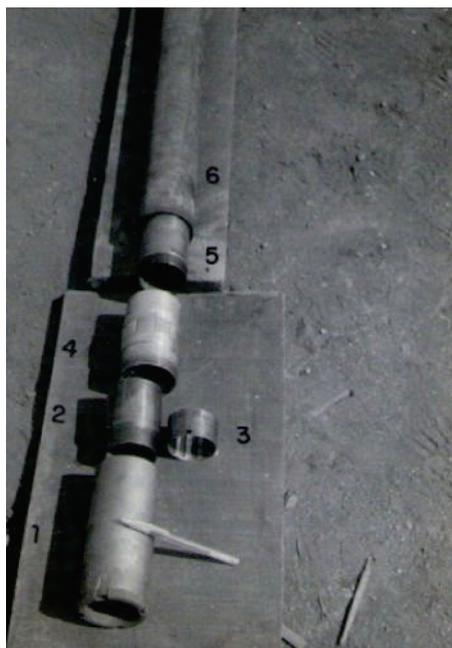


Figura 29 – Sondagem rotativa: barrilete duplo-livre NWM: 1- coroa; 2-caixa de mola; 3-mola; 4-calibrador; 5-tubo interno; 6-tubo externo.



Figura 30 – Caixa de amostra de sondagem mista.



Figura 31 – Sondagem rotativa.



Figura 32 – Sondagem rotativa:
instalação de piezômetro.



Figura 33 – Acondicionamento de testemunho de sondagem.



Figura 34 – Sondagem rotativa em balsa no Rio Paraná.



Figura 35 – Amostra de brecha vulcânica obtida por sondador sem experiência.



Figura 36 – Amostra de brecha vulcânica obtida por sondador de alta experiência.



Figura 37 – Amostra de granito alterado obtido de barrilete duplo-livre diâmetro NX, segundo técnica dos anos 80.



Figura 38 – Amostra de granito alterado obtido em barrilete triplo de 86 mm de diâmetro.



Figura 39 – Amostra de granito alterado obtido por técnicas tradicionais de amostragem 66 mm de diâmetro.



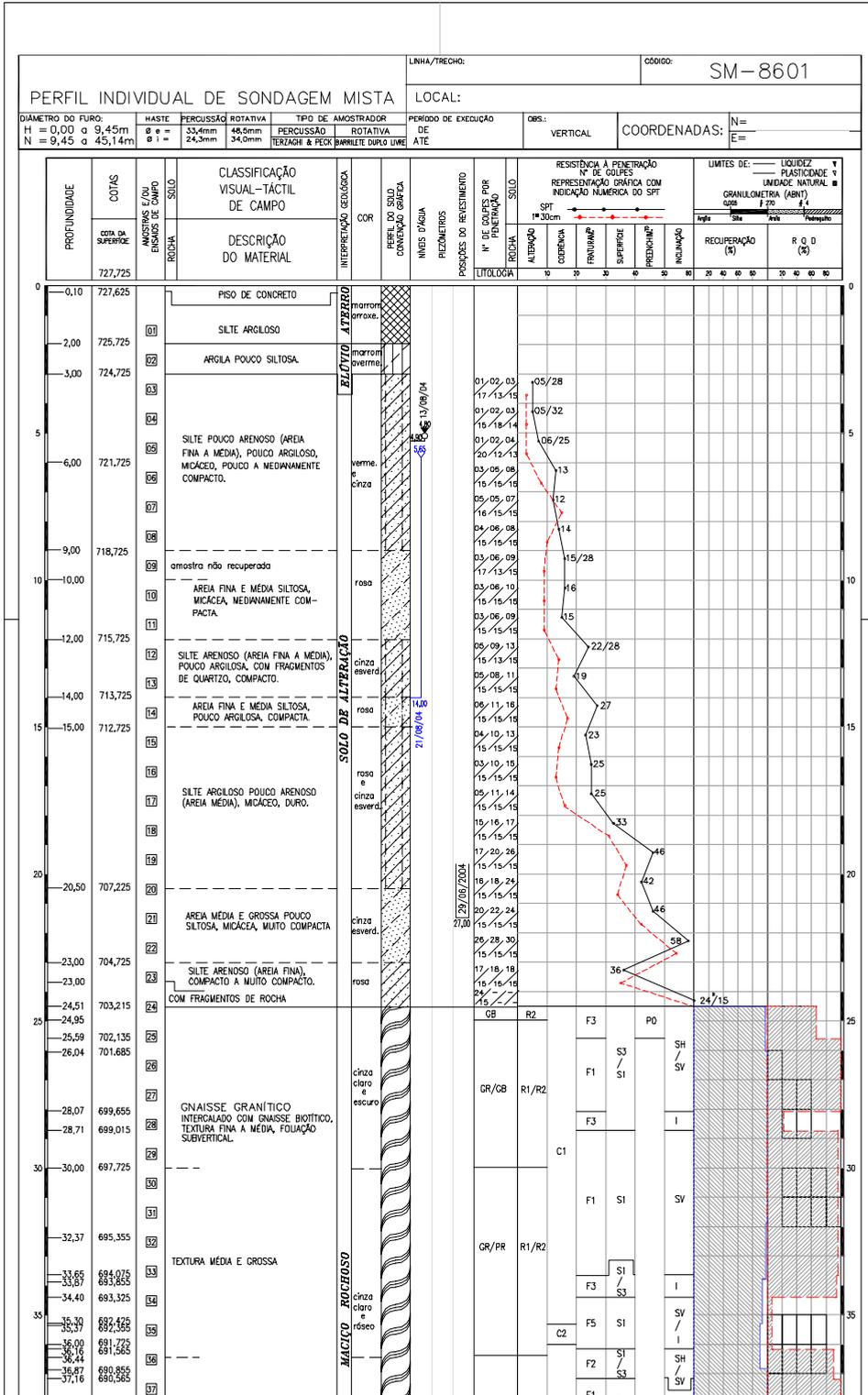
Figura 40 – Amostra de granito alterado obtido por técnicas de alta qualidade de amostragem com uso de barrilete duplo-livre e injeção de bolhas (*air bubble*).



Figura 41 – Amostragem de granito alterado obtido com barrilete de 86 mm de diâmetro.



Figura 42 – Amostragem de granito alterado obtido por técnicas de alta qualidade com 86 mm de diâmetro e com injeção de bolhas (*air bubble*).



(Continua)

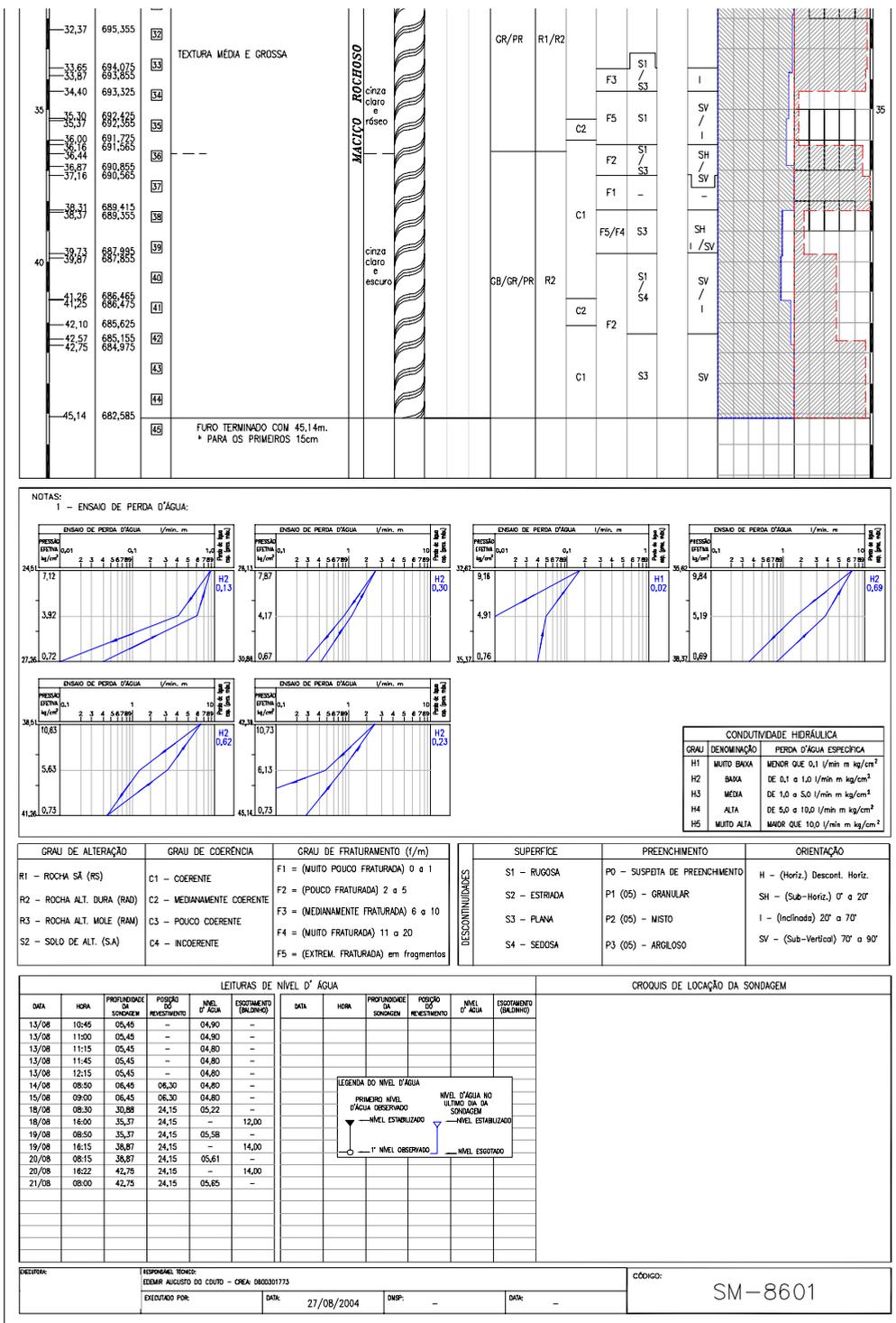


Figura 43 – Exemplo de perfil individual de sondagem mista. Fonte: modificado de Monticeli e Tressoldi (2013).