



NORMA DA ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE
ENGENHARIA E AMBIENTAL

NÚMERO DE REFERÊNCIA:
NORMA ABGE 112/2023
1ª Edição, 2023



MINUTA DE NORMA TÉCNICA INÉDITA SONDAGEM SÔNICA

NORMA ABGE 112
1ª Edição, 2024

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 de Livros, SP, Brasil)



Sugestão de referência bibliográfica:

Sathler, L. A. S. ; Scervini, S.; Hamu, G. 2024. Norma ABGE 112/2023. Sondagem sônica. Vários colaboradores. 1ª Edição. São Paulo: ABGE, 2024.

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
PREFÁCIO	5
1. FINALIDADE	6
2. DEFINIÇÃO	8
3. IDENTIFICAÇÃO	8
4. PRINCÍPIOS TECNOLÓGICOS	9
5. EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	10
6. EXECUÇÃO	13
6.1 Principais etapas	13
6.2 Principais mecanismos e atividades	14
6.2.1 Ativação da Cabeça de Perfuração Sônica	15
6.2.2 Transmissão de Vibrações	15
6.2.3 Ajuste da Frequência de Vibração	15
6.2.4 Propagação da Energia de Vibração	15
6.2.5 Penetração e Deslocamento do Solo	16
6.2.6 Controle de Avanço do Conjunto de Hastes	16
6.2.7 Ajuste dos Parâmetros de Vibração	16
7. AMOSTRAGEM	16
7.1 Barrilete simples – <i>SingleWall CoreBarrel</i> (SWC)	17
7.2 Barrilete Duplo – <i>DualWall CoreBarrel</i> (DWC)	17
7.3 Barrilete de pistão – <i>AquaLock</i> (ALOCK)	19
8. CUIDADOS NA COLETA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS	19
9. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	21
10. PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO	25
11. PRINCIPAIS PARTICIPANTES	25
12. REFERÊNCIAS / LEITURAS RECOMENDADAS	26
13. REFERÊNCIAS NORMATIVAS E DIRETIVAS	27
ANEXO ÚNICO: FIGURAS 1 A 11	28

APRESENTAÇÃO

Essa Norma aborda a **Sondagem sônica** e destina-se aos diversos protagonistas envolvidos em investigações geológico – geotécnicas, de pesquisa mineral e de estudos ambientais, como são os casos de proprietários de obras, investidores, construtoras, mineradoras, empresas executoras de serviços ambientais e geológico-geotécnicos de campo e de laboratório, projetistas, consultores e encarregados de fiscalização.

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 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 e sua aplicação somente terá caráter vinculante no plano legal/normativo, caso reconhecida e de alguma forma chancelada/acolhida pelo poder público; e, no plano privado, caso seja mencionada em contrato a ser observado pelas partes (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 autores, aos sócios, às empresas patrocinadoras da ABGE e a todos que apoiaram e colaboraram com a presente publicação.

João Jeronimo Monticelli

Editor

Fábio Soares Magalhães

Presidente da ABGE – Gestão 2023-2024

PREFÁCIO

1 FINALIDADE

A Sondagem sônica tem finalidades específicas e complementares a sondagem à percussão e rotativa convencional, principalmente quando essas enfrentam situações complexas de execução e de amostragem.

A Sondagem sônica é utilizada na investigação do terreno natural e de aterros construídos e visa (ou permite):

- Investigar materiais inconsolidados ou de baixa resistência mecânica, principalmente quando é necessária utilização de perfuração a seco ou com menor quantidade de fluido de perfuração;
- Investigação geológico-geotécnica de materiais normalmente difíceis de recuperação, amostragem e caracterização das propriedades pelo uso de sondagens percussivas e rotativas convencionais: solo de várias granulometrias, compacidade e propriedades físicas (seixos, cangas e conglomerados, areia, silte e argila); rochas muito a extremamente alteradas com presenças de blocos de rocha e matações, em meio saturado ou não, permitindo uma análise detalhada da estratigrafia do solo (gênese e granulometria) e da transição solo-rocha (rocha alterada mole/solo residual/saprolito);
- Investigações em barragem de terra, em enrocamentos e em pilhas de estéril e de rejeito de mineração, para recuperação contínua de amostras em quantidade e representatividade adequadas para ensaios de caracterização, tais como granulometria, limite de liquidez e plasticidade, entre outros, que não necessitem de amostra indeformada;
- Auxiliar na elaboração de projetos de “*as Is*”, por meio da investigação e recuperação de drenos e filtros. (A denominação *as is* “como é” é utilizada para obras geralmente antigas, em que não houve o cuidado da realização do projeto *as built* “como construído”);
- Permitir a execução de furos retilíneos, adequados para instalação de instrumentação geotécnica, tais como inclinômetros,

piezômetros, medidores de recalque, entre outros instrumentos que necessitem a garantia da verticalidade do furo;

- Aferir a qualidade de tratamentos de fundação tais como colunas de Jet Grouting, entre outros tratamentos;
- Para áreas contaminadas, permite a coleta de amostras pouco perturbadas, contínuas e com segurança durante a perfuração, a fim de se evitar a contaminação cruzada de solo e água subterrânea, minimizando a perda de compostos orgânicos voláteis, o que garante que sejam atendidas as necessidades de investigações ambientais de plumas de contaminação;
- Reduz a quantidade de contaminantes utilizados durante os processos de perfuração em comparação com outros métodos de perfuração, tais como aqueles que se utilizam de polímeros e bentonita;
- A perfuração pode ser utilizada para introdução de agentes remediadores a profundidades precisas de zonas contaminadas.
- Aplicação em pesquisa mineral, uma vez que a sondagem sônica de grande diâmetro possibilita a coleta de amostras em grandes quantidades e com baixo grau de perturbação, essenciais para análises mineralógicas e geoquímicas, além de atingir profundidades significativas, mesmo em presença de materiais inconsolidados e de geologia complexa.

Principais dados fornecidos pela sondagem sísmica:

- 1) Caracterização tátil-visual (descrição geológico-geotécnica e ambiental) dos solos e das rochas perfurados (Norma ABGE 109/2023);
- 2) Amostragem dos materiais perfurados (solo, rocha, água e contaminantes) em quantidade e qualidade necessárias aos ensaios de caracterização geológico-geotécnicos, ambientais e de interesse para a pesquisa mineral;
- 3) Profundidade e variação do nível d'água.

Principais limitações da sondagem sônica:

As investigações em rochas são a pouco alteradas, utilizando-se apenas de avanço sônico, apresentam testemunhos comumente “roletados”, e dificultam a descrição adequada dos graus de fraturamento, condições das descontinuidades, recuperação por manobra e outros parâmetros geológico-geotécnicos, como IQR/RQD;

Há necessidade de controle das vibrações (testes e monitoramento da intensidade das vibrações), principalmente em sondagens em aterros ou em materiais susceptíveis a liquefação, tais como barragens de rejeito alteadas à montante e pilhas de rejeito, a fim de evitar eventuais gatinhos para ruptura.

Obs.: é necessário que o local da perfuração permita o acesso dos equipamentos.

2 DEFINIÇÃO

Sondagem sônica é um método de investigação que se utiliza, basicamente, de sonda rotativa vibratória, denominada sonda sônica. A sonda sônica permite tanto a perfuração e instalação de revestimento como a coleta de amostras através de dispositivo especial, denominado barrilete sônico.

3 IDENTIFICAÇÃO

As sondagens sônicas serão identificadas pelas letras **SS**, seguidas de número indicativo. Em cada obra, o número indicativo deve ser sempre crescente, independentemente de local, fase ou objetivo da sondagem.

Quando for necessária a execução de 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.

4 PRINCÍPIOS TECNOLÓGICOS

A sonda sônica se utiliza da faixa mais baixa de vibrações sonoras de alta frequência que o ouvido humano é capaz de ouvir, assim o termo “sônico” passou a nomear essa classe de sondagem rotativa vibratória.

À primeira vista, uma sonda sônica se parece muito com uma sonda rotativa convencional e se difere pelo tamanho maior do cabeçote, e pode ser mais bem definida como uma sonda rotativa vibratória (Figura 1). O cabeçote desta sonda, também denominado “cabeça sônica”, permite que sejam executados os movimentos de rotação convencionais observados em uma sonda rotativa, além de possuir um oscilador, que faz com que uma força vibratória, de alta frequência, seja adicionada ao conjunto de perfuração (hastes, barrilete etc.), durante a atividade de sondagem. A cabeça sônica é o componente principal do equipamento de perfuração sônica, onde se aloja o mecanismo de pesos contra rotativos (oscilador) que gera e regula a energia ressonante aplicada na coluna de perfuração.

Durante o processo de perfuração o oscilador é acionado por um motor hidráulico que usa pesos desbalanceados, com rotação em sentidos opostos, para gerar altas forças senoidais que são transmitidas para o conjunto de hastes e barrilete (Figura 2). A frequência dessas forças senoidais aplicadas durante a execução da sondagem pode variar para atender as condições de operação e geralmente está situada entre 60 e 150 hertz (Hz). Essa faixa de frequência está dentro da faixa mais baixa de vibrações sonoras que o ouvido humano é capaz de ouvir.

A execução da sondagem sônica é muito simples, e consiste na aplicação de energia vibratória pelo operador, ao movimento rotativo de uma sondagem convencional, na frequência definida como a mais adequada para melhor recuperação ou perfuração nos materiais presentes.

A combinação dos movimentos de rotação e vibração permite que a sondagem avance com maior facilidade e obtenha maiores razões de recuperação em materiais inconsolidados. Alguns modelos deste tipo de sonda,

denominados de “multipropósito*”, permitem também a execução de sondagem rotativa convencional, que pode ser utilizada durante a perfuração de materiais de maior resistência, como rochas sãs e alteradas duras, uma vez que a perfuração utilizando a vibração em conjunto tende a fragmentar mais a rocha durante o avanço, não permitindo uma melhor visualização e identificação dos parâmetros geológico-geotécnicos do maciço rochoso, como grau de fraturamento e IQR/RQD, por exemplo. A fragmentação (fraturas induzidas) também pode ocorrer durante o processo de retirada das amostras do barrilete, condição comum também nos testemunhos de sondagens rotativas convencionais de rochas sedimentares friáveis. (Figura 3).

A eficiência operacional é alcançada com as vibrações mecânicas de alta frequência, denominadas “energia ressonante”, sincronizadas com a frequência oscilatória da coluna de perfuração, resultando em transferência de energia ideal a cada finalidade de aplicação do método. A coluna de perfuração compreende os tubos, revestimentos de perfuração e outros componentes necessários para canalizar o fluido de perfuração e a energia ressonante da superfície até a broca.

5 EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS

O Executor deve fornecer equipamentos, acessórios e ferramentas para a execução de sondagens sônicas que atendam à programação e às especificações estabelecidas no contrato de serviços.

As principais ferramentas e equipamentos na amostragem por perfuração sônica incluem:

- a) Sonda: equipamento principal da sondagem sônica, de preferência o uso de sonda “multipropósito”.

* O uso de sonda do tipo multipropósito utilizada um sistema combinado entre avanço sônico e avanço rotativo clássico, que permite garantir a qualidade do maciço rochoso a ser amostrado e testemunhos que permitem a determinação dos parâmetros geológico-geotécnicos, como fraturamento, IQR/RQD e outros.

- b) Cabeça sônica: A fonte de energia ressonante, contendo um conjunto de pesos contra rotativos que geram as vibrações mecânicas necessárias.
- c) Coluna de perfuração: Arranjo especialmente projetado que facilita a transmissão de fluido de perfuração e energia ressonante da superfície para a broca.
- d) Revestimento: Um tubo de diâmetro adequado a finalidade da sondagem e características do material e que é inserido no furo recém-perfurado, oferecendo estabilidade ao poço e prevenindo o colapso do furo.
- e) Barrilete sônico ou barrilete de amostragem: Uma ferramenta cilíndrica robusta que corta e recupera uma amostra das formações subsuperficiais durante a perfuração. Existem três diferentes tipos de barriletes de amostragem sônica: Barrilete Simples (SingleWall CoreBarrel), Barrilete Duplo (DualWall CoreBarrel) e Barrilete de Pistão (AquaLock), detalhados no item 7 dessa Norma.
- f) Broca/Coroa.

A sondagem sônica pode ter diâmetro de 3” a 10”. Os diâmetros de sondagem sônica e informações resumidas sobre aplicabilidade dos equipamentos estão indicados na Tabela 1, informações essas úteis para definir a finalidade da sondagem e a elaboração do Contrato entre as partes.

Resumidamente, o processo de perfuração compreende:

Etapa 1 – A perfuração avança com o barrilete e aplicação de onda sônicas na frequência definida pelo sondador. Quando necessário, esta etapa pode ser executada sem utilização de fluidos (Figura 4A).

Etapa 2 – Depois de o barrilete estar na profundidade estipulada de avanço, prossegue-se com o revestimento do furo, protegendo a integridade do furo e impedindo que ele se feche (Figura 4B).

Etapa 3 – Após revestido, remove-se o conjunto de barrilete e hastes, para correto acondicionamento. A depender da finalidade e do material amostrado, o mesmo pode ser acondicionado em sacos, tubos ou caixas de amostra específicas para o diâmetro dos amostradores sônicos (Figura 3 e Figura 4C).

A produtividade da perfuração, um dos principais diferenciais do método sônico, encontra-se na faixa de 30 a 45 metros por dia.

6.2 Principais mecanismos e atividades

Durante a perfuração sônica, a energia ressonante é gerada dentro da cabeça sônica, graças a dois pesos contra rotativos. Um sistema de isolamento pneumático estrategicamente projetado impede que essa energia reverbere de volta para o equipamento de perfuração, direcionando-a para baixo ao longo da coluna de perfuração. A rotação da coluna de perfuração garante uma distribuição uniforme da energia ressonante e do impacto resultante na face da broca.

A frequência ressonante é ajustada de acordo com a profundidade do furo e o tipo de formação a ser perfurada, garantindo uma ressonância ótima. A ressonância ocorre quando a energia sônica ressonante coincide com a frequência natural da coluna de perfuração, permitindo a transferência máxima de energia para a face da broca e reduzindo significativamente o atrito com as camadas de solo adjacentes, facilitando altas taxas de penetração.

A execução do furo de sonda considera os seguintes mecanismos e atividades:

6.2.1 Ativação da Cabeça de Perfuração Sônica

A cabeça de perfuração sônica é alimentada por um sistema hidráulico que ativa um mecanismo interno, que consiste em pesos contra rotativos que criam uma força desequilibrada. Este mecanismo gera oscilações mecânicas de alta frequência, geralmente na faixa de 50 a 150 Hz.

6.2.2 Transmissão de Vibrações

As oscilações mecânicas são transferidas da cabeça de perfuração sônica para o conjunto de hastes de perfuração. O conjunto de hastes inclui uma série de hastes de perfuração interconectadas e um barrilete para amostragem na extremidade. É fundamental garantir que todos os componentes estejam firmemente conectados para permitir uma transferência eficiente de vibrações.

6.2.3 Ajuste da Frequência de Vibração

A frequência das vibrações pode ser ajustada variando-se o fluxo hidráulico para a cabeça de perfuração sônica. Dependendo da geologia das formações subsuperficiais, diferentes frequências podem ser otimizadas. Por exemplo, em solos coesivos, frequências mais baixas podem gerar maiores deslocamentos, auxiliando a penetração, enquanto frequências mais altas podem ser mais eficazes em solos não coesivos.

6.2.4 Propagação da Energia de Vibração

A energia das vibrações se propaga pelo conjunto de hastes, criando um estado semelhante ao fluido no solo imediatamente ao redor das hastes de perfuração e do barrilete de amostragem. Esse estado, conhecido como liquefação ou fluidização, reduz significativamente o atrito entre o solo e o conjunto de hastes. Tratando-se de ondas de alta frequência e baixa amplitude, elas tendem a ficar delimitadas ao redor do furo.

Observação: nos trabalhos em barragem e pilhas de rejeito é importante contar com acompanhamento do avanço/caracterização das amostras obtidas e o impacto das vibrações gerados pela sonda sônica nas estruturas, o que deve ser feito por empresa/profissional especializado.

6.2.5 Penetração e Deslocamento do Solo

A redução do atrito permite que o conjunto de hastes penetre rapidamente no solo, deslocando-o para os lados das hastes de perfuração e do barrilete de amostragem. A perfuração Sônica pode atingir taxas de penetração muito mais rápidas do que os métodos convencionais de perfuração, particularmente em material não consolidado ou com baixa coesão.

6.2.6 Controle de Avanço do Conjunto de Hastes

O avanço do conjunto de hastes no solo é controlado pela pressão descendente aplicada através do equipamento de perfuração. O operador deve controlar cuidadosamente essa pressão para otimizar o desempenho da perfuração e evitar possíveis danos às hastes de perfuração e ao barrilete de amostragem.

6.2.7 Ajuste dos Parâmetros de Vibração

Durante o processo de perfuração, o operador pode precisar ajustar a frequência e amplitude das vibrações com base nas condições variáveis das formações subsuperficiais. O monitoramento constante e o ajuste dos parâmetros de vibração podem otimizar o desempenho da perfuração e a recuperação da amostra.

7 AMOSTRAGEM

Os diâmetros dos barriletes amostradores normalmente medem entre 4 a 5 polegadas (cerca de 10-12,7 cm) de diâmetro, que é um tamanho comum para várias finalidades e aplicações da perfuração sônica.

Existem diferentes tipos de barriletes de amostragem sônica. Resumidamente podem ser citados três deles: Barrilete simples (*SingleWall CoreBarrel*), Barrilete duplo (*DualWall CoreBarrel*) e barrilete tipo *AcquaLock*, ainda sem denominação em português.

7.1 Barrilete simples – *SingleWall CoreBarrel* (SWC)

É um barrilete de amostragem especialmente projetado para recolher amostras de alta qualidade numa ampla gama de formações geológicas. Ele é utilizado para funcionar melhor em geologias de dureza média e formações mistas, heterogêneas, sendo inclusive capaz de lidar com pequenos seixos e camadas duras. O processo de amostragem é realizado a seco, uma característica que pode ser preferível em certas condições e para determinados tipos de análise (Figura 5).

O SWC é equipado com um revestimento que evita o colapso do furo quando o amostrador é recolhido. Essa função é essencial para manter a estabilidade do furo e assegurar a segurança das operações de amostragem. As amostras são coletadas (trazidas à superfície) pelo barrilete. Após a coleta, a amostra pode ser extrudada em tubo de folha de polietileno, sacos tipo salsichão, calhas de plástico ou numa caixa de madeira, dependendo das necessidades e objetivos da investigação.

Além da sua função primária de amostragem de rochas, o *SWC* pode atender uma variedade de aplicações. Estas incluem amostragem ambiental, pesquisa de fundações, perfuração de remediação, instalações de poços, amostragem arqueológica, amostragem *offshore* de fundos aquáticos, pré-investigação de projetos de drenagem e amostragem de minerais. Para cada uma destas aplicações, o *SWC* permite obter amostras representativas da formação original. Por exemplo, ele pode fornecer amostras de qualidade A3/B3, conforme ISO 22475-1:2021, para pesquisa de fundações, proporcionar perfis rápidos de solo para pré-investigação de projetos de drenagem, ou obter amostras integras, pouco perturbadas ou praticamente não perturbadas em investigações *offshore*.

7.2 Barrilete Duplo – *DualWall CoreBarrel* (DWC)

O barrilete duplo, tipo *DWC*, é um barrilete de amostragem especializado projetado para obter amostras de rochas e outras camadas duras. O seu design avançado se distingue por sua capacidade de executar as operações de amostragem e enxágue simultaneamente. Ele utiliza um sistema único onde o meio de enxágue é canalizado através do espaço anular para garantir a

integridade e o estado não perturbado da amostra, mitigando qualquer possível dano ou efeito de enxágue sobre ela (Figura 6).

O barrilete *DWC* é versátil, pois incorpora um espaço anular no tambor, um recurso exclusivo projetado para permitir não remover o material fino, preservando a integridade e a autenticidade da amostra coletada. Este recurso se torna particularmente importante no contexto de amostragem de geologias mais duras, visando garantir a fidelidade da amostra. Possui dois tipos de “bits”, um de descarga frontal, usado em formações geológicas homogêneas e duras, ou um “bit” de descarga lateral, para uso em formações geológicas mistas.

O barrilete *DWC* está equipado com um revestimento para evitar o colapso do furo enquanto o amostrador está sendo esvaziado. Essa função é crítica para manter a estabilidade do furo e garantir a segurança das operações. As amostras são coletadas diretamente no tambor de amostragem, limitando assim a exposição e possíveis alterações na amostra. Após a coleta, a amostra pode ser extrudada em vários recipientes, como tubos de folha de polietileno, calhas de plástico ou uma caixa de testemunho, dependendo dos requisitos da investigação.

Além de sua função principal de amostragem de rochas, o barrilete *DWC* pode acomodar uma variedade de aplicações. Estes incluem amostragem ambiental, pesquisa de fundações, perfuração de remediação, instalações de poços, amostragem arqueológica, amostragem offshore de fundos aquáticos, pré-investigação de projetos de drenagem e amostragem de minerais. O *DWC* fornece amostras de qualidade A3/B3 (conforme ISO 22475-1:2006) para pesquisa de fundações, proporcionar perfis rápidos de solo para pré-investigação de projetos de drenagem, ou obter testemunhos longos, praticamente não perturbados em geologia complexas, entre as quais as de investigações *offshore*.

O sistema de sondagem sônica com uso do barrilete duplo (*DWC*) permite a realização de testes de penetração padrão (SPT) entre as amostragens. Este recurso adiciona uma dimensão extra de funcionalidade, proporcionando a capacidade de reunir mais dados sobre as propriedades da formação geológica sob investigação.

7.3 Barrilete de pistão – *AquaLock* (ALOCK)

Esta ferramenta de amostragem é eficiente para depósitos aluviais. O barrilete de pistão (*AquaLock*) é capaz de fornecer amostras muito rápidas (em minutos de perfuração). A amostra é extrudada através do uso de um pistão, que é operado por válvula. O barrilete *AquaLock* pode coletar amostras sem cravação do revestimento, graças aos seus dispositivos de pistão e armazenamento de água. (Figura 7)

Segundo a Norma ISO 22475-1:2021, que trata de investigações geotécnicas, o barrilete *AquaLock* pode ser definido como um amostrador de pistão de parede grossa. A qualidade da amostra que pode ser alcançada segundo os critérios dessa Norma é o A2/B3:

Antes da perfuração, o barrilete *AquaLock* é preenchido com água, que trava o pistão abaixo na sapata de corte. Ao ser vibrado para baixo, o barrilete permanece vazio até que seja decidido coletar uma amostra. O pistão é destravado ao abaixar hastes de empurrar através da tubulação de perfuração, o que abre a válvula no topo do barrilete, permitindo que o pistão se mova livremente e colete uma amostra minimamente perturbada. Após a amostragem, a haste de empurrar da mola é removida, permitindo que a válvula feche, o que cria um vácuo que segura a amostra durante a recuperação do amostrador. Uma vez recuperada, aplica-se água de alta pressão atrás do pistão para extrair a amostra.

O barrilete *AquaLoc* pode ser utilizado para amostragem ambiental, pesquisa de fundações, perfuração de remediação, instalações de poços, amostragem arqueológica, amostragem *offshore* de áreas submersas, pré-investigação de projetos de drenagem e amostragem de minerais.

8 CUIDADOS NA COLETA E ACONDICIONAMENTO DAS AMOSTRAS

- a) As operações de retirada das amostras do barrilete e de seu acondicionamento em caixas ou sacos deverão ser feitas cuidadosamente,

de maneira a serem asseguradas as posições em profundidade dos materiais (Figuras 8 e 9).

- b) Em rocha, 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. Neste caso as amostras serão acondicionadas em caixas plásticas conforme indicado no Anexo 1. Caixas de madeira aplainada poderão ser utilizadas, 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.
- c) Na tampa e num dos lados menores da caixa (ver Anexo Único), 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.
- d) 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 1. As amostras subsequentes deverão ser colocadas na caixa, sempre guardando o andamento crescente de profundidade.
- e) As amostras de cada manobra deverão ser separadas por um taco de madeira, posicionado transversalmente na canaleta da caixa de amostra. Nesse caso, 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”.

- f) No caso de ser empregado, no início do furo ou num determinado intervalo, ensaio de penetração padronizado SPT, as amostras assim coletadas deverão ser acondicionadas na mesma caixa dos testemunhos da sondagem sônica, segundo a sequência de sua obtenção.
- g) As caixas ou os sacos de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local ventilado, até o final da sondagem, quando serão transportadas para o local indicado pela Fiscalização, salvo outra recomendação disposta em Contrato **ou da Fiscalização**.
- h) 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.

9 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados deve ser feita com base no objetivo da investigação, segundo especificações e Contrato que levem em consideração o descrito nessa Norma (vide também o item 12). As Especificações e o Contrato devem considerar a separação e divisão de responsabilidade da seguinte forma:

- i) execução da sondagem sônica e coleta de amostras por empresa Executante;
- ii) interpretação e apresentação dos resultados por Projetista ou Consultor Especialista, eventualmente também assumindo a função de Fiscalização em nome do Contratante.

Obs.: Os contratos devem fixar a responsabilidade de cada parte. O Executor poderá assumir a responsabilidade contratual pelos itens i e ii, caso o Contratante e Executor combinem isso em Especificações e em Contrato.

A apresentação dos resultados deve levar em consideração:

- a) Fornecimento pelo Executor, diariamente ou quando solicitadas, de informações sobre o andamento da sondagem. A utilização de tecnologias digitais permite disponibilização em tempo real das informações obtidas (24 horas), o que deve estar contido nas Especificações e em Contrato;
- b) Os resultados da amostragem por perfuração sônica devem conter os registros litológicos de solos e rochas (e terrenos antropogênicos), indicando os tipos e profundidades das formações encontradas, descritas segundo os critérios e metodologias geológico-geotécnicas. Consultar as Normas ABGE 103/2023 e ABGE 109/2023.
- c) As amostras de testemunho extraídas serão submetidas à análise tátil visual e laboratoriais das propriedades geológico-geotécnicas, ambientais e de interesse à prospecção mineral. No entanto, elas podem não se qualificar para certos testes de laboratório que exigem amostras não deformadas. É possível inspeção visual e análise de campo imediatas sobre a química do solo, atendendo estratégias urgentes de remediação.
- d) Registrar a perfuração em metros por dia.
- e) Outros dados importantes, de responsabilidade do Executante, incluem a frequência utilizada, a profundidade final atingida, o tipo de formações descobertas e o tipo e quantidade de lubrificante utilizado (se aplicável). Além disso, quaisquer problemas de infiltração detectados, juntamente com medidas de remediação, como a colocação de obturadores para a injeção de cimento, devem ser extensivamente documentados no relatório final.
- f) Seguindo os mesmos procedimentos de sondagens mecânicas convencionais, conforme dispostos nas Normas da série 100, da ABGE, o Executor deve apresentar os resultados devidamente definidos em Contrato, contendo os boletins de campo, 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 profissional ou sondador responsável e da empresa;
 - » tabela com leituras de nível d'água com: data, hora, nível d'água, profundidade do furo e observações sobre eventuais fugas de água, artesianismo e demais informações de conhecimento do Executor. 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, caso realizado, com o número de golpes e avanço em centímetros para cada terço de penetração do amostrador (Norma ABGE 103/2023);
 - » descrição ou classificação dos parâmetros geológico-geotécnicos de trechos em rocha, como recuperação, alteração, coerência, fraturamento, IQR/RQD, condições das descontinuidade, contatos litológicos e outros, caso uso de sonda de multipropósito;
 - » indicação das anomalias observadas e fenômenos importantes ocorridos;
 - » observações sobre o preenchimento do furo;
 - » visto do profissional ou sondador responsável.
- g) 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 Único), onde constem, além dos dados do item 8.e, a descrição geológico-geotécnica dos materiais

atravessados feita por profissional habilitado, cujo nome, número de registro no órgão de Fiscalização profissional (CREA) e assinatura deverão constar dos perfis e no relatório final*.

- h) 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, 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.
- i) Todas as informações técnicas, inclusive aquelas que geraram os perfis individuais, deverão ser armazenadas em arquivos eletrônicos disponíveis no mercado brasileiro.
- j) O Relatório Final deve ser sucinto e considerando a seguinte itemização:

Título

Resumo Executivo

1. Introdução

2. Objetivo (Finalidade)

3. Responsáveis técnicos

4. Trabalhos realizados

5. Critérios e especificações adotadas

6. Apresentação dos resultados

7. Conclusões e recomendações



* Consultar as NORMAS ABGE 103/2023- Sondagem à percussão e ABGE 109/2023 – **Descrição de sondagens** para a definição das Especificações e do Contrato.

10 PLANEJAMENTO E DIGITALIZAÇÃO

A presente “ABGE NORMA 112/2023 – Sondagem sônica”, 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 “ABGE NORMA 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 em Sondagem Sônica.

11 PRINCIPAIS PARTICIPANTES

Editor: João Jeronimo Monticelli

Autores: Ledson A. S. Sathler, Salvatore Scervini e Gustavo Hamu

Revisores: a serem convidados

12 REFERÊNCIAS / LEITURAS RECOMENDADAS

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. (Editores.). Geologia de engenharia e ambiental. São Paulo: ABGE.

Monticelli, J.J.(Editor). 2021. Investigações geológico-geotécnicas – Guia de boas práticas. Vários autores. São Paulo: ABGE, 428 p.

Oliveira, A.M.S, Monticelli, J.J.(Editores). 2018. Geologia de Engenharia e Ambiental. Coletânea. Vários autores. Vol. 1 – Estrutura do Livro, 86 p. Vol. 2 – Métodos e Técnicas, 479 p. Vol. 3 – Aplicações, 356 p. São Paulo: ABGE.

Passini & Alvares – Sociedade de advogados. 2021. Parecer – Natureza das “Normas” a serem emitidas pela ABGE. Relatório de consultoria jurídica à ABGE, 13 p. Disponível em www.abge.org.br.

SATHLER, L. A. S.; SALGADO, S. S.; DAHER, A. P. C; FREITAS; B. R. F.; SILVA, M. V. S. (2022). Aplicação da sondagem sônica na recuperação de solos e materiais coesivos e não-coesivos de baixa resistência, Sinclinal Moeda, Quadrilátero Ferrífero-MG.

Tognon, A.A. (Coordenador). 2012. Glossário de termos técnicos de geologia de engenharia e ambiental. 2ª Edição. São Paulo: ABGE.

WENTZ, F.J. & DICKENSON S.E. (2013). Pore pressure response during high frequency sonic drilling and SPT sampling in liquefiable sand. 19 th NZGS Geotechnical Symposium. Ed. CY Chin, Queenstown.

Endereços eletrônicos:

www.padraoags.com.br: endereço eletrônico com informações sobre o padrão AGS (Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialists) e do Grupo AGS BR. Acesso em 20.08.2023.

<https://www.royaleijkamp.com/products/drilling-cpt/> <acesso em 02/04/2023>.

<https://www.boartlongyear.com/insite/sonic-drilling-works/#:~:text= Sonic%20is%20an%20advanced%20form,face%20at%20various%20Sonic%20frequencies.> <acesso em 02/04/2023>.

<https://www.boartlongyear.com/wp-content/uploads/Article-GeoStrata-Sonic-Drilling-March-April-2012.pdf>. <acesso em 02/04/2023>.

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 15492/2007. Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT.

ISO 22475-1:2021. Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for the sampling of soil, rock and groundwater. Genebra: ISO.

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

NORMA ABGE 104/2023. Sondagem rotativa e mista. São Paulo: ABGE

U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation. (2014). Guidelines for Drilling and Sampling in Embankment Dams. Denver, Colorado.

ANEXO ÚNICO: Figuras 1 a 11



Figura 1 – Sonda sônica em atuação em investigação de fundação na região do Quadrilátero Ferrífero (MG).

Fonte: Sathler et al. (2022).

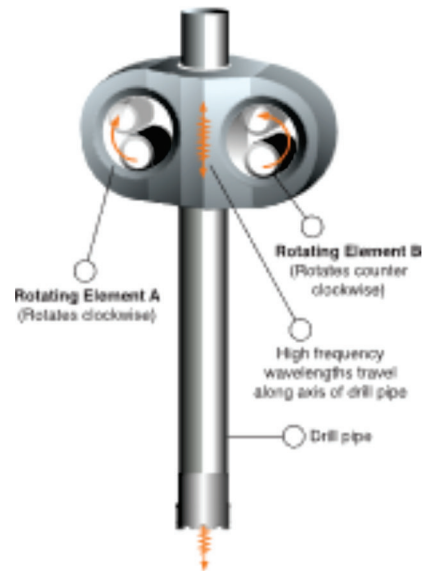


Figura 2 – Ilustração do funcionamento do cabeçote sônico, com os pesos desbalanceados e girando em sentidos opostos.

Fonte: Site da Boart Longyear



Figura 3 – Retirada de amostra de solo do barrilete sônico. A amostra sai por meio da vibração do barrilete pelo operador, até uma calha, e após é acondicionada na forma adequada.

Fonte: arquivo Ledson Sathler

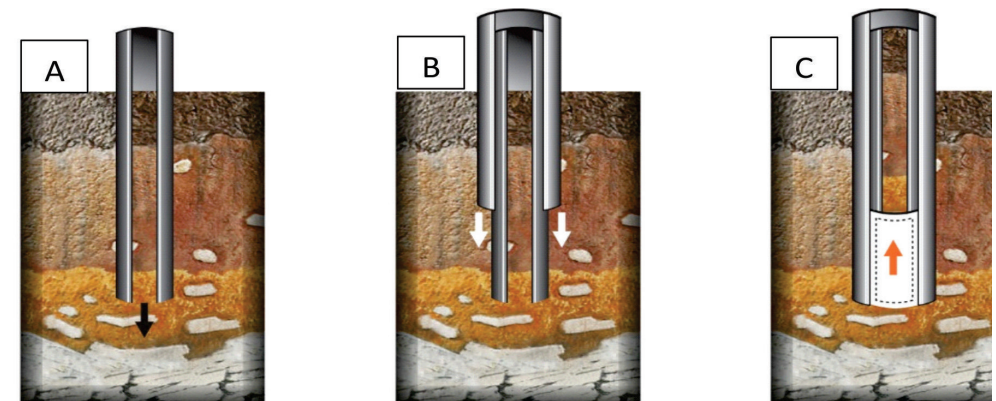


Figura 4 – Etapas de execução e sondagem sônica. A) Etapa 1, B) Etapa 2 e C) Etapa 3.

Fonte: Site da Boart Longyear.

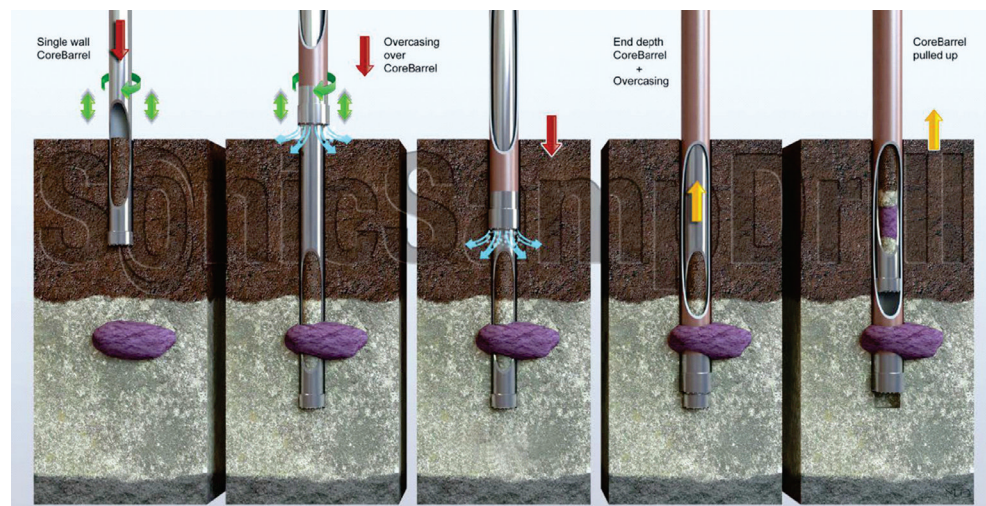


Figura 5 – Funcionamento esquemático do *SingleWall CoreBarrel*.

Fonte: adaptado de Royal Eijkelpamp, com permissão.

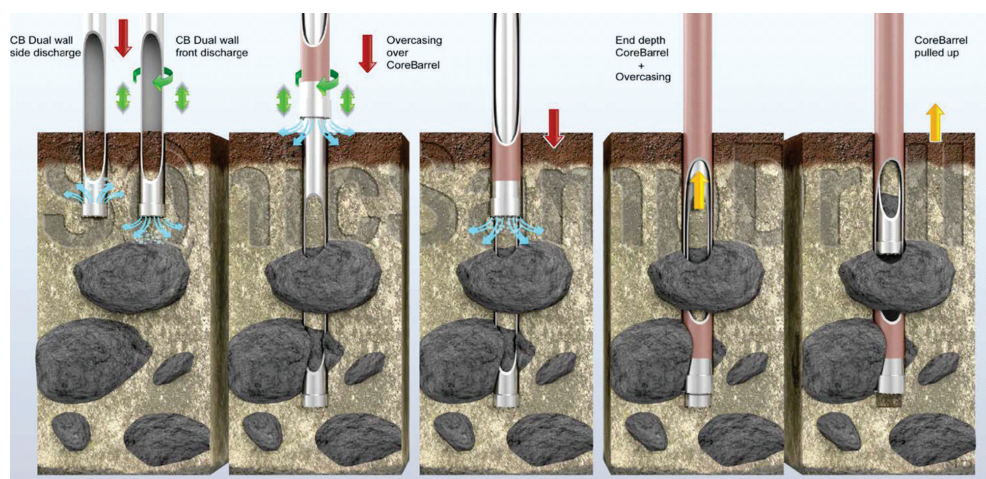


Figura 6 – Funcionamento esquemático do *DualWall CoreBarrel*.

Fonte: adaptado de Royal Eijkelpamp, com permissão.



Figura 7 – Detalhe da ferramenta de amostragem AquaLock. O sistema de válvula é indicado pelo número 1, a abertura do preenchimento é indicada pelo número 2, o pistão é indicado pelo número 3, o anel de corte é indicado pelo número 4 e o espaço preenchido por coluna de água é indicado pelo número 5.

Fonte: adaptado de Royal Eijkelpamp, com permissão.



Figura 8 – Amostra sendo retirada do barrilete.

