



**SENAPPEN**

**MINISTÉRIO DA JUSTIÇA E SEGURANÇA PÚBLICA**

**CENTRO COMUNITÁRIO PELA VIDA  
CONVIVE**

**ENSAIOS GEOTÉCNICOS**

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>APLICAÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>REQUISITOS GERAIS.....</b>	<b>2</b>
<b>5</b>	<b>ESCOPO .....</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>SONDAGEM A PERCUSSÃO .....</b>	<b>4</b>
6.1	IDENTIFICAÇÃO .....	4
6.2	DISPOSIÇÕES GERAIS.....	4
6.3	DETERMINAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA EM TERRENOS INSTÁVEIS .....	8
6.4	ACEITAÇÃO .....	9
6.5	ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (SPT) .....	9
6.6	PARALISAÇÃO DA SONDAGEM .....	10
6.6.1.	<i>Impenetrável.....</i>	<i>10</i>
6.7	ENSAIO DE LAVAGEM POR TEMPO .....	11
6.8	AMOSTRAGEM.....	12
6.9	APRESENTAÇÃO DO RESULTADO .....	13
<b>7</b>	<b>SONDAGEM A TRADO .....</b>	<b>16</b>
7.1	AMOSTRAGEM.....	17
7.2	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	17
7.3	EXTRAÇÃO DE AMOSTRAS DEFORMADAS .....	19
<b>8</b>	<b>ENSAIOS DE LABORATÓRIO .....</b>	<b>20</b>
8.1	ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO .....	20
8.1.1	<i>Análise Granulométrica .....</i>	<i>21</i>
8.1.2	<i>Massa Específica dos Grãos.....</i>	<i>21</i>
8.1.3	<i>Limites de Consistências .....</i>	<i>21</i>
8.1.4	<i>Índices de Vazios Máximos e Mínimos .....</i>	<i>22</i>
8.1.5	<i>Ensaio de Compactação - Proctor Normal.....</i>	<i>22</i>
8.1.6	<i>Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) .....</i>	<i>22</i>
8.1.7	<i>Teor de Umidade Natural .....</i>	<i>23</i>
8.1.8	<i>Teor de Matéria Orgânica .....</i>	<i>23</i>

## **1 OBJETIVO**

Este documento tem por objetivo apresentar as diretrizes para a execução da investigação geotécnica, composta por sondagens e ensaios de laboratório que constituem o Projeto Centro Comunitário pela Vida - Convive.

## **2 APLICAÇÃO**

Aplica-se ao desenvolvimento dos projetos executivos relacionados ao escopo descrito no campo acima.

## **3 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA**

As seguintes normas foram utilizadas na elaboração deste documento e devem ser adotadas na sua revisão mais atualizada:

NBR 6122	Projeto e Execução de Fundações
NBR 6484	Sondagens de simples reconhecimento com SPT
NBR 8036	Programação de Sondagem de Simples Reconhecimento dos Solos para Fundações de Edifícios
NBR 6508	Massa específica real dos grãos
NBR 6459	Determinação do limite de liquidez
NBR 7180	Determinação do limite de plasticidade
NBR 12004	Determinação do índice de vazios máximos de solos não coesivos;
NBR 6457	Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização
NBR 7182	Ensaio de compactação
NBR 9895	Índice de suporte Califórnia (ISC) – Método de ensaio
NBR 7181	Granulometria por peneiramento e sedimentação

Além dos códigos e normas acima citados, o projeto deverá cumprir com todas as leis e regulamentações das autoridades locais. Em caso de conflito, o mais estrito prevalecerá.

#### **4 REQUISITOS GERAIS**

- a) A execução dos serviços de investigações deverá atender às necessidades para a elaboração do projeto e aos requisitos das normas específicas;
- b) Todos os serviços deverão ser executados com acompanhamento geotécnico da FISCALIZAÇÃO.
- c) As informações sobre o andamento dos serviços deverão ser diariamente fornecidas à FISCALIZAÇÃO, permitindo desta forma que o programa seja ajustado, adequando-o às realidades de campo que não foram previstas quando da elaboração do programa.
- d) Não serão aceitas sondagens sem as medidas de nível de água, sem a informação das coordenadas e cota das bocas dos furos, ou fora dos padrões de norma. Nesses casos será considerada como serviço não executado e deverá ser feito pela empresa CONTRATADA.

## **5 ESCOPO**

- a) Conforme a ABNT NBR 8036, as sondagens à percussão devem ser, no mínimo, de uma para cada 200m<sup>2</sup> de área de projeção em planta do edifício, até 1200m<sup>2</sup> de área. Entre 1200m<sup>2</sup> e 2400m<sup>2</sup> deve-se fazer uma sondagem para cada 400m<sup>2</sup> que excederem 1200m<sup>2</sup>. Acima de 2400m<sup>2</sup> o número de sondagens deve ser fixo de acordo com o plano articular da construção. Em quaisquer circunstâncias o número mínimo de sondagens deve ser:
- dois para área da projeção em planta do edifício até 200m<sup>2</sup>;
  - três para área entre 200m<sup>2</sup> e 400m<sup>2</sup>.
- b) No mínimo 03 sondagens: as amostras das sondagens a trado deverão ser submetidas aos ensaios relacionados a seguir:
- ensaios de caracterização por peneiramento e sedimentação – ABNT NBR 7181;
  - massa específica real dos grãos – ABNT NBR-6508;
  - limite de liquidez – ABNT NBR-6459;
  - limite de plasticidade – ABNT NBR-7180;
  - índice de vazios máximos e mínimos – ABNT NBR-12004;
  - compactação e energia Proctor Normal – NBR-7182;
  - determinação de Índice de Suporte Califórnia (ISC) e expansão – ABNR NBR-9895;
  - determinação do teor de matéria orgânica – ABNT NBR 13600/06.

As amostras deformadas deverão ser extraídas na profundidade 1,5 m em cada furo de sondagem a trado.

## **6 SONDAGEM A PERCUSSÃO**

### **6.1 IDENTIFICAÇÃO**

As sondagens a percussão deverão ser identificadas pela sigla SP seguida do número indicativo da sondagem. Em cada área de pesquisa, o número deverá ser sempre crescente e sequencial, independentemente do local ou objeto da sondagem. Sugere-se utilizar diferentes centenas de número para as diversas áreas de estudo do Projeto. Observando que a numeração é única independentemente do tipo da Sondagem

### **6.2 DISPOSIÇÕES GERAIS**

A sondagem à percussão é um método de investigação geotécnica de solos em que o avanço do furo é feito através de equipamento de corte e tem por objetivo obter amostras e os índices de resistência à penetração do solo. As amostras obtidas são do tipo deformadas e semideformadas.

O tipo de investigação geotécnica deve ser adequado ao porte e característica da obra, cujos resultados contribuem significativamente para a definição das áreas mais apropriadas para implantação das obras.

Os principais equipamentos e materiais padrões para a execução da sondagem à percussão devem ser:

- Tripé com roldana e escada;
- Guincho mecânico ou com moitão motorizado;
- Trado concha e espiral;
- Hastes e luvas de aço;
- Alimentador d'água;
- Cruzeta;
- Trépano e "T" de lavagem;
- Barrilete amostrador e peças para cravação;
- Peso de bater com 65 kg e guia;
- Tubos de revestimentos;

- Bomba d'água;
- Abraçadeiras para revestimentos;
- Abaixadores e alçadores para hastes;
- Saca tubos;
- Baldinho com válvula de pé;
- Chaves de grifo e trena;
- Recipientes herméticos para amostras tipo copo;
- Parafina;
- Sacos plásticos;
- Etiquetas para identificação;
- Medidor de nível d'água;
- Demais ferramentas e materiais necessários.

O bom estado de conservação dos equipamentos utilizados nas campanhas de sondagem é fundamentalmente importante. Os barriletes amostradores devem estar com as roscas e ponteiros perfeitas e firmes, não podendo apresentar desgaste em suas extremidades. O diâmetro externo deve ser de 50,8 mm e o interno de 34,9 mm estando rigorosamente na forma e dimensões recomendadas pela ABNT.

Para os ensaios de penetração, as hastes de tubo de aço devem ser retilíneas, Schedule 80, diâmetro interno de 25,4 mm (1") e com roscas em ótimo estado, permitindo uma firme conexão com as luvas. O seu peso deve ser aproximadamente de 3,0 kg por metro linear e, quando acopladas, devem formar um conjunto retilíneo. O trépano é constituído por uma peça terminada em bisel com duas saídas laterais para água e sua ponta deve estar sempre afiada.

O trado concha deve ter diâmetro mínimo de 101,6 mm (4") e o trado espiral deve ter diâmetro cerca de 5,0 mm a menos que o diâmetro interno do tubo de revestimento utilizado. Os tubos de revestimento devem ter diâmetro interno de 2 1/2", 3", 4", 6" e em ótimo estado de conservação. A empresa Contratada deve dispor de hastes com comprimento métrico exato como, por exemplo, 1,0 m, 2,0 m, 3,0 m, pois, facilitará a operação de início do furo, e evitará emendas sucessivas quando os furos estiverem mais profundos.

A FISCALIZAÇÃO pode a qualquer momento solicitar a substituição de equipamentos e ferramentas que julgar não adequada para o bom desempenho e qualidade da sondagem.

A sondagem deve ser realizada após a limpeza de uma área que permita a execução de todas as operações sem obstáculos. A empresa Contratada deve providenciar a abertura de uma vala ao redor da sonda que permita o desvio da água no caso de chuva. Quando for necessária a construção de uma plataforma ela deve ser assoalhada.

A sondagem será iniciada utilizando o trado concha, cujo diâmetro mínimo é de 101,6 mm (4"). Quando não for mais possível o avanço do furo com trado concha, ele deve ser revestido e o avanço feito utilizando-se o trado espiral. O trado espiral deve possuir diâmetro em torno de 5 mm a menos que o diâmetro do tubo de revestimento utilizado.

Durante a operação de perfuração, caso a parede do furo se mostre instável, é obrigatória para amostragens subsequentes, a descida do tubo de revestimento até onde se fizer necessário, alternadamente com a operação de perfuração, de tal modo que a boca inferior do revestimento nunca fique a mais de 1,0 m do fundo nem menos de 0,10 m, no momento de cravar o amostrador.

Quando for atingido o lençol freático ou se o avanço do trado espiral for inferior a 50 mm em 10 minutos de operação contínua de perfuração ou nos casos de solos aderentes ao trado, passa-se para o método de percussão com circulação de água, lavagem. Para tanto é obrigatório à cravação do revestimento.

Quando o avanço do furo se fizer por lavagem, o sistema circulação de água deve ser erguido a uma altura de aproximadamente 0,30 m e durante sua queda deve ser imprimido um movimento de rotação na coluna de hastes.

Durante o processo de perfuração por lavagem, quando solicitado pela Fiscalização, devem ser anotados os avanços para cada 10 minutos de operação contínua ou os tempos gastos para atingir a cota do ensaio de penetração.

Na retirada de detritos pesados, que não são carregados com a circulação d'água ou na perfuração de materiais sem coesão, devem ser utilizados barriletes com válvulas



de disco na parte inferior (baldinho com válvulas de pé), em substituição a lavagem com trépano.

No caso de a sondagem atingir o lençol freático, a sua profundidade deve ser anotada e registrada a elevação do NA com leitura por 15 minutos, em intervalos de 5 minutos. Na ocorrência de artesianismo não surgente, deve ser registrado o nível estático. Sendo surgente, além de determinar o nível estático, determinar também a vazão e o nível dinâmico. O nível ou as características do artesianismo deve ser medido todos os dias antes do início dos trabalhos.

O controle de profundidade das manobras deve ser feito pelas diferenças entre o comprimento total das hastes e a sobra delas em relação ao nível de referência colocado na boca do furo.

A água de recirculação deve apresentar-se visualmente limpa, não sendo permitida sua reutilização, exceto quando autorizada pela Fiscalização. No caso de reutilização da água de circulação, ela deve circular por dois tambores de 200 litros, ligados entre si na parte inferior. A Fiscalização pode solicitar a substituição da água de circulação e a limpeza dos tambores quando julgar conveniente.

Após a última leitura do nível d'água ou término de furo seco, este deve ser preenchido com solo ou areia.

Concluída a sondagem, deve ser colocado junto ao furo um marco de concreto com comprimento mínimo de 0,50 m, sendo que 0,10 m devem ficar acima do terreno com as seguintes indicações: denominação do furo, cota da boca do furo e profundidade.

Em áreas a serem edificadas, a sondagem à percussão deve estar de acordo com critérios específicos ditados pelo projeto. Quando as estruturas não estiverem ainda localizadas, o número de sondagens deve ser fixado de modo que a máxima distância entre furos seja de 100 m, com um mínimo de três sondagens, cobrindo uniformemente toda a área.

Quando durante a execução de uma sondagem atingir-se camada de solo de compactidade ou consistência elevada e as condições geológicas locais mostrarem não haver possibilidade de se atingir camadas menos consistentes ou compactas, a sondagem será paralisada naquela camada.

### 6.3 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL D'ÁGUA EM TERRENOS INSTÁVEIS

Quando a sondagem atingir o nível d'água (NA) aguardar a estabilização por 5 minutos, fazendo em seguida leituras do nível d'água a cada 5 minutos. O tempo de leitura do nível d'água pode ser superior, caso a Fiscalização julgue necessário.

A cada fim de jornada de trabalho, o furo deve ser esgotado e o nível atingido anotado.

Sendo muito difícil ou mesmo impossível o esgotamento do furo em função do material perfurado, este deve ser feito pelo menos até 2,0 m abaixo do primeiro nível d'água registrado.

Anotar data, hora, profundidade do furo, cada avanço e posições do revestimento, quando houver interrupções, ou ao final do dia.

Concluída a sondagem, os seguintes procedimentos devem ser adotados:

- Não retirar o revestimento;
- Esgotar o furo até onde for possível;
- Fazer leituras do NA a cada 10 minutos na primeira hora e a cada 15 minutos na segunda hora até a estabilização ou até o final da jornada de trabalho. Caso a sondagem termine próximo ao final da jornada de trabalho, esgotar o furo, anotando a hora e o nível do NA. Nova leitura será feita no dia seguinte.

#### 6.4 ACEITAÇÃO

A sondagem, sem as medidas de nível d'água, sem cota de boca de furo ou incompleta, não será aceita. Caso isto venha ocorrer, a sondagem deve ser refeita.

#### 6.5 ENSAIOS DE PENETRAÇÃO (SPT)

O propósito do ensaio de penetração é obter os índices de resistência à penetração do solo e deve ser executado a cada metro de sondagem, a partir de 1,0 m de profundidade. Este ensaio é executado durante o desenvolvimento da sondagem.

Na execução do ensaio, o furo deve estar limpo. Caso as paredes do furo apresentem instabilidade, o tubo de revestimento deve ser cravado de tal modo que sua extremidade inferior nunca fique a menos de 0,10 m acima da cota de ensaio.

Em determinados casos em que, mesmo com o revestimento cravado, ocorrer fluxo de material para o furo, o nível d'água do furo deve ser mantido acima do nível do lençol freático. A operação de retirada do equipamento de perfuração deve ser feita lenta e cuidadosamente.

O ensaio de penetração consiste na cravação do amostrador através de um martelo de 65 kg caindo livremente a uma altura de 0,75 m.

O amostrador deve ser apoiado suavemente no fundo do furo na cota desejada e desde que as conexões entre as hastes estejam firmes e retilíneas. Os eixos de simetria do martelo e da composição de hastes e amostrador devem ser rigorosamente coincidentes.

O martelo para cravação do amostrador deve ser erguido manualmente com auxílio de corda não podendo ser utilizado cabo de aço. O martelo deve possuir uma haste guia, onde deve estar claramente assinalada a altura de queda de 0,75 m.

Colocado o amostrador no fundo do furo, devem ser assinalados bem visíveis, na porção de haste que permanece fora do revestimento, três trechos de 0,15 m cada, a contar da boca do revestimento. Em seguida, apoiar o martelo sobre a composição de hastes, anotando uma eventual penetração. A penetração obtida desta forma corresponderá a zero golpe.

Caso não ocorra penetração no procedimento anterior, deve ser iniciada a cravação do amostrador através da queda do martelo. A resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 0,30 m finais do amostrador.

A cravação do amostrador deve ser interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5 cm durante 10 golpes consecutivos, não levando em consideração os 5 primeiros golpes do teste, e quando já tiverem sido aplicados 50 golpes durante o mesmo ensaio. Assim, o terreno será considerado impenetrável ao ensaio de penetração.

## 6.6 PARALISAÇÃO DA SONDAGEM

A sondagem a percussão deve ser dada por terminada quando atingir 25 metros ou no seguinte caso (o que ocorrer primeiro):

### 6.6.1. *Impenetrável*

A cravação do amostrador deve ser interrompida quando o número de golpes ultrapassar a 30 e a penetração do amostrador-padrão for inferior a 15 cm; ou se durante a aplicação de cinco golpes sucessivos do martelo não se observar avanço do amostrador-padrão, ou se em mesmo ensaio o número máximo de golpes for de 50.

Atingidas as condições assim definidas, os ensaios de penetração devem ser suspensos, sendo executado a seguir, ensaio de avanço da perfuração com lavagem por tempo. O processo de perfuração por circulação de água, associado aos ensaios de penetração, deve ser utilizado até onde se obtiver, nesses ensaios, uma das seguintes condições:

- Em 3 m sucessivos, se obtiver 30 golpes para penetração dos 15 cm iniciais do amostrador-padrão;
- Em 4 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para penetração dos 30 cm iniciais do amostrador-padrão;
- Em 5 m sucessivos, se obtiver 50 golpes para a penetração dos 45 cm do amostrador padrão.

- Havendo necessidade técnica de continuar a investigação do subsolo em profundidades superiores, o processo de perfuração deve ser prosseguido pelo método rotativo, quando indicado pelo projeto ou solicitado pela fiscalização.

Voltando a ocorrer material susceptível de se efetuar ensaio de penetração dinâmica (SPT), o ensaio deve ser retomado.

#### 6.7 ENSAIO DE LAVAGEM POR TEMPO

Atingindo o impenetrável ao ensaio de penetração com amostrador e havendo interesse da Fiscalização em prosseguir a sondagem pelo método à percussão, esta deve ser realizada através do ensaio de lavagem por tempo, com o objetivo de ser avaliada a penetrabilidade do solo ao avanço do trépano de lavagem.

O ensaio consiste no avanço do furo pelo processo de lavagem. O sistema de circulação de água deve ser erguido a uma altura de aproximadamente de 0,30 m e, durante sua queda deve ser imprimido um movimento de rotação na coluna de hastes. Manter o procedimento por 30 minutos, anotando o avanço obtido a cada período de 10 minutos.

Se a penetração ocorrer antes de atingir 8,0m a sondagem deverá ser deslocada sob a orientação da fiscalização.

Quando no ensaio for obtido avanço inferior a 5 cm em três períodos consecutivos de minutos, o material será considerado impenetrável à lavagem por tempo.

O impenetrável a lavagem por tempo como critério para término da sondagem à percussão, não implica na eliminação do ensaio de penetração, que é a interrupção da cravação do amostrador quando se obtiver penetração inferior 5 cm, durante 10 golpes consecutivos ou quando já tiverem sido aplicados 50 golpes durante o mesmo ensaio.

## 6.8 AMOSTRAGEM

As amostras dos solos atravessados devem ser representativas e livres de contaminações. A amostra deve ser identificada pela identificação da sondagem a que corresponde, acrescida do número indicativo da sua ordem.

As amostras obtidas nas sondagens à percussão são dos seguintes tipos:

- Amostras de trado, com cerca de 500 g, constituídas por material obtido durante a perfuração e coletadas na parte inferior das lâminas cortantes do trado;
- Amostras do amostrador padrão, com cerca de 200 g constituídas pela parte inferior do material obtido no amostrador e conservando ao máximo sua estrutura original;
- Amostras de lavagem, com cerca de 500 g, obtidas pela decantação da água de circulação, em recipientes com capacidade mínima de 100 L;
- Amostras de baldinho, com cerca de 500 g, constituídas pela parte inferior do material obtido no baldinho com válvula de pé;
- A coleta de amostras, exceto as do amostrador, deve ser de no mínimo uma amostra para cada metro perfurado e devem ser acondicionadas em caixas de madeira de tipo e dimensões usadas em furos rotativos de diâmetro BW.

Na tampa da caixa pintada com duas demãos de tinta branca, devem ser anotados dos seguintes dados:

Identificação do furo de sondagem;

- Número do Projeto;
- Local do furo;
- Número da caixa.

As amostras devem ser coletadas desde o início do furo e acondicionadas na caixa com separação de tacos de madeira, pregados na divisão longitudinal.

As amostras devem ser dispostas da esquerda para a direita, a partir do lado da dobradiça da caixa. Ao lado de cada amostra, na divisão longitudinal de madeira, deve ser escrito o tipo da amostragem (trado, lavagem, amostrador).

A profundidade de cada trecho amostrado deve ser anotada com caneta ou tinta indelével no toco do lado direito da amostra. No lado direito da última amostra do furo deve ser colocado um toco adicional com a palavra “FIM”.

Não havendo recuperação de material no amostrador, no local correspondente da amostra na caixa, deve ser colocado um toco de madeira com as palavras “não recuperou”.

## 6.9 APRESENTAÇÃO DO RESULTADO

As informações sobre o andamento da sondagem devem ser fornecidas diariamente através dos boletins de campo. Os boletins de campo deverão ser escaneados diariamente e encaminhados para FISCALIZAÇÃO.

Todos os resultados e informações obtidos na execução da sondagem devem ser registrados no “Boletim para Sondagem à Percussão” obedecendo os seguintes critérios:

- Número do relatório;
- Nome do cliente;
- Identificação do Projeto/Obra;
- Local;
- Data;
- Engº responsável com CREA;
- Quadro resumo com identificação dos furos de sondagem contendo: nome, coordenadas, cota e sistema geodésico utilizado;
- Desenho com locação das sondagens, cotado, referenciado a marcos topográficos e com indicação da cota da boca dos furos e referência de nível (RN);
- Perfis longitudinais;
- Descrição da metodologia executiva do ensaio assim como equipamentos;
- Declaração de que foram obedecidas as normas brasileiras;
- Referências de desenhos ou outros documentos utilizados;
- Outras observações julgadas importantes.

No caso de não ser atingido o nível d'água, constar no boletim as palavras “furo seco”:

- Posição final do revestimento;
- Resultados dos ensaios de penetração, com número de golpes e avanço para cada 0,15 m de penetração do barrilete;
- Resultados dos ensaios de penetração com número de golpes e avanço;
- Resultados dos ensaios de lavagem, com intervalo ensaiado, avanço e tempo de operação da peça de lavagem;
- Classificação geológica e geotécnica para os materiais ensaiados;
- Indicações de anomalias observadas.

Também devem ser apresentados os relatórios dos perfis individuais de cada sondagem com os seguintes critérios:

- Escala 1:100;
- Identificação do furo de sondagem;
- Nome da empresa executora da sondagem;
- Número do relatório;
- Nome do cliente;
- Identificação do Projeto/Obra;
- Local;
- Data de início e término da sondagem;
- Engº responsável com CREA;
- Sistema geodésico utilizado / coordenadas UTM DATUM;
- Coordenadas N / E;
- Cota da boca do furo;
- Diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador;
- Nível d'água inicial e final;
- Cota de Início da lavagem;
- Nome do sondador;
- Revisado por;



- Posição as amostras colhidas, identificando amostras não recuperadas;
- As profundidades, em relação à boca do furo, das transições das camadas e do final da camada;
- Índice de resistência à penetração N ou relações do número de golpes pela penetração do amostrador;
- Identificação dos solos amostrados e convenção gráfica dos mesmos conforme NBR-13441;
- A natureza, granulometria, plasticidade, cor, origem, compacidade ou consistência de cada camada de acordo com o estabelecido no item 6.6.1 da NBR 6484;
- Identificação dos processos de perfuração empregados (trado helicoidal ou circulação de água);
- Resultado dos ensaios de avanço de perfuração por circulação de água;
- Anexar ao relatório final cópia dos boletins de campo das sondagens realizadas. Os boletins devem ser claros, para que não haja dúvida na sua interpretação.

## **7 SONDAGEM A TRADO**

As sondagens a trado serão executadas com diâmetro de 4" a 6", de forma a facilitar a execução e o transporte do equipamento, salvo orientações específicas da FISCALIZAÇÃO.

A executante deve fornecer equipamento para execução de sondagem até 5 m de profundidade.

O material escavado deve ser depositado sobre lonas, de modo a não sofrer contaminação, agrupados em montes dispostos segundo suas profundidades e tipos de solo. As profundidades de início e término de cada camada amostrada, devem ser identificadas.

A medida da profundidade deve ser determinada através da medição do comprimento das hastes do trado, em relação a boca do furo.

No caso de a sondagem atingir o lençol freático, a sua profundidade deve ser anotada.

Deve ser medido diariamente o nível d'água antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, depois de concluído o furo.

Quando constatada a presença de artesianismo, formando lençol freático suspenso, este deve ser selado com a cravação de um tubo a fim de se detectar o nível d'água e, deve ser avaliada a vazão de escoamento d'água ao nível do solo.

A sondagem deve ser dada por terminada quando:

- Atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- Atingir o limite de 5 m de profundidade;
- Ocorrer desmoronamentos sucessivos da parede do furo;
- O avanço do trado for inferior a 5 cm, em 10 minutos de operação contínua de perfuração;
- O terreno for impenetrável ao trado, devido a ocorrência de cascalho, matacões ou rocha.

Quando a paralisação de um furo ocorrer antes do programado, e houver interesse de se investigar melhor o local, o furo deve ser deslocado de cerca de 3 m a 5 m, para qualquer direção e sentido. Todas as tentativas devem constar da apresentação final dos resultados e, devem ter a mesma numeração do furo, acrescida das letras A, B, C etc.

## 7.1 AMOSTRAGEM

Quando o material perfurado for homogêneo, as amostras devem ser coletadas a cada metro perfurado, salvo orientação contrário da fiscalização.

Se houver mudança no transcorrer do metro perfurado, devem ser coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes horizontes.

As amostras para determinação da umidade natural devem ser acondicionadas imediatamente após o avanço de cada furo, coletando-se cerca de 100 g em recipiente de tampa hermética, parafinada ou selada com fita colante.

As amostras para ensaios de laboratório devem ser acondicionadas em sacos de lona ou plástico, devem ser devidamente fechados após sua coleta. A quantidade de amostra deve ser proporcional aos ensaios que se destinam.

As amostras devem ser identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem.

## 7.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Todos os resultados e informações obtidos na execução da sondagem devem ser registrados no “Boletim para Sondagem à Trado” obedecendo os seguintes critérios:

- Número do relatório;
- Nome do cliente;
- Identificação do Projeto/Obra;
- Local;
- Data;
- Quadro resumo com identificação dos furos de sondagem contendo: nome, coordenadas, cota e sistema geodésico utilizado;
- Quadro resumo contendo por furo e por relatório o total executado;
- Desenho com locação das sondagens, cotado, referenciado a marcos topográficos e com indicação da cota da boca dos furos e referência de nível (RN);
- Perfis longitudinais;

- Descrição da metodologia executiva do ensaio assim como equipamentos;
- Declaração de que foram obedecidas as normas brasileiras;
- Referências de desenhos ou outros documentos utilizados;
- Outras observações julgadas importantes;
- Engº responsável com CREA.

Também devem ser apresentados os relatórios dos perfis individuais de cada sondagem com os seguintes critérios:

- Escala 1:100;
- Identificação do furo de sondagem;
- Nome da empresa executora da sondagem;
- Número do relatório;
- Nome do cliente;
- Identificação do Projeto/Obra;
- Local;
- Data de início e término da sondagem;
- Engº responsável com CREA;
- Sistema geodésico utilizado / coordenadas UTM DATUM;
- Coordenadas N / Coordenadas E;
- Cota da boca do furo;
- Diâmetro do tubo de revestimento e do amostrador;
- Nível d'água inicial e final;
- Cota de Início da lavagem;
- Nome do sondador e Revisado por;
- Posição as amostras colhidas, identificando amostras não recuperadas;
- As profundidades, em relação à boca do furo, das transições das camadas e do final da camada;
- Identificação dos solos amostrados e convenção gráfica deles conforme NBR-13441;

- Identificação dos processos de perfuração empregados (trado helicoidal ou circulação de água).

### 7.3 EXTRAÇÃO DE AMOSTRAS DEFORMADAS

As amostras deformadas, devem ser coletadas a cada metro escavado, quando em materiais homogêneos. Se ocorrerem mudanças do tipo de material escavado no transcurso de 1,0 m, devem ser coletadas tantas amostras quantos forem diferentes tipos de materiais.

As amostras devem ser coletadas em quantidade variável em função da necessidade e acondicionadas em sacos de lona ou plásticos resistente. A identificação dessas amostras deve ser feita por duas etiquetas de papel-cartão, sendo uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem e esta última protegida por um saco plástico ou envelope plástico, onde devem constar: a) nome da obra; b) nome do local; c) número do poço ou trincheira; d) intervalo de profundidade; e) data da coleta; f) nome e identificação do responsável pela coleta.

As amostras deformadas em sua umidade natural, devem ser extraídas e armazenadas adequadamente, de acordo com o item 4.4 da ABNT NBR 9604. Não serão aceitas raspagem da parede ao final da execução.

As amostras deverão ser selecionadas pelo geólogo ou geotécnico que estiver acompanhando o ensaio e submetido à aprovação da FISCALIZAÇÃO, com o objetivo de obter a amostra de solo mais representativa do solo e em porção suficiente para os ensaios aqui presentes.

## 8 ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Os ensaios laboratoriais deverão ser realizados conforme preconizam as normas brasileiras em vigor ou normas e referências internacionais semelhantes.

O objetivo dos ensaios geotécnicos de laboratório é determinar as características físicas e parâmetros geotécnicos dos materiais. Assim foi programada a realização de diversos tipos de ensaios de laboratório para as amostras de solo, dentre eles: ensaios de caracterização geotécnica (umidade natural, granulometria completa, massa específica real dos grãos, limites de consistência/índice de vazios máximo e mínimo (1), massa específica aparente “in situ”), ensaio de compactação – Proctor Normal e ensaio de CBR.

(1) Em caso de a amostra ser de material arenoso, areno-siltoso ou silto-arenoso, os ensaios de limites de consistência poderão ser substituídos pelo ensaio de índice de vazios máximo e mínimo, e vice-versa.

### 8.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os ensaios de laboratório programados deverão ser realizados conforme preconizam as normas brasileiras em vigor, ou as normas e referências internacionais semelhantes, conforme descrito a seguir.

Os ensaios previstos deverão ser aplicados nas sondagens a trado, para cada estratificação de solo apresentada nos perfis:

- Granulometria por peneiramento e sedimentação – NBR-7181
- Massa específica real dos grãos – NBR-6508
- Limite de liquidez - NBR-6459
- Limite de plasticidade - NBR-7180
- Índice de vazios máximo e mínimo – NBR-12004
- Compactação Proctor Normal - NBR-7182
- Determinação de ISC e expansão - NBR-9895
- Teor de matéria orgânica (MO) – NBR 13600/06

#### *8.1.1 Análise Granulométrica*

Os resultados a serem entregues pelo laboratório deverão apresentar: a curva granulométrica expressa em um gráfico semi-logarítmico (com o diâmetro dos grãos em milímetro e a porcentagem de material passante acumulado nas peneiras); a quantidade de material utilizado; a tabela com os diâmetros das peneiras e as respectivas porcentagens retidas e retidas acumuladas da amostra; a tabela com os dados do processo de sedimentação e o de floculante utilizado; bem como a quantidade de material utilizado na sedimentação, a temperatura, as leituras do densímetro e o diâmetro calculado pela Lei de Stokes.

#### *8.1.2 Massa Específica dos Grãos*

O valor final da massa específica deverá ser expresso em termos da média obtida nos ensaios realizados, sendo apresentado com três algarismos significativos, levando-se em conta: a temperatura da água, a fórmula utilizada na determinação da massa específica, as massas do picnômetro, do picnômetro com água e do picnômetro com água e solo.

#### *8.1.3 Limites de Consistências*

Os resultados apresentados deverão conter os valores dos limites de plasticidade e de liquidez, expressos em porcentagem, aproximados para o número inteiro mais próximo. Também deverão ser apresentados: o valor do índice de plasticidade, o gráfico do limite de liquidez (umidade versus log número de golpes), bem como uma foto do material ensaiado, caso este tenha sido considerado não plástico.

#### *8.1.4 Índices de Vazios Máximos e Mínimos*

Para a realização dos ensaios para determinação dos índices de vazios máximo e mínimo, eles devem seguir os procedimentos preconizados na NBR-12051.

A massa específica seca máxima e mínima do solo deve ser expressa com três algarismos significativos, em  $\text{g/cm}^3$ , os índices de vazios também com três algarismos significativos, e, além deles, os outros dados que serviram de apoio para os cálculos devem ser apresentados pelo laboratório. Devem ser feitos ao menos três ensaios para o ensaio de  $e_{\text{máx}}$  e  $e_{\text{mín}}$ . O resultado médio será o adotado e o erro deve ser de  $\pm 8 \text{ g}$  durante o ensaio.

#### *8.1.5 Ensaio de Compactação - Proctor Normal*

Para o ensaio de compactação (NBR-7182) deverá ser utilizada a energia Proctor Normal equivalente a 26 golpes (Energia Intermediária), e os resultados obtidos pelo laboratório deverão apresentar uma curva de compactação parabólica (teor de umidade versus massa específica aparente seca), com o valor correspondente à ordenada máxima da curva com aproximação de  $0,01 \text{ g/cm}^3$ , e o valor da umidade ótima correspondente ao ponto de massa específica seca máxima com aproximação de 0,1%. Também deverão ser apresentadas: a umidade higroscópica da amostra, a quantidade de água adicionada a cada ponto, as condições do ensaio (energia, número de camadas e número de golpes por camada) e todos os pontos realizados (mesmo aqueles que forem desconsiderados na curva de compactação).

Este ensaio será realizado nas amostras deformadas de solo coletadas nas sondagens mistas.

#### *8.1.6 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC)*

Para as sondagens à trado são previstos ensaio de I.S.C para cada estratificação de solo apresentada nos perfis.



#### *8.1.7 Teor de Umidade Natural*

Para o ensaio do teor de umidade natural deverá ser seguida a norma ABNT NBR 6457.

#### *8.1.8 Teor de Matéria Orgânica*

Para o teor de matéria orgânica (MO) deverá ser seguida a norma ABNT NBR 13600/96.