

SUMÁRIO

1. OBJETIVO.....	3
2. CONDIÇÕES GERAIS.....	3
3. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS.....	3
3.1 Execução dos Serviços	3
3.2 Investigações de Campo.....	3
3.3 Sondagens à Trado.....	3
3.4 Sondagens a Pá e Picareta ou Poços de Inspeção	5
3.5 Sondagens Mistas.....	8
3.6 Método a Percussão	10
3.7 Método Rotativo.....	11
3.8 Apresentação dos Resultados.....	13
3.9 Ensaios De Campo	14
3.9.1 Ensaios de Penetração para as Sondagens Mistas.....	14
3.9.2 Ensaios de lavagem por tempo.....	15
3.9.3 Ensaios de infiltração.....	15
3.9.4 Ensaios de perda d'água.....	16
3.9.5 Ensaios de perda de carga	18
3.9.6 Ensaios de laboratório	19
4. NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES.....	20

1. OBJETIVO

Este documento define os critérios e condicionantes mínimos necessários à execução de serviços de sondagens e ensaios geotécnicos com o objetivo de fornecer elementos técnicos e informações complementares para elaboração de projetos de infra-estrutura (terraplanagem, drenagem, edificações e pavimentação) das obras de engenharia da INFRAERO.

2. CONDIÇÕES GERAIS

Deverão ser observadas as seguintes condições gerais:

- Obter os projetos de arquitetura, verificando as diretrizes estabelecidas quanto às dimensões, coordenadas, cotas, características geométricas e interferências vizinhas.
- Obter o levantamento planialtimétrico do local, de forma a permitir o cálculo e a distribuição dos pontos de sondagem pelo campo de trabalho.

3. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

3.1 Execução dos Serviços

Preliminarmente à execução dos estudos geotécnicos, deverão ser pesquisados todos e quaisquer registros existentes que forneçam informações, da área do sítio, relacionadas com o assunto em questão indicando em termos gerais à natureza dos solos que serão encontrados, suas propriedades de engenharia mais significativas, as condições do lençol de água, etc, a fim de facilitar o planejamento do levantamento dos serviços a serem realizados.

3.2 Investigações de Campo

As investigações geotécnicas de campo serão realizadas através de sondagens e/ou ensaios “IN SITU”, compreendendo:

- Sondagens a Trado;
- Sondagens a Pá e Picareta ou Poços de Inspeção;
- Sondagens Mistas.

3.3 Sondagens à Trado

O equipamento a ser utilizado terá capacidade para execução de sondagem até 15 metros de profundidade, e constará dos seguintes elementos: trado cavadeira com 10 cm de diâmetro, hastes, luvas, medidor de nível d'água, metro, recipientes para amostras e ferramentas para operação do equipamento.

Para início das sondagens será feita limpeza de uma área circular de 2 metros de diâmetro, concêntrica ao furo a ser executado, bem como a abertura de um sulco ao redor para desviar as águas de chuva.

O material retirado do furo será depositado à sombra, em local ventilado, sobre uma lona ou tábua, de modo a evitar sua contaminação com o solo superficial do terreno e ocasionar a diminuição excessiva de umidade do material.

O material obtido será agrupado em montes dispostos de acordo com sua profundidade a cada metro perfurado. Quando houver mudança de característica de material no transcorrer de um metro perfurado, serão preparados dois montes relativos ao material anterior e posterior à mudança.

O controle das profundidades dos furos será feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com o trado e a sobra das hastes em relação à boca do furo.

No caso da sondagem atingir lençol d'água, a sua profundidade será anotada e o nível d'água medido diariamente, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, depois de concluído o furo.

A sondagem a trado será dada por terminada somente quando:

- Atingir a profundidade especificada na programação dos serviços;
- Atingir o limite de 15 metros 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 a trado, devido à ocorrência de cascalho, matacões ou rocha;
- Por ordem da fiscalização.

Quando ocorrer impenetrabilidade por trado, novas tentativas serão realizadas, deslocando os demais furos a cada 3 metros para qualquer direção. Todas as tentativas deverão constar da apresentação final dos resultados.

Todos os furos serão, após seu término, totalmente preenchidos com solo, deixando cravada no local uma estaca com sua identificação.

Quando o material for homogêneo, as amostras serão coletadas a cada metro. Se houver mudanças no transcorrer do metro perfurado, serão coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais encontrados, tomando o cuidado de anotar devidamente a profundidade encontrada, bem como de coleta.

As amostras serão identificadas por duas etiquetas, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, onde constem:

- Nome da obra;
- Nome do local;
- Número do furo;
- Intervalo de profundidade da amostra;
- Data da coleta.

As anotações serão feitas com tinta indelével, em papel cartão, sendo as etiquetas protegidas de avarias no manuseio das amostras.

As amostras para os ensaios geotécnicos serão coletadas e acondicionadas imediatamente após o avanço de cada metro de furo.

Inicialmente serão coletados 100g de material, em recipiente com tampa hermética, parafinada ou selada, para determinação da umidade natural. A seguir serão colocados cerca de 30 kg, do material, em sacos de lona ou plásticos, para os demais ensaios geotécnicos programados. Em casos especiais, a Fiscalização poderá solicitar uma quantidade maior.

Os resultados preliminares de cada sondagem a trado serão apresentados em boletins onde constem, no mínimo;

- Nome da obra e do interessado;
- Identificação e localização do furo;
- Diâmetro e cota da sondagem;
- Data da execução;
- Tipo e profundidade das amostras coletadas;
- Descrição visual e tátil do solo;
- Motivo da paralisação;
- Medidas de nível d'água com data, hora e profundidade do furo por ocasião da medida. No caso de não ser atingido nível d'água, deverá constar no boletim "furo seco".

Os resultados finais de cada sondagem serão apresentados na forma de perfis individuais na escala 1:100, onde conste também a classificação geotécnica visual dos materiais atravessados, feita por geólogo, engenheiro ou técnico especializado.

Após o término do último furo, serão entregues, em papel copiativo, os seguintes documentos:

- Texto explicativo com localização, tempo gasto, total de furos executados e de metros perfurados, bem como outras informações de interesse;
- Planta de localização das sondagens.

3.4 Sondagens a Pá e Picareta ou Poços de Inspeção

A Contratada deverá dispor de equipamentos necessários para execução de poços de inspeção de até 20 metros de profundidade, solos coesivos acima do nível d'água. O equipamento constará de enxadão, picareta, pá, sarilho, corda, balde e outros elementos necessários ao bom desempenho executivo.

O poço será iniciado após a execução da limpeza superficial de uma área de 4 x 4m e da construção de um cercado com madeira pintada no perímetro da área limpa. Ao redor dessa área será aberto um sulco de drenagem, de maneira a evitar a entrada de água de chuva no poço.

O poço a ser aberto deverá ter forma circular ou quadrada com dimensão mínima de 0,80m. Todos os dispositivos de segurança necessários serão utilizados, quando da execução do poço.

Em terrenos instáveis os poços serão escorados de maneira adequada que permita o exame de toda seqüência vertical do terreno.

Todo o solo retirado do poço será depositado em seqüência ao seu redor, de maneira a formar um anel onde a distribuição vertical dos materiais atravessados fique reproduzida.

No caso do poço atingir lençol d'água, a sua profundidade será anotada. Quando ocorrer artesianismo, será anotada uma avaliação da vazão de escoamento ao nível do terreno.

O nível d'água será medido todos os dias, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, após a conclusão do poço.

O poço será considerado concluído quando:

- Atingir a cota prevista;
- Houver insegurança para o trabalho;
- Ocorrer infiltração d'água acentuada que torne pouco produtivas as operações de escavação;
- Ocorrer no fundo do poço material não escavável por processos manuais.

O poço será totalmente reaterrado com solo após seu término. No local do poço será cravada uma plaqueta com os seguintes dados:

- Número do poço;
- Profundidade;
- Cota e amarração.

Serão coletadas amostras deformadas a cada metro de escavação com material homogêneo. Se houver modificação do material, serão coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais.

As amostras serão identificadas por duas etiquetas feitas com papel cartão, com tinta indelével, uma externa e outra interna ao recipiente de amostragem, onde constem:

- Nome da obra;
- Nome do local;
- Número do poço;
- Intervalo de profundidade da amostra;
- Descrição visual e táctil do solo;
- Data da coleta.

As amostras serão coletadas sem demora em dois recipientes: um, com tampa hermética parafinada ou selada com 100g de material; outro, de lona ou plástico com amarrilho, com cerca de 30 kg.

As amostras permanecerão guardadas à sombra e em local ventilado e apropriado, para evitar ressecamento.

A coleta de amostras indeformadas será feita a cada 2 metros e cada vez que ocorrer mudança de material. As amostras indeformadas serão constituídas de

cubos de solo com arestas de 0,30 m de dimensão mínima, coletadas da seguinte maneira:

- Quando o furo do poço estiver a cerca de 0,50 m de profundidade especificada, na qual será coletada a amostra, será iniciada a talhagem cuidadosa do cubo a ser coletado, através da remoção do solo que o envolve;
- Talhado o bloco, sem seccioná-lo do fundo do poço, suas faces deverão receber uma camada de parafina aplicada a pincel. Após essa operação, amostra será envolvida em uma forma de madeira (caixa aberta em duas faces), de 0,34 m de dimensão interna. Colocada a forma bem vedada, sem contato com o solo que ladeia a amostra, despejar a parafina líquida nos vazios da forma e na face superior do bloco;
- Após o endurecimento da parafina, o bloco será cuidadosamente seccionado pela base; logo depois esta será regularizada e parafinada.

O bloco será retirado do poço com a forma e, após a sua remoção, será colada uma etiqueta com a identificação em uma das faces do bloco.

Completada a identificação, o bloco será colocado em uma caixa cúbica de 0,40m de dimensão interna, com tampa aparafusada. O espaço remanescente entre o bloco e a caixa será preenchido com serragem fina e pouco úmida.

Toda a operação será efetuada no menor tempo possível, ao abrigo de luz solar direta, não sendo permitida qualquer paralisação durante o processo.

Em um dos lados da caixa e no topo do bloco constarão os seguintes dados:

- Nome da obra;
- Local;
- Número do poço;
- Profundidade do topo e base da amostra;
- Descrição da amostra;
- Data;
- Cota da boca do poço;
- Operador.

Os resultados preliminares da abertura de cada poço serão apresentados em boletim, onde constem no mínimo:

- Nome da obra e interessado;
- Identificação e localização do poço;
- Cota da boca do poço;
- Data da execução;
- Tipo e profundidade das amostras coletadas;
- Descrição visual e tátil do solo;
- Motivo da paralisação;
- Medidas do nível d'água com data, hora e profundidade do poço na ocasião da medida. No caso de não ser atingido nível d'água, deve ser anotado "poço seco".

Os resultados finais dos poços serão apresentados na forma de perfis individuais, onde constem todos os dados de identificação, a classificação geotécnica visual dos materiais atravessados, suas estruturas, resistências e outros.

3.5 Sondagens Mistas

Serão utilizados os equipamentos tanto de sondagem a percussão como a rotativa.

Inicialmente será feita a limpeza de uma área que permita o desenvolvimento de todas as operações, sem obstáculos, e aberto um sulco ao seu redor para impedir, no caso de chuva, a entrada de água no furo. Será construída uma plataforma assoalhada, que deverá cobrir, no mínimo, a área delimitada pelos pontos de fixação do equipamento.

No caso da sondagem atingir lençol d'água, a sua profundidade será anotada. Quando ocorrer artesianismo, serão anotadas a altura máxima de elevação d'água no revestimento e a medida da vazão, com o respectivo nível dinâmico, quando o revestimento for seccionado.

O nível d'água ou as características de artesianismo serão medidos diariamente, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, após a conclusão da sondagem.

Após a última leitura do nível d'água ou término do "furo seco", este será preenchido totalmente com solo, deixando cravada no local uma estaca com a identificação da sondagem.

Quando a perfuração a trado-cavadeira for impossível, o furo será revestido e o avanço feito por trado espiral.

Se ocorrerem problemas de instabilidade do solo ou presença de nível d'água, o revestimento deverá ser cravado simultaneamente com o avanço do mesmo, de tal modo que sua boca inferior nunca atrase com relação ao fundo, a ponto de permitir o "fechamento" por instabilidade das paredes.

Quando o avanço da sondagem se fizer por lavagem, será erguido o sistema de circulação de água (o que equivale a elevar o trépano) à altura de 0,30m, e sua queda acompanhada de movimento de rotação, que o operador de sondagem imprimirá, manualmente, ao cachimbo.

Na perfuração de materiais muito moles ou incoerentes serão utilizados barriletes com válvulas de disco na parte inferior ou com janela lateral, denominados "baldinhos", em substituição à lavagem com trépano.

Toda e qualquer anomalia observada no furo, tais como mudança na cor de água de circulação, perdas de água de circulação, fendas, passagens moles, desmoronamento de paredes e outras, serão devidamente anotadas, na profundidade que ocorrerem no boletim de sondagem.

O diâmetro dos trados deverá ser aproximadamente 5 mm inferior ao diâmetro externo do revestimento utilizado.

As hastes serão retilíneas e com junções perfeitas e estanques, possuindo as características convencionais.

O controle das profundidades do furo, com precisão de 1cm, será feito pela diferença entre o comprimento total das hastes com a peça de perfuração e a sobra das hastes com a peça de perfuração e a sobra das hastes em relação a um nível de referência fixado junto à boca do furo.

Ao se atingir lençol d'água, a sua profundidade será anotada e seu nível medido diariamente, antes do início dos trabalhos e na manhã seguinte, após a conclusão da sondagem.

Os equipamentos utilizados serão adequados e especiais para a perfuração de furos até 40m de profundidade, com diâmetro NX, conforme a Tabela 1. A Contratada deverá dispor de todos os equipamentos exigidos e padronizados para a sondagem a percussão, tais como tripé ou equivalente, hastes-tubos de revestimento, barriletes amostradores, martelo para cravação do barrilete, bomba d'água, baldinho com válvula de pé, trépano de lavagem, motor com guincho e/ou macacos e/ou saca-tubos, medidor de nível d'água, trado-cavadeira, trado espiral e outros necessários a um bom desempenho operacional.

Os equipamentos-padrão para a execução de sondagens rotativas constará, fundamentalmente, de tripé, sonda propriamente dita, motor a combustão interna ou elétrica, bomba d'água, guincho, ferramentas, tubos, barriletes, retentor de testemunhos e demais acessórios necessários à execução destas sondagens até a profundidade de 130 metros.

Em terreno alagado ou coberto por lâmina d'água de grande espessura, a sondagem será feita a partir de plataforma flutuante fortemente ancorada, totalmente assoalhada, que cubra no mínimo a área delimitada pelos pontos de apoio do tripé, ou com um raio de 1,50 m contados a partir dos contornos do conjunto motor-bomba.

Deverão ser empregados todos os recursos da sondagem rotativa, tais como perfuração cuidadosa, manobras curtas, coroas e barriletes especiais, lama bentonítica e outros, de maneira a assegurar boa recuperação de todos os materiais atravessados. A redução do diâmetro do furo só poderá ser estabelecida por comprovada necessidade técnica.

Os diâmetros dos equipamentos utilizados obedecerão à seguinte tabela:

Código	Diâmetros Aproximados (mm)	
	Furo	Testemunho
EX	38	21
AX	48	30
BX	60	42
NX	76	55
HX	100	76

TABELA 1

3.6 Método a Percussão

Método utilizado quando se defronta com camada de solo que deverá ser atravessada por avanço de trado-cavadeira, diâmetro de 10 cm, até o nível d'água ou a profundidade exequível com este equipamento, após o que o avanço será feito por lavagem. Será realizado um ensaio de penetração "Standard Penetration Test" (SPT) com o amostrador padrão a cada metro de avanço com coleta de amostra, para que se efetivem as respectivas correlações.

Para o avanço da sondagem no trecho em solo com características muito compactas ou rocha alterada (saprólito), será facultada a utilização do processo rotativo, em substituição aos processos normais de avanço da sondagem à percussão, executando-se, entretanto, a cada metro, ensaios de penetração (SPT). Neste caso, o barrilete e a coroa da sonda rotativa avançarão a seco, quando acima do nível d'água, e com circulação d'água, abaixo dele.

Em cada furo, a etapa à percussão prosseguirá até atingir o impenetrável ao barrilete amostrador SPT e será paralisada de acordo com os seguintes critérios:

- Quando se obtiver penetração igual ou inferior a 2 cm durante os 20 primeiros golpes, excetuando-se os 5 golpes iniciais, em um mínimo de 5 m consecutivos sondados;
- Quando o número de golpes para cravação dos últimos 30 cm for igual ou maior que 50 golpes durante 5 m consecutivos sondados;
- Quando forem obtidos avanços pelo processo de lavagem, iguais ou inferiores a 2 cm por período de 10 minutos, em três períodos consecutivos.

Todas as vezes que, nas perfurações programadas for encontrado solo ou material incoerente, serão feitas medidas de resistência à penetração (SPT), retirando-se cuidadosamente uma amostra íntegra (cerca de 100g) a cada metro, de modo a preservar as características estruturais e litológicas do material, possibilitando correta classificação e respectiva correlação. Esta amostra deverá ser representativa e sua coleta poderá ser feita com o próprio amostrador (SPT) ou através do barrilete amostrador a seco ou utilizando o mínimo de água, de modo a não desagregar a amostra. Cuidados especiais serão tomados, para que não se amostre material de "bucha".

As amostras assim coletadas serão imediatamente adicionadas em recipientes de vidro ou plástico rígido (copinho) com tampa hermética, mantendo-se intactos os cilindros se solos obtidos (não amolgar dentro dos copos).

Se ocorrer mudança de material no intervalo de 1m de perfuração, serão coletadas tantas amostras quantos forem os diferentes tipos de materiais encontrados.

Esta(s) amostra(s) será (ão) identificada(s) por duas etiquetas em papel-cartão, uma interna e outra colada na parte externa do recipiente, com os seguintes dados:

- Nome da obra;
- Nome do local;
- Número da sondagem;
- Número da amostra;
- Profundidade da amostra;

- Número de golpes e penetração do ensaio;
- Data;
- Cota topográfica da boca do furo será tomando com base o RN do aeroporto;
- Operador.

As amostras (copinho) serão acondicionadas em caixas de madeira ou papelão, apropriadas para transporte. Nas caixas serão anotados, com tinta indelével, os seguintes dados:

- Número do furo;
- Nome da obra;
- Local;
- Número da caixa e número de caixas do furo.

As caixas de amostras deverão permanecer guardadas à sombra, em local apropriado.

A locação e programação dos furos sondagem de simples reconhecimento dos solos para fundações de edificações deverá ser feito pelo projetista de fundações, de acordo com as premissas da NBR 8036 (sendo no mínimo de 3 sondagens para área de projeção em planta de edificação de até 1.200 m² e/ou 3 sondagens mais 1 sondagem a cada 400 m² que excederem 1.200 m² de área de projeção em planta da edificação) e para a pavimentação das vias de acesso e estacionamento de acordo com a Instrução de Serviço IS-206 do DNIT (sendo no mínimo de 3 sondagens, cuja distância entre si não podem exceder 100 m).

3.7 Método Rotativo

Obtidas as condições para mudança de método, os ensaios de penetração serão suspensos, iniciando o processo rotativo propriamente dito.

A perfuração será iniciada após a ancoragem da sonda no solo, de maneira a minimizar suas vibrações e impedir seu deslocamento durante a execução da sondagem.

As coroas serão diamantadas e os barriletes do tipo duplo livre giratório, sem circulação de água pelos testemunhos, nos diâmetros NX e BX.

Sempre que voltar a ocorrer, em qualquer profundidade, um mínimo de 0,50m de material mole ou incoerente, será executado de imediato um ensaio de penetração SPT, seguindo de outros a intervalos de 1m, até serem atingidos os critérios de impenetrabilidade, tendo-se o cuidado de coletar uma “amostra íntegra” deste material, dentro dos critérios estabelecidos.

A paralisação e conseqüente conclusão da sondagem serão procedidas de acordo com o seguinte critério:

- Quando durante o processo da perfuração ocorrer 5 m consecutivos de rocha sã com recuperação mínima de 90%;
- Por solicitação da Fiscalização.

A amostragem será contínua e total, mesmo das intercalações de materiais moles, incoerentes ou muito fraturados. Os testemunhos não deverão apresentar-se excessivamente fraturados ou roletados pela ação mecânica do equipamento de sondagem, exceto quando se tratar de rochas estratificadas ou xistosas.

Todos os cuidados serão tomados, de modo que a recuperação dos testemunhos não seja inferior a 90% por manobra, salvo quando este nível for considerado impossível durante a execução.

As operações de retirada das amostras do barrilete e de seu condicionamento nas caixas serão feitas cuidadosamente, de maneira a serem mantidas as posições relativas dos testemunhos coletados.

As amostras serão acondicionadas em caixas de madeira padrão. No caso, de amostras de diversos diâmetros numa mesma caixa, serão colocados calços no fundo e nas laterais das divisões das caixas de maneira a garantir sua imobilidade durante o manuseio. As caixas serão providas de tampa com dobradiças.

Os testemunhos serão colocados nas caixas após cada manobra, sempre observando a seqüência de profundidade das amostras.

As amostras de cada manobra serão isoladas transversalmente nas canaletas das caixas por um taco de madeira, fixado de imediato. Neste taco será anotada a profundidade da amostra.

No taco que isola a última manobra do furo constará, além da profundidade final do furo, a palavra "FIM".

No caso de ser empregado, num determinado intervalo, o avanço da sondagem pelo processo a percussão, as amostras assim coletadas serão acondicionadas nas mesmas caixas das amostras de rotação, segundo a seqüência de sua obtenção.

Na tampa e num dos lados menores da caixa, serão anotados com tinta indelével, os seguintes dados:

- Número do furo;
- Nome da obra;
- Local;
- Número da caixa e o número de caixas do furo.

Durante a realização das sondagens, as caixas com testemunhos serão armazenadas junto às sondas em local protegido contra intempéries. Ao término da sondagem, as tampas das caixas de amostras serão fixadas com parafusos e levadas até o local apropriado ou indicado pela Fiscalização.

3.8 Apresentação dos Resultados

Os resultados preliminares de cada sondagem serão apresentados, para uma primeira análise, em boletim, onde constem basicamente:

- Nome da obra e interessado;
- Identificação e localização do furo;
- Inclinação do furo;
- Diâmetro da sondagem e tipo de barrilete utilizado;
- Tipo e número da coroa utilizada;
- Cota da boca do furo com relação ao RN Aps do pátio, implantado pelo ICA e deverá ser obtido junto a Gerência de Engenharia do Aeroporto;
- Data de execução;
- Nome do sondador e da Contratada;
- Tabela com observações de nível d'água como: data, hora, leitura, profundidade do furo, anomalias detectadas, profundidade de água, instalação de obturador com sua cota e outras;
- Posição final do revestimento;
- Resultados dos ensaios de penetração, com o número de golpes e avanço, em centímetros, para cada terço de penetração do amostrador;
- Resultados dos ensaios de lavagem por tempo, indicando intervalo ensaiado, avançam em centímetros e tempo de operação da peça de lavagem;
- Número de peças de testemunhos por metro, segundo trechos de mesmo padrão de fraturamento;
- Recuperação dos testemunhos em porcentagem, por manobra.

No caso de não ser atingido nível da água, deverá constar no boletim “furo seco”.

O resultados finais de cada sondagem mista serão apresentados na forma de perfis individuais na escala 1:100, onde constem todos os dados solicitados, tal como classificação geológica (grau de alterabilidade e fraturamento) e geotécnica dos materiais atravessados, efetuada por geólogo ou engenheiro experiente.

O número de peças e a recuperação dos testemunhos deverão constar de gráficos, com suas variações em profundidade.

Com o relatório final serão entregues os seguintes documentos:

- Na profundidade, onde a penetração for inferior a 5 cm, durante dez golpes informações de interesse e, bem assim, o nome e a assinatura do responsável pela Contratada;
- Planta de localização das sondagens ou, na falta desta, esboço com distâncias aproximadas e as amarrações possíveis.

3.9 Ensaios De Campo

3.9.1 Ensaios de Penetração para as Sondagens Mistas

O ensaio de penetração de acordo com o método SPT será executado, a cada metro, a partir de 1m de profundidade de sondagem.

O fundo do furo deverá apresentar-se satisfatoriamente limpo. Caso se observe desmoronamentos da parede do furo, o tubo de revestimento será cravado de tal modo que sua boca inferior nunca fique abaixo da cota do ensaio penetrométrico. Nos casos em que, mesmo com o revestimento cravado, ocorrer

fluxo de material para o furo, o nível d'água do terreno, no furo, será mantido acima do nível d'água do terreno por adição de água. Nestes casos, a operação de retirada de equipamento de perfuração será feita lentamente.

O ensaio de penetração consistirá na cravação do barrilete amostrador, através do impacto, sobre a composição do hasteamento de um martelo de 65 kg caindo livremente de uma altura de 75 cm.

O martelo para cravação do amostrador será erguido manualmente, com auxílio de uma corda e polia fixa no tripé. É vedado o emprego de cabo de aço para erguer o martelo. A queda do martelo dar-se-á verticalmente sobre a composição, com a menor dissipação de energia possível. O martelo deverá possuir uma haste guia onde estará claramente assinalada a altura de 75 cm.

O barrilete será apoiado suavemente no fundo do furo, assegurando-se que sua extremidade se encontra na cota desejada e que as conexões entre as hastes estejam firmes e retilíneas. A ponteira do amostrador não poderá estar fraturada ou amassada.

Colocado o barrilete no fundo do furo, serão assinaladas com giz, na porção de haste que permanece fora do revestimento, três trechos de 15 cm cada um, referenciados a um ponto fixo no terreno. A seguir, o martelo será suavemente apoiado sobre a composição das hastes, anotando-se a eventual penetração observada.

Não tendo ocorrido penetração igual ou maior do que 45 cm, no procedimento acima, serão iniciadas a cravação do barrilete através da queda do martelo. Cada queda do martelo corresponderá a um golpe e serão aplicados tantos golpes quantos forem necessários à cravação de 45 cm do amostrador. Serão anotados o número de golpes e a penetração em centímetros, para a cravação de cada terço do barrilete, ou o número de golpes e a penetração respectiva. O valor da resistência à penetração consistirá no número de golpes necessários à cravação dos 30 cm finais do barrilete.

A cravação do barrilete será interrompida quando se obtiver penetração inferior a 5 cm durante 10 golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste. O número máximo de golpes num mesmo ensaio será de 50.

Nestas condições, o terreno será considerado impenetrável ao SPT.

Atingidas as condições anteriormente definidas, os ensaios de penetração serão suspensos, sendo reiniciados quando, em qualquer profundidade, voltar a ocorrer material suscetível de ser submetido a este tipo de ensaio, no caso da sondagem prosseguir pelo processo rotativo.

3.9.2 Ensaio de lavagem por tempo

Consiste na aplicação do processo definido em sondagens mistas por trinta minutos, anotando-se os avanços obtidos a cada período de dez minutos.

Quando forem obtidos avanços inferiores a 5 cm por período, em três períodos consecutivos de dez minutos, o material será considerado impenetrável à lavagem.

Na profundidade, onde a penetração for inferior a 5 cm, durante dez golpes consecutivos, não se computando os cinco primeiros golpes do teste, recomenda-se a execução de dois pares de ensaios SPT e lavagem por tempo, em níveis consecutivos do terreno, de forma a permitir uma correlação entre os valores de resistência à penetração e à lavagem por tempo para as condições do terreno e do equipamento de lavagem empregado.

3.9.3 Ensaios de infiltração

O equipamento necessário à sua execução constará de:

- Bomba de água com capacidade mínima de 40 litros por minuto;
- Hidrômetro com divisões de escala em litros, testado no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau fornecimento. (não deverá apresentar desvio superior a 10% do valor real na faixa de vazão entre 10 e 40 l /min.). É vedado o uso de curvas de calibração;
- Tambor graduado em litros com capacidade de aproximadamente 200 litros;
- Provetas ou latas graduadas a cada 50 cm³, com capacidade mínima de 1 litro;
- Funil com rosca para acoplamento no revestimento, com redução mínima de 2,5cm e diâmetro maior que 20 cm;
- Escarificador constituído por uma haste decimétrica de madeira com pregos sem cabeça semi-cravados.

Quando o nível da coluna d'água é mantido constante durante todo o tempo da absorção d'água o ensaio é denominado ensaio de infiltração a nível constante; quando a coluna d'água varia ao longo do tempo de medida o ensaio é chamado de ensaio de infiltração a nível variável.

A execução de ensaios de infiltração e penetração num mesmo furo será limitada ao trecho abaixo do nível d'água ou onde o avanço da sondagem for feito pelo método de lavagem. Ensaios de infiltração acima destes limites serão feitos em um novo furo, deslocado de 3 m em relação ao primeiro.

A parede do furo no horizonte do solo a ser ensaiado será desobstruída por raspagem com o escarificador.

O revestimento será estendido até um mínimo de 0,80m acima do nível do terreno e enchido com água até sua boca.

Será executado o ensaio de infiltração a nível variável quando a carga hidráulica no trecho ensaiado for superior a 0,2 kg/cm² (2m) e quando a velocidade de rebaixamento de água no tubo de revestimento for inferior a 10 cm/min.

O ensaio a nível variável será feito através da medida do nível d'água dentro do revestimento, a cada minuto, durante 10 minutos, após a manutenção do tubo de revestimento cheio d'água até a boca, durante 10 minutos, no mínimo.

O ensaio a nível constante consiste na medida da absorção d'água estabilizada, a cada minuto, durante 10 minutos.

Entende-se que as leituras de absorção d'água estão estabilizadas quando:

- Não for observada uma variação progressiva nos valores lidos;
- A diferença entre leituras isoladas e seu valor médio não superar 20%.
- As medidas de absorção d'água no ensaio a nível constante serão feitas com hidrômetro acoplado à canalização da bomba quando forem superiores à aproximadamente 10 l/min.; com proveta graduada quando forem inferiores a aproximadamente 1 l/min.; e com tambor graduado nos casos intermediários.

3.9.4 Ensaios de perda d'água

O equipamento necessário à sua execução constará de:

- Bomba de água com capacidade mínima de 60 litros por minuto a uma pressão de 10 kg/cm². A bomba será testada no início de cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento;
- Hidrômetro com divisões de escala em litros. Será suficientemente sensível para detectar uma vazão mínima de 3l/min. No início de cada sondagem e sempre que houver suspeita de mau funcionamento o hidrômetro será calibrado, sendo rejeitado aquele que apresentar um desvio superior a 10%;
- Manômetros com capacidade e divisões de escala conforme tabela a seguir (tabela 2), comparados, com um manômetro aferido de uso exclusivo para calibração, a cada furo e sempre que houver suspeita de mau funcionamento. Os manômetros não deverão apresentar um desvio de leituras superior a 10% do valor real. É vedado o uso de curvas de calibração;

Pressão máxima na escala do manômetro (kg/cm ²)	Divisões da escala (kg/cm ²)	Intervalo de posição do obturador com critério de pressão de 0,25kg/cm ² /m
1,0	0,1	1,0 a 3,5
3,0	0,1	2,5 a 11,0
6,0	0,2	8,0 a 22,0
10,0	0,5	20,0 a 36,0
20,0	1,0	36,0 a 72,0
30,0	1,0	72,0 a 108,0

TABELA 2

- Estabilizador de pressão cuja atuação impeça que o campo de variação das oscilações de pressão seja superior a 10% do valor a ser lido. É vedado o uso de agulha salva manômetro para estabilização das leituras de pressão;
- Obturadores, em boas condições, de borracha, tipo pneumático ou mecânico de cruzeta, simples e duplo. O comprimento mínimo do obturador deverá ser de 20 cm. O seu diâmetro externo deverá ser cerca de 5 mm menor do que o do furo. É vedada a utilização de obturadores cuja expansão seja obtida através de compressão das hastes no fundo do furo mediante o emprego de haste perfurada abaixo do obturador;
- Canalização, luvas, cotovelos e outros, em boas condições, com juntas estanques, sem obstrução excessiva de ferrugem e com diâmetro mínimo de 1,9cm. É vedado o uso de niples ou reduções que diminuam a seção da tubulação. O diâmetro da canalização será único e uniforme para todos os equipamentos de sondagem e durante toda a campanha programada.

Os equipamentos serão dispostos na seguinte ordem: bomba, estabilizador de pressão, hidrômetro, tubulação com manômetro e obturador. O manômetro ficará fixado num “tê” do trecho retilíneo da tubulação, sem curva ou cotovelo entre seu ponto de fixação e o obturador.

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

3.9.5 Ensaios de perda de carga

Consiste numa simulação, em superfície, do ensaio de perda d’água. Tem por objetivo a determinação da perda de pressão provocada pelo atrito da água com as paredes da tubulação. Será feito um ensaio a cada campanha de sondagem.

O ensaio será iniciado após a montagem do equipamento, segundo a ordem já indicada, numa superfície plana, onde o ponto de saída da água e o manômetro fiquem situados numa mesma cota. O comprimento total da tubulação (L) deverá ser cerca de 20% superior à profundidade máxima prevista para as sondagens da campanha programada.

Serão feitas medidas de pressão e vazão em estágios de aproximadamente 10, 20, 40 e 60 minutos, para comprimentos de tubulações de L, 3/4L e 1/2L.

Com os resultados obtidos será construído um ábaco relacionando vazão, comprimento da tubulação e perda de carga, que será utilizada na correção da pressão efetivamente aplicada no trecho do furo ensaiado por perda d’água.

Os ensaios serão executados à medida do avanço da sondagem, em trechos de aproximadamente 3 metros de comprimento, a contar do início da efetiva utilização do processo rotativo.

As pressões do ensaio serão aplicadas num ciclo de 5 estágios: pressão mínima, pressão intermediária, pressão máxima, pressão intermediária e pressão mínima.

As pressões em cada estágio obedecerão aos seguintes critérios:

- Pressão máxima: 0,25Kg/cm² por metro de profundidade, na vertical, a contar da boca do furo até a posição do obturador. No caso de rocha friável ou muito alterada será usado 0,15kg/cm²/m.
- Pressão intermediária: igual à metade da pressão máxima.
- Pressão mínima: igual à pressão exercida, por uma coluna d’água interna, à tubulação do obturador, de aproximadamente 1 metro de altura acima da boca do furo.

As pressões máximas e intermediárias terão seus valores arredondados até a divisão mais próxima do manômetro.

Para execução do ensaio, inicialmente será efetuada cuidadosa lavagem do furo até que a água de circulação se apresente limpa e isenta de detritos.

Terminada a lavagem, será instalado o obturador com a extremidade inferior da porção vedante no limite superior do trecho a ser ensaiado.

A técnica de ensaio com obturadores duplos não será empregada como alternativa do ensaio com obturadores simples. O seu emprego será restrito às situações em que forem necessários ensaios complementares em trechos acima da posição do fundo do furo.

Ao ser aplicada a pressão mínima do primeiro estágio, será avaliada a eficiência de vedação do obturador, através da medida do nível d'água no furo, que geralmente sobe quando o obturador não está vedando. Para facilitar esta observação, recomenda-se o enchimento do furo com água até a boca do revestimento após a instalação do obturador. Caso não seja possível a vedação devido ao fraturamento da rocha ao redor do trecho de aplicação do obturador, o mesmo será deslocado para cima, até nova posição onde a vedação for eficiente. Não será aplicada pressão no furo, antes do início do ensaio.

Assegurada a vedação do trecho, será iniciada a aplicação dos estágios de pressão. A pressão mínima, de 1º e 5º estágios, será obtida pela manutenção da coluna d'água na tubulação do obturador (nos moldes dos ensaios de infiltração a nível constante); as demais pressões serão dadas pela bomba d'água.

Em cada estágio, após a estabilização dos valores de pressão e vazão, serão feitas 10 medidas de seus valores e intervalos de 1 minuto.

Entende-se que os valores de absorção d'água e pressão estão estabilizados quando:

- Não for observada variação progressiva nos valores medidos;
- A diferença entre as leituras isoladas e o seu valor médio for superior a 20%.

Nos casos de pressão e vazão pequenas, próximas aos limites inferiores de sensibilidade dos equipamentos de medida, as diferenças de leitura admissíveis serão estabelecidas, segundo um critério mais flexível.

Na fase decrescente do ciclo de pressões, se ocorrerem retorno de água injetada, a tubulação será aberta e serão anotados os seguintes valores:

- Volume total de água retornada até o total alívio de pressão de água no trecho ensaiado;
- Pressão que estava aplicada no trecho.

Para o cálculo do volume d'água retornada poderá ser utilizado o próprio hidrômetro, com conexão invertida para garantir seu perfeito funcionamento, ou tambor de volume conhecido.

Após o cálculo do volume retornado, o ensaio será retomado a partir do estágio subsequente àquele que deu origem ao retorno da água.

Quando, com a vazão máxima da bomba, não for atingido o valor da pressão de qualquer dos estágios do ensaio, serão feitas leituras dos valores de pressão e vazão atingidos, durante 10 minutos a cada minuto. Além do registro deste caso

de absorção total da vazão da bomba, serão executados e registrados os demais estágios com pressão inferior ao daquele cuja pressão não foi atingida.

3.9.6 Ensaio de laboratório

Os ensaios de solo que deverão ser feitos em laboratório, compreenderão as seguintes análises e determinações:

- Umidade Natural
- Densidade Natural e Densidade Real
- Análise Granulométrica
- Limites de Liquidez e Plasticidade ou Limites de Atterberg
- Ensaio de Compressão Simples
- Ensaio de Cisalhamento Direto
- Ensaio de Adensamento Unidimensional
- Ensaio de Compressão Triaxial:
 - Ensaio Triaxial Adensado não Drenado;
 - Ensaio Triaxial Adensado e Drenado;
- Ensaio Triaxial com τ_1 Constante e τ_3 Decrescente;
 - Ensaio Triaxial sem Deformação Lateral.
- Ensaio de Compactação
- Índice de Suporte Califórnia de Solos
- Equivalente de Areia
- Massa Específica Aparente do Solo "In Situ"
- Determinação da Umidade pelo Método Expedido "Speedy"
- Abrasão de Los Angeles
- Durabilidade do Agregado "Soudness Test"
- Adesividade do Agregado Graúdo e Ligante Betuminoso
- Dosagem de Misturas Betuminosas pelo Método Marshall
- Densidade de Misturas Betuminosas
- Estabilidade e Fluência de Misturas Betuminosas
- Porcentagem de Betume em Misturas Betuminosas
- Dosagem de Misturas Estabilizadas Granulométricamente
- Dosagem de Solo-Cimento pelo processo de Resistência à Compressão.

4. NORMAS E PRÁTICAS COMPLEMENTARES

- Anexo 14 da ICAO, Volume I – Aeródromos, cap. 5 e 7;
- Manual de Projetos de Aeródromos – parte IV;
- NSMA 85-2 – Normas de Infra-estrutura da DIRENG, de 11/10/1979;
- Portaria nº 1.141/GM5, de 08/12/1987;
- NBR 13133 - Execução de Levantamentos Topográficos;
- NBR 6484 - Execução de Sondagens de Simples Reconhecimento de Solos;
- NBR 6497 - Levantamento Geotécnico;
- NBR 6508 - Determinação da Massa Específica de Grãos do Solo – Método de Ensaio;
- NBR 7181 - Análise Granulométrica dos Solos;
- NBR 7182 – Ensaio de Compactação;
- NBR 8044 - Projeto Geotécnico;
- Ensaio de CBR – Método DNIT e método DIRENG ME – 01/87;
- NBR 9603 – Sondagem a Trado;
- NBR 7185 – Determinação da Massa Específica Aparente, “IN SITU”, com emprego do frasco de areia;
- NBR 6459 – Determinação do Limite de Liquidez;
- NBR 7180 – Determinação do Limite de Plasticidade;
- NBR 7183 – Determinação do Limite de Relação de Contração de Solos;
- NBR 7680 – Extração, Preparo, Ensaio e Análise de Testemunhos de Estruturas de Concreto;
- NBR 5739 – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos de Concreto;
- NBR 8352 – Misturas Betuminosas, Determinação da Densidade Aparente;
- NBR 12891 – Dosagem de Misturas Betuminosas pelo Método Marshall;
- NBR 12007 – Ensaio de Adensamento Unidimensional;
- Normas e Métodos de Ensaio do DNIT.