

ANEXO

ESTUDOS E SERVIÇOS GEOTÉCNICOS

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	3
2. PLANO DE TRABALHO.....	3
3. PROCEDIMENTO GEOTECNIA – ETAPA 1	4
3.1. OBRAS LINEARES	4
3.2. ÁREAS ESPECIAIS	4
3.3. ÁREAS DE JAZIDAS.....	5
4. PROCEDIMENTO GEOTECNIA – ETAPA 2	6
4.2. ÁREAS ESPECIAIS	6
4.3. ÁREAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO	7
4.4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO	8
5. APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS	9

1. OBJETIVO

As investigações geotécnicas têm como objeto fornecer as condições do subsolo e de ocorrência do lençol freático da área e subsidiar os estudos de escavações / terraplanagem, drenagem, pavimentação, equipamentos hidráulicos, elementos estruturais e orçamento dos componentes integrantes dos projetos de implantação e/ou ampliação de sistemas de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário.

Os serviços geotécnicos são divididos em duas etapas:

Geotecnia – Etapa 1: Campanha preliminar com o objetivo de avaliar a viabilidade das alternativas propostas no estudo de concepção e viabilidade, com inspeção das áreas especiais e pontos críticos das concepções, além do estudo das áreas de jazidas.

Geotecnia – Etapa 2: Campanha realizada após definição da melhor alternativa, tendo como objetivo fornecer as condições do subsolo e de ocorrência do lençol freático da área e subsidiar os estudos de escavações / terraplanagem, drenagem, pavimentação, equipamentos hidráulicos, elementos estruturais e orçamento dos componentes integrantes dos projetos de implantação e/ou ampliação de sistemas de abastecimento de água e/ou esgotamento sanitário.

2. PLANO DE TRABALHO

A contratada deverá apresentar para análise e aprovação da Fiscalização dois Planos de Trabalho para a realização dos serviços geológico-geotécnicos contemplando as Etapas 1 e 2 dos serviços geotécnicos.

Os estudos geológico-geotécnicos deverão atender as prescrições contidas nas Normas da ABNT e ser precedidos pelo levantamento topográfico da área de projeto, de modo a permitir a elaboração de uma planta base para planejamento das investigações geotécnicas e locação das sondagens.

Imediatamente após a aprovação do plano de investigação geotécnica a contratada deve enviar a SIHS o cronograma de execução dos serviços e, caso o serviço seja terceirizado, os dados da empresa responsável pela execução, com documentos comprobatórios de sua qualificação técnica e experiência.

É possível a readequação do plano de investigação geotécnica ou Plano de Sondagem, por solicitação da Contratante ou Contratada, em virtude das condições encontradas em campo; entretanto, é necessária a apresentação de justificativa para a análise e aprovação da Fiscalização.

Os quantitativos que ultrapassem o previsto no orçamento da SIHS só poderão ser executados mediante autorização por escrito da Fiscalização.

Deverá constar no plano de investigação geotécnica a localização dos pontos de sondagem (devendo estar devidamente georreferenciados e identificados topograficamente – cotas de boca de furo), com a indicação do tipo de sondagem a ser executada: poços de inspeção, a trado e percussão, com a indicação da profundidade máxima a ser atingida.

Quando não for possível alcançar a profundidade máxima prevista para o furo com o tipo de sondagem especificado no plano de trabalho, a Fiscalização deverá ser informada e questionada se deverá ser modificado o tipo de sondagem ou interrompida sua execução, na cota alcançada.

3. PROCEDIMENTO GEOTECNIA – ETAPA 1

3.1. OBRAS LINEARES

São consideradas obras lineares as seguintes unidades do sistema: rede coletora de esgoto, rede de distribuição de água, adutoras, linhas de recalque, interceptores, emissários e demais unidades com características similares as citadas anteriormente.

Para esta etapa, deverão ser apresentados furos de inspeção para pontos críticos do sistema de coleta e transporte, visando avaliar a viabilidade da concepção proposta e subsidiar a escolha da melhor alternativa.

A quantidade de furos e a profundidade dos mesmos deverão ser estabelecidas no Plano de Sondagem e deverão ser realizados contemplar minimamente:

- 1 sondagem à percussão para trechos de rede coletora/interceptores com profundidade acima de 3 metros;
- 1 sondagem à percussão para trechos de rede coletora/interceptores com afloramento de rocha (a ser identificado em visita técnica);

3.2. ÁREAS ESPECIAIS

São consideradas áreas especiais aquelas onde serão implantadas as seguintes unidades do sistema: elevatórias, estações de tratamento, reservatórios, TAUs, travessias, estruturas de suporte, blocos de ancoragem, tubulações executadas via MND, prédios (administrativos, casas de bomba, etc.), soluções individuais e coletivas de tratamento previstas na componente 2 e demais unidades com características similares as citadas anteriormente.

Para esta etapa, deverão ser apresentados furos de inspeção das áreas das elevatórias e áreas de estação de tratamento de esgotos, visando avaliar a viabilidade da concepção proposta e subsidiar a escolha da melhor alternativa.

A quantidade de furos e a profundidade dos mesmos deverão ser estabelecidas no Plano de Sondagem e deverão ser realizados contemplar minimamente:

- 1 sondagem à percussão para cada área de estação elevatória (com profundidade até impenetrável);
- 1 sondagens à percussão para cada estrutura de concreto prevista na estação de tratamento de esgotos (1 no tratamento preliminar e 1 nos reatores UASB, etc, com profundidade mínima de 10 metros)
- um furo de sondagens a trado por área de 250x250m, formando uma malha de furos espaçados para as áreas previstas para implantação de lagoas visando a caracterização qualitativa do material existente;
- ensaios de caracterização do solo para avaliação qualitativa do material existente nas áreas das lagoas, quanto ao selo de impermeabilização, realizando ensaios para obtenção da classificação do solo segundo sistema unificado de classificação de solo, do coeficiente de permeabilidade, assim como LL, IP, e Análise de Granulometria por Peneiramento e Sedimentação do material compactado;
- 2 sondagens à percussão para cada área de jazida proposta;
- um furo de sondagens a trado por área de 250x250m, formando uma malha de furos espaçados para cada área de jazida proposta;
- ensaios de caracterização do solo para avaliação qualitativa do material em cada área de jazida (mínimo de 3 áreas), quanto a utilização como selo de impermeabilização das lagoas de ETE, realizando ensaios para obtenção da classificação do solo segundo sistema unificado de classificação de solo, do coeficiente de permeabilidade, assim como LL, IP, e Análise de Granulometria por Peneiramento e Sedimentação do material compactado;
- ensaios de caracterização do solo e identificação do nível do lençol freático nas áreas previstas para atendimento através de soluções individuais e coletivas de tratamento previstas na componente 2, onde deverão ser realizados os ensaios adequados conforme normas técnicas da ABNT.

3.3. ÁREAS DE JAZIDAS

O estudo geotécnico das áreas de jazida tem como objetivo a identificação e caracterização do material de forma a definir a viabilidade do material como fonte de empréstimo de material. Para estas áreas será adotado o mesmo padrão utilizado para estudos das áreas de lagoas de estabilização (ver subitem 4.3). Entretanto, a profundidade das sondagens deverá ser definida com base na estimativa o volume de material de empréstimo necessário.

Deverá ser apresentado parecer conclusivo a respeito do uso do material da jazida como fonte de empréstimo para a execução dos serviços de terraplenagem e/ou selo argiloso.

4. PROCEDIMENTO GEOTECNIA – ETAPA 2

4.1. OBRAS LINEARES

São consideradas obras lineares as seguintes unidades do sistema: rede coletora de esgoto, rede de distribuição de água, adutoras, linhas de recalque, interceptores, emissários e demais unidades com características similares as citadas anteriormente.

O estudo geotécnico dessas unidades tem como objetivo a identificação do nível do lençol freático e a caracterização do material quanto à dificuldade de escavação, visando subsidiar a elaboração do orçamento.

A quantidade de furos e a profundidade dos mesmos deverão ser estabelecidas no Plano de Sondagem e deverão seguir as seguintes diretrizes:

- O espaçamento entre furos a trado e/ou poço de inspeção deverá ser proposto pela contratada, em função do tipo de solo e suas características geotécnicas relevantes para a elaboração do projeto, e aprovado pela fiscalização, considerando os seguintes valores **mínimos**:
 - 1 furo a trado a cada 250 metros de rede coletora:
 - Quando a profundidade da rede coletora ultrapassar 3 metros, poderá ser realizado, em substituição da sondagem a trado, um furo de sondagem a percussão;
 - A profundidade máxima dos furos será 1,00 m abaixo da cota de fundo da vala de escavação.
 - 2 furos à percussão por travessia linear;
 - 1 furo à percussão para curvas de 45° ou mais em linhas de recalque.

4.2. ÁREAS ESPECIAIS

São consideradas áreas especiais aquelas onde serão implantadas as seguintes unidades do sistema: elevatórias, estações de tratamento, reservatórios, TAUs, travessias, estruturas de suporte, blocos de ancoragem, tubulações executadas via MND, prédios (administrativos, casas de bomba, etc.), soluções individuais e coletivas de tratamento previstas na componente 2 e demais unidades com características similares as citadas anteriormente.

O estudo geotécnico dessas unidades tem como objetivo subsidiar a elaboração do projeto hidráulico, estrutural e a elaboração do orçamento das unidades.

A quantidade de furos e a profundidade dos mesmos deverão ser estabelecidas no Plano de Sondagem e deverão seguir as seguintes diretrizes:

- Para essas estruturas deverão ser previstas sondagens a percussão, rotativas e/ou mistas;
- Para as áreas previstas com atendimento através de soluções individuais e

coletivas de tratamento previstas na componente 2 deverão ser realizados os ensaios de caracterização do solo e identificação do nível do lençol freático conforme normas técnicas da ABNT, complementando e aprimorando o estudo feito na etapa 1.

- Mínimo de 2 furos em cada área, conforme previsto no item 4 “Condições gerais” da NBR 8036;
- A profundidade mínima para efeito de investigação geotécnica, interrupção e de mudança de equipamentos e/ou procedimentos deverá ser definida com base nas normas técnicas NBR 6122 – Projeto e Execução de Fundações (2010), NBR 8036 – Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios e NBR 6484 - Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de Ensaio;
- A profundidade mínima dos furos será:
 - Bases circulares ou quadradas: no mínimo igual a 2 vezes a menor dimensão em planta do elemento de fundação (B) ou o diâmetro, medida a partir da cota do fundo da estrutura.
 - Bases retangulares: 3 vezes a menor dimensão em planta do elemento de fundação (B), medida a partir da cota do fundo da estrutura.

Em caso de solo de baixa qualidade e resistência, onde as estruturas deverão possuir fundações profundas, os furos de sondagem deverão ser executados até o impenetrável.

4.3. ÁREAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

O estudo geotécnico das áreas de lagoas de estabilização tem como objetivo identificar as condições de suporte e de estanqueidade, com base na caracterização do material de fundação e de construção, de forma a subsidiar o projeto das lagoas e respectivo orçamento.

A quantidade de furos e a profundidade dos mesmos deverão ser estabelecidas no Plano de Sondagem e deverão seguir as seguintes diretrizes:

- Nas áreas de lagoas de estabilização, deverá ser realizada uma malha de furos de sondagem a trado. O espaçamento entre furos a trado deverá ser proposto pela contratada, em função do tipo de solo e suas características geotécnicas relevantes para a elaboração do projeto, e aprovado pela fiscalização;
- A profundidade máxima dos furos deve ser considerada 1,0 m abaixo da cota do fundo do selo ou camada (ou elemento) de impermeabilização;
- Deverão ser coletadas amostras para a realização de ensaios laboratoriais, com

destaque para a determinação das características do solo e suas propriedades de engenharia, conforme relacionado abaixo com vistas a sua utilização na execução do selo:

- Granulometria: peneiramento e/ou sedimentação;
- Limite de Liquidez (LL);
- Limite de Plasticidade (LP);
- Índice de Plasticidade (IP);
- Limite de Contração (LC) – opcional;
- Ensaio de Compactação Proctor Normal (ensaio PN);
- Ensaio de Permeabilidade compactado: carga constante e/ou variável;
- Caso o material de corte não seja adequado para execução de aterro, com base nos resultados dos ensaios laboratoriais, ou sua quantidade seja insuficiente, deverá ser realizado estudo para identificação de jazidas ou áreas de empréstimo com atenção para a avaliação das características geotécnicas do material, volume de exploração e distancia média de transporte (DMT);
- Ensaio de infiltração no terreno natural que servirá de base para a camada de impermeabilização tipo selo argiloso. Recomenda-se a execução de um ensaio para cada 200 m² de área, com profundidade da ordem de 1,5m.

4.4. ENSAIOS DE LABORATÓRIO

Poderá ser solicitada a realização de ensaios laboratoriais específicos com vistas à determinação de características e/ou comportamentos específicos inerentes aos solos tipo: expansivos, colapsíveis e saprolíticos. Esses ensaios deverão ser objeto de análise e aprovação da Fiscalização.

Os ensaios de laboratório deverão atender as normas específicas da ABNT e na ausência delas, normas estrangeiras e/ou procedimentos de laboratórios idôneos, tais como: o Laboratório de Geotecnia da Universidade Federal da Bahia (UFBA); Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT.

5. APRESENTAÇÃO DOS TRABALHOS

Os estudos e serviços geotécnicos serão realizados em dois períodos distintos durante a elaboração do projeto, com a geração de seus respectivos produtos, a saber:

- **Relatório de Geotecnia – Etapa 1:** a ser entregue na Fase 1 do projeto, referente aos Estudos de Concepção e Viabilidade, do qual devem constar os levantamentos necessários à elaboração do Relatório dos Estudos de Concepção e Viabilidade, a exemplo de um furo a percussão para cada área especial pré-selecionada, furos a trado nas possíveis áreas de implantação de lagoas de estabilização e estudo das áreas de jazidas;

- **Relatório de Geotecnia – Etapa 2:** a ser entregue na Fase 2, referente ao Projeto Hidráulico e Civil, do qual devem constar os levantamentos necessários para o detalhamento do projeto estrutural e orçamento, a exemplo dos furos a percussão / trado complementares nas áreas especiais definidas nos Estudos de Concepção e Viabilidade e no caminhamento das unidades lineares.

Nos relatórios geotécnicos deverá ser apresentado parecer conclusivo quanto à utilização dos materiais, quantidades, localização e local de aplicação.

- São itens obrigatórios do Relatório Geotécnico:
 - Boletins individuais;
 - Perfil dos furos realizados;
 - Estimativa do percentual de cada tipo de solo de escavação;
 - Definição da necessidade de uso de rebaixamento de lençol freático e do tipo e procedimento a ser utilizado para o rebaixamento, caso necessário;
 - Definição e detalhamento do tipo de escoramento para as valas;
 - Definição da utilização do solo local para embasamento das tubulações.
 - Anotação de Responsabilidade Técnica (ART)
 - Indicação do tipo de fundação a ser adotado para cada estrutura: rasa e/ou profunda;

- Definição da taxa de trabalho (σ_t) ou tensão admissível do solo (σ_{adm}) para cada tipo de estrutura.
- Resultados dos ensaios de caracterização do material: curvas granulométricas, LL, LP e IP;
- Apresentação de curvas de compactação: umidade x peso específico aparente seco e, determinação da umidade ótima ($w_{ótima}$) e peso específico aparente seco máximo ($\gamma_{dmáx}$);
- Coeficiente de permeabilidade (k em cm/s);
- Classificação dos materiais terrosos, com base no Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) e classificação HRB – Highway Research Board (com destaque para o valor do IG – Índice de Grupo);
- Parecer sobre o uso do material de corte para execução do aterro identificando os usos possíveis para o material (solo argiloso, bermas em taludes, etc.).
- Parecer sobre a utilização de soluções individuais e coletivas de tratamento previstas na componente 2 nas áreas de projeto, comprovadas através dos ensaios de caracterização do solo e identificação do nível do lençol freático, conforme normas técnicas da ABNT.
- Indicação da altura do Lençol Freático (LF) a ser considerado no Projeto Estrutural das respectivas áreas especiais (indicadas no item 4.2), em função dos ensaios geotécnicos e topografia do terreno.

Todos os relatórios e produtos apresentados deverão obedecer ao estabelecido no Termo de Referência.