

Anexo IV: Especificações Técnicas para Serviços Geológicos/Geotécnicos

1. Objetivo

Estabelecer normas e critérios para a execução dos serviços geológicos e geotécnicos para os Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental (EVTEA), Estudos Ambientais (EA) e Projeto Básico (PB), para a construção de uma ponte sobre a baía de São Marcos ligando o Bairro Bonfim, na continuidade do Bairro Itaqui, com o Bairro São Francisco, trecho da avenida Litorânea Ferreira Gullar ou Atlântica de São Luís (nas imediações da Ponte Governador José Sarney), e seus acessos as duas cabeceiras, situados na sede do município de São Luís, no estado do Maranhão.

- 1.1. As especificações são gerais e aplicam-se somente aos itens pertinentes, referentes aos serviços pagos a preços unitários.
- 1.2. Deverá ser observado o disposto nas normas e procedimentos adotados e indicados pelo DNIT, SEINFRA/MA, Prefeitura Municipal de São Luís/MA e demais órgãos competentes, assim como as disposições apresentadas nos itens a seguir.

2. Estudos Geológicos

- 2.1. Identificação e delimitação, por segmento e com grau de precisão compatível, dos locais geologicamente críticos, em termos de sensibilidade de maciços em geral.
- 2.2. Listagem de providências a serem tomadas no campo, segmento a segmento, para identificar, confirmar e melhor delimitar estes locais geologicamente críticos, a partir da avaliação e histórico de acidentes geotécnicos anteriores, sondagens, ensaios especiais, triaxiais, piezocone, dilatômetros Marchetti, Vane Test, sísmica, eletroresistividade, adensamento, compressão simples, etc.
- 2.3. Identificação dos prováveis locais de ocorrência de materiais adequados à execução das obras. Essas áreas deverão ser levantadas por meio de GPS e topografia.
- 2.4. Recomendações sobre aspectos a serem privilegiados e a serem evitados no desenvolvimento do projeto.
- 2.5. As informações requeridas serão assinaladas sobre as bases cartográficas disponíveis, amarrando-as à quilometragem da rodovia.

3. Estudos Geotécnicos

- 3.1. Deverão estar amarrados aos eixos de referência locados todos os limites de segmentos homogêneos, furos de sondagem, estações de medidas de deflexões recuperáveis e de irregularidades, áreas de inventário ou avaliação do pavimento, segmentos de cadastramento, etc.
- 3.2. A Proposta Técnica deverá apresentar os procedimentos que a Consultora pretende seguir, com a relação dos itens e quantidades de serviços previstos.
 - 3.2.1. Estudos do Subleito
 - a. A coleta de amostras deverá ser executada de acordo com o Plano de Sondagem aprovado pela Fiscalização.

- b. Nos segmentos em cortes deverão ser realizadas sondagens ao longo do eixo locado, com espaçamento máximo de 80,0m (oitenta metros).
- c. Quando houver variação no material do subleito, este espaçamento deverá ser diminuído, de tal forma que permita a perfeita caracterização do subleito estudado.
- d. A profundidade a ser sondada nos cortes deverá atingir 1,0 m (um metro) abaixo do greide do projeto geométrico.
- e. Deverá ser coletada uma amostra representativa para cada horizonte de material em todo furo de sondagem; caso não ocorra variação, deverá ser coletada uma amostra para cada 3,0m (três metros) sondados.
- f. Sobre todas as amostras coletadas deverão ser executados os ensaios completos (Granulometria, Limites de Atterberg, compactação, CBR e Expansão).
- g. Deverá ser observado no boletim de sondagem a presença do nível do lençol freático (N.A.) ou umidade excessiva, até a profundidade de 2,0m (dois metros) abaixo do greide de projeto.
- h. Nos locais onde a umidade natural for maior que a ótima, deverá ser realizado o ensaio de granulometria por sedimentação.
- i. A investigação do N.A. deverá ser feita através de observação e anotação no boletim de sondagem da presença do nível d'água (N.A.) ou umidade excessiva até a profundidade de 2,0 m abaixo do greide de projeto geométrico.
- j. A leitura do N.A. deve ser feita com 24 e 48 horas.

NÚMERO DE FUROS DE SONDAÇÃO POR CORTE		
Extensão do Corte (m)		Sondagem Mínima
0	até 100	1 furo
101	a 160	2 furos
161	a 240	3 furos
241	a 320	4 furos
	Maior que 320	5 furos

- k. Nos segmentos cujos perfis longitudinais acompanham o terreno natural ou o greide de rodovias implantadas, e ainda, em locais de aterro com altura máxima de 1,0 m (um metro), as sondagens deverão atingir a profundidade de 1,0 m (um metro) abaixo do terreno natural, com espaçamento máximo de 160 m.
- l. Em todas as amostras deverão ser realizados os ensaios completos. Quando houver variação no material do subleito, este espaçamento deverá ser diminuído, de tal forma que permita a perfeita caracterização do subleito estudada.
- m. O estudo de aterros com altura superior a 1,0 metro deverá ser executado com furos localizados nos pontos mais baixos do talvegue, até a profundidade de 1,0 metro. Nestes pontos os materiais deverão ser classificados expeditamente.
- n. No boletim de sondagem deverá constar à estaca, a posição do furo, as cotas do início e do final do material coletado e a classificação expedita do material.
- o. A investigação do N.A. deverá ser feita através de observação e anotação no boletim de sondagem da presença do nível d'água (N.A.) ou umidade excessiva até a profundidade de 3,0 m abaixo do greide de projeto geométrico.
- p. Os resultados dos ensaios deverão ser apresentados em quadro resumo onde deverão constar, além dos resultados dos ensaios, os índices de grupo e classificação dos solos segundo o sistema TRB.
- q. Deverão ser apresentados à Fiscalização as fichas de ensaios de laboratório e os quadros resumo dos ensaios.

3.2.1.1. Procedimento para delineamento da superfície rochosa ao nível do subleito.

- a. Situação 1: A superfície rochosa foi detectada por inspeção visual ou sondagem à profundidade menor que 1,5 metros. Deverão ser realizados 3 (três) furos de sondagem por seção (boca de lobo, trado, alavanca e fincão) para identificação da posição do "impenetrável a trado". Estes

furos de sondagem deverão ser posicionados nos bordos (bordo direito e bordo esquerdo) e no eixo. As seções terão espaçamento máximo de 20 metros (preferencialmente estaca inteira). O objetivo será definir a superfície de rocha que será cortada para implantação da rodovia. Furos de sondagem com espaçamento menor que 20 metros, serão necessários para detectar os limites de escavação destes materiais.

- b. Situação 2: A superfície rochosa foi detectada à profundidade maior que 1,5 metros. Deverá ser realizado um furo de sondagem por seção (boca de lobo, trado, alavanca e finção) para identificação da posição do “impenetrável a trado”. Estes furos de sondagem deverão ser posicionados sequencialmente no bordo direito, eixo e bordo esquerdo. As seções terão espaçamento máximo de 20 metros (preferencialmente estaca inteira). O objetivo será definir a superfície de rocha que será cortada para implantação da rodovia. Furos de sondagem com espaçamento menor que 20 metros serão necessários para detectar os limites de escavação destes materiais.

3.2.2. Estudos de Empréstimos

- a. Nos locais onde forem previstos empréstimos laterais os furos de sondagem serão localizados, com distância longitudinal máxima entre os furos de sondagem de 60 m (sessenta metros) e a profundidade igual à prevista para o empréstimo.
- b. As caixas de empréstimos concentrados deverão conter pelo menos 5 furos de sondagens, com espaçamentos máximos de 60 m (sessenta metros). De todos os furos serão coletadas amostras nos diversos horizontes, as quais serão submetidas aos ensaios completos (granulometria por peneiramento, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação, CBR e expansão).
- c. Deverá ser estudada a energia de compactação que seja mais compatível com o material do empréstimo.
- d. No boletim de sondagem deverá constar a estaca, posição do furo, as cotas do início e final do horizonte coletado e a classificação expedita do material.
- e. Os resultados dos ensaios deverão ser apresentados em quadro resumo onde deverão constar, além dos resultados, os índices de grupo e a classificação dos solos segundo TRB.
- f. Deverão ser apresentadas à Fiscalização as malhas dos furos das caixas de empréstimos, as fichas de ensaios

3.2.3. Estudo de ocorrências de Materiais Granulares

- a. Deverão ser localizadas e estudadas todas as ocorrências de materiais que sejam técnica e economicamente viáveis para as camadas do pavimento. Os estudos deverão abranger, com folga, os volumes necessários à execução do pavimento. Todas as ocorrências localizadas e não utilizadas no projeto por qualquer motivo, deverão ser posicionadas nos croquis gerais de jazidas.
- b. Prospecção definitiva. As jazidas deverão ser sondadas em uma malha de 30m x 30m. As profundidades dos furos deverão abranger a ocorrência do material servível, de acordo com o volume necessário. A coleta de amostras de cada horizonte de solo (unidade geológico-geotécnica) encontrado será realizada distribuindo-se os furos de sondagem de forma a representar toda a área daquela ocorrência, conforme sondagem mínima do quadro a seguir:

Área da ocorrência (m ²)	Número mínimo de coletas / amostras
Até 10.800	10
10.800 a 20.000	15
20.000 a 30.000	18
Superior a 30.000	21

- c. De cada furo representativo da jazida deverá ser coletada amostra suficiente para a execução dos ensaios de granulometria, limites de Atterberg, Compactação, CBR e expansão. O ensaio

- de equivalente de areia deverá ser executado, no mínimo, em 9 (nove) amostras de jazida, caso o material seja utilizado como camada de base, sendo o $LL > 25$ e/ou $IP > 6$. Deverá ser estudada a energia de compactação adequada para cada tipo de material.
- d. Em cada furo da jazida deverá ser fixado o piquete testemunho de localização. De cada ocorrência deverá ser fornecido o boletim de sondagem onde constará o número da jazida, número do furo, profundidade da camada, espessura da capa de matéria orgânica e classificação expedita dos materiais.
 - e. O volume da jazida deverá ser calculado considerando-se a área interna da malha assinalada. Deverá ser previsto o volume de limpeza, prováveis ocorrências de matacões e perda de material na exploração da jazida.
 - f. Deverão ser fornecidos o nome e endereço do proprietário da jazida, a distância desta ao eixo da rodovia, as condições de acesso e exploração, a vegetação existente e quaisquer informações que puderem ser elucidativas ao projeto.
 - g. Caso os materiais apresentem características de solos lateríticos, deverão ser executados, em no mínimo 3 (três) amostras, a determinação da relação sílica/sesquióxidos.
 - h. O estudo de escórias deverá incluir o ensaio de expansibilidade acelerada, com no mínimo, 3 ensaios.
 - i. No estudo de materiais, tais como, brita graduada, escória, solo-brita, cascalhos arenosos, materiais reciclados com a base, deverão ser executados, no mínimo, 3 (três) ensaios de permeabilidade para cada tipo de material.
 - j. Na fase de estudos deverão ser apresentadas à Fiscalização as fichas de ensaios de laboratório, o quadro resumo dos ensaios, malhas e croquis de localização das jazidas.

3.2.4. Estudo de Areiais

- a. Deverão ser executados 3 (três) furos representativos de sondagem da área de cada ocorrência dos areais e coletada 1 (uma) amostra de cada furo.
- b. Deverá ser fornecido o boletim de sondagem, bem como o volume ou produção diária, croquis de localização de ocorrência, nome e endereço do proprietário.
- c. Deverá ser providenciado, junto ao responsável pelo areal, um documento de “intenção de fornecimento de areia”, constando o volume de material a ser fornecido diariamente para a obra, o preço atual e a condição de carregamento do material.
- d. Sobre cada amostra deverão ser executados ao menos os seguintes ensaios:
 - i. Granulometria por peneiramento;
 - ii. Equivalente de areia; e,
 - iii. Determinação do teor de matéria orgânica.

3.2.5. Estudos de Pedreiras. Os materiais para camada de revestimento deverão ser exaustivamente pesquisados na região de projeto, possibilitando as seguintes informações:

- a. Denominação;
- b. Município;
- c. Nome e endereço do proprietário;
- d. Acesso (estaca ou km);
- e. Distância ao eixo;
- f. Tipo de material (condições estruturais: juntas, fraturas, diáclases, etc.);
- g. Condições de exploração (energia elétrica, praça, acesso, outras informações);
- h. Volume;
- i. Documentário fotográfico (pedreira, acesso, energia elétrica, furos, etc.); e
- j. Não deverão ser indicadas pedreiras que, durante sua exploração venham causar danos ao meio ambiente (gruta, nascente d'água, fauna ou flora).

3.2.5.1. Amostragem

- a. Pedreira não explorada: Deverá ser estudada pelo menos 1 (uma) ocorrência.
- b. Havendo variação litológica da rocha deverão ser retiradas tantas amostras, quantas forem necessárias à caracterização da pedreira (no mínimo 3 amostras).

- c. Deverá ser indicada a espessura da capa a ser removida.
- d. Sobre a rocha são deverão ser executados furos com o auxílio de martelo e retirada amostras com uso de explosivos.
- e. Se a pedreira se encontrar não aflorada, poderá ser necessária a utilização de sondagem sísmica para determinação do seu perfil de ocorrência.

3.2.5.2. Pedreira Comercial

- a. Deverá ser apresentado um croqui de localização da pedreira, com todos os elementos necessários à sua identificação. Deverá ser apresentado um croqui detalhado da área da pedreira a ser explorada com a localização dos furos.
- b. Sobre cada amostra deverão ser executados ao menos os seguintes ensaios:
 - i. Abrasão Los Angeles;
 - ii. Índice de Forma ou Lamelaridade (DNIT, SEINFRA/MA);
 - iii. Adesividade de grão com CAP e Emulsão Asfáltica;
- c. Deverá ser providenciado, junto ao responsável pela pedreira, um documento de “intenção de fornecimento de material britado”, constando o volume de material a ser fornecido diariamente para a obra, o preço atual, a disponibilidade para substituir o sistema de peneiramento, se necessário, e a condição de carregamento do material.

3.2.5.3. Certificados de Ensaios

- a. Deverão ser apresentados à Fiscalização os certificados de ensaios, emitidos pelo(s) laboratório(s) responsável(is) pelo estudo:
 - i. Determinação da relação molecular sílica/sesquióxidos (Kr) para solos lateríticos
 - ii. Determinação do teor de matéria orgânica (areais)
 - iii. Abrasão Los Angeles (agregados)
 - iv. Procedimento para levantamentos georeferenciados utilizando GPS nas áreas de extração (Pedreira, Cascalheiras e Areais), Empréstimos Concentrados e Bota-Fora. As áreas de extração de materiais (pedreiras, cascalheiras e areais), empréstimos concentrados e bota-foras deverão ser mapeadas utilizando a tecnologia GPS. Esta espacialização das áreas deverá ser expressa em coordenadas geográficas, latitude e longitude (graus, minutos e segundos), configurando para tanto nos receptores o datum ou elipsóide de referência SAD 69, padrão este utilizado no Departamento Nacional de Pesquisa Mineral – DNPM. É expressamente vedada a obtenção dos valores de coordenadas por meio de cartas topográficas, ferramentas CAD (AutoCAD, MicroStation ou TopoGRAPH), Google Earth ou qualquer outro meio indireto. Necessariamente os valores de coordenadas deverão ser obtidos por meio de atividade de campo.

3.2.5.4. Para Pedreiras ainda não exploradas. Em cada um dos pontos onde houver retirada de amostras para caracterização do material rochoso, deverão ser obtidos valores de coordenadas. Deverá ainda ser levantado um perímetro na forma de polígono com pelo menos quatro vértices, delimitando a área de interesse na pedreira. Os lados deste polígono imaginário deverão estar alinhados segundo as direções Norte-Sul e Leste-Oeste geográficos. Os valores de coordenadas obtidos para cada vértice deste polígono deverão ser apresentados por meio de tabela.

3.2.5.5. Para Pedreiras exploradas. Deverá ser obtido pelo menos um valor de coordenada, de preferência próximo à frente da lavra, utilizando receptor GPS de navegação.

3.2.5.6. Para Jazidas de Cascalho, Areais, Empréstimos Concentrados e Bota Fora:

- a. Para cada um dos furos sondados, seja da malha da cascalheira ou dos pontos isolados dos areais, empréstimos ou bota-fora, deverão ser obtidos valores de coordenadas geográficas.

- b. Adicionalmente, deverá ainda ser levantado um perímetro na forma de polígono, com pelo menos quatro vértices, delimitando a área de interesse na pedreira. Os lados deste polígono imaginário deverão estar alinhados segundo as direções Norte-Sul e Leste-Oeste geográficos.
- c. Os valores de coordenadas obtidos para cada vértice deste polígono deverão ser apresentados por meio de tabela.

3.2.5.7. Estimativa de Serviços para Exploração de Jazidas (Cascahos, Areia e Rocha). Deverá ser elaborado um croqui indicando o alinhamento do acesso a ser melhorado ou construído abordando, no mínimo, os seguintes aspectos:

- a. Serviços para implantação/melhoramento do acesso à jazida:
 - i. Geometria e terraplenagem (diretriz em planta, largura, volumes de corte e aterro estimados)
 - ii. Drenagem (indicação dos dispositivos e quantitativos estimados),
 - iii. Regularização do subleito e encascalhamento (estimativa de quantidades e indicação do material para encascalhamento).
- b. Serviços para instalação da britagem (rocha ou material a ser britado):
 - i. Limpeza da área (estimativa da área);
 - ii. Decapeamento da pedreira (definir área explorável e estimar volume);
 - iii. Acessos internos (idem, projeto do acesso);
 - iv. Terraplenagem para a área das instalações (estimativa de cortes e aterros);
 - v. Definição do tipo de energia (rede local ou conjunto de geradores);
 - vi. Dimensionamento do equipamento mínimo adequado à obra (número e tipo de britadores, sistema de peneiramento, lay-out industrial, sistema de correias, obrigatoriedade de pilha pulmão, outros).
- c. Recuperação ambiental da área da jazida:
 - i. Necessidade de demolições (estimativa e destino do material demolido);
 - ii. Conformação do terreno;
 - iii. Drenagem (indicar e estimar quantidades);
 - iv. Plantio de espécies (indicar espécies e estimar quantidade);
 - v. Outros.
- d. Documentos e informações para fins de composição do custo de exploração da jazida:
 - i. Verificação da existência de direito mineral e valor estimado da negociação;
 - ii. Verificar se a propriedade possui reserva legal averbada em cartório, caso negativo, estimar o valor necessário para tal averbação.
- e. Fundações e Estabilidade de Maciços.
- f. Estudos para Estabilidade de Maciços.
- g. Estudos para Projetos de Aterros sobre Solos Compressíveis.
- h. Plano de sondagem contendo os estudos necessários e suficientes para a elaboração do projeto de estabilidade do maciço. Somente após a autorização da Fiscalização estes estudos poderão ser executados. Como alternativas dispõe-se do seguinte:
 - a. A realização de sondagens com PDL;
 - b. A realização de sondagens com SPT;
 - c. A realização de sondagens sísmica;
 - d. A realização de sondagens com eletro-resistividade;
 - e. A realização de sondagens com GPR;
 - f. Ensaio "Vane Shear Test";
 - g. Ensaio triaxiais estáticos;
 - h. Ensaio de cisalhamento direto;
 - i. Ensaio de adensamento edométrico;
 - j. Estudos para Projetos de Estabilidade de Talude de Corte.
- i. Plano de sondagem contendo os estudos necessários e suficientes para a elaboração do projeto de estabilidade do maciço. Somente após a autorização da Fiscalização estes estudos poderão ser executados. Como alternativas dispõe-se do seguinte:
 - i. A realização de sondagens com SPT;
 - ii. A realização de sondagens sísmica;
 - iii. A realização de sondagens com eletro-resistividade;

- iv. A realização de sondagens com GPR;
- v. Ensaio triaxiais estáticos;
- vi. Ensaio de cisalhamento direto.
- vii. Fundações para Obras de Arte Correntes do tipo Bueiros de Grota Tubulares
- j. Plano de sondagem contendo os estudos necessários e suficientes para a elaboração do projeto de estabilidade do maciço. Somente após a autorização da Fiscalização estes estudos poderão ser executados. Como alternativas dispõe-se do seguinte:
 - i. A realização de sondagens com PDL;
 - ii. A realização de sondagens com SPT;
 - iii. A realização de sondagens sísmica;
 - iv. A realização de sondagens com eletro-resistividade;
 - v. A realização de sondagens com GPR.
- k. Fundações das Obras de Arte Correntes (OAC) – Bueiros Celulares e Obras de Contenção.
- l. Deverão ser efetuados estudos nos locais das fundações das OAC (bueiros celulares) e obras de contenção mediante a realização de sondagens, a fim de se definir o tipo de fundação a ser adotada. Deverão ser executadas sondagens de reconhecimento SPT $\Phi 2 \frac{1}{2}$ ", em número e profundidade suficientes, conforme indicações do Plano de Sondagens e Investigações, a ser discutido e previamente aprovado pela Fiscalização do DNIT, Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes – Goinfra. Admite-se no mínimo, 2 (dois) furos, um à montante e outro à jusante, nos locais de OAC.
- m. Fundações das Obras de Arte Especiais (OAE).
- n. Deverá ser observado o disposto nos itens denominados, "Elementos Geológicos e Geotécnicos" e "Elaboração de Projeto de obras de arte especiais na Fase Preliminar, do capítulo dedicado a Projetos de Obras de arte Especiais.

4. Cronograma

- 4.1. Deverão ser fornecidos à Fiscalização, com antecedência, o cronograma dos serviços de campo, de laboratório e o seu endereço, onde serão executados os ensaios. As amostras deverão ser estocadas durante o período em que se desenvolverá o projeto, possibilitando assim, estudos complementares, caso necessário. Para atender ao projeto das fundações de obras de arte correntes/especiais, bem como para o estudo da fundação de aterros, a Contratada deverá apresentar o plano de sondagem (à percussão, rotativa, mista, penetrômetro dinâmico leve) à Fiscalização para a sua aprovação e autorização para a realização do mesmo.
- 4.2. A Fiscalização da Codevasf, a seu critério, poderá acompanhar a execução de qualquer dos ensaios.