



Projeto geotécnico – Procedimento

APRESENTAÇÃO

1) Este 1º Projeto foi elaborado pela Comissão de Projeto Geotécnico (CE-02:153.04) do Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), nas reuniões de:

22.03.2011	19.04.2011	21.06.2011
26.07.2011	29.09.2012	23.10.2012

2) Este 1º Projeto de Revisão é previsto para cancelar e substituir a ABNT NBR 8044:1983, quando aprovado, sendo que nesse ínterim a referida Norma continua em vigor;

3) Não tem valor normativo;

4) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;

5) Este Projeto de Norma será diagramado conforme as regras de editoração da ABNT quando de sua publicação como Norma Brasileira.

6) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante	Representante
BRASFOND	ARMANDO CAPUTO
CEPOLLINA ENGENHEIROS CONSULTORES	MARIO CEPOLLINA
CONSTRUTORA TECNUM	SUSSUMU NIYAMA
DO VAL ENGENHARIA CONSULTIVA LTDA.	EDUARDO CERQUEIRA DO VAL
ENGEOS	JAIME DOMINGOS MARZIONNA
EPUSP	JAIME DOMINGOS MARZIONA
GEOBRAX ENGENHARIA	EDUARDO CERQUEIRA DO VAL
IGR CONSULTORIA DE SOLOS	IVAN GRANDIS
SCAC	VALMIR ALEXANDRE MERIGHI

NÃO TEM VALOR NORMATIVO

© ABNT 2013

Todos os direitos reservados. Salvo disposição em contrário, nenhuma parte desta publicação pode ser modificada ou utilizada de outra forma que altere seu conteúdo. Esta publicação não é um documento normativo e tem apenas a incumbência de permitir uma consulta prévia ao assunto tratado. Não é autorizado postar na internet ou intranet sem prévia permissão por escrito. A permissão pode ser solicitada aos meios de comunicação da ABNT.



ABNT/
PROJETO

SINDUSCON/SP

JORGE BATLOUNI

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALESSANDER KORMANN

ZF E ENG.ASSOCIADOS I

FREDERICO FALCONI



Projeto geotécnico – Procedimento

Geotechnical design – Procedure

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard establishes conditions to be observed in the studies and geotechnical designs.

NOTE *It is acknowledged that geotechnical engineering is not an exact science and that risks are inherent to any activity that encompasses nature's phenomena or materials. The criteria and procedures contained in this standard are intended to set out a balance of technical, economical and of safety requirements usually accepted by society on the date of publication.*



1 Escopo

Esta Norma estabelece as condições a serem observadas nos estudos e projetos geotécnicos.

NOTA Reconhecendo que a Engenharia Geotécnica não é uma ciência exata e que riscos são inerentes a toda e qualquer atividade que envolva fenômenos ou materiais da Natureza, os critérios e procedimentos constantes desta Norma procuram traduzir o equilíbrio entre condicionantes técnicos, econômicos e de segurança usualmente aceitos pela sociedade na data da sua publicação.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR 6122, *Projeto e execução de fundações*

ABNT NBR 6457, *Amostras de Solo — Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*

ABNT NBR 6459, *Solo — Determinação do limite de liquidez*

ABNT NBR 6484, *Solo — Sondagens de simples reconhecimentos com SPT - Método de ensaio*

ABNT NBR 6489, *Prova de carga direta sobre terreno de fundação — Procedimento*

ABNT NBR 6508, *Grãos de solo que passam na peneira de 4,8 mm — Determinação da massa específica*

ABNT NBR 7180, *Solo — Determinação do limite de plasticidade*

ABNT NBR 7181, *Solo — Análise granulométrica*

ABNT NBR 9603, *Sondagem a trado — Procedimento*

ABNT NBR 9604, *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento*

ABNT NBR 9820, *Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem — Procedimento*

ABNT NBR 10905, *Solo — Ensaios de palheta in situ — Método de ensaio*

ABNT NBR 12007, *Solo — Ensaio de adensamento unidimensional*

ABNT NBR 12069, *Solo — Ensaio de penetração de cone in situ (CPT)*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1

projeto geotécnico

conjunto de documentos que englobam investigações geotécnicas, análises, interpretações, estudos, memória de cálculo e desenhos. Estes documentos tem grau de detalhamento compatível com a fase de projeto, característica e porte da obra, eventualmente necessitando de estudos geológicos

3.2

categorias de projetos geotécnicos

a fim de estabelecer os requisitos do projeto geotécnico são definidas categorias de obras geotécnicas. projetos e obras geotécnicas têm seu grau de detalhamento de estudos variável de acordo com sua categoria levando em consideração sua magnitude, importância e risco. categoria 1 é a categoria que engloba unicamente obras pequenas e simples para as quais se pode assegurar que são satisfeitos os requisitos de segurança e desempenho apenas com base na experiência e em estudos de caracterização geotécnica. Nessa categoria podem ser atendidas apenas as exigências de estudo preliminar, ficando a critério do projetista, a necessidade de acompanhamento e monitoramento da obra

Incluem-se, por exemplo, na categoria 1 as seguintes obras:

- a) fundações de edificações simples de até 2 pavimentos com uma carga máxima de 250 kN nos pilares e 100 kN/m nas paredes;
- b) estruturas de contenção com desnível máximo de 3 m;
- c) pequenas escavações, de até 2 m, destinadas a trabalhos de drenagem, instalação de tubulações,
- d) pequenos aterros com até 4 m de espessura que não estejam assentes sobre solos moles, etc.
- e) taludes com até 5 m de altura,
- f) barragens com alturas de até 15 m

3.2.1

categoria 2

obras que requerem a obtenção e análise de dados geotécnicos e uma análise quantitativa (memória de cálculo) que assegurem que são satisfeitos os requisitos de segurança e desempenho podem ser usados procedimentos correntes nas investigações e na elaboração do projeto e execução. Para estas obras fica a critério do projetista a necessidade de acompanhamento e monitoramento da obra

Incluem-se na categoria 2 as seguintes obras:

- a) fundações de estruturas nas quais a carga variável não é significativa em relação à carga total.
- b) fundações de estruturas com menos de 45 m de altura em relação ao terreno;
- c) fundações de estruturas com relação altura/largura (menor dimensão) inferior a quatro;
- d) fundações de encontros de pontes ou estruturas convencionais.
- e) escoramentos, arrimos, estruturas de contenção e escavações com desníveis de até cerca 9 m;
- f) barragens com altura maior que 15 m.



g) obras de terraplenagem não descritas na categoria 1

3.2.2 categoria 3

diz respeito a estruturas de grande dimensão ou pouco comuns, a estruturas que envolvam riscos fora do comum ou condições do terreno e de carregamento invulgares ou excepcionalmente difíceis e a estruturas em áreas sísmicas

NOTA Nesta categoria estão incluídas as estruturas ou partes de estruturas não abrangidas pelas Categorias 1 e 2.

3.2.3 obras emergenciais

são as obras que podem ser suprimidos alguns dos procedimentos a seguir recomendados quando os problemas a serem enfocados exigirem soluções imediatas ou em prazo mínimo, desde que as etapas futuras da obra e a sua segurança não sejam comprometidas

3.3 terreno

sítio onde será implantada a obra

3.4 subsolo

parte do sítio, em extensão e profundidade, de interesse para a obra constituído de maciço natural formado por solos e rochas

3.5 talude

superfície inclinada de uma escavação (corte) ou aterro

3.6 encosta

superfície natural inclinada

4 Etapas de projeto

O projeto geotécnico pode compreender estudo preliminar, projeto básico e projeto executivo. As etapas têm grau de detalhamento de acordo com o tipo, características, finalidade, grau de complexidade, vulto, recursos e prazos.

4.1 Estudos preliminares

Nesta etapa, os trabalhos técnicos devem ter o nível de detalhamento suficiente para um estudo de viabilidade e permitir a tomada de decisões.

NOTA Esta fase compreende a coleta das informações básicas e definição de qual é a categoria do projeto e sua vida útil.

4.1.1 Reconhecimento preliminar

Tem por objetivo tomar contato direto com as condições físicas dos locais de implantação da obra utilizando-se como apoio dados eventualmente disponíveis: fotografias aéreas ou de satélites,



aerofotogrametria, mapas geológicos etc.

4.1.2 Estudo de alternativas

Os trabalhos técnicos devem ter o grau de detalhamento suficiente para permitir comparações sumárias entre alternativas de projetos indicados preliminarmente como técnica e economicamente viáveis.

4.1.3 Anteprojeto

Conjunto de relatórios e desenhos que apresentam e justificam as soluções técnicas da alternativa escolhida em estudos anteriores.

4.2 Etapa de projeto básico

Consiste no conjunto de todos os elementos que fixam os diversos componentes da obra consolidados em desenhos, memoriais descritivos, especificações técnicas de serviços específicos e quantificações. Todos esses elementos devem ser baseados em cálculos compatíveis com esta etapa de projeto. A finalidade desta etapa é permitir a elaboração do orçamento da obra e sua eventual contratação.

4.3 Etapa de projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico contendo todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

5 Atividades relacionadas com a obra

5.1 Acompanhamento técnico da obra

Tendo em vista que características geotécnicas podem variar, as obras geotécnicas devem ter acompanhamento de profissionais qualificados para verificação da coerência entre as observações de campo e as hipóteses de projeto.

Caso as condições do terreno sejam diferentes das premissas de projeto ou ocorram fatores imprevistos devem ser realizadas investigações adicionais e adequações no projeto.

5.2 Documentação de como-construído (*as-built*), dados de execução (*data book*) e relatório de fim de construção.

Dependendo do tipo e categoria da obra pode ser necessário registrar eventuais alterações do projeto executivo.

Essas alterações podem envolver dimensões, processos executivos, substituições de materiais, equipamentos empregados, ocorrências durante a obra, ou outros aspectos relevantes visando futuras ampliações, programa de manutenção, monitoramento etc.

Além dos desenhos, é conveniente o registro fotográfico de fases e pormenores construtivos, bem como a consolidação de dados e relatório de fim de construção que apresentem aspectos importantes do desenvolvimento da obra e possam auxiliar numa eventual análise do seu desempenho.

6 Investigações geológico-geotécnicas

São as atividades a serem realizadas no reconhecimento da área e do seu subsolo, na classificação e na determinação dos parâmetros geomecânicos dos materiais. As investigações, segundo a etapa do projeto, características e categoria da obra compreendem um ou mais dos serviços seguintes:

6.1 Levantamento dos dados gerais existentes

Dados cartográficos, geológicos, hidrológicos e geotécnicos existentes devem ser pesquisados, analisados e selecionados segundo sua aplicabilidade ao projeto em estudo. Levantamento de soluções e do comportamento de obras existentes na região.

6.2 Mapeamento geológico

Os dados cartográficos e topográficos existentes devem ser complementados por um reconhecimento de campo em grau de detalhamento compatível com o projeto. Tecnologias que empreguem informação de satélites ou fotos aéreas podem ser utilizadas.

Investigações geológicas de superfície têm como principal objetivo a determinação de feições geológicas específicas de interesse para a obra o que inclui a estrutura geológica e estratigrafia.

6.3 Investigações geológico-geotécnicas

Os dados existentes coletados conforme 6.1 podem, de acordo com a categoria do projeto, ser complementados com:

- a) visita ao local;
- b) programação de investigações;
- c) prospecção geofísica;
- d) sondagens e amostragem;
- e) ensaios *in situ*;
- f) ensaios de laboratório.
- g) seções geotécnicas;
- h) classificação petrográfica dos materiais;
- i) classificação geotécnica dos materiais;
- j) caracterização de ocorrências de materiais de empréstimo;
- k) identificação de áreas de bota-fora;
- l) Levantamento de aspectos geotécnicos ambientais.

Como resultado destes estudos deve ser obtido um conjunto de dados que possibilite a análise do problema de forma compatível com sua categoria.

A partir dos resultados de sondagens e ensaios que forem sendo executados durante o projeto e construção, os elementos até então considerados devem ser revistos e atualizados.

6.3.1 Visita ao local

Quando julgado necessário deve ser feita visita ao local para que sejam observados os seguintes aspectos:

- a) feições topográficas e eventuais indícios de instabilidade de taludes;
- b) indícios da presença de aterro (bota-fora) na área;
- c) indícios de contaminação do subsolo, lançada no local ou decorrente do tipo de ocupação anterior;
- d) prática local de projeto e execução de fundações;
- e) estado das construções vizinhas;
- f) peculiaridades geológico-geotécnicas na área, tais como: presença de matacões, afloramento rochoso nas imediações, áreas brejosas, minas d'água, sismicidade etc.
- g) condições existentes e demandas de drenagem superficial

6.3.2 Programa de investigações

Com base nos dados de 6.1 a 6.2 e de acordo com o porte e tipo da obra será feito um programa de investigações para caracterizar o subsolo.

NOTA Este programa pode incluir investigações de campo (mecânicas ou geofísicas) e de laboratório.

6.3.3 Prospecção geofísica

6.3.3.1 Métodos de prospecção geofísica

Permitem a obtenção, em curto prazo, de informações sobre o subsolo servindo principalmente, como importante elemento de interpretação de dados entre sondagens, poços de inspeção ou afloramentos.

6.3.3.2 Interpretação

Os elementos obtidos em prospecções deste tipo devem ser sempre interpretados junto com os resultados de sondagens ou outras investigações diretas, não podem ser utilizados isoladamente.

6.3.4 Sondagens e amostragem

As sondagens utilizadas para a caracterização do subsolo podem ser:

- a) poços exploratórios e trincheiras: possibilitam um exame detalhado do perfil do subsolo e permitem extrair blocos indeformados dos materiais existentes, assim como a realização de ensaios '*in situ*';
- b) sondagens a trado: são executadas para extração de amostras deformadas visando a classificação visual-táctil e determinados ensaios de laboratório.

- c) sondagens de simples reconhecimento: é a investigação mínima e obrigatória para a determinação do perfil do subsolo; resistência à penetração dos materiais atravessados, obtenção de amostras deformadas e medida dos níveis d'água subterrânea. São executadas de acordo com a ABNT NBR 6484;
- d) sondagem a percussão com medida de torque: neste tipo de investigação, ao final da medida da penetração do amostrador, é feita a medida do torque necessário para rotacioná-lo (SPT-T). A medida do torque serve para caracterizar o atrito lateral entre o solo e o amostrador.
- e) sondagens para extração de amostras do tipo indeformada: destinam-se à obtenção de amostras indeformadas de solos coesivos, de consistência mole a média, utilizando amostradores de parede fina (tipo "Shelby"). No caso de solos duros ou contendo fragmentos de rocha, em que amostras não podem ser extraídas por amostrador de parede fina, devem ser empregados amostradores especiais (tipo "Denison" ou similar);
- f) sondagens rotativas e mistas: em se tratando de maciço rochoso, rocha alterada ou mesmo solo residual jovem, as amostras coletadas devem indicar suas características principais, incluindo-se eventuais descontinuidades, indicando: tipo de rocha, grau de alteração, fraturamento, coerência, xistosidade, porcentagem de recuperação e o índice de qualidade da rocha (RQD). Sempre que possível deve ser feita a determinação do N_{SPT}

6.3.5 Ensaios "in situ"

Nestes ensaios o material é ensaiado sem a extração de amostras.

6.3.5.1 Ensaio de cone

Deve ser executado conforme a ABNT NBR 12069. Este ensaio consiste na cravação contínua de uma ponteira composta de cone e luva de atrito. É usado para determinação da estratigrafia e pode dar indicação da classificação do solo. Propriedades dos materiais ensaiados podem ser obtidas por correlações, sobretudo em depósitos de argilas moles e areias sedimentares.

O ensaio de penetração estática (CPT) e CPTU que permite a medida da poro-pressão gerada durante o processo de cravação e, eventualmente sua dissipação.

6.3.5.2 Ensaio de palheta (*vane test*)

Deve ser executado conforme a ABNT NBR 10905. Este ensaio é empregado na determinação da resistência ao cisalhamento, não drenada, de solos moles

6.3.5.3 Ensaio de placa

É uma prova de carga direta sobre o terreno, com o objetivo de caracterizar a deformabilidade e capacidade de carga do solo sob carregamento de fundações diretas, conforme ABNT NBR 6489.

6.3.5.4 Ensaio pressiométrico

Este ensaio consiste na expansão de uma sonda cilíndrica no interior do terreno, em profundidades pré-estabelecidas. Dependendo do modo de inserção do pressiômetro no solo, pode ser classificado como pressiômetro em pré-furo (ou de *Ménard*), autoperfurante. O ensaio permite a obtenção de propriedades de resistência e tensão-deformação do material.

6.3.5.5 Ensaio dilatométrico

O ensaio dilatométrico (dilatômetro de *Marchetti*) consiste na cravação de uma lâmina, que possui um diafragma. Este diafragma é empurrado contra o solo pela aplicação de uma pressão de gás. O ensaio pode ser usado para determinação da estratigrafia e pode dar indicação da classificação do solo. Propriedades dos materiais ensaiados podem ser obtidas por correlação, sobretudo em depósitos de argilas moles e areias sedimentares.

6.3.5.6 Ensaios sísmicos

Estes ensaios (*crosshole*, *downhole* e cone sísmico) são realizados em profundidades pré-estabelecidas e fornecem, basicamente, a velocidade de propagação da onda cisalhante. A partir destes dados é possível estimar o módulo de elasticidade transversal inicial, G_0 , do solo.

6.3.5.7 Ensaio de permeabilidade

Este ensaio (infiltração ou recuperação) permite a avaliação do coeficiente de permeabilidade *in situ* do solo.

6.3.5.8 Ensaio de perda d'água em rocha

Este ensaio permite obter informações sobre a capacidade de condução de água do maciço rochoso e dá indicações sobre o fraturamento da rocha.

6.3.5.9 Piezômetros e indicadores de nível d'água

São instrumentos que permitem verificar as pressões de água e a posição do nível do freático no maciço respectivamente.

6.3.5.10 Ensaio de penetração dinâmico

Existem diversos equipamentos e metodologias para ensaios de penetração dinâmica DPL, DPM, DPH e DPSH, entre outros, que podem ser utilizados a critério do projetista

6.3.6 Ensaios de laboratório em amostras de solos

Estes ensaios visam classificar os solos, determinar parâmetros de resistência, de deformabilidade e de permeabilidade.

As amostras representativas das camadas de solos devem ser retiradas através de poços e trincheiras de acordo com a ABNT NBR 9820 e a ABNT NBR 9604. Para os ensaios de caracterização dos solos podem ser obtidas amostras por meio de trado, de acordo com a ABNT NBR 9603.

Os ensaios mais usuais são:

6.3.6.1 Ensaios de caracterização

Estes ensaios compreendem:

- a) granulometria, conforme ABNT NBR 7181;



- b) umidade natural (h), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 6457;
- c) limite de liquidez (LL), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 6459;
- d) limite de plasticidade (LP), para solos argilosos, conforme ABNT NBR 7180;
- e) peso específico real dos grãos, conforme ABNT NBR 6508.

6.3.6.2 Outros ensaios de caracterização

- a) análise mineralógica;
- b) análise microestrutural;
- c) determinação da natureza e teor da matéria orgânica;
- d) avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio sedimentométrico comparativo – Ensaio de dispersão SCS.
- e) solos argilosos dispersivos – Identificação e classificação por meio do ensaio do furo de agulha (*pinhole test*).

6.3.6.3 Ensaio de cisalhamento direto

Este ensaio visa determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo (coesão e ângulo de atrito).

6.3.6.4 Ensaio triaxial

Este ensaio visa a determinação dos parâmetros de resistência e de deformabilidade do solo. Dependendo das condições de drenagem seja na fase de adensamento sob a tensão confinante seja na fase de aplicação da tensão desviadora, o ensaio pode ser classificado como: ensaio adensado drenado (CD), ensaio adensado não drenado (CU) e ensaio não adensado não drenado (UU). Se no segundo tipo de ensaio forem feitas medidas das poro-pressões (ensaio CŪ), é possível a obtenção de parâmetros de resistência em termos de tensões efetivas.

6.3.6.5 Ensaio de adensamento

Este ensaio determina as características de compressibilidade dos solos sob a condição de confinamento lateral, conforme ABNT NBR 12007.

6.3.6.6 Ensaios para caracterização de expansibilidade

Há várias formas para se caracterizar o solo quanto à sua expansibilidade. O ensaio mais comum é o que emprega o equipamento utilizado no ensaio de adensamento.

Outros ensaios de laboratório, como os citados a seguir, também podem fornecer informações sobre a expansibilidade do solo:

- a) granulometria (pela porcentagem da fração argila);
- b) índice de plasticidade;

- c) difração de raios-X (pela caracterização do mineral argílico);
- d) adsorção de azul de metileno;
- e) análise térmico diferencial e;
- f) espectrometria infravermelha.

6.3.6.7 Ensaio de colapsibilidade e “pin-hole”

É indicado no caso de solos não saturados que possam apresentar colapso com o aumento de umidade. O ensaio mais simples é feito no mesmo equipamento utilizado no ensaio de adensamento, medindo-se a deformação vertical sofrida pela amostra, em uma determinada tensão, ao ser inundada.

6.3.6.8 Ensaio de permeabilidade

Este ensaio permite determinar os coeficientes de permeabilidade vertical e horizontal de uma amostra de solo.

6.3.6.9 Ensaios químicos

Estes ensaios permitem avaliar a contaminação do solo e da água subterrânea, visando o estudo de sua influência no comportamento das fundações.

6.3.7 Ensaios em laboratório e “in situ” em amostras de rocha

São ensaios que determinam as características de resistência, de deformabilidade, ou o estado de tensão de maciços rochosos ou de amostras de rocha, sendo descritos na literatura corrente da mecânica das rochas. Tais ensaios só devem ser escolhidos e efetuados sob orientação de especialistas. Com os resultados destes ensaios devem sempre ser relatados os métodos e a aparelhagem utilizados. A execução de uma programação de ensaios deve sempre levar em conta o tipo e vulto da obra a ser construída e o tipo de solicitações que a mesma irá impor ao maciço, escolhendo deste modo ensaios que procurem representar o mais fielmente possível a resposta do maciço à ação da estrutura.

6.3.7.1 Ensaios “in situ”

É grande a gama de ensaios “in situ” que podem ser necessários à caracterização de um determinado maciço de fundação; entre os mais correntes podem ser citados:

- a) ensaios de deformabilidade, para determinação do comportamento tensão-deformação do maciço;
- b) ensaios de cisalhamento direto, para determinação das características de resistência de feições do maciço;
- c) ensaios de perda de água e de injeção;
- d) ensaios para determinação do estado de tensão natural do maciço;
- e) ensaios dinâmicos etc;
- f) sondagens integrais,



- g) filmagem de furos;
- h) hidrofraturamento.

6.3.7.2 Ensaios de laboratório

Os ensaios efetuados em laboratório podem ser os de:

- a) determinações petrográficas;
- b) determinações de densidades;
- c) absorção de água;
- d) compressão simples e diametral;
- e) cisalhamento direto;
- f) compressão triaxial;
- g) permeabilidade;
- h) ciclagem;
- i) resistência ao choque;
- j) grau de alteração.

7 Acompanhamento

Será descrito em cada um dos tipos de obra

8 Desempenho e monitoramento

Será descrito em cada um dos tipos de obra.



Anexo A

(normativo)

Taludes de escavações

A.1 Objetivo

Este Anexo estabelece as fases envolvidas na elaboração do projeto. Este Anexo trata de taludes em obras de terraplenagem e de valas para instalação ou construção de obras de infraestrutura.

A.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de alternativas considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, e pré-dimensionamento.

Para tanto são necessárias: pesquisa em mapas geotécnicos regionais, interpretação de fotos aéreas, levantamento planialtimétrico, e investigações preliminares.

A.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) programa de investigações e ensaios de campo e de laboratório;
- b) características geomecânicas do maciço a ser cortado e técnicas de melhoramento das condições existentes;
- c) natureza e posição do nível de água sua influência sobre a estabilidade do talude e eventual controle;
- d) fundações das estruturas próximas;
- e) estudo de eventuais efeitos sobre vizinhos decorrentes de deformações horizontais ou recalques;
- f) características de drenagem superficial na área escavada como também na área vizinha que possa influenciar a estabilidade do corte
- g) estudo da área de deposição do material escavado (bota-fora).

A.3.1 Documentos a serem produzidos

O projeto básico será consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abordando os seguintes aspectos:

- a) seções geológico-geotécnicas resultantes da interpretação das investigações;
- b) solução para eventual tratamento do maciço a ser cortado;
- c) especificações básicas e sequência executiva da obra;

- d) identificação de área(s) de depósito de material escavado;
- e) definição da geometria do corte;
- f) estudo de volumes, inclusive empolamento;
- g) drenagem superficial, subsuperficial e profunda;
- h) proteção dos taludes;
- i) instrumentação do maciço e talude; memoriais descritivos e justificativos do projeto;
- j) especificações técnicas-executivas da obra.

A.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

A.5 Acompanhamento

Obras de escavação devem ter acompanhamento técnico tendo em vista que características geotécnicas podem variar devendo-se observar os seguintes aspectos:

- a) levantamento das seções primitivas;
- b) verificação das características geométricas do projeto;
- c) orientação quanto a drenagens provisórias da plataforma e taludes, durante a obra;
- d) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto.

A.6 Monitoramento

Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados e a frequência das leituras. Devem ser informados os valores estimados para as grandezas a serem medidas.

O monitoramento deve ser feito através de instrumentos tais como: placas de recalque, inclinômetros, piezômetros, indicadores de nível de água, tassômetros, marcos reflexivos.

Anexo B (normativo)

Aterros

B.1 Objetivo

Este Anexo estabelece as fases envolvidas na elaboração e seus elementos de projeto. Este Anexo trata de aterros para suporte de estradas, aeroportos, plataformas para conjuntos habitacionais, pisos e instalações industriais.

B.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, e pré-dimensionamento.

Para tanto são necessárias: pesquisa em mapas geotécnicos regionais, interpretação de fotos aéreas, levantamento planialtimétrico, e investigações preliminares tanto para a área do aterro como também para eventuais áreas de empréstimo.

B.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) programa de investigações e ensaios de campo e de laboratório;
- b) fundação do aterro: resistência, compressibilidade e técnicas de melhoramento das condições existentes,
- c) recalques admissíveis e suas implicações,
- d) fundações das estruturas sobre ou através do aterro,
- e) características de drenagem da área que será aterrada,
- f) resistência do material do aterro.
- g) características e disponibilidade do material de empréstimo.

B.3.1 Documentos a serem produzidos

O projeto básico será consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abordando os seguintes aspectos:

- a) seções geológico-geotécnicas resultantes da interpretação das investigações;
- b) solução para eventual tratamento das fundações do aterro;

- c) especificações básicas que o aterro deve atender;
- d) identificação de área(s) de empréstimo;
- e) definição dos taludes;
- f) estudo dos volumes, inclusive empolamentos no transporte e redução na compactação;
- g) drenagem superficial, subsuperficial e profunda;
- h) proteção dos taludes;
- i) instrumentação dos maciços (aterro e fundação), memoriais descritivos e justificativos do projeto;
- j) especificações técnicas-executivas da obra.

B.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

B.5 Acompanhamento

Tendo em vista que características geotécnicas podem variar, as obras de aterros devem ter acompanhamento técnico observando-se os seguintes aspectos:

- a) levantamento das seções primitivas;
- b) verificação das características geométricas do projeto;
- c) adequação de eventual drenagem subterrânea às reais condições locais;
- d) orientação quanto a drenagens provisórias da plataforma e taludes, durante a obra;
- e) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- f) verificação se os ensaios de controle de compactação são adequados perante o tipo de solo local, inclusive na área de empréstimo;
- g) análise dos resultados dos ensaios de caracterização e controle de compactação;
- h) adequação das especificações técnicas às realidades locais: equipamentos utilizados e características do material.

B.6 Monitoramento

Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados na estrutura e sua fundação e a frequência das leituras. Devem informar os valores estimados para as grandezas a serem medidas.



O monitoramento deve ser feito através de instrumentos tais como, placas de recalque, inclinômetros, piezômetros, indicadores de nível de água, tassômetros, marcos reflexivos.

Anexo C

(normativo)

Fundações de estruturas

C.1 Objetivo

Este Anexo estabelece as fases envolvidas na elaboração do projeto. Este Anexo trata fundações de estruturas conforme especificado na ABNT-NBR-6122 “Projeto e execução de fundações”.

C.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de alternativas considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, conhecimento local e pré-dimensionamento.

Para tanto são necessárias: levantamento planialtimétrico, investigações preliminares ordem de grandeza das cargas nas fundações.

C.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) investigações e ensaios de campo e eventuais ensaios de laboratório;
- b) natureza e posição do nível de água sua influência sobre a solução;
- c) estudo de eventuais efeitos sobre vizinhos decorrentes de deformações horizontais ou recalques.

C.3.1 Documentos a serem produzidos

O projeto básico será consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abordando os seguintes aspectos:

- a) especificações e sequência executiva da obra;
- b) locação e dimensões dos elementos da fundação;
- c) detalhamento dos elementos de fundação sob o ponto de vista geotécnico.

C.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas: eventuais investigações adicionais e esforços finais nas fundações. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra.

C.5 Acompanhamento

Obras de fundação devem ter acompanhamento técnico tendo em vista que características geotécnicas



podem variar devendo-se observar os seguintes aspectos:

- a) acompanhamento de execução das estacas iniciais;
- b) exame do terreno de apoio de sapatas e tubulões;
- c) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- d) eventuais obstruções no terreno.

C.6 Monitoramento

Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados e a frequência das leituras. Devem informar os valores estimados para as grandezas a serem medidas.

O monitoramento deve ser feito através de pinos de recalque.

Anexo D

(normativo)

Contenções

D.1 Objetivo

Este Anexo estabelece os projetos de contenções que foram divididos em:

D.1.1 Muros de arrimo (flexão e gravidade)

São considerados muros de arrimo as estruturas que não dependem de ações externas (exceto de estacas) para suportar os esforços horizontais.

D.1.2 Obras de solo ou terreno reforçado

São aquelas em que a resistência do solo é aumentada pela inclusão de algum elemento resistente.

D.1.3 Estruturas ancoradas ou estroncadas

Compreendem as estruturas estroncadas ou atirantadas e ancoradas em solos e rochas. Consideram-se ancoragens os tirantes injetados protendidos e chumbadores os elementos não protendidos, atuando passivamente.

D.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de alternativas considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, e pré-dimensionamento.

Esses estudos devem ser fundamentados nas características geométricas do escoramento ou arrimo, na implantação da obra, no levantamento planialtimétrico e cadastral e investigações geológico-geotécnicas preliminar.

D.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) programa de investigações;
- b) fundação do escoramento ou arrimo;
- c) recalques e deformações admissíveis e suas implicações na própria estrutura e adjacências;
- d) drenagem da contenção;



O projeto básico é consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abrangendo os seguintes aspectos:

- a) seções geológico-geotécnicas resultantes da interpretação das investigações;
- b) especificações básicas dos elementos que constituem a obra;
- c) desenhos com planta, elevação e corte;
- d) drenagem superficial, subsuperficial e profunda, quando necessário;
- e) instrumentação, quando necessária, definida com detalhamento suficiente de maneira a permitir a quantificação dos trabalhos;
- f) memoriais descritivos e justificativos do projeto;
- g) especificações técnicas para execução da obra.

D.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

D.5 Acompanhamento

Tendo em vista que características geotécnicas podem variar, as obras de escoramentos e arrimos devem ter acompanhamento técnico observando-se os seguintes aspectos:

- a) verificação das características geométricas do projeto;
- b) adequação de eventual controle do lençol subterrâneo às reais condições locais;
- c) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- d) adequação das especificações técnicas às realidades locais: equipamentos utilizados e características do material.

D.6 Monitoramento

Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados e a frequência das leituras. Devem informar os valores estimados para as grandezas a serem medidas.

O monitoramento deve ser feito através de instrumentos tais como: “*strain gauges*”, placas de recalque, inclinômetros, piezômetros, indicadores de nível de água, tassômetros, marcos reflexivos.

Anexo E (normativo)

Drenagem e esgotamento

E.1 Objetivo

Este Anexo especifica os requisitos básicos e essenciais à elaboração de projetos de drenagem de águas superficiais, subsuperficiais e profundas para projetos geotécnicos. Estes projetos visam a atender necessidades de processos construtivos ou adequar as condições do maciço ao projeto geral da obra quanto à água que sobre ele escoar, se infiltrar e percolar.

De maneira geral a drenagem superficial de obras geotécnicas consiste de:

- a) valetas de proteção (corte ou aterro);
- b) captação de água e sua condução (seção das valetas, seu tipo de revestimento);
- c) eventuais bacias de amortecimento e dispositivos de quebra de energia (escadas de água);
- d) outros dispositivos como bueiros, dutos, etc).

Drenagem profunda ou subsuperficial que consiste de:

- a) colchão drenante;
- b) espinha de peixe;
- c) drenos subhorizontais profundos;
- d) dreno cego.

E.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, e pré-dimensionamento.

Para tanto é necessária a obtenção de informações tais como:

- a) definição preliminar das obras previstas (número, tipo e localização provável);
- b) projeto do traçado (terraplenagem);
- c) vida útil (período de recorrência) e prazos e recursos disponíveis previstos na execução;
- d) estudos topográficos, geotécnicos e hidrológicos, de modo a caracterizar a natureza da água superficial e subterrânea (tipo de lençol: freático contínuo ou suspenso, artesianos, semi-artesianos ou misto),

E.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) consolidação dos dados hidrológicos, geológicos-geotécnicos e morfológicos (natureza das formações e comportamento sob a ação das águas, permeabilidade, aspectos superficiais, inclinação de taludes, encostas e vertentes, cobertura vegetal e cotas);
- b) memorial descritivo e justificativo com o dimensionamento prévio que contemplem plantas de execução, esquema dos sistemas de drenagem, sistemas de dissipação de energia;
- c) especificações técnicas para execução da obra e definição dos instrumentos e sua quantidade para o monitoramento em função do tipo de obra: pequena média ou grande.

E.4 Projeto Executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações complementares de campo quanto na análise e consolidação dos dados hidrológicos e hidrogeológicos disponíveis e utilizados no projeto básico. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

E.5 Acompanhamento

Tendo em vista que características geotécnicas, hidrológicas e hidrogeológicas podem variar, as obras de drenagem e de esgotamento devem ter acompanhamento técnico observando-se os seguintes aspectos:

- a) adequação da drenagem superficial ou subterrânea às reais condições locais;
- b) orientação quanto a drenagens provisórias durante a obra;
- c) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- d) adequação das especificações técnicas às realidades locais;
- e) análise do monitoramento.

E.6 Monitoramento

O projeto deve especificar, quando necessário, os tipos e quantidades de instrumentos a serem instalados bem como a frequência das leituras. Devem ser informadas as magnitudes esperadas para as grandezas a serem medidas (vazões, velocidades de fluxo etc.).

O monitoramento deve ser feito através de instrumentos específicos citados no projeto tais como: medidores de vazão, piezômetros e indicadores de nível de água etc.

Anexo F

(normativo)

Estruturas enterradas

F.1 Objetivo

Este Anexo estabelece a concepção, as fases de projeto e as principais verificações geotécnicas envolvidas na elaboração do projeto de estruturas enterradas. Neste Anexo são incluídas as estruturas enterradas para as quais se necessita de paredes de contenção provisórias ou definitivas.

F.2 Abrangência

Estas contenções podem ser provisórias ou permanentes tais como: estacas prancha de aço, perfis de aço com pranchas de madeira ou de concreto pré-moldado, cortinas de estacas, paredes de concreto armado ou pretendido, moldadas no solo (diafragma).

F.3 Estudos preliminares

Esta fase compreende o estudo de alternativas considerando critérios de projeto, categoria, finalidade, premissas, e pré-dimensionamento.

Esses estudos devem ser fundamentados nas características geométricas da estrutura, na implantação da obra e condicionantes executivos, no levantamento planialtimétrico e cadastral e investigações geológico-geotécnicas preliminares.

F.4 Projeto básico

Escolhida a alternativa é desenvolvido o projeto básico que deve levar em consideração:

- a) programa adicional de investigações;
- b) ações envolvidas (pesos, empuxos, sobrecarga, água, etc);
- c) fundação do escoramento ou arrimo;
- d) recalques e deformações admissíveis e suas implicações na própria estrutura e adjacências;
- e) drenagem do escoramento ou arrimo;
- f) mecanismos que caracterizem perda de estabilidade, deformação e erosão.

O projeto básico será consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abrangendo os seguintes aspectos:

- a) seções geológico-geotécnicas resultantes da interpretação das investigações;
- b) especificações básicas dos elementos que constituem a obra;



- c) desenhos com planta, elevação e corte;
- d) drenagem superficial, subsuperficial e profunda, quando necessário;
- e) instrumentação, quando necessária, definida com detalhamento suficiente de maneira a permitir a quantificação dos trabalhos;
- f) memoriais descritivos e justificativos do projeto;
- g) especificações técnicas para execução da obra.

F.5 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com sua adequação às novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

F.6 Acompanhamento

Tendo em vista que características geotécnicas podem variar, as obras enterradas devem ter acompanhamento técnico observando-se os seguintes aspectos:

- a) verificação das características geométricas do projeto;
- b) adequação de eventual controle do lençol subterrâneo às reais condições locais;
- c) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- d) adequação das especificações técnicas às realidades locais: equipamentos utilizados e características do material.

F.7 Monitoramento

Quando o monitoramento for necessário, o projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados e a frequência das leituras. Devem ser informados os valores estimados para as grandezas a serem medidas.

O monitoramento deve ser feito através de instrumentos tais como: “*strain gauges*” placas de recalque, inclinômetros, piezômetros, indicadores de nível de água, tassômetros, marcos reflexivos.

Anexo G (informativo)

Túneis em solo e em rocha

G.1 Objetivo

Este Anexo estabelece a concepção, as fases de projeto e as principais verificações geotécnicas envolvidas na elaboração do projeto de túneis.

G.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende a escolha de alternativas de traçados, a partir das imposições do arranjo do projeto e a seleção da alternativa mais adequada do ponto de vista técnico-econômico.

Nesta fase devem ser elaborados os estudos dos condicionantes geológicos (litologias, estruturas de maciços rochosos e formações sedimentares, água subterrânea etc.) e devem ser definidos os parâmetros geotécnicos (espessura de camadas, resistência e deformabilidade dos materiais atravessados, tensões in situ nos maciços etc.), de forma a permitir a escolha da melhor alternativa de solução, a seleção indicada de seus métodos construtivos, escoramento e revestimento a serem aplicados ao longo do túnel. Visa determinar a alternativa mais conveniente, abrangendo o conjunto de emboque, desemboque, túnel propriamente dito e eventuais janelas de acesso (ou poços no caso de túneis urbanos). Há necessidade de:

- a) elaboração de seções geológica-geotécnicas ao longo dos eixos das alternativas, com a classificação geomecânica dos materiais encontrados;
- b) elaboração de análises e cálculos paramétricos de pré-dimensionamento com a finalidade de determinar, em cada alternativa estudada, os métodos executivos e as necessidades de escoramento e revestimento;
- c) execução de análise econômicas comparativas para as diversas alternativas.

O nível de detalhamento desses estudos deve ser compatível com o grau de dificuldade da obra, com o método de escavação, dimensões, profundidade e características da cobertura, grau de interferência de superfície.

G.3 Projeto Básico

Escolhida a alternativa, para o seu desenvolvimento o projeto básico deve levar em consideração:

- a) método construtivo com análise e seleção dos processos de escoramento e revestimento,
- b) programação complementar de investigações e ensaios de campo e de laboratório;
- c) seções geológico-geotécnicas;
- d) escolha de parâmetros geotécnicos a partir dos ensaios “in situ” e de laboratório;



- e) eventual execução de análise química do solo e da água do subsolo, para determinação de possível agressividade a materiais, e eventual contaminação do subsolo;
- f) realização de análises de estabilidade da escavação, desde a face do túnel até o trecho em que o suporte pode ser considerado efetivo. As análises de estabilidade devem considerar as condições de percolação pelo maciço, eventualmente modificadas por sistemas auxiliares de drenagem do maciço. Os requisitos necessários para a adequada estabilidade, decorrentes destas análises, devem ser incorporados nos documentos de método construtivo do projeto;
- g) Realização de previsões de deformações no maciço, e de potencial de dano em estruturas e serviços enterrados, e edificações próximas. Estas previsões devem considerar os alívios de tensões decorrentes do método construtivo proposto (já compatibilizado com os requisitos decorrentes das análises de estabilidade), bem como as deformações induzidas pela alteração das condições hidráulicas do maciço (sistemas de drenagem do maciço).
- h) elaboração do projeto de instrumentação prévia a ser instalada antes do início das escavações.
- i) especificações de serviços e materiais;
- j) eventual programação de galeria piloto;
- k) levantamento de interferências de superfície na faixa de influência do túnel;
- l) estudo de destino dos materiais provenientes da escavação;
- m) cronograma de execução da obra.

Da mesma forma como para a fase de estudos preliminares o nível de detalhamento desses estudos e das investigações geotécnicas deve ser compatível com o grau de dificuldade da obra, com o método de perfuração, dimensões, profundidade e características da cobertura, grau de interferência de superfície.

G.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com adaptação do projeto a novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto executivo deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

G.5 Acompanhamento técnico de obra (ATO)

Compreende o acompanhamento sistemático das frentes de escavação, para ajustes dos métodos construtivos a serem empregados em cada subtrecho e indicações finais dos tipos de escoramento e revestimento a serem aplicados, quanto for o caso.

Acompanhamento e análise da instrumentação possibilitando eventuais revisões ou adaptações do projeto a situações particulares de obra.

Elaboração de desenhos “como-construído” com representação do mapeamento geológico e da caracterização geotécnica, métodos construtivos, escoramentos e revestimento aplicados e posição da instrumentação instalada.

Anexo H (normativo)

Barragens e estruturas anexas

H.1 Objetivo

Este Anexo estabelecer critérios para a elaboração de projetos de barragens e estruturas anexas. São contempladas neste Anexo as barragens com alturas superiores a 15 m, sejam barragens de terra, de enrocamento ou mista, para contenção de água, de efluentes industriais e de rejeitos de mineração. Entende-se como estruturas anexas, o estudo das fundações e ombreiras de vertedouros, tomadas d'água, casas de força e muros de transição.

H.2 Estudos preliminares

Esta fase compreende a escolha dos locais e eixos alternativos de acordo com parâmetros geológico-geotécnicos, hidrológico-hidráulicos e ambientais, cabendo uma análise de decisão multicritério para a escolha do melhor eixo.

Nesta fase deve ser elaborado estudo de alternativas para a escolha do tipo de barragem considerando a sua categoria, finalidade, os materiais disponíveis no local, as premissas, critérios de projeto e de dimensionamento. Podem ser barragens de terra homogêneas ou zoneadas, de enrocamento com núcleo argiloso (mista), núcleo de asfalto, face de concreto etc.

Para tanto são necessárias: pesquisa em mapas geotécnicos regionais, interpretação de fotos aéreas, levantamento planialtimétrico, mapeamento geológico superficial, e campanha de investigações preliminares tanto para a área da barragem, como também para a fundação das estruturas anexas e áreas de empréstimo.

H.3 Projeto básico

Escolhida a alternativa, para o seu desenvolvimento o projeto básico deve atender ao seguinte:

- a) programação complementar de investigações e ensaios de campo e de laboratório na área de implantação da barragem e na fundação das estruturas anexas, visando obter informações quanto à resistência ao cisalhamento, compressibilidade e permeabilidade dos materiais existentes,
- b) nas investigações devem ser incluídos poços de inspeção para avaliação “*in situ*” dos materiais, retirada de blocos indeformados e execução de ensaios “*in situ*”;
- c) programação complementar de investigações e ensaios de laboratório dos materiais das áreas de empréstimo, visando obter informações quanto à disponibilidade (volume), resistência ao cisalhamento, compressibilidade e permeabilidade, assim como dispersibilidade, expansibilidade etc.
- d) seções geológico-geotécnicas na área de implantação da barragem e estruturas anexas, assim como, nas áreas de empréstimo;



- e) escolha de parâmetros geotécnicos a partir dos ensaios “*in situ*” e de laboratório;
- f) realização de análises de estabilidade de taludes, de percolação pelo maciço e fundação, de recalques e deformações etc;
- g) estudo origem-destino dos materiais;
- h) sistema de fechamento e desvio do rio;
- i) cronograma de execução das estruturas.

H.3.1 Documentos a serem produzidos

O projeto básico é consolidado em documentos (relatórios e desenhos) abordando os seguintes aspectos:

- a) seções geológico-geotécnicas resultantes da interpretação das investigações.;
- b) solução para eventual tratamento das fundações da barragem e estruturas anexas;
- c) especificações básicas para o maciço da barragem e fundação do maciço e estruturas anexas;
- d) identificação de área(s) de empréstimo;
- e) definição da largura da crista e inclinação dos taludes;
- f) drenagem interna do maciço de terra;
- g) proteção e drenagem superficial dos taludes;
- h) sistema de fechamento e desvio do rio;
- i) instrumentação dos maciços (aterro e fundação), definidos com detalhamento suficiente de maneira a permitir a quantificação dos trabalhos;
- j) memoriais descritivos e justificativos do projeto incluindo relatório origem–destino final das escavações obrigatórias e materiais de construção ;
- k) especificações técnicas para execução da obra;
- l) planilha de quantidades.

H.4 Projeto executivo

Consiste no detalhamento do projeto básico com adaptação do projeto a novas situações que venham a ser encontradas, tanto nas investigações de campo quanto nas de laboratório. O projeto executivo deve conter todos os elementos necessários para a execução, controle e acompanhamento técnico da obra. No caso de alteração da solução do projeto básico as etapas anteriores, mesmo que simplificadas, devem estar contempladas.

Ressalta-se que em contratos EPC ou “*turn key*” estas alterações NÃO podem contemplar mudança no leiaute ou nos tipos de materiais com acarretem alterações de prazos e custos não previstos no contingenciamento do construtor.

H.5 Acompanhamento Técnico (ATO)

Tendo em vista que características geotécnicas podem variar, as obras de barragens devem ter acompanhamento de profissionais qualificados devem ser observados os seguintes aspectos:

- a) execução de aterros experimentais;
- b) levantamento das seções primitivas;
- c) verificação das características geométricas do projeto;
- d) mapeamento geológico-geotécnico das fundações da barragem e estruturas anexas, para posterior inclusão nos desenhos “*as built*”;
- e) adequação do projeto de escavação às reais condições locais;
- f) orientação quanto a drenagens provisórias das escavações de fundação, da plataforma e taludes, durante a obra;
- g) comparação entre as características do solo local com as premissas de projeto;
- h) verificação se os ensaios de controle de compactação são adequados perante o tipo de solo local, inclusive na área de empréstimo;
- i) análise dos resultados dos ensaios de caracterização e controle de compactação;
- j) adequação das especificações técnicas às realidades locais: equipamentos utilizados e características do material;
- k) análise da instrumentação e monitoramento;
- l) registro fotográfico de fases e pormenores construtivos que apresentem aspectos importantes do desenvolvimento da obra e possam auxiliar numa eventual análise do seu desempenho;
- m) Elaboração pela projetista dos manuais de acompanhamento da instrumentação e inspeções “*in situ*” durante o enchimento e definição dos níveis de atenção e alerta e procedimentos a serem tomados nos casos de emergência.

H.6 Monitoramento

O projeto deve especificar os instrumentos a serem instalados no maciço e na fundação da barragem e estruturas anexas, e a frequência das leituras. Devem ser informadas as magnitudes esperadas para as grandezas a serem medidas.

O monitoramento deve ser feito através de instrumentos tais como, placas de recalque, inclinômetros, piezômetros, indicadores de nível de água, tassômetros, marcos reflexivos.

H.7 Documentação de como-construído (*as built*)

Os desenhos “*as built*” devem registrar eventuais alterações do projeto executivo, envolvendo dimensões, processos executivos, substituições de materiais, equipamentos empregados ou outras. Os mapeamentos das fundações das principais estruturas e tratamentos executados devem ser documentados.