

# NORMA BRASILEIRA

# ABNT NBR 11682

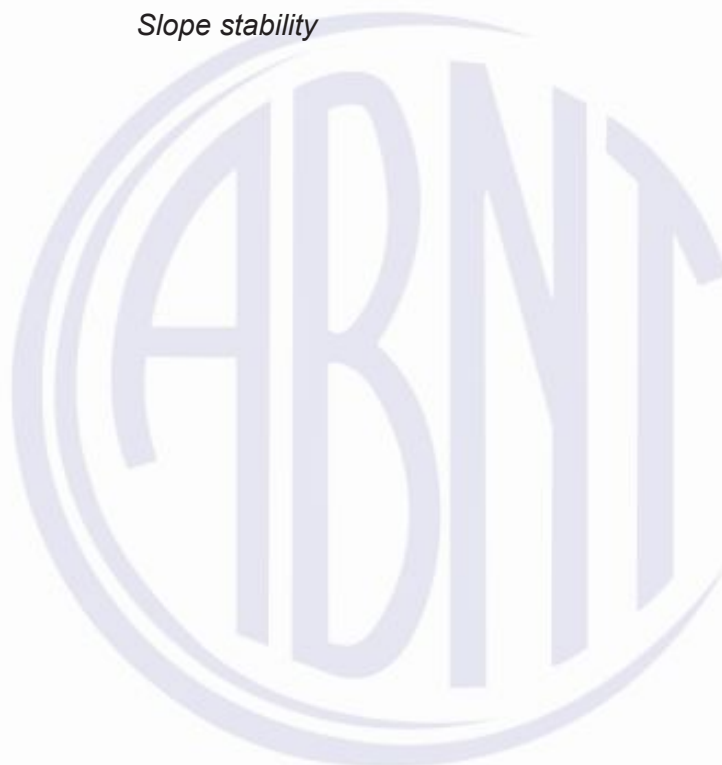
Segunda edição  
21.08.2009

Válida a partir de  
21.09.2009

---

## Estabilidade de encostas

*Slope stability*



ICS 93.010

ISBN 978-85-07-01702-8



Número de referência  
ABNT NBR 11682:2009  
33 páginas

© ABNT 2009

## ABNT NBR 11682:2009



© ABNT 2009

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

[abnt@abnt.org.br](mailto:abnt@abnt.org.br)

[www.abnt.org.br](http://www.abnt.org.br)

## Sumário

Página

Prefácio.....	v
1 Escopo.....	1
2 Referências normativas .....	1
3 Termos e definições .....	2
4 Condições gerais.....	4
4.1 Etapa de procedimentos preliminares .....	4
4.2 Etapa de investigações geológico-geotécnicas.....	4
4.3 Etapa de projeto.....	5
4.4 Etapa de execução de obra .....	5
4.5 Etapa de acompanhamento.....	5
4.6 Etapa de manutenção.....	5
4.7 Etapa de monitoramento.....	5
5 Procedimentos preliminares .....	6
5.1 Levantamento de informações disponíveis.....	6
5.2 Verificação das restrições legais e ambientais à execução de obras e quanto a interferências com edificações e instalações presentes .....	6
5.3 Vistoria da área por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia .....	6
5.4 Avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais.....	6
5.5 Programação de investigações geotécnicas e de instrumentação geotécnica preliminares .....	7
5.6 Investigações do terreno .....	7
5.7 Dados cartográficos .....	7
5.8 Levantamento topográfico.....	7
5.9 Dados hidrológicos .....	7
5.10 Dados geológicos e geomorfológicos .....	7
6 Investigações geológico-geotécnicas.....	8
6.1 Planejamento .....	8
6.2 Investigações de campo .....	8
6.2.1 Diretos.....	8
6.2.2 Geofísicos .....	9
6.3 Amostragem .....	9
6.3.1 Planejamento .....	9
6.3.2 Coleta.....	9
6.3.3 Tipos .....	9
6.3.4 Acondicionamento e transporte .....	9
6.3.5 Investigações em laboratório .....	10
6.4 Levantamento de taludes rochosos .....	10
6.5 Dados de monitoramento .....	11
7 Projeto.....	11
7.1 Introdução .....	11
7.2 Projeto básico ou anteprojeto .....	11
7.3 Projeto executivo.....	12
7.3.1 Considerações Iniciais.....	12
7.3.2 Projetos envolvendo apenas terraplenagem e elementos de drenagem .....	13
7.3.3 Projetos envolvendo obras de contenção em solo .....	13
7.3.4 Projetos envolvendo obras de contenção em rocha .....	14
7.3.5 Projetos envolvendo soluções mistas .....	16
7.3.6 Critérios de cálculo .....	16
7.3.7 Fatores de segurança.....	17
7.4 Apresentação de projeto.....	19
7.4.1 Introdução .....	19

**ABNT NBR 11682:2009**

<b>7.4.2</b>	<b>Obtenção de dados .....</b>	<b>19</b>
<b>7.4.3</b>	<b>Cálculo de estabilidade .....</b>	<b>20</b>
<b>7.4.4</b>	<b>Instrumentação geotécnica .....</b>	<b>20</b>
<b>7.4.5</b>	<b>Especificações .....</b>	<b>20</b>
<b>7.4.6</b>	<b>Desenhos .....</b>	<b>20</b>
<b>7.4.7</b>	<b>Quantidades .....</b>	<b>20</b>
<b>7.4.8</b>	<b>Plano de manutenção .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>Execução de obras .....</b>	<b>20</b>
<b>8.1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>20</b>
<b>8.2</b>	<b>Mobilização .....</b>	<b>20</b>
<b>8.3</b>	<b>Desenvolvimento da obra .....</b>	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Acompanhamento de obras .....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>Manutenção .....</b>	<b>22</b>
<b>11</b>	<b>Monitoramento .....</b>	<b>23</b>
<b>Anexo A (normativo)</b>	<b>Solução dos taludes enquadrados nesta .....</b>	<b>24</b>
<b>Anexo B (normativo)</b>	<b>Terminologia .....</b>	<b>25</b>
<b>B.1</b>	<b>Elementos .....</b>	<b>26</b>
<b>B.2</b>	<b>Dimensões .....</b>	<b>27</b>
<b>Anexo C (normativo)</b>	<b>Laudo de vistoria .....</b>	<b>28</b>
<b>Anexo D (normativo)</b>	<b>Estimativa dos parâmetros de resistência para análise de estabilidade de encostas .....</b>	<b>30</b>
<b>D.1</b>	<b>Parâmetros de resistência ao cisalhamento .....</b>	<b>30</b>
<b>D.2</b>	<b>Ensaio de cisalhamento direto .....</b>	<b>30</b>
<b>D.3</b>	<b>Ensaio triaxiais .....</b>	<b>31</b>

## ABNT NBR 11682:2009

### 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 (universidade, laboratório e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras das Diretivas ABNT, Parte 2.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) chama atenção para a possibilidade de que alguns dos elementos deste documento podem ser objeto de direito de patente. A ABNT não deve ser considerada responsável pela identificação de quaisquer direitos de patentes.

A ABNT NBR 11682 foi elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil (ABNT/CB-02), pela Comissão de Estudo de Projeto e Execução de Contêntes (CE-02:152.13). O seu 1º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 06, de 17.06.2008 a 15.08.2008, com o número de Projeto ABNT NBR 11682. O seu 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 06, de 16.06.2008 a 15.07.2009, com o número de 2º Projeto ABNT NBR 11682.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 11682:1991), a qual foi tecnicamente revisada.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

### Scope

*This Standard prescribes the requirements needed for the study and control of the stability of natural slopes and hillsides cuts and earth fill slopes (see Figure A.1). It also encloses the conditions for studies, design, construction, control and monitoring of stabilization works. This Standard does not cover specific conditions applicable to mining slopes, dam slopes, underground excavations for buildings or subways, fills over soft soils or bridge approach fills, as well as any another distinct situation that does not involve hillsides.*



## Estabilidade de encostas

### 1 Escopo

Esta Norma prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e de taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas (ver Figura A.1). Abrange, também, as condições para estudos, projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização. Não estão incluídas nesta Norma os requisitos específicos aplicáveis a taludes de cavas de mineração e a taludes de barragens, de solos de prédios e de cavas de metrô, a aterros sobre solos moles e de encontro de pontes, bem como qualquer outra situação distinta que não envolva encostas.

### 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 5629:2006, *Execução de tirantes ancorados no terreno*

ABNT NBR 6118:2004, *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*

ABNT NBR 6122:1996, *Projeto e execução de fundações*

ABNT NBR 6484:2001, *Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio*

ABNT NBR 6497:1983, *Levantamento geotécnico*

ABNT NBR 6502:1995, *Rochas e solos*

ABNT NBR 8044:1983, *Projeto geotécnico*

ABNT NBR 9061:1985, *Segurança de escavação a céu aberto*

ABNT NBR 9285:1986, *Microancoragem*

ABNT NBR 9286:1986, *Terra armada*

ABNT NBR 9288:1986, *Emprego de terrenos reforçados*

ABNT NBR 9604:1986, *Abertura de poço e trincheira de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas*

ABNT NBR 9653:2005, *Guia para avaliação dos efeitos provocados pelo uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas*

ABNT NBR 9820:1997, *Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem*

ABNT NBR 12553:2003, *Geotêxteis – Terminologia*

ABNT NBR 14931:2004, *Execução de estruturas de concreto – Procedimento*



## ABNT NBR 11682:2009

### 3 Termos e definições

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

#### 3.1

##### **alongâmetro *tell-tales***

dispositivo para medição de deslocamentos, constando de haste ou fio tencionado protegido por revestimento, instalado em qualquer direção, fixado em profundidade, cuja extremidade serve de referência de medição de deslocamentos relativos entre a parte fixada em profundidade e o local de instalação da extremidade oposta

#### 3.2

##### **BM - *bench mark***

sigla para designar referência fixa, constituída por haste vertical chumbada no terreno em profundidade, em região livre de movimentos, e protegida por tubo ao longo de todo o seu comprimento. Na extremidade superior da haste, é instalado dispositivo para referência de nível topográfico de precisão

#### 3.3

##### **chumbador**

elemento estrutural, em geral uma barra de aço, introduzido em furo aberto no maciço rochoso, ao qual se fixa por calda e/ou argamassa de cimento, e/ou epóxi, e/ou por dispositivo mecânico. A extremidade externa da barra é fixada ao elemento (por exemplo: muro de concreto, lasca de rocha etc.) que se pretende fixar à superfície rochosa. O chumbador não é protendido, sendo assim um elemento passivo. É restrito à aplicação em rocha

#### 3.4

##### **DHP**

sigla para designar dreno subhorizontal profundo

#### 3.5

##### **encosta**

talude de origem natural

#### 3.6

##### **fator de segurança (em relação à resistência ao cisalhamento do solo)**

valor da razão entre a resistência (tensão cisalhante máxima disponível) e a resistência mobilizada (tensão cisalhante atuante ao longo da superfície de ruptura

#### 3.7

geossintético

**produto sintético aplicado a obras geotécnicas e de proteção ambiental**

#### 3.8

##### **geotêxteis**

produto têxtil permeável utilizado predominantemente em engenharia geotécnica exercendo funções de drenagem, filtração, reforço, separação e proteção

#### 3.9

##### **geotubo**

elemento em forma tubular, com abertura ao longo da seção longitudinal, constituído de material sintético com a finalidade de captar/retirar água do interior do terreno

#### 3.10

##### **grampo**

elemento de reforço do terreno, constituído de perfuração preenchida com calda de cimento, ou argamassa, compósito ou outro aglutinante, e elemento resistente à tração/cisalhamento. Tem a finalidade de distribuir cargas ao longo de todo o seu comprimento, interagindo com o terreno circunvizinho, podendo parte da carga mobilizada ser absorvida pela cabeça. A mobilização de carga no grampo é induzida pela deformação do terreno por pequena carga aplicada na extremidade externa. Diferem dos tirantes, conforme descrito na ABNT NBR 5629, por não apresentarem trecho livre e serem passivos



**3.11****inclinômetro**

instrumento que serve para medir deslocamentos horizontais dentro do terreno, em profundidade, e a progressão de movimentos de uma encosta

**3.12****medidor de nível d'água**

dispositivo para medição do nível do lençol freático. O local de medição deve estar em contato com a pressão atmosférica

**3.13****modelo geológico-geotécnico**

representação, por meio de seções, de vistas e/ou de blocos-diagramas, das características geológicas e geotécnicas básicas do subsolo, assim como da superfície do trecho que interessa ao estudo de estabilidade do talude ou da encosta

**3.14****piezômetro**

dispositivo de medição de pressão hidrostática (ou poro-pressão) no interior do terreno. O local de medição deve ser isolado de qualquer possibilidade de contato com a pressão atmosférica ou com outra camada do terreno diferente daquela onde se deseja fazer a medição

**3.15****retaludamento**

obra de mudança da inclinação e/ou da altura de um talude, objetivando melhorar suas condições de estabilidade

**3.16****ruptura de um talude**

modificação da geometria do talude ocasionada por escorregamento ao longo de uma superfície ou zona de concentração de deformações cisalhantes ou por deformações excessivas que afetem obras de engenharia

**3.17****sub-horizontal**

plano ou reta pouco inclinados em relação à horizontal

**3.18****subvertical**

plano ou reta pouco inclinados em relação à vertical

**3.19****subsidência**

afundamento de uma área ou superfície do terreno em relação à sua situação original

**3.20****talude**

terreno inclinado

**3.21****tirante injetado**

peças especialmente montadas, tendo como componente principal um ou mais elementos resistentes à tração, que são introduzidos no terreno em perfuração própria, nas quais, por meio de injeção de calda de cimento (ou outro aglutinante) em parte dos elementos, forma um bulbo de ancoragem que é ligado à estrutura através do elemento resistente à tração e da cabeça do tirante

**3.22****velocidade residual**

velocidade dos deslocamentos do talude ou de partes dele após a implantação de obras de estabilização

## ABNT NBR 11682:2009

### 3.23

#### retroanálise

análise de estabilidade elaborada com o conhecimento da geometria da superfície de ruptura ocorrida e outros fatores que estavam presentes no momento da ruptura, como sobrecargas, posição do nível de água, sismos e outros, visando determinar os parâmetros de resistência e poro-pressão coerentes com o problema

### 3.24

#### terminologia

tipos de movimentos de massa, elementos de caracterização e dimensões envolvidas nas situações de escorregamento

NOTA O Anexo A contempla a terminologia para os diversos tipos de instabilidade de massas em encostas.

## 4 Condições gerais

Esta Norma especifica os estudos relativos à estabilidade de encostas e às minorações dos efeitos de sua instabilidade em áreas específicas predefinidas, objetivando a definição das intervenções a serem analisadas e discriminando os procedimentos indicados a seguir na elaboração de estudos e projetos, na execução de obras ou serviços de implantação, no acompanhamento destes e na manutenção de tais obras ou serviços. Esta Norma prescreve condições específicas, para estudos e para obras em talude individuais

Tendo em vista que a área de estudo pode ser influenciada por fatores externos e mais abrangentes e/ou legais, tais condicionantes devem ser considerados e analisados, antes do estudo específico para o local.

No caso de obras lineares, tais como estradas, ferrovias, dutovias e outras, os estudos e projetos devem levar em conta a geologia e geomorfologia ao longo do traçado, direção e mergulho das rochas, presença de colúvios e outras situações críticas. As investigações devem ser definidas pelo projetista, caracterizando os taludes específicos nos quais devem ser realizados os estudos individualizados prescritos nesta Norma. Os projetos devem obrigatoriamente prever drenagem e proteção contra erosão em todos os taludes de corte e aterro.

Esta Norma define as prescrições relativas à estabilidade de encostas em áreas específicas, segundo uma organização cronológica (etapas) caracterizada nos itens a seguir e detalhados posteriormente.

### 4.1 Etapa de procedimentos preliminares

Os procedimentos preliminares indicados nesta Norma são de caráter obrigatório e visam ao conhecimento das características do local, à consulta a mapas e levantamentos disponíveis, à verificação de restrições legais e ambientais, à elaboração de laudo de vistoria (Anexo C), à avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais e à programação de investigações geológicas e geotécnicas. O detalhamento dos procedimentos preliminares obrigatórios é apresentado na Seção 5.

### 4.2 Etapa de investigações geológico-geotécnicas

Incluem investigações geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, topográficas, geo-hidrológicas e outras.

Abrangem levantamentos locais, coleta de dados, ensaios *in situ* e em laboratório, bem como o uso de instrumentação adequada para estabelecer um modelo geológico-geotécnico.

As investigações de cunho obrigatório são definidas na Seção 6.

### 4.3 Etapa de projeto

Esta etapa corresponde à caracterização do perfil geológico-geotécnico (uma seção ou mais), incluindo caracterização do tipo de instabilização, definição do modelo de cálculo com os respectivos parâmetros, diagnóstico e concepção do projeto (com possíveis alternativas) e detalhamento da obra com as respectivas fases de execução.

Na Seção 7 são apresentados os estudos obrigatórios, os critérios a serem adotados e os elementos a serem apresentados no projeto.

Numa fase preliminar pode ser elaborado um anteprojeto, com a finalidade de avaliação de orçamentos, concepção de alternativas de projeto, programação da obra futura ou de qualquer outra finalidade que se mostre justificável. Neste caso, é obrigatória a definição clara de todos os elementos avaliados e utilizados na concepção e no detalhamento do anteprojeto, sendo necessária a execução de sondagens suficientes para definição do perfil geológico-geotécnico com no mínimo três sondagens por seção e levantamento topográfico. A quantidade de seções deve representar o conjunto em análise.

No caso de local com instabilidade já ocorrida ou com indícios de instabilidade iminente, devem ser estudados os processos indutores da instabilidade, bem como de todas as demais possibilidades de instabilização, incluindo recomendações para possíveis ações emergenciais.

### 4.4 Etapa de execução de obra

Abrange as considerações básicas de técnicas de execução, seqüência executiva, detalhes de acabamentos, segurança e controle de qualidade, bem como a documentação necessária para arquivo, incluindo os ajustes executados no projeto durante as obras, reunidos em documento de revisão do projeto “como construído” (*as built*).

As prescrições para execução de obras estão detalhadas na Seção 8.

### 4.5 Etapa de acompanhamento

São definidos na Seção 9 os critérios de acompanhamento das obras durante a execução, de forma a garantir o fiel cumprimento do projeto, incluindo as adaptações necessárias para manutenção de sua concepção.

### 4.6 Etapa de manutenção

Esta Norma caracteriza e define, na Seção 10, as necessidades de manutenção das obras em encostas, pós construção. Tem como objetivo a durabilidade das obras e a manutenção da estabilidade da encosta ao longo do tempo, de acordo com o manual do usuário, conforme Seção 10.

### 4.7 Etapa de monitoramento

O acompanhamento dos deslocamentos e das pressões de água no interior do maciço, das cargas nas ancoragens, com a finalidade de acompanhar o comportamento de uma encosta, é prescrito na Seção 11.

**ABNT NBR 11682:2009****5 Procedimentos preliminares**

Os procedimentos preliminares descritos na Seção 5 são obrigatórios para a elaboração de projetos de estabilização de encostas e/ou de obras de engenharia em regiões de encostas.

**5.1 Levantamento de informações disponíveis**

Devem ser pesquisados os dados históricos disponíveis e relativos à topografia, geologia e dados geotécnicos locais, além de informações sobre ocupações, condições de vizinhança, cursos de água, históricos de deslizamentos e demais características que permitam a visualização da encosta em questão, inclusive sob o aspecto de inserção no ambiente. O levantamento inclui consulta a mapas regionais ou setoriais de risco e de suscetibilidade de escorregamentos, bem como a mapas geológicos e geotécnicos, fotos aéreas e imagens de satélite, quando disponíveis. A consulta a esses mapas deve ser feita junto aos órgãos Federais, Estaduais e Municipais competentes, podendo ser complementada por estudos disponíveis em universidades e centros de pesquisa, através de teses e relatórios de pesquisa.

**5.2 Verificação das restrições legais e ambientais à execução de obras e quanto a interferências com edificações e instalações presentes**

A legislação específica aplicável deve ser consultada, nas esferas Federal, Estadual e Municipal, visando à verificação das restrições legais e ambientais, assim como das interferências com edificações, dutos, cabos e outros elementos, enterrados ou não.

**5.3 Vistoria da área por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia**

Deve ser feita inspeção detalhada ao local em estudo, por engenheiro civil geotécnico e/ou geólogo de engenharia e, após, deve ser emitido um laudo de vistoria com informações básicas sobre o local, data da vistoria, tipo de ocupação, tipo de vegetação, condições de drenagem, tipo de relevo e natureza da encosta, geometria, existência de obras de contenção (com indicativo do seu estado atual), condições de saturação, indícios de artesianismo, natureza dos solos e outros materiais, possibilidade de movimentação, grau de risco, tipologia de possíveis movimentos, indicação de elementos em risco (vidas e propriedades), tipo provável de superfície de deslizamento ou de outro mecanismo de instabilização e possíveis consequências. Também devem ser obtidas informações de moradores locais. Essas informações devem ser indicadas em uma planilha específica, para a qual é recomendado o modelo indicado no Anexo C. O laudo deve ser complementado por uma descrição detalhada da vistoria, incluindo obrigatoriamente um documentário fotográfico e um croqui indicativo dos aspectos e pontos mais relevantes observados. Deve ainda ser indicado, se possível, o diagnóstico preliminar sobre as causas de instabilidades já ocorridas e/ou a possibilidade de instabilizações iminentes. No laudo de vistoria deve constar, em local de destaque, a identificação do profissional responsável pela vistoria.

**5.4 Avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais**

A partir do laudo de vistoria, deve ser avaliada a necessidade de implantação de medidas emergenciais para a proteção de vidas e de propriedades, em situações de risco iminente. As medidas emergenciais podem constar de indicação da evacuação e interdição de prédios públicos, residenciais e comerciais, interrupções ao tráfego de veículos e pedestres, drenagem superficial e profunda, escoramentos, remoção de sobrecargas, pequenos retaludamentos, lançamento de aterro ao pé de taludes (diminuindo sua altura e aumentando a resistência passiva), proteção superficial de taludes expostos por lona, ou por geomanta, ou qualquer outra medida emergencial julgada cabível. As medidas emergenciais podem ser apresentadas em relatório específico ou incorporadas no laudo de vistoria.

## 5.5 Programação de investigações geotécnicas e de instrumentação geotécnica preliminares

Investigações geotécnicas e/ou instrumentação preliminares, para consolidação do laudo de vistoria, podem ser programadas com base nas informações disponíveis em 5.1 a 5.4. Os detalhamentos das investigações geológicas e geotécnicas, bem como da instrumentação de campo, estão descritos na Seção 6.

## 5.6 Investigações do terreno

O objetivo principal das investigações é definir seções transversais e longitudinais à encosta, que representem, com a maior fidelidade possível, as características topográficas e geológico-geotécnicas do talude em estudo, ressaltando a estratigrafia e as propriedades geomecânicas, e permitindo o diagnóstico do mecanismo de instabilização existente.

As investigações e levantamentos de caráter genérico, necessários para o desenvolvimento de um projeto geotécnico, encontram-se relacionados na ABNT NBR 8044.

O perfil geológico-geotécnico obtido a partir das investigações do terreno e compreendendo as camadas do solo e/ou rochas, com suas características físicas e mecânicas, constitui um elemento obrigatório para o estudo/projeto de estabilização da encosta.

## 5.7 Dados cartográficos

As informações preliminares, referidas em 4.1, devem ser complementadas através da pesquisa e obtenção de dados cartográficos, caso disponíveis, em mapas e restituições aerofotogramétricas da região em estudo.

## 5.8 Levantamento topográfico

O levantamento topográfico deve ser orientado por engenheiro civil geotécnico ou geólogo de engenharia, que indicará seções e pontos obrigatórios de interesse geotécnico, bem como a abrangência da área levantada.

Deve ser realizado levantamento topográfico planialtimétrico, com curvas de nível em escala compatível com as dimensões da encosta e a natureza do problema em questão, visando à elaboração do estudo. O levantamento deve indicar claramente o contorno da área do material escorregado (se for o caso), a locação das investigações geológico-geotécnicas, se disponíveis, construções eventualmente existentes e quaisquer outras estruturas, vias públicas, cursos e surgências de água, afloramentos e blocos de rocha, bem como fendas, trincas e abatimentos no terreno.

## 5.9 Dados hidrológicos

Devem ser levantadas informações sobre a pluviometria local e o regime hidráulico de cursos d'água (vazão e velocidade) existentes na encosta em estudo. Surgências permanentes de água, ou sujeitas a variações sazonais, também devem ser investigadas e registradas no decorrer do levantamento topográfico, visando a identificação de caminhos de drenagem subterrânea.

## 5.10 Dados geológicos e geomorfológicos

As informações sobre a geologia e geomorfologia da área, obtidas com base em mapeamentos e trabalhos de amplitude regional, devem ser complementadas por levantamentos locais de subsuperfície, de modo a determinar as principais características litológicas, estruturais, estratigráficas e hidrogeológicas, relevantes para o local em estudo. O levantamento destes dados deve gerar subsídios para o plano de investigações geotécnicas de campo e em laboratório.



## ABNT NBR 11682:2009

# 6 Investigações geológico-geotécnicas

## 6.1 Planejamento

O plano de investigações, no que se refere ao tipo, quantidade e profundidade, devidamente detalhado, deve ser elaborado pelo engenheiro civil geotécnico responsável.

Podem ser utilizados quaisquer tipos de investigação que forneçam elementos confiáveis para a montagem do modelo de análise, tanto sob o ponto de vista geométrico como paramétrico.

Deve ser determinada a superfície de escorregamento, para fins de retroanálise, no caso de taludes em que já ocorreram ou estão ocorrendo escorregamentos.

A terminologia a ser adotada na classificação dos materiais deve ser conforme as ABNT NBR 6502 e ABNT NBR 6497.

## 6.2 Investigações de campo

As investigações geotécnicas de campo devem ser direcionadas para obtenção do perfil geotécnico que orientará o modelo de cálculo de estabilidade. O perfil geotécnico constitui um elemento obrigatório para o estudo de estabilidade da encosta.

Os tipos de investigação devem ser escolhidos de forma a caracterizar um perfil que abranja todas as regiões possíveis de movimentação, bem como condicionantes influentes, tais como superfícies potenciais de ruptura, níveis d'água, descontinuidades geológicas e outros interesses.

As investigações de campo são caracterizadas por dois métodos básicos, conforme 6.2.1 e 6.2.2.

### 6.2.1 Diretos

Correspondem aos processos com acesso direto ao terreno em estudo, tais como poços de inspeção, sondagens a trado, sondagens à percussão, conforme ABNT NBR 6484, sondagens rotativas ou mistas, penetrômetros, medidores de torque, medidores de poro-pressão ou de sucção.

A execução de sondagens para caracterização da encosta e determinação da estratigrafia do terreno é obrigatória para estudos e projetos de estabilização de encostas.

Deve-se prever um número mínimo de três sondagens por seção para permitir a identificação da estratigrafia e das características das camadas detectadas. A profundidade dos furos deve atingir o substrato mais resistente do terreno (solo residual jovem/rocha), com a finalidade de caracterizar a zona de interesse ao estudo de estabilidade, devendo-se, caso necessário, utilizar sondagem rotativa. Atenção especial deve ser dada para o caso de ocorrência de camadas mais resistentes ou de blocos de rocha intermediários, que devem ser inteiramente ultrapassados.

A não realização de sondagens somente é admitida em situações muito simples a serem justificadas pelo engenheiro civil geotécnico, envolvendo taludes com até 3 m de altura, de solo homogêneo, sem influência do nível d'água, sem sobrecarga e com superfícies planas tanto a montante como a jusante, com extensão mínima medida normal à face do talude, correspondente a 5 vezes a altura do mesmo.

No caso de processo com coleta de amostras, estas devem ser armazenadas e mantidas pelo executor, com a respectiva identificação de sua localização em planta e profundidade, à disposição do solicitante, por pelo menos seis meses.

Os testemunhos de rocha obtidos através das sondagens rotativas devem ser classificados por geólogo, identificando-se o tipo da rocha, grau de alteração e fraturamento (por exemplo, RQD).

O monitoramento do nível d'água deve ser rigoroso durante a sondagem. É recomendável a instalação de um medidor de nível d'água (tubo de PVC perfurado envolvido por elemento drenante e areia) no interior do furo, após a conclusão deste, visando a medições posteriores para subsídio ao projeto.

### 6.2.2 Geofísicos

Correspondem aos processos que identificam os terrenos e/ou suas propriedades a partir de correlações físicas, como velocidade de propagação, refração e reflexão de ondas, resistividade elétrica e outras.

## 6.3 Amostragem

### 6.3.1 Planejamento

Deve definir o planejamento da amostragem, no que se refere ao tipo, quantidade, localização e profundidade das amostras, de forma a permitir a realização da campanha de ensaios de laboratório para o estudo/projeto.

As amostras coletadas devem ser representativas das camadas de solo envolvidas nas proximidades das superfícies potenciais de ruptura. Atenção especial deve ser dada a situações que envolvam anisotropia de resistência e feições geológicas, tais como falhas, juntas, intrusões, veios alterados etc.

### 6.3.2 Coleta

As amostras podem ser coletadas nas condições designadas como apenas representativas ou indeformadas, dependendo do programa de ensaios laboratoriais previsto.

No caso de amostras coletadas em profundidade, quando acima do nível d'água, podem ser executados poços para retirada de blocos indeformados, conforme ABNT NBR 9604. Quando não for possível a coleta direta por intermédio de poços, deve ser prevista a utilização de amostradores especiais, tipo *Shelby*, conforme ABNT NBR 9820, tipo *Denison*, a partir de barriletes triplos de sondagem rotativa, ou outros.

Todas as amostras devem ser igualmente representativas da camada em estudo, levando em conta possível efeito de anisotropia, de xistosidade e de outros planos de menor resistência, com a respectiva orientação.

Em qualquer caso, as amostras devem ser embaladas e manuseadas de forma a preservar as condições de umidade natural, bem como evitar a contaminação por outros materiais.

### 6.3.3 Tipos

As amostras deformadas são aquelas que admitem a destruição total ou parcial da estrutura original do terreno. São obtidas por coleta simples com pá ou picareta, em sondagens a trado ou em sondagens à percussão, e podem servir apenas para caracterização física dos solos.

As amostras indeformadas são aquelas que procuram preservar a estrutura intergranular e a umidade original do terreno. São coletadas em blocos, anéis biselados ou com amostradores especiais tipo *Shelby*, *Denison* ou outros. Cuidados especiais devem ser tomados para evitar a violação da embalagem.

### 6.3.4 Acondicionamento e transporte

Todas as amostras devem ser devidamente identificadas, com a data da amostragem, localização e profundidade da amostra, e devidamente acondicionadas.

O transporte requer atenção especial, de forma a serem evitadas trepidações, quedas ou acidentes que possam alterar as características originais da amostra, particularmente das indeformadas. As eventuais anomalias constatadas no acondicionamento ou no transporte devem ser anotadas na própria embalagem da amostra e comunicadas ao laboratório.



## ABNT NBR 11682:2009

### 6.3.5 Investigações em laboratório

As investigações em laboratório objetivam a caracterização física e mecânica dos diversos solos que compõem a estratigrafia da encosta e terrenos envolvidos (empréstimos e/ou aterros, quando for o caso). Determinação de umidade natural, ensaios de granulometria, limites de liquidez e plasticidade, e ensaios de determinação da resistência ao cisalhamento são obrigatórios para os estudos de estabilização de encostas, no caso de terrenos não rompidos. Deve ser executada uma quantidade mínima de 12 ensaios (corpos-de-prova), para cada camada de solo idealizada para o perfil geotécnico e em amostras coletadas em três locais do mesmo tipo de solo.

No caso de taludes rompidos, as amostras devem ser representativas da zona de ruptura.

A não realização desses ensaios somente é admitida para as situações citadas a seguir e deve ser justificada pelo engenheiro civil geotécnico, que assumirá a responsabilidade pela escolha dos parâmetros de cálculo para o projeto:

- a) existência prévia de resultados de ensaios em quantidade suficiente na área de estudo, permitindo então adotar parâmetros que estejam baseados em ampla experiência local;
- b) rupturas no local de estudo que permitam estimar com segurança os parâmetros por retroanálise;
- c) predominância de situações nas quais a realização de ensaios pouco acrescentará na quantificação de parâmetros de cálculo, tais como encostas com preponderância de blocos de rocha, determinados tipos de depósitos de talus, encostas com predominância rochosa etc.;
- d) situações muito simples a serem justificadas, em taludes com até 3 m de altura, envolvendo solo homogêneo, sem influência do nível d'água, sem sobrecarga e com superfícies planas tanto a montante como a jusante, com extensão mínima medida normal à face do talude, correspondente a 5 vezes a altura do talude.

Devem ser previstos ensaios triaxiais ou de cisalhamento direto, sob condições de saturação, tensões, drenagem e velocidade de carregamento preestabelecidas pelo engenheiro civil geotécnico, para a determinação da resistência ao cisalhamento do solo.

No caso de solos rompidos, a envoltória de resistência deve ser obtida para tensões residuais, preferencialmente por ensaios de cisalhamento torcional a grandes deformações. Alternativamente, a envoltória residual pode ser obtida por reversão múltipla em ensaios de cisalhamento direto. As amostras devem ser representativas da zona de ruptura.

### 6.4 Levantamento de taludes rochosos

No caso de taludes rochosos ou encostas com blocos de rocha, deve ser feito um levantamento contendo:

- a) aerofotografia ou foto convencional de todo o conjunto, obtida através de montagem, objetivando visualizar toda a área em estudo;
- b) registro minucioso dos elementos instáveis, com fotos e indicação em planta da localização de cada foto;
- c) perfis esquemáticos indicando as dimensões dos elementos instáveis, de eventuais intrusões (diques), orientação dos planos de fratura da rocha e das xistosidades, assim como as condições de apoio (declividade, rugosidade e tipo de material), de forma a permitir a elaboração do modelo geomecânico;
- d) outros processos, como ortofotografia vertical ou “scanner”, podem ser utilizados em substituição à fotografia convencional.

Os procedimentos acima aplicam-se também aos taludes em material saprolítico, nos quais predominam feições herdadas da rocha matriz (“estrutura reliquiar”).

## 6.5 Dados de monitoramento

O monitoramento de uma encosta em uma fase preliminar, ou durante o próprio desenvolvimento do projeto, pode, em certos casos, ser um dado importante de investigação do terreno. Neste caso, a instalação de instrumentos para controle do nível piezométrico e dos movimentos (horizontais e verticais) da encosta deve ser programada juntamente com as investigações geotécnicas.

## 7 Projeto

### 7.1 Introdução

São requisitos obrigatórios, para elaboração do projeto, aqueles indicados nas Seções 5 e 6.

A escolha da solução a ser adotada no projeto de estabilização deve levar em conta:

- a) caracterização do mecanismo de instabilização;
- b) elaboração de modelo geológico-geotécnico representativo das condições locais, caracterizado por planta de situação e seções transversais representativas, incluindo análise crítica e definição dos parâmetros aplicáveis a este modelo;
- c) estudo de alternativas de projeto, considerando:
  - acessos;
  - condições de operação de equipamentos;
  - disponibilidade de materiais;
  - local adequado para “bota-fora”, se for o caso;
  - dificuldades construtivas;
  - interferências com instalações existentes, enterradas ou não, e propriedades de terceiros;
  - implicações ambientais;
  - dificuldades de manutenção;
  - segurança da equipe/equipamentos envolvidos na construção;
  - custos;
  - prazos.

Um projeto de estabilização pode ser subdividido em duas fases: projeto básico (ou anteprojeto) e projeto executivo.

### 7.2 Projeto básico ou anteprojeto

Entende-se por projeto básico (ou anteprojeto) a definição da concepção da solução, incluindo avaliação preliminar de quantidades, análise de custos e prazos envolvidos.

Quando a solução de um problema de estabilidade oferecer a possibilidade de mais de uma opção, cada solução pode ser desenvolvida em seus aspectos básicos, incluindo uma avaliação preliminar das quantidades e custos de

## ABNT NBR 11682:2009

serviço e de materiais, de modo a permitir uma análise comparativa entre elas, buscando uma melhor relação custo/benefício. Após a escolha da solução que será desenvolvida, deve-se elaborar o projeto executivo.

São partes integrantes do projeto básico:

- a) memória de cálculo da estabilidade da encosta, com pesquisa de superfície crítica, incluindo parâmetros de resistência do terreno, nível d'água, sobrecargas adotadas e eventuais situações de sismo;
- b) planta com locação da obra;
- c) vista e seções com as dimensões básicas da obra de contenção, se houver;
- d) seção ou seções transversais do modelo geotécnico com indicação da solução concebida;
- e) planilha de quantidades;
- f) relatório sucinto, incluindo as hipóteses de cálculo adotadas e as considerações executivas;
- g) em casos mais simples a serem justificados pelo engenheiro civil geotécnico, o projeto básico pode ser incorporado ao projeto executivo.

### 7.3 Projeto executivo

#### 7.3.1 Considerações Iniciais

O projeto executivo deve conter todos os elementos do projeto básico suficientemente detalhados e com todas as informações necessárias para que possa ser perfeitamente pelo executor e pela fiscalização.

Levando em consideração a natureza do terreno envolvido, situação específica e/ou interferências, pode haver casos de necessidade, ou conveniência, de definição de detalhes ou de ajustes no projeto, na medida em que as obras avançam (desenvolvimento de projetos evolutivos ou "*as built*").

Os seguintes elementos devem constar obrigatoriamente em um projeto executivo de estabilização:

- a) todos os elementos do projeto básico, devidamente verificados e revistos;
- b) detalhamento da sequência executiva, incluindo cálculos de estabilidade e fatores de segurança para todas as fases da obra, principalmente nas etapas de escavação e localização de sobrecargas eventuais;
- c) detalhamento, dimensionamento e especificações dos elementos individuais componentes da obra de estabilização do talude, detalhamento das condições de controle e da metodologia de construção e futura manutenção (Seção 10). No caso de solos compactados, o projeto deve apresentar, claramente, as especificações relativas ao material a ser compactado, bem como os critérios para controle e aprovação da compactação no campo;
- d) os projetos devem obrigatoriamente prever drenagem e proteção contra erosão em todos os taludes de corte e de aterro;
- e) detalhamento dos elementos de drenagem superficial, que devem ser projetados a partir do levantamento hidrológico da área em estudo. Deve ser levantada a área da(s) bacia(s) de contribuição, assim como a(s) declividade(es) da encosta, o coeficiente de escoamento superficial (*run-off*) de acordo com a cobertura da encosta, o tempo de concentração da(s) bacia(s), o período de recorrência de projeto e o tempo de concentração, todos devidamente justificados. O período de recorrência mínimo para dimensionamento do sistema de drenagem superficial será de dez anos. Nos casos mais complexos de estabilidade da encosta ou quando a estabilidade geral da encosta puder ser afetada por um funcionamento inadequado do sistema de drenagem, o tempo de recorrência deve ser mais elevado, cabendo ao engenheiro civil geotécnico a justificativa dos valores adotados. Os elementos de drenagem interna (valas drenantes, drenos profundos,

poços drenantes, túneis de drenagem etc.) devem ser detalhados quanto a: dimensões, materiais, características de drenagem, declividade, selagem, condições de saída de água e outras. Os casos de obras de proteção contra erosões superficiais e voçorocas devem ser detalhados de acordo com as etapas do projeto e da sequência executiva;

- f) relatório consolidado, elaborado de acordo com 7.4, incluindo as respectivas análises de estabilidade, que devem atender aos fatores de segurança indicados em 7.3.7.
- g) o dimensionamento dos elementos estruturais de concreto armado deve obedecer à ABNT NBR 6118, e suas fundações, à ABNT NBR 6122.

### 7.3.2 Projetos envolvendo apenas terraplenagem e elementos de drenagem

Um projeto pode ser concebido apenas com mudança da geometria do terreno, sem elementos de contenção estrutural. Neste caso o levantamento topográfico do terreno original deve ser apresentado juntamente com a topografia final. Seções representativas das obras de terraplenagem devem mostrar claramente as etapas de execução juntamente com todos os elementos de controle de erosão (canaletas, banquetas, escadas de drenagem, dissipadores de energia e proteção superficial contra erosão de terrenos escavados e de aterros compactados), ao longo de todas as etapas.

As análises de estabilidade, baseadas nos parâmetros de resistência e de caracterização dos terrenos envolvidos, determinados de acordo com a Seção 6, devem ser apresentadas como parte do projeto.

Caso seja prevista a execução de uma ou mais bermas de estabilização, estas devem estar assentes em camada drenante granular (filtros granulares ou de geotêxteis adequados – ABNT NBR 12553), sempre que o lençol freático puder aflorar, no contato com o solo natural, cortado ou não. Deve ser prevista a saída da água recolhida por esta camadas drenantes, de modo a não haver erosão interna do aterro.

### 7.3.3 Projetos envolvendo obras de contenção em solo

São aqueles com elementos destinados a contrapor-se aos esforços estáticos provenientes do terreno e de sobrecargas acidentais e/ou permanentes. Todas as estruturas de contenção devem ser projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20 kPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado. A utilização de valores inferiores para a sobrecarga acidental deve ser devidamente justificada pelo engenheiro civil geotécnico.

As estruturas de contenção podem ser de diversos tipos, conforme 7.3.3.1 a 7.3.3.4.

#### 7.3.3.1 Muros de gravidade

São aqueles que formam uma estrutura monolítica, cuja estabilidade é garantida através do peso próprio da estrutura. Podem ser de concreto simples, concreto ciclópico, gabiões, alvenaria de pedra argamassada ou de pedra seca, tijolos ou elementos especiais. O dimensionamento deve atender à verificação da estabilidade quanto ao tombamento, deslizamento e capacidade de carga da fundação. A linha de ação da resultante dos esforços envolvidos deve interceptar o terço central da base. Casos contrários devem ser justificados.

#### 7.3.3.2 Muros de flexão

São aqueles que resistem aos esforços por flexão, geralmente utilizando parte do peso próprio do maciço arrimado que se apóia sobre sua base para manter o equilíbrio, sem caracterizar uma estrutura monolítica.

O dimensionamento deve atender aos mesmos critérios do muro de gravidade, acrescido das verificações de estabilidade estrutural das peças do material constituinte, geralmente concreto armado.



## ABNT NBR 11682:2009

### 7.3.3.3 Estruturas ancoradas

São aquelas cuja estabilidade é garantida através de tirantes ancorados no terreno ou de estruturas específicas de ancoragem (“mortos”). A estrutura pode ser contínua, em grelha, em placas ou em contrafortes. O dimensionamento deve atender à verificação estrutural das peças constituintes da estrutura, aos critérios preconizados pela ABNT NBR 5629 para os tirantes injetados no terreno e aos fatores de segurança indicados em 7.3.7 para a estabilidade do maciço.

### 7.3.3.4 Estruturas de solo reforçado

São aquelas cuja estabilidade é garantida através do reforço do terreno com elementos resistentes introduzidos no seu interior. Os elementos resistentes podem ser grampos, fitas, geossintéticos, conforme ABNT NBR 12553, colunas de solo-cimento ou estacas de qualquer tipo, que trabalham conjuntamente com o terreno. O projeto deve demonstrar que os esforços atuantes nos elementos resistentes utilizados situam-se na faixa de trabalho dos elementos considerados. É obrigatória a apresentação das características físicas de resistência, deformabilidade e durabilidade dos materiais empregados, que devem ser coerentes com a dos produtos fabricados e existentes no mercado.

No caso de utilização de peças de aço enterradas, devem ser atendidas as mesmas condições de tensão de trabalho, para a condição definitiva ou provisória, e de proteção anticorrosiva, indicadas na ABNT NBR 5629.

O projeto de estruturas de solo reforçado deve seguir as recomendações das ABNT NBR 9288, ABNT NBR 9286 e ABNT NBR 9285.

### 7.3.4 Projetos envolvendo obras de contenção em rocha

A adoção da solução deve ser precedida da caracterização do problema, abordando-se os aspectos topográficos e geológicos, com especial atenção à inclinação e à altura do talude, além do estudo da litologia, das descontinuidades, do grau de intemperização da rocha, das condições de contato e da possibilidade de sismos e demais riscos envolvidos.

É necessário o levantamento das descontinuidades com a representação estereográfica e definição do mecanismo de ruptura. A resistência ao cisalhamento das descontinuidades (se preenchidas ou não) deve ser pesquisada adotando-se critérios de ruptura consagrados, considerando-se a rugosidade e a resistência à compressão através de gráficos e tabelas também de uso consagrado.

Os elementos introduzidos no talude rochoso para aumentar a sua estabilidade podem ser divididos em cinco grupos conforme 7.3.4.1 a 7.3.4.5.

#### 7.3.4.1 Grupo 1 – Introdução de ancoragens e chumbadores

A utilização de ancoragens e chumbadores pode estar ou não associada à estrutura, geralmente de concreto armado ou telas metálicas. As definições constantes na ABNT NBR 5629 são válidas para as ancoragens. As estruturas mais usuais correspondem aos tipos descritos em 7.3.4.1.1 a 7.3.4.1.4.

##### 7.3.4.1.1 Grelhas ancoradas

São estruturas constituídas, em geral, de vigas horizontais e verticais de concreto armado, adaptadas às irregularidades da face do talude rochoso, tendo ancoragens protendidas posicionadas na interseção das vigas. As grelhas são aplicadas em taludes rochosos fraturados, quando se pretende consolidar uma determinada região potencialmente instável.

#### 7.3.4.1.2 Contrafortes de concreto armado

São estruturas adaptadas às irregularidades da face do talude rochoso, associadas ou não a ancoragens, chumbadores ou grampos, trabalhando predominantemente à compressão. Aplicam-se como apoio ou calçamento de blocos rochosos instáveis.

#### 7.3.4.1.3 Placas de concreto armado

São estruturas utilizadas quando se pretende distribuir as tensões introduzidas no maciço por ancoragens protendidas.

#### 7.3.4.1.4 Telas metálicas

São estruturas utilizadas para estabilização de taludes rochosos muito fraturados ou mesmo de solo saprolítico, estando sempre posicionadas junto à face do talude e fixadas por meio de ancoragens, tirantes ou chumbadores. A contenção com telas metálicas deve ser verificada quanto à possibilidade da ruptura do sistema formado pela tela, pelas placas metálicas de distribuição de tensões e pelos elementos de fixação. O sistema e todos os seus componentes devem ser comprovados quanto à sua resistência, durabilidade, proteção anticorrosiva e desempenho. O comprimento, espaçamento e diâmetro do elemento de fixação devem ser determinados por cálculo da ruptura global do maciço, ante a possibilidade de queda de porção rochosa, com superfície planar ou em cunha, condicionada pela geologia local.

#### 7.3.4.2 Grupo 2 – Alterações na geometria do talude – Implantação de banquetas

As banquetas podem ser concebidas de acordo com os tipos de utilização descritos em 7.3.4.1 e 7.3.4.1.2

##### 7.3.4.2.1 Banquetas para diminuição do ângulo médio do talude

Tem por objetivo a aumentar o fator de segurança e permitir a implantação da drenagem superficial, dividindo a vazão em cada trecho do sistema drenante. A altura de talude entre cada banquetta e sua largura deve ser calculada visando atender à estabilidade geral da encosta e a de cada talude entre banquetas. A altura de talude, entre as banquetas, não deve exceder 15 m.

##### 7.3.4.2.2 Banquetas para a redução de energia

Tem por objetivo criar espaços para possibilitar a redução da energia cinética de blocos rochosos em queda. A largura e a altura das banquetas devem ser determinadas por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de rolamento de blocos rochosos em queda.

#### 7.3.4.3 Grupo 3 – Drenagem

Os sistemas de drenagem podem abranger os tipos descritos em 7.3.4.3.1 e 7.3.4.3.2.

##### 7.3.4.3.1 Drenagem superficial

Os elementos de drenagem superficial devem ser preferencialmente moldados no local e calculados por métodos consagrados, levando em conta as mesmas considerações contidas em 7.3.1-d) e 7.3.1-e). Deve ser verificado o local final de descarga do sistema de drenagem da encosta, evitando-se pontos de concentração não protegidos contra a erosão, devendo ser adotadas bacias de amortecimento quando necessário.

##### 7.3.4.3.2 Drenos profundos

São utilizados para manter rebaixado o lençol freático e devem ser dimensionados através de estudos geológicos e hidrogeológicos para permitir a passagem de água e não a de partículas sólidas. No caso de maciços rochosos fraturados, estes drenos devem interceptar o maior número possível de fraturas. São geralmente constituídos de tubos perfurados ou permeáveis (geotubos, se constituídos de material sintético), protegidos por materiais

## ABNT NBR 11682:2009

granulares ou sintéticos, que atendam aos critérios granulométricos de filtro. Para permitir avaliar a eficiência dos drenos, as vazões devem ser medidas em intervalos definidos no projeto.

### 7.3.4.4 Grupo 4 – Barreiras e estruturas de impacto

As barreiras e estruturas de impacto visam à desaceleração de blocos de rocha ou de massas de solo em movimento, podendo abranger os tipos descritos em 7.3.4.4.1 a 7.3.4.4.3.

#### 7.3.4.4.1 Muros rígidos ou semi-rígidos de impacto

São estruturas metálicas ou de concreto armado, associadas a uma área plana, atrás da face interna do muro, destinadas ao amortecimento do impacto. A largura da área de amortecimento e a altura do muro devem ser determinadas por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de blocos rochosos e de massas de terra em movimento.

#### 7.3.4.4.2 Barreiras flexíveis

São constituídas de postes de aço, telas de aço, rede de anéis de aço, cabos de aço e dispositivos de frenagem. Servem para a desaceleração de blocos rochosos ou de massas de solo em movimento. O número de elementos, o posicionamento da barreira na encosta, a altura e o tipo de barreira devem ser dimensionados por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de rolamento de blocos rochosos ou de massas de terreno em movimento. O sistema constituinte da barreira e todos os seus componentes devem ser comprovados quanto à sua resistência, durabilidade, proteção anticorrosiva e desempenho.

#### 7.3.4.4.3 Trincheiras de amortecimento

São posicionadas no pé da encosta e servem de área de impacto para queda e coleta de blocos rochosos e de massas de solo. A largura e a profundidade das trincheiras devem ser determinadas por métodos numéricos que simulem a energia e trajetória de rolamento de blocos rochosos em queda.

### 7.3.4.5 Grupo 5 – Túnel falso

São estruturas metálicas ou em concreto armado utilizadas como cobertura para trechos de estrada e destinadas a receber e/ou a desviar avalanches e quedas de blocos rochosos e/ou de detritos. A largura e a extensão do túnel devem ser determinadas por métodos numéricos que simulem a energia e a trajetória de rolamento de blocos rochosos e/ou de massas de solo. Deve também ser comprovada a estabilidade interna da estrutura em função da energia e do impacto esperados.

### 7.3.5 Projetos envolvendo soluções mistas

São aqueles envolvendo simultaneamente duas ou mais soluções acima, ou com elementos de estabilização diferentes daqueles listados em 7.3.2 a 7.3.5, tais como “jet grouting”, reticulado de estacas tipo raiz, cortinas de tubulões, muros de terra ou outras. O dimensionamento dessas estruturas deve atender ao estabelecido nesta Norma, quando couber. Em caso contrário, todos os critérios e cálculos adotados deve ser demonstrados pelo engenheiro civil geotécnico responsável.

### 7.3.6 Critérios de cálculo

Os seguintes elementos devem ser claramente definidos, para qualquer situação de cálculo de estabilidade de encosta ou de elemento constituinte de obra de contenção:

- as seções geológico-geotécnicas consideradas;
- os parâmetros geotécnicos do terreno e os respectivos critérios para obtenção dos valores adotados, considerando-se adequadamente os parâmetros de resistência para os casos de terreno intacto e rompido. No caso de terreno rompido deve ser adotada coesão igual a zero;



- c) o método de cálculo, com indicação das fórmulas consideradas, programas utilizados ou bibliografia de consulta;
- d) as situações do nível d'água, poro-pressões, atuação de sobrecargas, eventuais sismos e fases executivas.

### 7.3.7 Fatores de segurança

#### 7.3.7.1 Conceito

Esta Norma considera que as análises usuais de segurança desprezam as deformações que ocorrem naturalmente no talude ou na encosta e que o valor do fator de segurança (FS) tem relação direta com a resistência ao cisalhamento do material do talude, conforme definido em 3.6. Admite-se, portanto, que um maior valor de FS corresponde a uma segurança maior contra a ruptura. Entretanto, no caso de encostas, a variabilidade dos materiais naturais pode reduzir significativamente a segurança, aumentando a probabilidade de ocorrência de uma ruptura da encosta.

Na metodologia recomendada a seguir, admite-se que o valor de FS pode variar em função da situação potencial de ruptura do talude, no que diz respeito ao perigo de perda de vidas humanas e à possibilidade de danos materiais e de danos ao meio ambiente. Devem ser consideradas as situações atuais e futuras, previstas ao longo da vida útil do talude estudado.

Os valores de FS indicados a seguir são válidos para todos os casos de carregamento definidos pelo engenheiro civil geotécnico responsável pelo projeto, incluindo hipóteses sobre a situação do nível de água, sobrecargas, alterações previstas na geometria, ação de sismos e outros.

Situações e metodologias especiais são abordadas em 7.3.7.3.

#### 7.3.7.2 Metodologia

Os fatores de segurança (FS) considerados nesta Norma têm a finalidade de cobrir as incertezas naturais das diversas etapas de projeto e construção. Dependendo dos riscos envolvidos, deve-se inicialmente enquadrar o projeto em uma das seguintes classificações de nível de segurança, definidas a partir da possibilidade de perdas de vidas humanas, conforme Tabela 1 e de danos materiais e ambientais, conforme Tabela 2.

**Tabela 1 — Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas**

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

## ABNT NBR 11682:2009

Tabela 2 — Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

O enquadramento nos casos previstos nas Tabelas 1 e 2 deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico, sempre em comum acordo com o contratante do projeto e atendendo às exigências dos órgãos públicos competentes. O fator de segurança mínimo a ser adotado no projeto, levando-se em conta os níveis de segurança preconizados nas Tabelas 1 e 2, deve ser estipulado de acordo com a Tabela 3.

Os fatores de segurança indicados na Tabela 3 referem-se às análises de estabilidade interna e externa do maciço, sendo independentes de outros fatores de segurança recomendados por normas de dimensionamento dos elementos estruturais de obras de contenção, como, por exemplo, do concreto armado e de tirantes injetados no terreno.

Entende-se por estabilidade interna aquela que envolve superfícies potenciais de escorregamento localizadas, a serem estabilizadas pela estrutura de contenção, como no caso de uma cunha de empuxo ativo. Por outro lado, a estabilidade externa é aquela que envolve superfícies de escorregamento globais. No caso de estruturas de arrimo reforçadas por tirantes, tiras, grampos ou geossintéticos, por exemplo, as superfícies localizadas interceptam os elementos de reforço (estabilidade interna), enquanto que as superfícies globais não interceptam estes elementos (estabilidade externa).

Tabela 3 — Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros  $\gamma$ ,  $\phi$ ,  $c$ , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Nos casos de estabilidade de muros de gravidade e de muros de flexão, devem ser atendidos os fatores da Tabela 4.

**Tabela 4 — Requisitos para estabilidade de muros de contenção**

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento na base	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0
NOTA Na verificação da capacidade de carga da fundação, podem ser alternativamente utilizados os critérios e fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 6122.	

### 7.3.7.3 Situações especiais

Para encostas com colúvios permanentemente saturados, em casos de investigação adequada, o valor mínimo de FS, após as obras de estabilização, deve ser definido por um engenheiro civil geotécnico responsável. Entende-se por investigação adequada as situações em que os parâmetros de resistência e as poro-pressões do material possam ser estabelecidos de maneira confiável, com base em ensaios de campo, de laboratório, instrumentação e retroanálises.

Em casos de elevado potencial de perda de vidas e de danos ambientais, a critério do engenheiro civil geotécnico responsável, pode ser quantificada a probabilidade de ruptura (PR) correspondente ao fator de segurança adotado. Valores reduzidos de fator de segurança correspondem a probabilidades de ruptura elevadas. O valor de PR deve ser estimado por um engenheiro civil geotécnico e comparado com os valores máximos aceitáveis, de acordo com os critérios disponíveis na literatura especializada.

Considerando que os menores valores de FS correspondem a maiores deformações do material da encosta, o monitoramento com instrumentação geotécnica durante e após a obra, a ser especificado pelo engenheiro civil geotécnico responsável, é obrigatório nas seguintes situações:

- casos em que um critério de deformações é determinante ao bom desempenho da obra de estabilização. Nestes casos, a critério do engenheiro civil geotécnico responsável, podem ser elaborados estudos numéricos de deformabilidade com base em um programa adequado de ensaios geotécnicos;
- casos de escavações onde a região de influência das deformações possa atingir obras existentes, particularmente envolvendo taludes íngremes ou de grande altura;
- casos de obras de estabilização de taludes com mais de 30 m de altura, em área urbana.

## 7.4 Apresentação de projeto

Os projetos devem ser apresentados em relatório consolidado contendo memória de cálculo com indicação do descrito em 7.4.1 a 7.4.8, mas não necessariamente se limitando a isso.

### 7.4.1 Introdução

Contendo descrição do local, histórico e condições gerais.

### 7.4.2 Obtenção de dados

Contendo a caracterização e a forma de obtenção de todos os dados utilizados nos cálculos, incluindo dados geométricos, sobrecargas, níveis de água, parâmetros do terreno e fatores de segurança, todos com a devida interpretação e justificativa dos valores adotados.

## **ABNT NBR 11682:2009**

### **7.4.3 Cálculo de estabilidade**

Contendo a descrição do método de estabilidade aplicado e a justificativa dos respectivos fatores de segurança.

### **7.4.4 Instrumentação geotécnica**

Conforme descrição apresentada na Seção 11, se for o caso.

### **7.4.5 Especificações**

Contendo as características dos materiais e procedimentos a serem adotados na execução, incluindo seqüência executiva e cuidados especiais com escavações e sobrecargas.

### **7.4.6 Desenhos**

Contendo a planta geral da obra, seções que representem todas as partes do projeto e detalhes necessários ao perfeito entendimento, execução e fiscalização das obras.

### **7.4.7 Quantidades**

Contendo a planilha de quantidades dos materiais e serviços.

### **7.4.8 Plano de manutenção**

Conforme especificado na Seção 10.

## **8 Execução de obras**

### **8.1 Introdução**

Antes do início da construção de obras de estabilização de taludes em encostas, devem estar concluídos:

- o projeto executivo, conforme Seção 7;
- os processos de obtenção das respectivas licenças e autorizações.

Em casos de perigo iminente de escorregamento ou evolução deste fenômeno, com risco de danos materiais ou de perda de vidas, as obras podem ser iniciadas sem os quesitos acima, devendo, entretanto, ser obrigatoriamente acompanhadas por engenheiro civil geotécnico e precedidas de relatório por ele elaborado, com indicação da concepção de estabilização, da metodologia executiva, do plano de ataque e de cuidados especiais.

### **8.2 Mobilização**

Corresponde à fase inicial, quando são posicionadas as instalações provisórias da obra e disponibilizados os equipamentos necessários no local dos serviços.

Esta atividade não deve interferir com terceiros (ruas, estradas, caminhos, linhas de abastecimento e outras), nem com a própria obra ou com critérios de projeto, como o posicionamento inadequado de sobrecargas. Devem ser providenciadas as autorizações e sinalizações necessárias, bem como eventuais proteções a locais que ofereçam risco.

### 8.3 Desenvolvimento da obra

A obra deve seguir a seqüência construtiva, locações, dimensões, materiais, especificações executivas e ensaios indicados no projeto.

Especial atenção deve ser dada, nas fases de escavação, ao posicionamento de sobrecargas (pilhas de estoque e tráfego de equipamentos), à condução de águas e a outros aspectos de obra, de forma a não alterar as considerações de projeto, durante as fases intermediárias da obra.

Antes de cada atividade, devem ser feitas as locações necessárias tanto no local específico dos serviços, como em locais de segurança, mais afastados, de forma a não perder a referência, uma vez iniciados os serviços. Esta situação aplica-se à implantação de estruturas de contenção e drenagem e à marcação dos *off-sets* de terraplanagem.

Devem ser observados os aspectos listados a seguir:

- a) condições de campo em desacordo com as indicadas no projeto, em particular na fase de locação, seja por evolução de erosões, imprecisão de topografia ou outra qualquer, devem ser comunicadas ao engenheiro civil geotécnico e a obra somente deve ser iniciada após os devidos ajustes;
- b) atividade com interferências ou envolvendo remoção de vegetação de porte deve ter planejamento adequado e somente executada após a respectiva licença, se necessária;
- c) os impactos dos serviços relativos a empréstimos, disposição de bota-fora e entulho, bem como tráfego de equipamentos, devem ser devidamente avaliados;
- d) a disposição de material resultante de escavação e entulhos, bem como o caminhamento de águas de drenagem ou de retorno de perfuração, não podem causar instabilização;
- e) nas escavações a céu aberto deve ser seguida a ABNT NBR 9061;
- f) no caso de uso autorizado de escavação com explosivos, deve ser seguida a ABNT NBR 9653;
- g) na execução de cortinas atirantadas pelo método descendente, a escavação abaixo de qualquer nível de tirantes somente pode ser iniciada após a aplicação da carga especificada no projeto, para todos os níveis superiores na mesma vertical;
- h) na compactação de aterro junto à estruturas de contenção (cortina, muro, gabião etc.), deve ser respeitada uma distância do paramento interno da estrutura de no mínimo 2 m, na qual não pode ser utilizado equipamento mecânico de compactação, para evitar danos na estrutura. Nessa faixa, o aterro deve ser compactado com sistema manual ou semimecanizado (tipo sapo ou mesa vibratória), ou alternativamente com água, no caso de utilização de material granular;
- i) o terreno de assentamento de estruturas de contenção deve ser verificado por engenheiro civil geotécnico, de forma a comprovar a capacidade de carga da fundação no nível de tensões previsto;
- j) antes de qualquer procedimento de perfuração, deve ser verificada a possibilidade da existência de interferências enterradas (dutos, cabos, fundações, galerias e outras) e executado seu devido mapeamento, se for o caso, de forma a evitar danos.

Devem ser sempre atendidas as recomendações executivas das ABNT NBR 14931, ABNT NBR 6122, ABNT NBR 9286, ABNT NBR 9285, ABNT NBR 9061, ABNT NBR 5629.



**ABNT NBR 11682:2009****9 Acompanhamento de obras**

Em obras geotécnicas de estabilização de encosta, eventuais ajustes e adaptações ao projeto originalmente desenvolvidos são inevitáveis devido às alterações na topografia do terreno que ocorrem com o tempo, complexidade da geologia local e outros condicionantes relacionados com a interação solo estrutura.

O acompanhamento técnico durante a fase de execução é obrigatório e deve ser realizado pelo engenheiro civil geotécnico responsável pelo projeto da obra.

A periodicidade das visitas de acompanhamento pelo engenheiro civil geotécnico deve ser estabelecida em função do porte da obra, tendo como objetivo a verificação dos critérios de projeto e modelos de cálculo, permitindo eventual ajuste às condições de campo.

Entre os principais aspectos relacionados ao acompanhamento técnico, destacam-se: locação, cotas de assentamento, condições de fundação, fases de execução, perfurações, adequação da drenagem, testes e ensaios de acordo com as normas.

Os registros da visita devem ser feitos em diário de obra ou documento semelhante e também em relatório técnico a ser encaminhado posteriormente ao contratante.

No diário de obras devem ser dadas as instruções de caráter imediato para o construtor, tais como: eventuais adaptações ao projeto, recomendações executivas, croquis e metodologias específicas.

O relatório técnico de acompanhamento, de caráter mais geral, além das informações transmitidas diretamente à obra, deve informar ao contratante sobre a situação da obra, as questões técnicas de maior relevância, as alterações de projeto realizadas etc. Recomenda-se registro fotográfico, para ilustração do relatório.

Ao término da obra, deve ser providenciado pelo executor o projeto "como construído" (*"as built"*), ou seja, todas as modificações no projeto realizadas pelo construtor serão consolidadas em documento final a ser encaminhado ao proprietário.

**10 Manutenção**

Ao término da obra, o executor deve elaborar o "Manual do Usuário" a ser encaminhado ao proprietário. Neste manual, devem constar todas as providências em termos de manutenção da obra a serem seguidas pelo proprietário. Tanto o tipo de serviço a ser realizado quanto à sua periodicidade devem ser definidos no manual.

As recomendações constantes no manual devem ter por objetivo manter as características originais do projeto, dentro dos critérios de segurança preestabelecidos.

Devem ser seguidas as seguintes recomendações, de caráter básico, além de outras recomendações pertinentes:

- a) proceder às vistorias periódicas à obra (no mínimo semestrais) para verificação de situações anômalas, a saber: trincas, deslocamentos, obstruções na drenagem, erosões e outros fatos julgados de relevância;
- b) realizar limpeza periódica no sistema de drenagem;
- c) realizar, com a periodicidade recomendada pelo executor, medição de vazão dos drenos profundos subhorizontais;
- d) no caso de obras com empregos de tirantes, devem ser executados ensaios de verificação de cargas e inspeção da integridade da cabeças, a cada cinco anos, em um número representativo de tirantes, conforme critério a seguir, com sistema bomba, macaco e manômetro aferido ou célula de carga. Os resultados devem ser apresentados ao proprietário da obra com as recomendações cabíveis.

Devem ser respeitados os seguintes critérios para determinar o número de tirantes a serem verificados, em função do número total de tirantes existentes na obra:

— até 10 tirantes: ensaiar todos;

- de 10 a 30 tirantes: ensaiar 7 + 25 % do total de tirantes existentes na obra;
  - de 30 a 60 tirantes: ensaiar 12 + 10 % do total de tirantes existentes na obra;
  - de 60 a 100 tirantes: ensaiar 15 + 5 % do total de tirantes existentes na obra;
  - mais de 100 tirantes: ensaiar 20 % do total de tirantes existentes na obra;
- e) no caso de obras com monitoramento previsto, realizar e analisar as leituras de acompanhamento conforme recomendado no projeto;
- f) outras recomendações pertinentes.

## 11 Monitoramento

O monitoramento do desempenho de uma obra ou de uma encosta deve ser realizado, sempre que julgado necessário pelo engenheiro civil geotécnico, como um dado relevante para a garantia da estabilidade.

O engenheiro civil geotécnico responsável deve detalhar no projeto executivo o tipo de instrumento a ser instalado, definindo localização, profundidade, metodologia de instalação e periodicidade de acompanhamento. Em determinadas situações, o monitoramento pode ser utilizado em uma fase pré-construção ou durante a própria construção, visando à obtenção de dados para a elaboração ou ajuste eventual do projeto.

Entre os tipos de controle/monitoramento normalmente utilizados, merecem destaque os seguintes:

- controle de deslocamentos em profundidade por intermédio de inclinômetros. Os inclinômetros devem garantir obrigatoriamente embutimento em terreno indeslocável, numa profundidade abaixo da região supostamente em movimento;
- controle de movimentos superficiais horizontais e verticais através de marcos superficiais, com controle topográfico de precisão a partir de bases localizadas fora da área sujeita a deslocamentos;
- controle da variação do nível do lençol freático através da instalação de medidores de nível d'água;
- medição da poro-pressão mediante a instalação de piezômetros;
- controle de prumo de estruturas de contenção;
- controle de deslocamentos em estruturas de contenção através da instalação de alongômetros e pinos de nivelamento;
- medição de cargas atuantes em ancoragens ou grampos através de células de carga, medidores de deformações elétricos ("*strain-gages*") ou conjunto bomba/macaco hidráulico devidamente aferido;
- medição de vazão em drenos profundos sub-horizontais, poços e galerias de drenagem;
- medição de índices pluviométricos através da instalação de pluviômetros ou de estações meteorológicas;
- controle de abertura de juntas, trincas ou fissuras, mediante a instalação de pinos de referência, selos ou outros dispositivos.

Outros tipos de controle ou instrumentos podem ser utilizados, desde que atendam às necessidades de projeto.

Os instrumentos instalados para monitoramento devem ser convenientemente protegidos contra possíveis atos de vandalismo.

Eventuais anomalias ao longo do acompanhamento (deslocamentos ou cargas excessivas, níveis d'água ou vazões muito elevadas ou instrumentos danificados sem possibilidade de leitura) devem ser imediatamente comunicadas ao contratante da obra para análise e providências.

Devem ser elaborados relatórios periódicos de acompanhamento do monitoramento e encaminhados ao interessado.



## Anexo A (normativo)

### Solução dos taludes enquadrados nesta

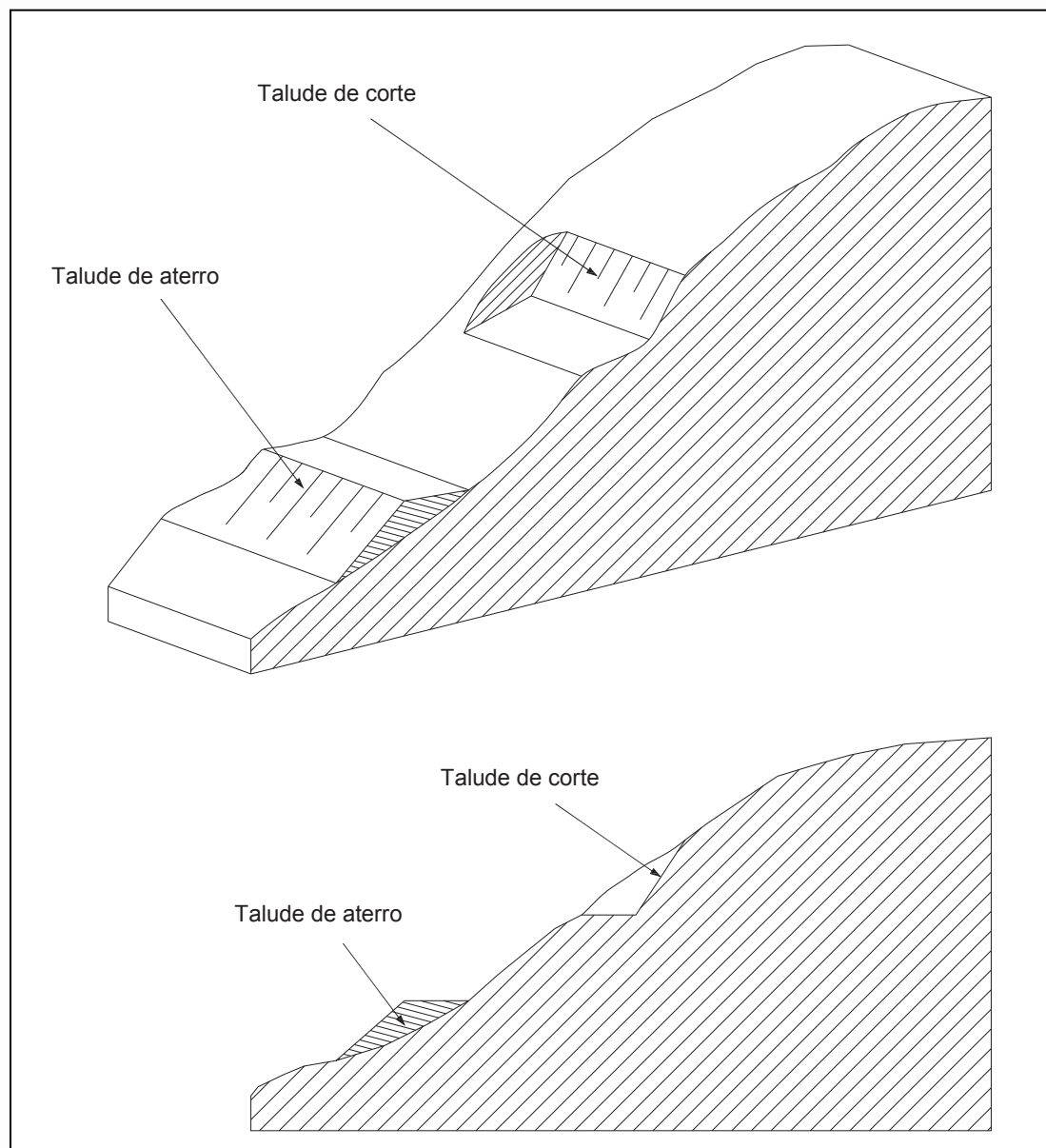


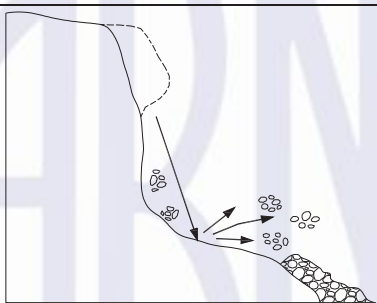
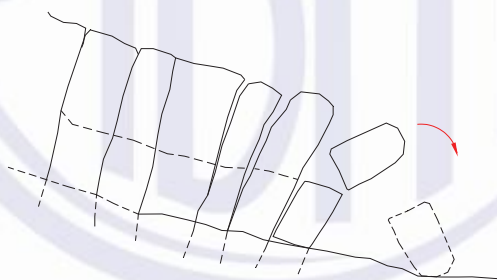
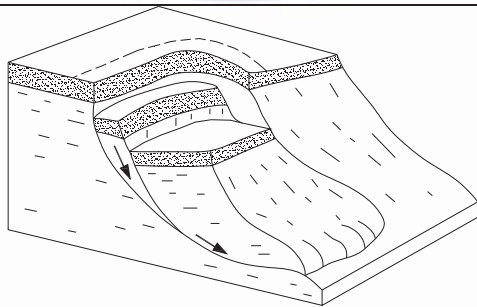
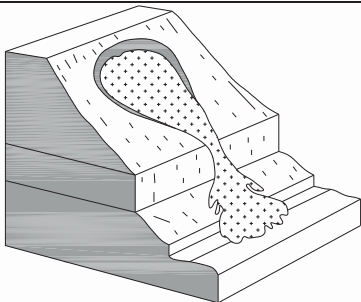
Figura A.1 — Taludes de corte e aterro

## Anexo B (normativo)

### Terminologia

A terminologia a ser empregada para os diversos tipos de instabilidade de massas em encostas é a indicada na Tabela B.1

**Tabela B.1 — Tipos básicos de movimentos de massa**

Terminologia dos tipos de movimento de massa	Figura	Definição
Queda / rolamento		Desprendimento de fragmentos do terreno, de qualquer tamanho, que caem de certa altura, em queda livre ou com qualquer outra trajetória e tipo de movimento
Tombamento		Movimento de massa em forma de balsa com eixo na base
Escorregamento		Movimento de massa por deslocamento sobre uma ou mais superfícies
Escoamento		Movimento de massa com propriedades de fluido, lento ou rápido (corrida)

## ABNT NBR 11682:2009

## B.1 Elementos

A terminologia para designação dos elementos de caracterização de um escorregamento está indicada na Figura B.1 com representação tridimensional e na Figura B.2 com representação em corte.

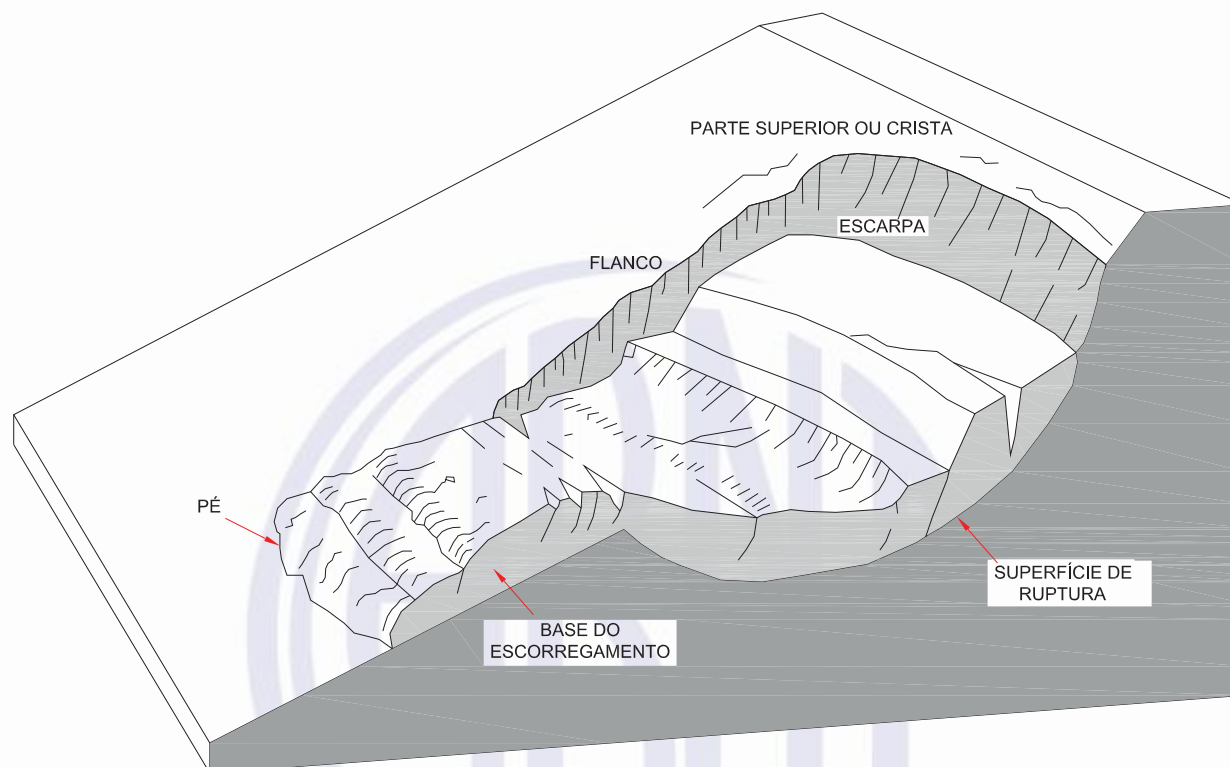


Figura B.1 — Terminologia dos elementos de um escorregamento

Tabela B.2 — Terminologia dos elementos de um escorregamento

Terminologia dos elementos	Definição
Crista	Região não escorregada adjacente à parte mais alta do início do movimento
Escarpa	Superfície íngreme do terreno intacto, correspondente à parte visível da superfície de ruptura
Material escorregado	Corresponde ao volume total que se deslocou de sua posição original
Corpo	Material escorregado, que ficou sobre a superfície de ruptura
Base do escorregamento	Porção da massa escorregada situada além da superfície de ruptura
Pé do escorregamento	Linha, geralmente curva, de limite mais distante da massa escorregada, correspondente ao limite da base
Superfície de ruptura	Superfície do terreno natural onde houve ruptura
Topo do escorregamento	Ponto mais alto da massa escorregada junto à escarpa principal
Flanco	Transição para material não atingido pela movimentação, situado nas laterais da massa escorregada. A designação de direita e esquerda deve ser referida a um observador situado na crista
Superfície original do terreno	Superfície da encosta existente antes do deslizamento

## B.2 Dimensões

A terminologia para designação das dimensões envolvidas em uma movimentação de massa, conforme indicado na Figura B.1, é a indicada na Figura B.2.

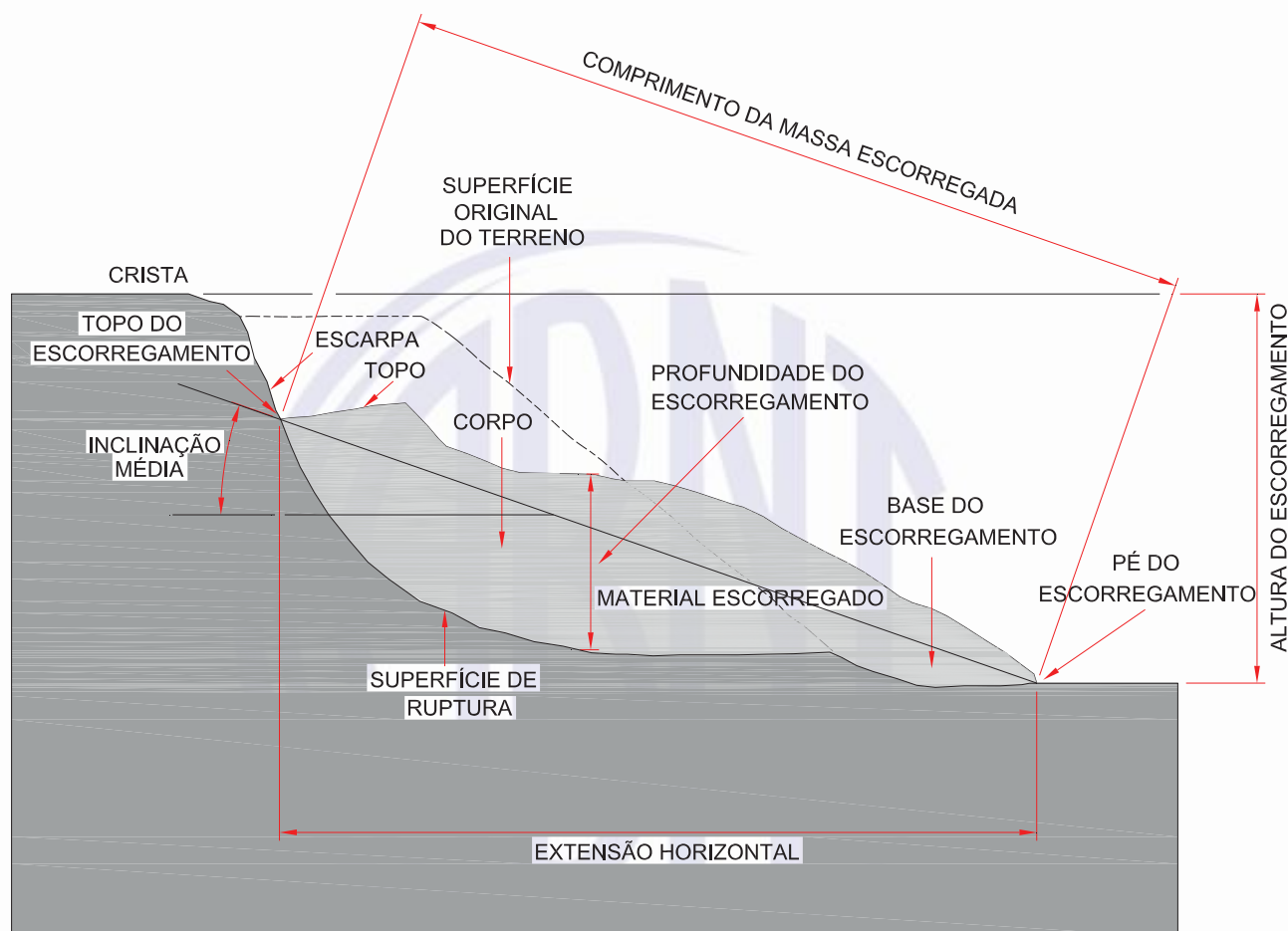


Figura B.2 — Terminologia das dimensões

Tabela B.3 — Terminologia das dimensões

Terminologia das dimensões	Definição
Largura da massa escorregada	Largura máxima da massa escorregada, medida perpendicularmente ao comprimento
Comprimento da massa escorregada	Comprimento máximo da massa escorregada, medida ao longo do terreno
Extensão horizontal	Comprimento máximo da massa escorregada, medida na horizontal
Profundidade do escorregamento	Maior espessura da massa escorregada, medida na vertical
Altura do escorregamento	Medida vertical entre a crista e o pé
Inclinação média	Ângulo medido entre a horizontal e a linha que une o pé e o topo do escorregamento

## Anexo C (normativo)

### Laudo de vistoria

Modelo de planilha

#### LAUDO DE VISTORIA

pf. 1/2

<b>1- LOCALIZAÇÃO</b>  <b>1.1 - Ponto de referência:</b>  <b>2- Coordenadas UTM:</b> <b>3- SOLICITANTE:</b> <b>4- TIPO DA SITUAÇÃO:</b> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <input type="checkbox"/> Movimento ocorrido  <input type="checkbox"/> Possibilidade de movimento  <input type="checkbox"/> Estudo/Projeto         </div>	<b>Data da vistoria:</b> /    /
--	---------------------------------

<b>5- ASPECTOS LOCAIS</b> <b>5.1- Tipo da ocupação / densidade</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Favela  <input type="checkbox"/> Área urbana estruturada  <input type="checkbox"/> Área não ocupada  <input type="checkbox"/> Estrada  <input type="checkbox"/> Outras: _____         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Alta  <input type="checkbox"/> Média  <input type="checkbox"/> Baixa         </div> </div> <b>5.3- Drenagem / condições</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Natural  <input type="checkbox"/> Construída  <input type="checkbox"/> Inexistente         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Satisfatória  <input type="checkbox"/> Insuficiente  <input type="checkbox"/> Obstruída  <input type="checkbox"/> Danificada         </div> </div>	<b>5.2- Tipo da vegetação / condições</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Arbórea  <input type="checkbox"/> Arbustiva  <input type="checkbox"/> Rasteira  <input type="checkbox"/> Nenhuma         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Alta  <input type="checkbox"/> Média  <input type="checkbox"/> Esparsa         </div> </div> <b>5.4- Relevo / perfil de encosta</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Escarpado  <input type="checkbox"/> Montanhoso  <input type="checkbox"/> Ondulado  <input type="checkbox"/> Suave         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Côncavo  <input type="checkbox"/> Convexo  <input type="checkbox"/> Retilíneo         </div> </div>
--	---

<b>6- CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS</b> <b>6.1- Local vistoriado:</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Encosta natural  <input type="checkbox"/> Talude de corte  <input type="checkbox"/> Talude de aterro  <input type="checkbox"/> Talvegue  <input type="checkbox"/> Extração mineral  <input type="checkbox"/> Outros: _____         </div> <div style="width: 45%;"> <b>6.2- Geometria (ver croqui)</b>            Altura (m): _____            Largura (m): _____            Inclinação (°): _____         </div> </div> <b>6.3- Obras de contenção existente</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> Sim  <input type="checkbox"/> Não         </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input type="checkbox"/> Pública  <input type="checkbox"/> Privada         </div> <b>6.4- Condições de saturação:</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Seco  <input type="checkbox"/> Úmido  <input type="checkbox"/> Saturado  <input type="checkbox"/> Ver croqui anexo         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Com surgência  <input type="checkbox"/> Tubulação rompida  <input type="checkbox"/> Artesianismo         </div> </div>	<b>6.5- Natureza do material</b> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Solo  <input type="checkbox"/> Rocha         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Com trincas  <input type="checkbox"/> Sem trincas  <input type="checkbox"/> Com blocos  <input type="checkbox"/> Fraturada  <input type="checkbox"/> Sem fraturas  <input type="checkbox"/> Com blocos         </div> <div style="width: 45%;"> <input type="checkbox"/> Tálus  <input type="checkbox"/> Aterro  <input type="checkbox"/> Solo residual  <input type="checkbox"/> Solo sedimentar  <input type="checkbox"/> Colúvio  <input type="checkbox"/> Entulho  <input type="checkbox"/> Lixo         </div> </div>
--	--

## LAUDO DE VISTORIA

fl.2/2

**7- CARACTERÍSTICAS DA SITUAÇÃO****7.1- Movimento ocorrido**

Data e hora:

Volume estimado (m<sup>3</sup>):

Pluviometria (últimas 48h):

**7.1.1- Consequências:**

- ☐ Vítimas fatais: (nº \_\_\_\_\_ )
- ☐ Vítimas não fatais: (nº \_\_\_\_\_ )
- ☐ Obstrução de vias
- ☐ Danos a bens particulares
- ☐ Danos a bens públicos
- ☐ Riscos para terceiros
- ☐ Sem consequências

**7.2- Possibilidade de movimento****7.2.1- Grau de risco**

- ☐ Alto
- ☐ Médio
- ☐ Baixo

**7.2.2- Número de elementos em risco**

- ☐ vidas
- ☐ < 10
- ☐ entre 10 e 30
- ☐ > 30
- ☐ moradia
- ☐ hospital/escola
- ☐ edificação/estrutura
- ☐ estradas
- ☐ outros (especificar): \_\_\_\_\_

**7.3- Tipologia do movimento/Características**

Queda

- ☐ Tombamento
- ☐ Escorregamento
- ☐ Escoamento
- ☐ Subsidência
- ☐ Complexo
- ☐ Rotacional
- ☐ Planar
- ☐ Complexo
- ☐ Lento
- ☐ Rápido

**7.4-****Superfície de deslizamento**

- ☐ solo-solo
- ☐ solo-rocha
- ☐ rocha-rocha
- ☐ não identificada (descrever): ☐

**8- NECESSIDADE DE PROVIDÊNCIAS URGENTES**

- ☐ Não
- ☐ Sim (especificar): \_\_\_\_\_
- ☐ Descrição da situação (informações complementares):

---



---



---

**9- Responsável pela vistoria:****9.1- NOME****9.2- CREA:****9.3- Instituição:****10- Local e data deste relatório:****12- ANEXOS**

- ☐ Relatório preliminar
- ☐ Croqui (obrigatório)
- ☐ Fotos (obrigatório)
- ☐ Outros (especificar): \_\_\_\_\_

## Anexo D (normativo)

### Estimativa dos parâmetros de resistência para análise de estabilidade de encostas

#### D.1 Parâmetros de resistência ao cisalhamento

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento do solo devem levar em conta a variabilidade estatística dos resultados obtidos nos ensaios, para fins de estudos de estabilidade de encostas. Os parâmetros de resistência devem ser estimados por regressão linear, correlacionando-se a resistência ao cisalhamento  $\tau$  com as pressões normais (ou confinantes)  $\sigma$ . A análise de regressão deve ser baseada em uma quantidade mínima de 12 pontos por camada de solo idealizada no perfil geotécnico, o que corresponde a quatro ensaios tipo cisalhamento direto ou triaxial, com três corpos-de-prova cada, ou a três ensaios com quatro corpos-de-prova cada. O procedimento estatístico leva em conta a incerteza da resistência ao cisalhamento média ao longo de uma superfície potencial de ruptura, incluindo a incerteza decorrente de uma amostragem reduzida, com  $N$  pontos (corpos-de-prova), de modo que, quanto menor a quantidade de corpos-de-prova, maior a incerteza e menor a resistência ao cisalhamento de projeto.

#### D.2 Ensaios de cisalhamento direto

Os  $N$  pontos  $\sigma$ - $\tau$  correspondentes a todos os corpos-de-prova representativos de uma camada de solo devem ser plotados em um único gráfico, como indicado na Figura D.1, definindo-se por regressão linear a coesão média  $\bar{c}$  (intercepto para  $\sigma = 0$ ) e a tangente do ângulo de atrito médio  $tg\bar{\phi}$ . Para estudo da variabilidade da resistência, define-se o erro médio quadrado ( $EMQ$ ) como:

$$EMQ = \frac{\sum(\tau_i - \hat{\tau}_i)^2}{N - 2} \quad (D.2.1)$$

Na equação D.2.1,  $\tau_i$  é a resistência ao cisalhamento de um corpo-de-prova  $i$ , submetido à pressão normal  $\sigma_i$ , e  $\hat{\tau}_i$  a resistência ao cisalhamento média estimada por regressão linear (para a pressão  $\sigma_i$ ) como:

$$\hat{\tau}_i = \bar{c} + \sigma_i tg\bar{\phi} \quad (D.2.2)$$

Uma vez determinado o erro médio quadrado  $EMQ$ , define-se a faixa de aceitação dos pontos na análise de regressão, cujos limites são indicados pelas linhas tracejadas na Figura D.1. As linhas tracejadas representam os limites de confiança dos pontos correspondentes aos corpos-de-prova ensaiados, para uma margem de erro  $\alpha = 5\%$  (sendo  $2,5\%$  para cada cauda da distribuição). Para  $\alpha = 5\%$ , as linhas tracejadas delimitam a faixa onde é de  $95\%$  a probabilidade de que os pontos individuais se agrupem. Os ensaios (pontos) que se situarem fora da região limitada pelas linhas tracejadas devem ser expurgados. O número mínimo de pontos para a análise de regressão, após o expurgo, será  $N = 10$ . Os limites de confiança ( $\tau_{l,i}$ ) são obtidos ponto a ponto, para valores crescentes de  $\sigma_i$ , através da expressão:

$$\tau_{l,i} = \hat{\tau}_i \pm t(N - 2) \cdot s[\tau_i] \quad (D.2.3)$$



O coeficiente  $t(N-2)$  é obtido do inverso da distribuição  $t$  de Student com margem de erro  $\alpha/2$  (metade do erro para cada cauda da distribuição) e  $N-2$  graus de liberdade. O valor  $t(N-2)$  representa o número de desvios-padrão acima e abaixo da reta média de regressão (Equação D.2.2). O desvio-padrão  $s[\tau_i]$  é dado por:

$$s[\tau_i] = \sqrt{EMQ \left[ 1 + \frac{1}{N} + \frac{(\sigma_i - \bar{\sigma})^2}{\Sigma(\sigma_i - \bar{\sigma})^2} \right]} \quad (D.2.4)$$

O valor  $\bar{\sigma}$  representa a média das tensões normais  $\sigma$  dos  $N$  corpos de prova. Os valores de  $\tau_{l,i}$  (Equação D.2.3) são utilizados para determinar as envoltórias tracejadas na Figura D.1.

O ângulo de atrito de projeto será obtido da inclinação da reta média de regressão como:

$$\phi_{proj} = \bar{\phi} \quad (D.2.5)$$

A coesão de projeto será obtida pela fórmula:

$$c_{proj} = \bar{c} - t(N-2) \cdot s[c] \quad (D.2.6)$$

Na equação acima, o desvio padrão da coesão é calculado por:

$$s[c] = \sqrt{EMQ \left[ \frac{1}{N} + \frac{\bar{\sigma}^2}{\Sigma(\sigma_i - \bar{\sigma})^2} \right]} \quad (D.2.7)$$

Caso, na Equação D.2.6, o valor de  $c_{proj}$  seja negativo, a coesão de projeto será admitida como igual a zero.

A envoltória de projeto indicada na Figura D.1 é obtida subtraindo-se um valor constante  $\Delta\tau = t(N-2) \cdot s[c]$  dos pontos correspondentes à reta média de regressão (Equação D.2.2). Despreza-se, na envoltória de projeto, a incerteza na determinação do ângulo de atrito  $\phi$ .

### D.3 Ensaios triaxiais

Os parâmetros de resistência ao cisalhamento, obtidos a partir de ensaios triaxiais são representados de forma análoga à dos ensaios por cisalhamento direto, substituindo-se os pontos  $\sigma$ - $\tau$  por  $p$ - $q$ , onde:

$$p = \frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2} \quad (D.3.8)$$

$$q = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \quad (D.3.9)$$

Nas equações acima,  $\sigma_1$  e  $\sigma_3$  representam, respectivamente, a pressão axial de ruptura e a pressão confinante. A reta média de regressão, obtida dos  $N$  pontos  $p$ - $q$ , fornecerá o intercepto  $\bar{a}$  e a inclinação média  $tg \bar{\psi}$ . Com esses valores, os parâmetros de projeto são calculados por:

$$tg \phi_{proj} = \frac{tg \bar{\psi}}{\sqrt{1 - tg^2 \bar{\psi}}} \quad (D.3.10)$$

$$c_{proj} = \frac{\bar{a}}{\sqrt{1 - tg^2 \bar{\psi}}} - t(N-2) \cdot s[c] \quad (D.3.11)$$

**ABNT NBR 11682:2009**

Na equação acima, o desvio-padrão da coesão é calculado por:

$$s[c] = \sqrt{\frac{EMQ \left[ \frac{1}{N} + \frac{\bar{p}^2}{\Sigma(p_i - \bar{p})^2} \right]}{(1 - \text{tg}^2 \bar{\psi}^2)}} \quad (\text{D.3.12})$$

O valor  $\bar{p}$  representa a média dos valores de  $p$  para os  $N$  corpos-de-prova. Para determinação dos limites de confiança no espaço p-q, o erro médio quadrado será:

$$EMQ = \frac{\Sigma(q_i - \hat{q}_i)^2}{N - 2} \quad (\text{D.3.13})$$

Na equação D.3.13,  $q_i$  é a resistência ao cisalhamento de um dado corpo-de-prova  $i$ , submetido ao confinamento  $p_i$ , e  $\hat{q}_i$  a resistência ao cisalhamento média estimada por regressão linear (para a pressão  $p_i$ ), obtida como:

$$\hat{q}_i = \bar{a} + p_i \text{tg} \bar{\psi} \quad (\text{D.3.14})$$

Os limites de confiança no espaço p-q são obtidos ponto a ponto, para valores crescentes de  $p_i$ , através das expressões:

$$q_{l,i} = \hat{q}_i \pm t(N - 2) \cdot s[q_i] \quad (\text{D.3.15})$$

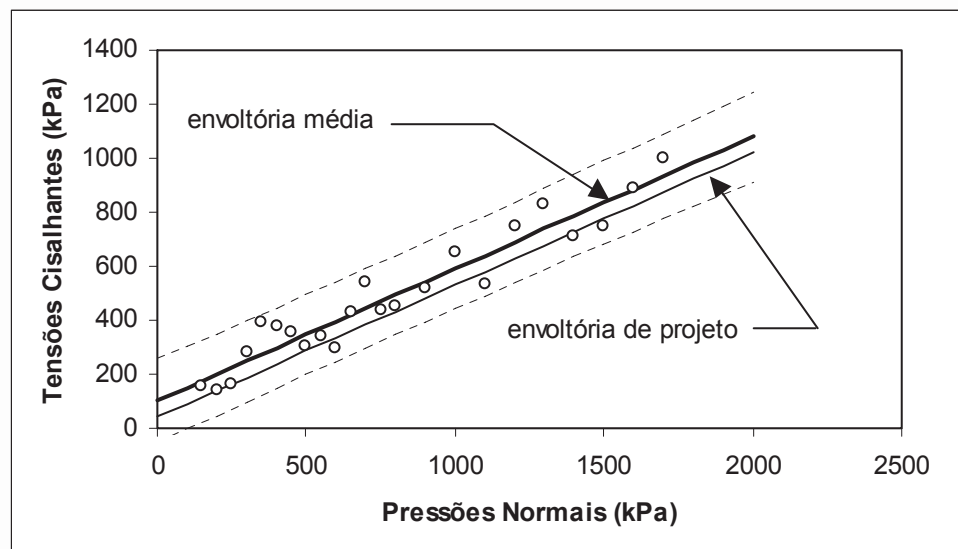
$$s[c] = \sqrt{\frac{EMQ \left[ \frac{1}{N} + \frac{\bar{p}^2}{\Sigma(p_i - \bar{p})^2} \right]}{(1 - \text{tg}^2 \bar{\psi}^2)}} \quad (\text{D.3.16})$$

O número mínimo de pontos entre os limites de confiança será  $N = 10$ , após o expurgo dos pontos exteriores. A envoltória de projeto no espaço p-q é obtida subtraindo-se um valor constante  $\Delta q = t(N - 2) \cdot s[a]$  dos pontos correspondentes à reta média de regressão (Equação D.13.14), onde:

$$s[a] = \sqrt{EMQ \left[ \frac{1}{N} + \frac{\bar{p}}{\Sigma(p_i - \bar{p})^2} \right]} \quad (\text{D.3.17})$$

Despreza-se, na envoltória de projeto, a incerteza na determinação do ângulo  $\psi$ .

Na Figura D.1, para ensaios de cisalhamento direto, tem-se:



**Figura D.1 — Determinação de parâmetros de resistência a partir de ensaios de cisalhamento direto**

$N = 23$  pontos (após expurgo) ou  $N - 2 = 21$  graus de liberdade;

$EMQ = 4796,59 \text{ kPa}^2$  (Equação D.2.1);

$\bar{\phi} = \phi_{proj} = 26,07^\circ$  (regressão linear);

$\bar{c} = 101,42 \text{ kPa}$ ; (regressão linear);

$c_{proj} = 31,90 \text{ kPa}$  (Equação D.2.6);

$s[c] = 28,84 \text{ kPa}$  (Equação D.2.7)

$t(N - 2) = 2,41$  (distribuição  $t$  de Student, para  $\alpha / 2 = 0,025$ ).

As envoltórias de resistência são expressas por:

a) envoltória média:  $\hat{\tau} = 101,42 + \sigma \cdot \text{tg} 26,07^\circ \text{ (kPa)}$

b) envoltória de projeto:  $\tau_{proj} = 31,90 + \sigma \cdot \text{tg} 26^\circ \text{ (kPa)}$