

sese 10

**10º SEMINÁRIO DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES ESPECIAIS E GEOTECNIA**

**4ª FEIRA DA INDÚSTRIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA**

**04 a 07
dezembro/2023
São Paulo**

Realização:



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA

Organização:



Eventos Especiais

Apoio:



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO



Associação Brasileira
de Empresas de
Projetos e Consultoria
em Engenharia
Geotécnica



Associação Brasileira de Mecânica
dos Solos e Engenharia Geotécnica



www.sese10.com.br

NBR 11682 – ESTABILIDADE DE ENCOSTAS – EM REVISÃO

FATORES DE SEGURANÇA

(Celso Orlando)

1) Condições gerais

A proposta da norma estabelece os fatores de segurança mínimos estabelecidos nas tabelas, através dos **métodos de equilíbrio limite em análises determinísticas**, como têm sido empregados usualmente na prática corrente consolidada. Esses estudos podem considerar os riscos envolvidos por meio de análises probabilísticas e a avaliação de incerteza de parâmetros. **Valores de fatores de segurança inferiores aos indicados somente serão aceitos em casos de análise probabilísticas nas quais estejam disponíveis quantidades suficientes de informações para obtenção dos parâmetros de entrada das análises probabilísticas.**

2) Investigações de laboratório (item 6.7 da revisão)

Ensaio de laboratório obrigatório para terrenos não rompidos (como na norma vigente de 2009).

Em análises **determinísticas**: mínimo 1 ensaio com 4 c.p. em ensaios de cisalhamento direto ou triaxial, para definir a envoltória de ruptura, para cada camada de solo relevante para a estabilidade do talude. (Eram 12 c.p. para cada camada idealizada e em amostras de 3 locais do mesmo tipo de solo → 4 c.p. para cada amostra).

Em análises **probabilísticas**: no mínimo 12 ensaios (corpos de prova) para cada camada importante para a estabilidade (para obtenção de médias e dispersão dos parâmetros de resistência).

Não realizar ensaios de resistência em laboratório somente é admitido em:

- a) situações especiais que envolvam baixos níveis de segurança admissíveis contra perda de vidas humanas e danos materiais e ambientais (na norma vigente 2009 → taludes com altura de até 3 m de altura, com superfícies planas a montante e a jusante);
- b) existência prévia de resultados de ensaios em quantidade suficiente na área de estudo, permitindo então adotar parâmetros que estejam baseados em ampla experiência local. (Mantida a norma vigente de 2009);
- c) retroanálises (Mantida a norma vigente de 2009);

- d) Situações nas quais a realização de ensaios não possibilitará a obtenção de parâmetros de cálculo representativos (tálus, presença de rocha, etc.). **(Mantida a norma vigente de 2009);**
- e) Situações nas quais não seja possível a obtenção a obtenção de amostras que permitam determinar a resistência das camadas relevantes. **(Acrescentada nessa revisão).**

2) Investigações de laboratório (item 6.7 da rev.) – (Continuação)

Nas situações (a) e (b) a revisão proposta admite “adotar parâmetros geotécnicos das camadas de solo através de bibliografias ou experiências locais, desenvolvidas em casos de mesma origem geológica, relacionadas com as características e classificações geotécnicas do solo e com índices de resistência SPT ou resultados de outros ensaios de campo, devidamente justificados pelo projetista” → Tabela 3, caso 4. (FS normal + 0,10).

Nas situações ~~(c)~~ e (d) e (e) → a revisão proposta fixa o Método Observacional (projeto e construção, com monitoramento).

3) Fatores de segurança e tabelas

As Tabelas 1 e 2 permanecem iguais na NBR 11682:2009 e na revisão em andamento:

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

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

**Tabela 3 — Fatores de segurança mínimos para deslizamentos
(NBR 11682:2009)**

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 γ , ϕ , 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.

Nova tabela proposta na revisão atual:

Tabela 3 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos

Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto				Médio				Baixo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
CASO												
Alto	1,50	1,65	1,35	1,60	1,50	1,65	1,35	1,60	1,40	1,55	1,25	1,50
Médio	1,50	1,65	1,35	1,60	1,40	1,55	1,25	1,50	1,30	1,45	1,20	1,40
Baixo	1,40	1,55	1,25	1,50	1,30	1,45	1,20	1,40	1,20	1,30	1,20	1,30

CASO 1 Quando atendidos todos os requisitos desta norma para a fase pós construtiva (permanente ou definitiva).

CASO 2 Caso os resultados dos ensaios e/ou características geológicas-geotécnicas das camadas envolvidas no mecanismo de ruptura apresentem elevada dispersão (coeficientes de variação maiores que 10% e 30% para ângulo de atrito e coesão, respectivamente), o fator de segurança deve ser majorado conforme indicado na tabela acima.

CASO 3 Durante a fase construtiva, bem como no caso de obras provisórias, os valores podem ser reduzidos conforme indicados na tabela acima (válido para intervenções que provocam redução do FS, tais como escavações). Para intervenções destinadas a elevar o FS em um talude instável, deve-se garantir que ocorra um melhoramento do FS em cada fase construtiva, até que se atinja o FS final de projeto correspondente aos casos 1, 2 ou 4 (sem haver necessidade de atender ao caso 3 nas fases intermediárias).

CASO 4 Quando os parâmetros geomecânicos forem obtidos de acordo com os itens 6.7.a e 6.7.b.

Nova tabela proposta na revisão atual:

Tabela 3 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos (continuação)

Caso 1 – Fatores de Segurança normais (FS_n ou FS_1): quando atendidos todos os requisitos desta norma, para a fase pós construtiva (permanente ou definitiva).

Caso 2 – Parâmetros com elevada dispersão ($CV > 10\%$ para ângulo de atrito ϕ e $CV > 30\%$ para coesão c): $FS_2 = 1,10 FS_n$. (Já existia na norma vigente).

Caso 3 – Fases construtivas ou de obras provisórias: $FS_3 = 0,90 FS_n$. (Novo nesta revisão).

Caso 4 – Parâmetros geotécnicos (geomecânicos) forem obtidos de acordo com os itens 6.7a e 6.7.b: **acréscimo de 0,10 nos Fatores de Segurança**. Neste caso permite-se adotar parâmetros através de bibliografias ou experiências locais em solos de mesma origem geológica, relacionadas com ensaios de campo (SPT, etc.). (Novo nesta revisão). **Importante: acréscimo de 0,10 no FS não é pouco...**

Nova tabela proposta na revisão atual:
Tabela 3 – Fatores de segurança mínimos para deslizamentos
(continuação)

- Nota 1 – Valores de fator de segurança inferiores aos indicados acima somente serão aceitos em casos de análises probabilísticas nas quais estejam disponíveis quantidades suficientes de informações para obtenção dos parâmetros de entrada das análises probabilísticas.
- NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , 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. **(Mantida a norma vigente).**
- NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos **e corridas de detritos (*debris flow*).**

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
Estabilidade global	Conforme Tabela 3
NOTA – Na verificação da capacidade de carga da fundação, podem ser alternativamente utilizados os critérios e fatores de segurança preconizados pela ABNT NBR 6122.	

4) Conclusões importantes:

a) Está sendo criada uma tabela para os coeficientes de segurança mínimos, com a inclusão de fase construtiva e provisórias (90% dos FS usuais).

b) Nesta tabela está incluso, também, os coeficientes de segurança para situações que envolvam:

- baixos níveis de segurança admissíveis contra a perda de vidas humanas e danos materiais e ambientais;
- existência prévia de resultados de ensaios na área de estudo (experiência local), admitindo-se adotar parâmetros através de bibliografias ou experiências locais, em casos de mesma origem geológica, relacionadas com as características geotécnicas do solo e índices de ensaios SPT ou outros ensaios de campo.

Nestes casos os coeficientes usuais serão majorados de 0,10.

c) Está sendo introduzido o método probabilístico, como alternativa.

(A Revisão está em andamento e ainda deverá sofrer discussões e alterações. É importante a participação dos colegas).

**Comparação de FS =1,5 e
FS=1,6**

Exemplo 1

