

**Aula 00 - Prof. Renê
Coutinho (Somente em
PDF)**

*ANM (Cargo 18: Especialista em
Recursos Minerais - Especialidade:
Engenharia de Minas) Geologia e
Mineração - 2024 (Pós-Edital)*
**Autor:
Monik Begname de Castro, Renê
Coutinho Souto**

26 de Novembro de 2024

Sumário

Avaliação de Estabilidade de Taludes	6
1 - Considerações Iniciais.....	6
2 - Características de um Talude	6
2.1 – Elementos Geométricos de um Talude	7
2.2 – Material Constituinte.....	10
3 – Tipos de Movimento.....	11
3.1 – Deslizamento/Escurregamento Rotacional.....	13
3.2 – Deslizamento/Escurregamento Planar	13
3.3 – Corrida de Detritos.....	14
3.4 – Rastejo	15
3.5 Superfície de Ruptura Multiplanar.....	16
3.6 –Taludes de Rocha.....	17
3.7 – Causas e Fatores Contribuintes dos Movimentos.....	26
4 – Avaliação de Estabilidade de Talude	28
4.1 – Método de Equilíbrio Limite	30
4.2 – Métodos de Equilíbrio Limite para a Avaliação de Estabilidade de Talude	35
5 – Estabilização de Taludes	41
5.1 – Etapas da estabilização de taludes	41
5.2 – Solos reforçados em aterro e solos grampeados.....	46
5.3 – Solos grampeados.....	47
5.4 – Técnicas de estabilidade	50
Questões Discursivas	62



Questões Comentadas	66
Lista de Questões.....	92
Gabarito.....	106
Resumo	107



APRESENTAÇÃO DA AULA

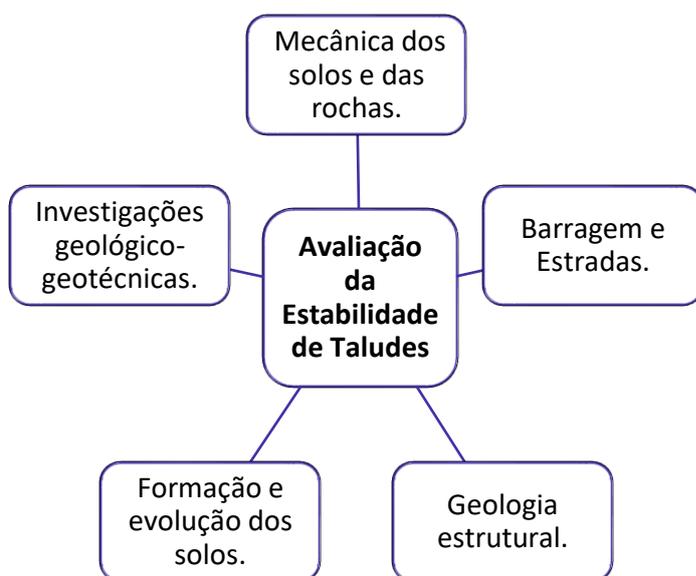
Prezado(a) futuro(a) servidor(a) público(a), seja muito bem-vindo à aula de **Avaliação de Estabilidade de Taludes!**

Nesta aula, abordaremos sobre os principais aspectos relacionados à estabilidade de taludes, incluindo os tipos de movimentos de massa e os métodos de avaliação de estabilidade de taludes. Este é um tópico muito importante em concursos, isso porque possui uma interface ampla com diversos outros tópicos, além de ser amplamente aplicado no nosso dia a dia.

Estabilidade de taludes pode ser vista como uma das aplicações da geologia, que, geralmente, é denominada de **geologia de engenharia**. Como tal, é razoável esperar que o conteúdo desta aula esteja embasado em conceitos da geologia e da engenharia, especialmente da engenharia civil. Aspectos importantes da geologia para a nossa aula são, principalmente, as características dos **solos** e **estruturas** dos maciços. Além disso, é muito importante ter um conhecimento sobre **mecânica dos solos** e das **rochas**, principalmente sobre **resistência** dos solos.

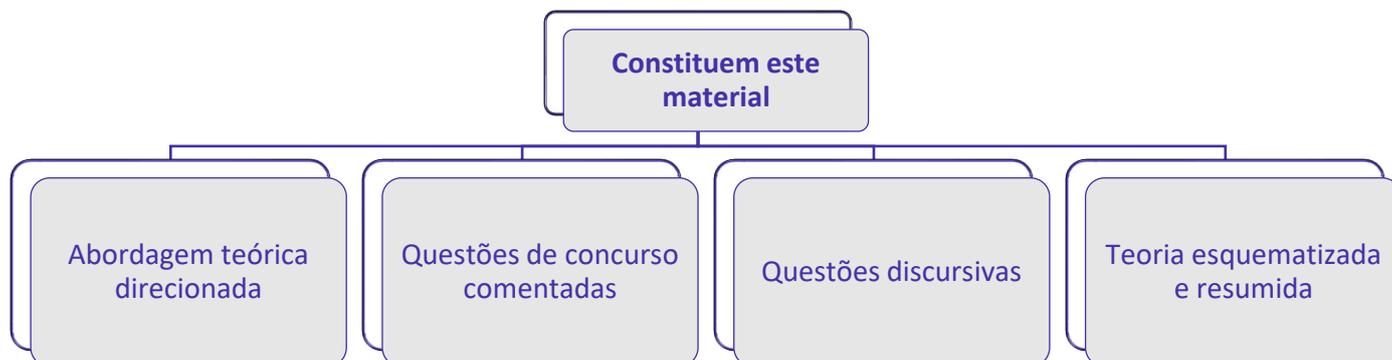
Esta aula é focada em questões de concurso público, seja aquelas já cobradas, como, também, tópicos que são entendidos como de maior chance de serem abordados em questões futuras. Tanto quanto possível e necessário para resolver as questões distribuídas nesta aula, serão abordados conteúdos dessas disciplinas correlatas.

Esta aula é importante também para o entendimento do conteúdo de estruturas que possuem uma superfície formando um talude, como é o caso das **barragens**. A análise da **segurança** de barragem inclui a avaliação da estabilidade de taludes. Nota-se, portanto, a importância do conteúdo apresentado nesta aula. Veja, abaixo, a ampla interface do conteúdo desta aula com outros conteúdos.



Como nosso viés é sempre a sua aprovação no concurso público, seguiremos o direcionamento dado pelas principais bancas, o que é identificado por meio da análise das provas anteriores sobre o tema. Trouxemos para esta aula uma abordagem aprofundada a ponto de cobrir os principais tópicos abordados em concursos.

Procure ter um panorama geral sobre o conteúdo, mas, também, atente-se a alguns pontos específicos que têm maior tendência de serem cobrados. Este material está composto por: conteúdo teórico direcionado, questões de concurso comentadas, questões discursivas e teoria esquematizada e resumida.



Este material é o melhor disponível, atualmente, sobre o tema, quando se trata em preparação para concurso público. Tenha certeza de que você está munido com uma importante ferramenta para a sua preparação.

Espero que você tenha uma aula prazerosa e que o processo de aprendizagem seja proveitoso.



APRESENTAÇÃO PESSOAL

Meu nome é Renê Souto Coutinho! Sou graduado em Geologia pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), mestre em Geotecnia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e pós-graduado em Gestão da Qualidade.

Fui aprovado em primeiro lugar geral no concurso para Especialista em Recursos Minerais da Agência Nacional de Mineração (ANM) em 2022. Atualmente, ocupo o cargo no órgão. Antes de iniciar a trajetória nos concursos públicos, atuei durante 3 anos na iniciativa privada na minha área de formação.

O meu objetivo, aqui, é tornar a sua aprovação um processo muito mais rápido e agradável. Deixo, abaixo, algumas formas que você tem de me contactar, diretamente, para ajudar naquilo que for preciso. Tenho muito prazer em te acompanhar nesta jornada tão importante. Chegaremos ao nosso destino.

Conte comigo!

 - rsc.geo.estrategia@gmail.com

 - [re nec_out](https://www.instagram.com/re nec_out)

Estude hoje, brilhe amanhã!



AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE DE TALUDES

1 - Considerações Iniciais

Você sabe qual a importância de avaliar a estabilidade de um talude?

Anualmente, é comum tomarmos conhecimento sobre a ocorrência de acidentes envolvendo **deslizamentos** de terra em diversas regiões do Brasil, principalmente, no período de **chuva**. Isso acontece, na maioria das vezes, devido à ocupação irregular de áreas que não oferecem condições de **estabilidade**. Veja na Figura 1 a ilustração de alguns desses problemas. Na figura à esquerda, notamos o deslizamento de áreas ocupadas com residências, na imagem à direita, o deslizamento ocorre no terreno ao longo da rodovia, ambos colocando vidas humanas em risco.



Figura 1 - Deslizamentos de terrenos instáveis. Fonte¹

A importância da avaliação de estabilidade de taludes inclui a previsão de possíveis **falhas** ou rupturas que poderiam ocorrer nesses locais, como o deslizamento de terra. Essa avaliação possibilita o conhecimento das áreas que oferecem **riscos** à vida humana, ao meio ambiente, entre outros. Com isso, torna-se possível propor **soluções** de **contenção** e estabilização desses terrenos, visando reduzir o risco de acidentes.

2 - Características de um Talude

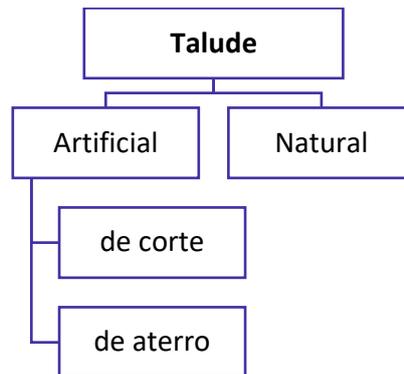
Inicialmente, para facilitar a compreensão de como é realizada a avaliação de estabilidade de um talude, vamos entender **o que é um talude**, quais são os seus **elementos** e as suas principais **características**.

Um **talude** pode ser entendido como qualquer **terreno inclinado**, ou seja, quando o ângulo formado entre a superfície do terreno e a horizontal é diferente de zero. O talude é **natural** quando sua formação ocorre pela

¹ deslizamento de terra - Bing images;

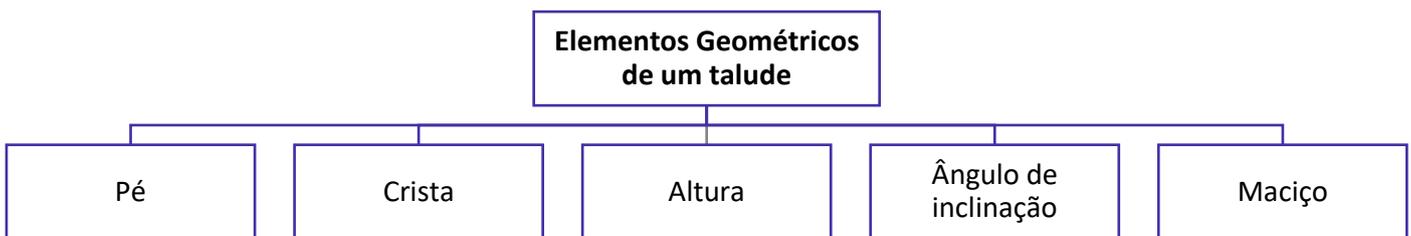
ação dos fenômenos **geológicos** (naturais). Por outro lado, quando sua formação ocorre como resultado das atividades **humanas**, o talude é definido como **artificial**. Os taludes artificiais podem ser de **corte** ou de **aterro**. Os taludes de corte se formam como resultado da retirada de material e os taludes de aterro são formados com a deposição e compactação de materiais.

Os taludes artificiais podem compor diversas estruturas, incluindo minas a céu aberto, laterais de ruas e estradas, barragens de mineração e de reservatório de água, fundos de casas edificadas em terrenos em acive ou declive, entre outras estruturas.



2.1 – Elementos Geométricos de um Talude

Geometricamente, um talude pode ser definido através dos elementos **pé**, **crista**, **altura**, **ângulo de inclinação** e corpo ou **maciço**. Esses elementos são demonstrados na Figura 2. O pé do talude se refere à sua parte mais baixa, ou seja, é a superfície horizontalizada situada logo abaixo do talude. A crista consiste na sua parte mais alta, é a superfície situada no seu topo. A altura do talude é definida como a diferença entre a cota da crista e a cota do pé. A inclinação do talude consiste no ângulo formado entre a superfície do terreno e uma superfície horizontalizada (ângulo θ na Figura 2).



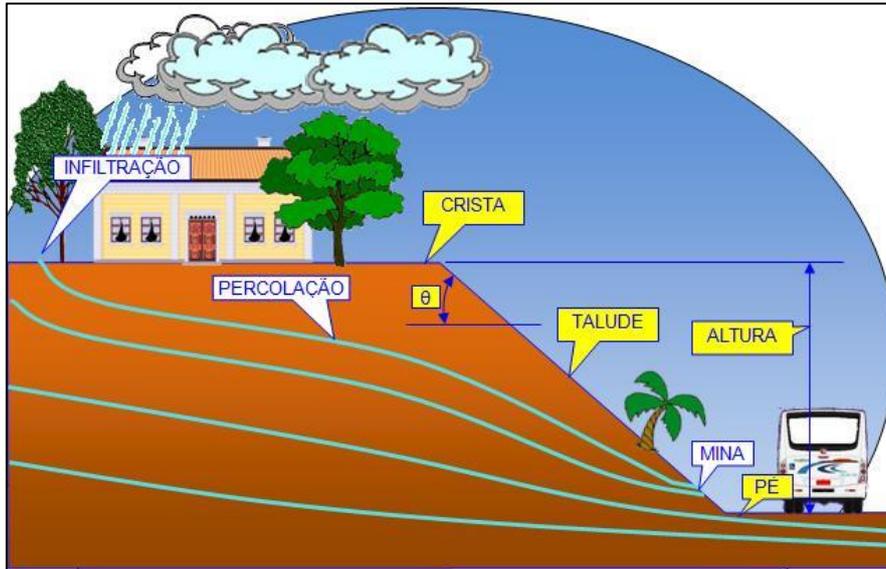


Figura 2 - Representação dos elementos de um talude de solo. Fonte: Ebanataw (2023)²

Para melhor compreender essa ideia, vamos a um exemplo.



Na Figura 3, são ilustrados 3 taludes (Talude 1, Talude 2 e Talude 3), através de triângulos retângulos, com diferentes inclinações ($\theta_1 < \theta_2 < \theta_3$). Nesse caso, o Talude **1** é o de **inclinação** mais **suave** e o Talude **3** o de **maior** inclinação.

Suponha que esses taludes fossem trajetos que precisassem ser percorridos. Qual deles você preferiria percorrer? Possivelmente, caso você queira poupar esforços físicos, é bem possível de você escolher o talude 1. Agora, imagine que esses mesmos taludes fossem escorregadores, qual deles você preferiria? Nesse caso, se você é uma pessoa que gosta de maior adrenalina e aventura, é bem possível de você escolher o talude 3.

A maior dificuldade de subir um talude e a maior facilidade de descê-lo estão relacionadas à sua maior inclinação. Isso ocorre devido à posição do seu corpo, ou às componentes do seu peso, relativamente à superfície do talude. Dessa forma, em taludes mais inclinados, maior a facilidade de descida. Por isso, a descida em escorregadores mais inclinados é mais rápida que a descida em escorregadores menos inclinados. No entanto, essa maior facilidade de descida também ocorre com a massa de solo que compõe os taludes, e, por isso, **quanto maior a inclinação de um talude, menor a sua estabilidade**.

² CONTENÇÃO DE TALUDES (ebanataw.com.br). Acesso em agosto de 2023



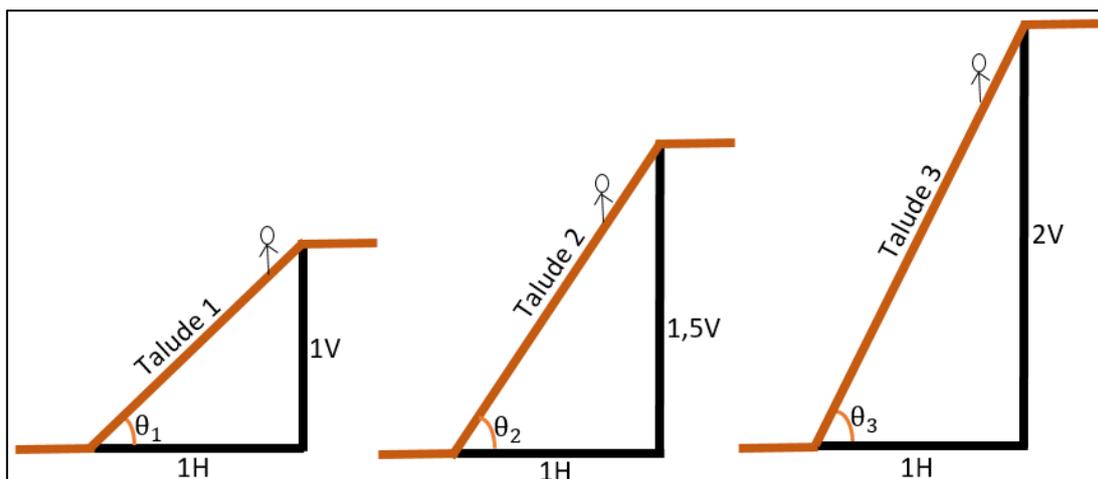


Figura 3 - Representação de um talude com diferentes inclinações



Maior a inclinação do talude

Menor sua estabilidade

Os conceitos apresentados, apesar de simples, já foram cobrados em prova de concurso. Confira como esses aspectos iniciais foram abordados pelo CESPE/CEBRASPE.



(CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragens, julgue os itens subsecutivos, considerando que os taludes de jusante e de montante de uma barragem de terra foram construídos com uma inclinação de 2:1.

O talude em questão apresentaria maior estabilidade se a inclinação fosse de 3:1.

Comentários:

O gabarito inicial da banca considerou a assertiva como **correta**. No gabarito definitivo, a questão foi **anulada**. A justificativa da banca para a anulação da questão foi que o enunciado não havia especificado se a relação era Vertical : Horizontal ou se Horizontal : Vertical. A questão estaria correta se a relação 2:1 e 3:1 fosse H:V.



Uma forma de contribuir na segurança e estabilidade dos taludes é a construção de **bermas** (Figura 4), que consistem em plataformas longitudinais (degraus) entre os taludes. São amplamente utilizadas em barragens e cavas de mineração. Seu objetivo é, além de melhorar na estabilidade dos taludes, facilitar a instalação de sistema de **drenagem superficial**.

O **maciço** de um talude é a sua parte interna, podendo ser composto por diferentes **materiais** e estar submetido a diversos **processos**. Esses materiais e processos, juntamente com a inclinação do talude, fornecem as principais características geotécnicas, incluindo maior ou menor **resistência ao cisalhamento**. Dizendo de outra forma, os materiais que constituem o talude, os processos aos quais está submetido e suas características geométricas controlam a maior ou menor facilidade de um talude sofrer deslizamento.

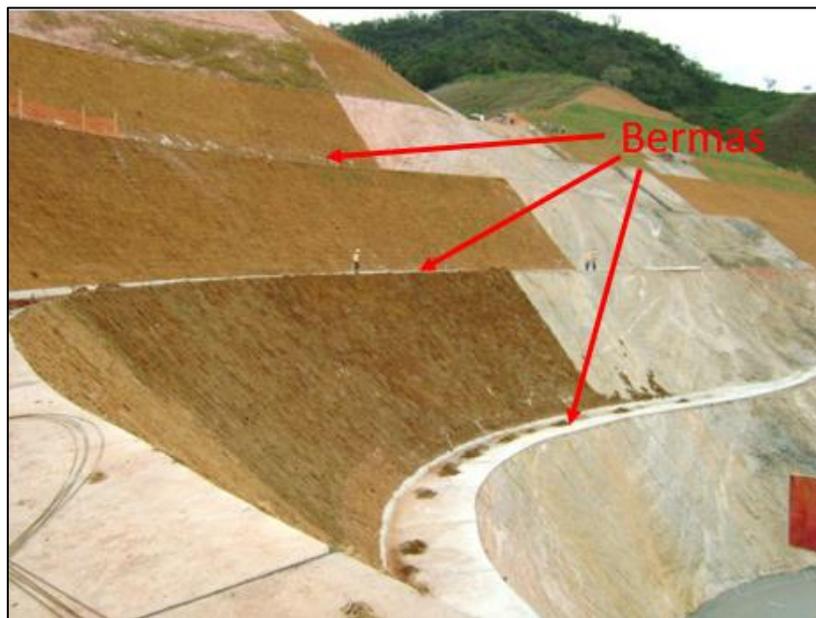


Figura 4 - Ilustração de taludes intercalados por bermas. Fonte³

2.2 – Material Constituinte

De forma geral, um talude pode ser constituído de **rocha**, de **solo** ou de ambos. Além disso, pode, ou não, haver **água** em seu interior, seja entre os grãos de solo ou nas fraturas das rochas. Assim, conhecer as características e o comportamento dos materiais que compõem o maciço do talude é fundamental para avaliar a sua **resistência** e a sua **estabilidade**.

O estudo do comportamento do solo é realizado através da disciplina **mecânica dos solos**, na qual, o solo, apesar de ser constituído de partículas, é entendido como um **meio contínuo**, para que possam ser aplicadas equações matemáticas que descrevem os fenômenos a serem estudados. Sabe-se, contudo, que o solo é formado por uma porção de **minerais** de variados tamanhos, formas, e composições, por **espaços vazios** (que podem estar preenchidos total ou parcialmente por **água**), podendo conter, também, **matéria orgânica**.

³ Bermas Em Taludes - Bing images



As características dos grãos minerais e do arranjo tridimensional formado pela interação entre minerais, ar, água e matéria orgânica fornecem as características responsáveis pela **resistência dos solos**.

É importante conhecer os constituintes granulométricos de um talude do qual se deseja avaliar a estabilidade, pois as **propriedades geotécnicas** dos solos estão relacionadas às suas características **granulométricas**. Enquanto nos constituintes **granulares** (não coesivos), como pedregulho, areia e silte, o comportamento geotécnico é comandado pela natureza dos **contatos entre os grãos**, nos solos **argilosos**, o comportamento é comandado pela **estrutura das partículas**.



(CEBRASPE/ANM - 2022) O método do equilíbrio limite é utilizado na avaliação da estabilidade de taludes. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

A geometria do talude e os parâmetros de resistência dos solos são características importantes no projeto de estabilidade de aterros.

Comentários:

Conforme mencionado, o maciço de um talude pode ser composto por diferentes materiais e estar submetido a diferentes processos. Os materiais que compõem o talude determinam a resistência ao cisalhamento do talude. Dessa forma esses materiais, juntamente com a sua geometria (como a inclinação) controlam a maior ou menor facilidade de um talude pode sofrer deslizamento, sendo, portanto, características importantes no projeto de estabilidade de aterros. Logo a assertiva está **correta**.

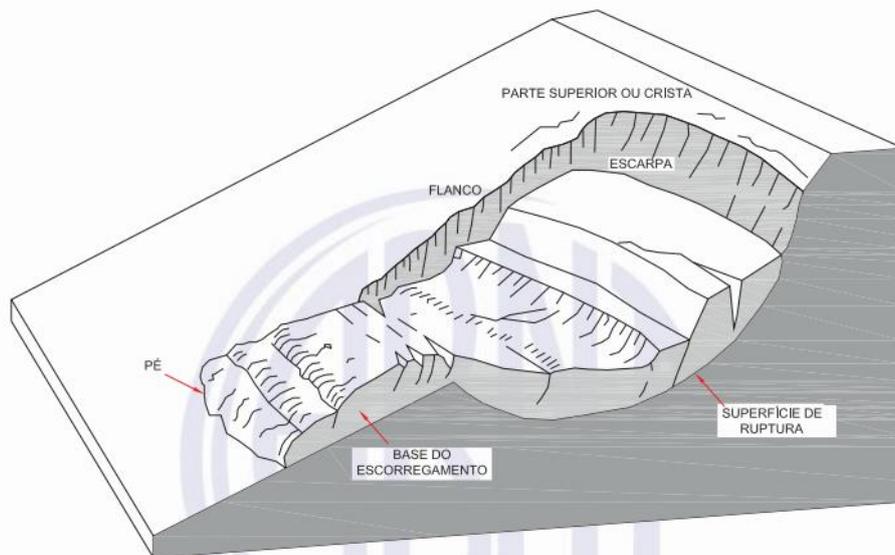
3 – Tipos de Movimento

O tipo de movimento de um talude se refere à **geometria** formada durante o deslocamento da massa que se movimenta em direção ao pé do talude. As feições formadas na ruptura de um talude dependem de aspectos relacionados com a **geometria do talude** e com as **características e propriedades dos materiais** que o constituem. Além disso, algumas **feições geológicas** (como foliação e falhas), e **climáticos** são condicionantes para a ocorrência de determinados tipos de movimento. A **superfície de ruptura** é a superfície formada no limite inferior do material deslocado e abaixo da superfície do solo original. Os principais formatos de superfície são: superfície curva ou **circular**, superfície **plana**, superfície **multiplanar** e superfície em **cunha**. O quadro abaixo apresenta os principais elementos que compõem um escorregamento e as suas definições.

Elemento	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



Elemento	Definição
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



Além do formato da superfície de ruptura, as condicionantes **geológicas** e **climáticas** controlam a **velocidade** de deslocamento do material. Essas velocidades podem variar de cm/ano, como ocorre nos movimentos de rastejo, e chegar até 100 km/h, como é o caso da corrida de detritos.

TIPO DE MOVIMENTO DEPENDE

- Geometria do Talude;
- Propriedades dos materiais;
- Feições geológicas;
- Fatores climáticos.



3.1 – Deslizamento/Escorregamento Rotacional

O deslizamento ou escorregamento rotacional pode ser também denominado como ruptura ou escorregamento circular. Esse movimento ocorre de forma **rápida**, com velocidades que alcançam a ordem de km/h, e é caracterizado como uma superfície de ruptura aproximadamente **circular**, em seção transversal.

Esse tipo de movimento, geralmente, está associado a taludes espessos de solo **residual**, **coluvionar** ou **laterítico**. Podem ocorrer também em taludes de corte em solos sedimentares e em aterros sobre solos **sedimentares**. Geralmente esses **solos não apresentam anisotropia ou planos de fraqueza preferencial**. A Figura 5 ilustra uma geometria formada em um deslizamento ou ruptura do tipo rotacional.

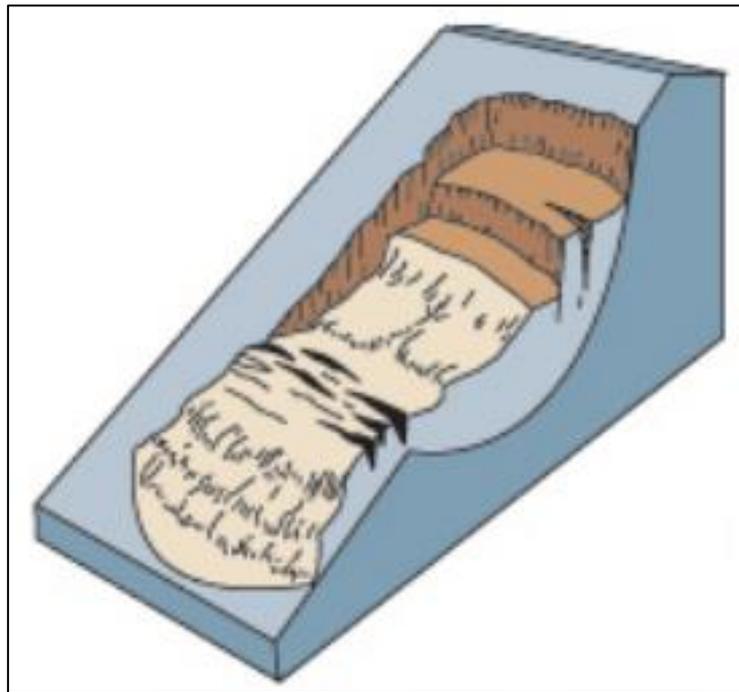


Figura 5 - Geometria da ruptura rotacional. Fonte: Westernforestry (2023)⁴

3.2 – Deslizamento/Escorregamento Planar

O deslizamento ou escorregamento planar, também denominado de escorregamento translacional, ocorre de forma rápida, atingindo velocidades da ordem de km/h. O movimento ocorre sobre uma **superfície plana**, geralmente, no contato entre dois materiais que apresentam resistências diferentes ou sobre **planos de fraquezas preferenciais** presentes nos materiais.

Esse movimento está associado a taludes com **poucos** metros de **espessura** de solo **residual** sobre rocha, a camadas pouco espessas de solos **coluvionares** sobre solo residual, taludes com finas camadas de solo de baixa resistência ou taludes em solos residuais com planos de fraqueza preservados da rocha mãe, quando

⁴ https://westernforestry.org/wp-content/uploads/2019/04/02-LandslideTypesFeatures_SlopeStability.pdf Acesso em agosto de 2023.



a atitude é desfavorável, independentemente da espessura. A Figura 6 ilustra a geometria formada por um escorregamento planar.

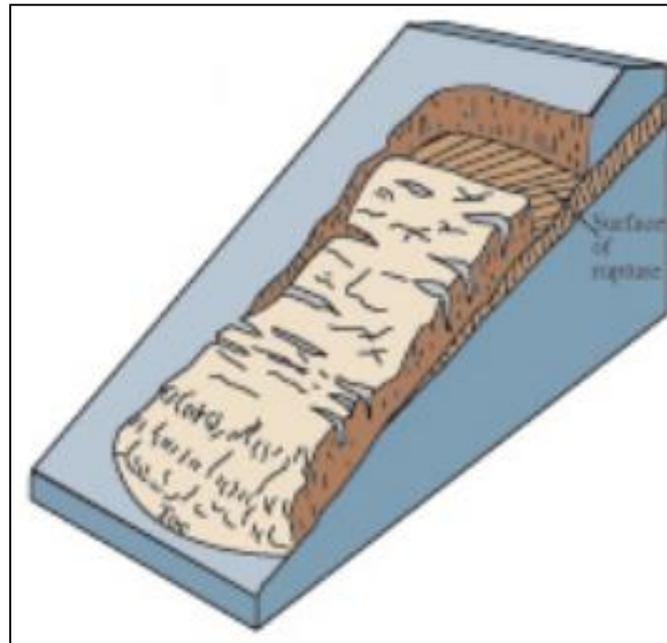


Figura 6 - Esquema ilustrativo de um escorregamento planar. Fonte: Westernforestry (2023)⁵

Os escorregamentos planares são caracterizados por serem **rasos**, com planos de ruptura entre 5 centímetros e 5 metros e podem atingir de centenas até milhares de metros de comprimento. Caracterizam por serem mais **extensos** que profundos. A largura desses escorregamentos, geralmente, varia de 10 a 15 metros.

3.3 – Corrida de Detritos

A corrida de detritos ou fluxo de detritos (*Debris flow*) consiste no movimento que ocorre devido a **fluidificação de um solo**. Suas Velocidades podem alcançar de 80 a 100km/h, podendo carregar árvores ou blocos de rocha. Sua ocorrência é geralmente associada a um fator deflagrador ou **gatilho**. O material, que se encontra **liquefeito**, pode avançar por longas distâncias desde o local de início, podendo, ainda, resultar em grandes **destruições**. A Figura 7 ilustra esse tipo de movimento.

⁵ https://westernforestry.org/wp-content/uploads/2019/04/02-LandslideTypesFeatures_SlopeStability.pdf Acesso em agosto de 2023.



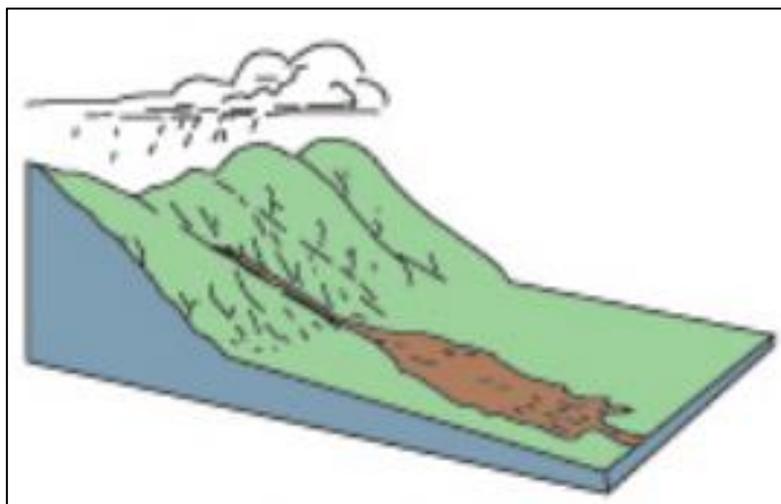


Figura 7 - Esquema ilustrativo de fluxo de detrito. Fonte: Westernforestry (2023)⁶

Esse tipo de movimento está associado a solos **residuais**, quando submetidos a **chuvas** muito **intensas e prolongadas**. Outro tipo é a **corrida de lama** (*mud flow*). A principal diferença entre esses movimentos consiste na granulometria do material envolvido no movimento.

Corrida de lama (<i>mud flow</i>)	Solo argiloso com alto teor de água.
Corrida de terra (<i>earth flow</i>)	Material, predominantemente, constituído de solo, com menos água que na corrida de lama.
Corrida de detritos (<i>debris flow</i>)	Material, predominantemente, grosseiro, envolvendo solo e blocos de rocha de variados tamanhos.

3.4 – Rastejo

O rastejo ou *creep* é um tipo de movimento muito **lento**, com velocidades de **mm/ano** ou **cm/ano**. Esse movimento ocorre de forma sazonal e intermitente, sendo influenciado pelas **variações do nível do lençol freático**. Alguns dos indícios da ocorrência desses movimentos são presença de **trincas** no solo, árvores retorcidas, **postes inclinados**, além de instrumentos específicos instalados com esse objetivo. A Figura 8 ilustra as feições típicas desse tipo de movimento.

⁶ https://westernforestry.org/wp-content/uploads/2019/04/02-LandslideTypesFeatures_SlopeStability.pdf Acesso em agosto de 2023.



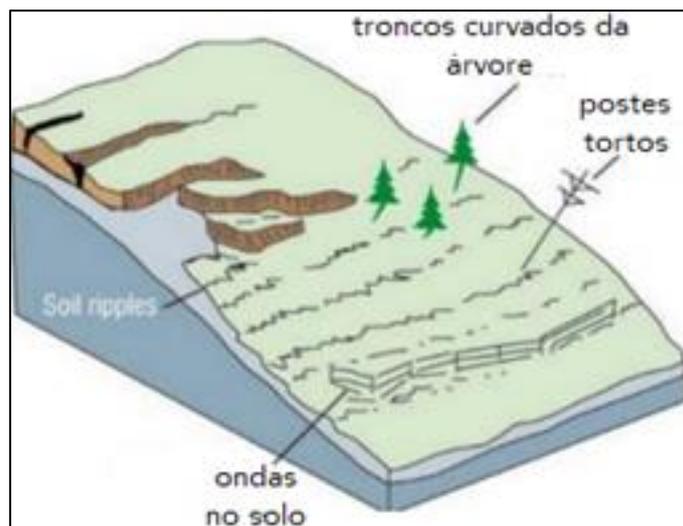


Figura 8 - Esquema ilustrativo do tipo movimento fluxo de detrito. Fonte: Westernforestry (2023)⁷

3.5 Superfície de Ruptura Multiplanar

As superfícies de ruptura **multiplanar** são superfícies de ruptura mais complexa que as circulares e planares. Em seção transversais, são representadas por **poligonais**. Geralmente ocorrem em terrenos com topografia acidentada e/ou camadas de solos com grandes diferenças de resistência.

Além dos tipos de deslizamentos citados, outros tipos de geometria podem ocorrer, o que depende das características do talude e do material que compõe o corpo do talude. Pode haver, por exemplo, a presença de mais de uma estrutura no solo ou rocha, o que pode resultar em movimentos que apresentam características de mais de uma geometria.

É possível que, ao avaliar as condições estruturais de um talude, sejam identificadas feições, que poderiam acarretar diferentes tipos de movimento. Durante essa análise, é possível que seja identificado um **zoneamento**, onde o solo é classificado em diferentes domínios homogêneos e de acordo com graus de suscetibilidade, perigo ou risco de deslizamento reais ou potenciais.

As etapas envolvidas no zoneamento de uma área incluem várias atividades. Inicialmente, define-se os **indicadores**. Posteriormente faz o levantamento de dados sobre os indicadores e a elaboração integrada das informações. A partir dessas informações obtém-se um **diagnóstico** e, por fim, a **delimitação** de limites que definem as **zonas**

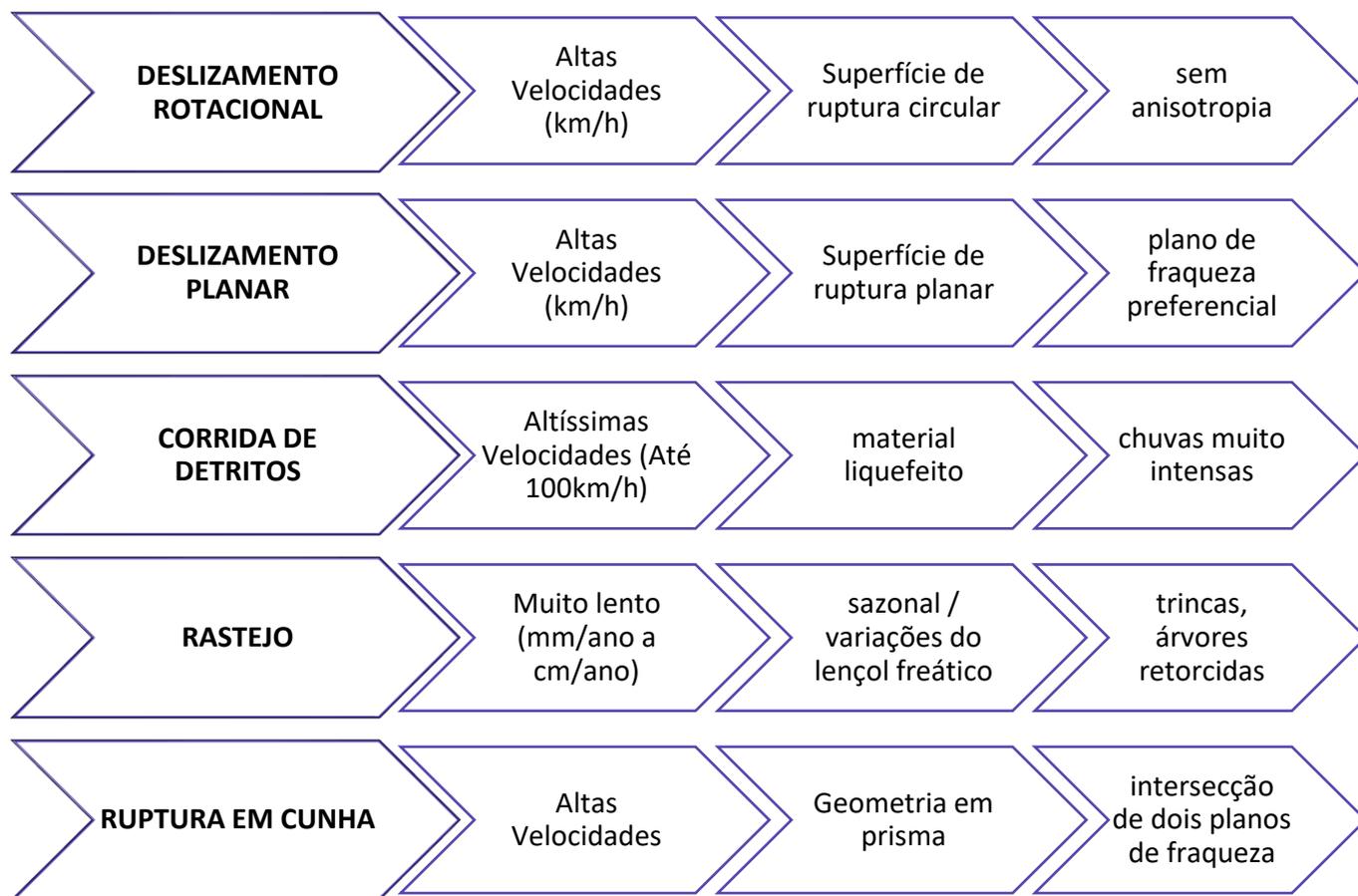
A partir dessa análise, a área pode apresentar maior ou menor **suscetibilidade** à ocorrência de um deslizamento. Essa suscetibilidade é entendida como sendo a probabilidade de ocorrência do fenômeno, o que está relacionado com as condições do terreno. O conceito de suscetibilidade pode também estar

⁷ https://westernforestry.org/wp-content/uploads/2019/04/02-LandslideTypesFeatures_SlopeStability.pdf Acesso em agosto de 2023.



relacionado com os deslizamentos que já ocorreram ou que possam ocorrer em uma área, considerando a avaliação qualitativa ou quantitativa do tipo, volume, área ou distribuição espacial dos deslizamentos.

No esquema a seguir, estão sintetizadas as principais características dos tipos de ruptura de solo. É importante correlacionar essas características aos tipos de movimento para acertar as questões de concurso.



3.6 – Taludes de Rocha

Os taludes em rocha também podem sofrer diferentes tipos de movimentos de desestabilização. Nesses taludes a estabilidade é influenciada pelo controle **estrutural** e **litologia**, especialmente as **descontinuidades**, que podem ser **falhas**, **estratificações**, **foliações**, e **juntas**, por exemplo. Essas estruturas podem se caracterizar como **planos de fraqueza**, devendo, por isso, serem caracterizadas adequadamente, para que a análise de estabilidade seja confiável e representativa do maciço.



As **estruturas geológicas** determinam o **tipo de ruptura** mais provável em cada caso. Os tipos de falha, incluem padrões de ruptura **planar**, em **cunha**, por **tombamento** ou **circular**. Para a caracterização desses tipos de falha pode ser utilizada a análise geométrica, também denominada de **Teste de Markland**.

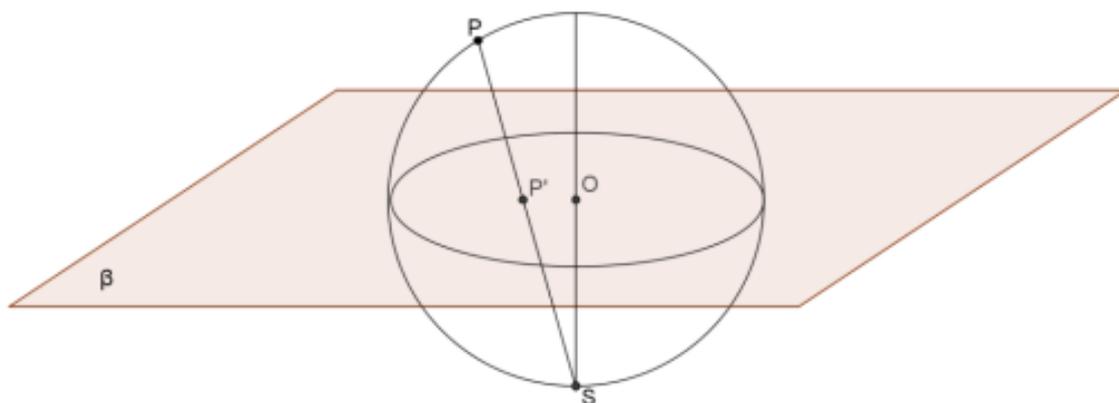
Teste de Markland é um método de **análise da possibilidade** cinemática da ruptura de uma rocha com geometria em cunha. Esse método utiliza, em suas análises, a **projeção estereográfica** ou estereogramas, nos quais são plotadas as medidas de **atitude** dos planos de descontinuidades e do talude. Essa análise permite determinar a **forma dos blocos** formados através da interseção do plano de descontinuidades e a direção na qual podem deslizar, ou seja, possibilita determinar a **orientação** dos blocos, mas não os espaçamentos, posição e dimensões das descontinuidades.



Projeção estereográfica consiste em um método matemático utilizado para projetar objetos de uma superfície esférica em uma **superfície plana**, preservando os ângulos entre os objetos da esfera.

Para a definição da Projeção estereográfica, é necessária a determinação do **plano de projeção**, definido por um círculo máximo da esfera, e do ponto de **origem da projeção**, que consiste em um dos polos desse círculo.

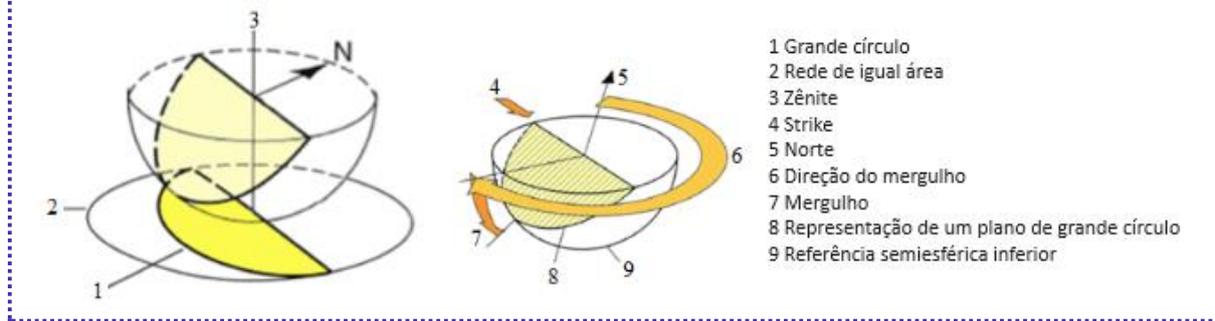
Na Figura⁸ abaixo, β é o plano da projeção, S é a origem da projeção e P é o ponto da superfície esférica, que se pretende projetar no plano. A projeção estereográfica P' de P é obtida fazendo a interseção do plano β com o segmento de reta SP.



⁸ Mena e Silva A. M. M. Projeção estereográfica, propriedades e aplicações, Universidade de Lisboa, 2011



Os **elementos** de projeção estereográfica, utilizados para descrever a posição e a relação entre planos e pontos de um corpo tridimensional são ilustrados na figura⁹ a seguir. Esses elementos são, principalmente, a **direção do mergulho** e o **mergulho**.



3.6.1 – Ruptura planar

A ruptura **planar** ocorre quando as **descontinuidades** do maciço liberam, lateralmente um bloco, fazendo que ele seja removido do talude. Para que ocorra esse tipo de movimento, o bloco deve possuir uma superfície basal em que o plano de **descontinuidade aflore no talude** (mergulho do talude > mergulho da descontinuidade) e que esse plano de descontinuidade apresente **mergulho maior** que o **ângulo de atrito**.

Outra condição para que ocorra a ruptura planar é que a **diferença** entre o azimute da descontinuidade basal do bloco e o azimute da face do talude seja de aproximadamente **20°**. Para os casos em que essa diferença seja maior que 20°, pode haver um incremento da espessura de rocha intacta numa das extremidades do bloco, o que pode inviabilizar o escorregamento. Essas condições para a ocorrência da ruptura planar são representadas na Figura 9.

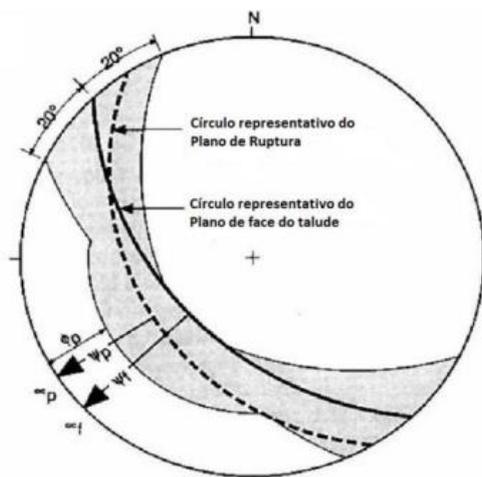


Figura 9 - Critérios da análise cinemática para ruptura planar Fonte: Norrish e Wyllie (1996)¹⁰

⁹ Projeção Estereográfica | Geometria da Cunha de Rocha | Ajuda Online | GEO5 (finesoftware.com.br)

¹⁰ Norrish, I. N., & Wyllie, D. C. (1996). Rock Slope Stability Analysis. Landslides, Investigation and Mitigation. Washington: National Academy Press.



3.6.2 – Ruptura em cunha

Rupturas em cunha ocorrem quando existem **dois planos de fraqueza**, os quais se intersectam e formam blocos tetraédricos. Nesse tipo de ruptura, a linha de **intersecção** dos planos de fraqueza se apresenta **direcionada na face** do talude. Estão associados a relevos fortemente controlados pelas estruturas geológicas, as quais estão associadas às **rochas** em diferentes estágios de **alteração**. Na Figura 10, é apresentado um esquema ilustrativo desse tipo de ruptura, podendo ser observada a intersecção das estruturas.

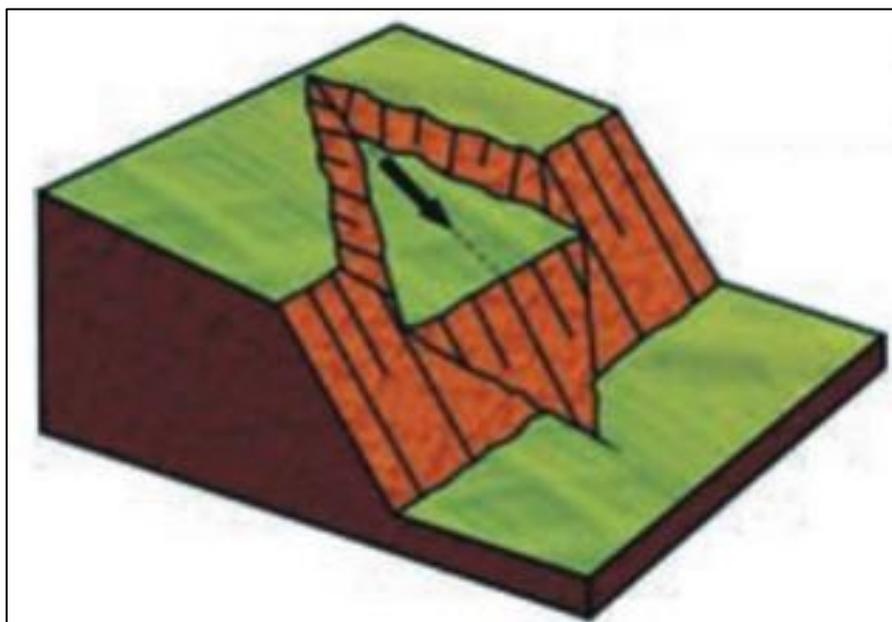


Figura 10 - Esquema ilustrativo de uma ruptura em cunha. Fonte: Tominaga *et al.* (2009) *Apud* Ferraz e Valadão (2021)¹¹

No deslizamento em cunha a **direção** da **intersecção** dos planos de descontinuidade é **próxima** da direção do mergulho do **talude** e o mergulho da intersecção entre esses dois planos é **menor** que o mergulho do talude e maior que o **ângulo** de **atrito**.

A ruptura em cunha ocorre ao longo da linha de intersecção de dois planos de falha, que deve aflorar no talude. A intersecção entre esses dois planos deve possuir inclinação menor que a inclinação do plano do talude. Para que ocorra esse tipo de movimentação, deve-se satisfazer os seguintes requisitos:

- A direção da linha de intersecção deve ser próxima à direção da reta de maior declive do talude.
- A inclinação da linha de intersecção deve ser menor que a inclinação da face do talude na direção da linha de intersecção.
- O ângulo da linha de intersecção deve ser maior que o ângulo de atrito médio das descontinuidades.

¹¹ Ferraz C.M. L., Valadão R.C. Movimentos Gravitacionais de Massa na Literatura Geomorfológica: Os Escorregamentos no Meio Urbano, em Perspectiva Conceitual. Revista Vozes dos Vales – UFVJM – MG – Brasil – Nº 19 – Ano X – 05/2021



Esses critérios podem ser verificados através da Figura 11, na qual a interseção entre os planos A e B define uma linha que deve aflorar na superfície do talude, mas com menor inclinação que a inclinação da face do talude.

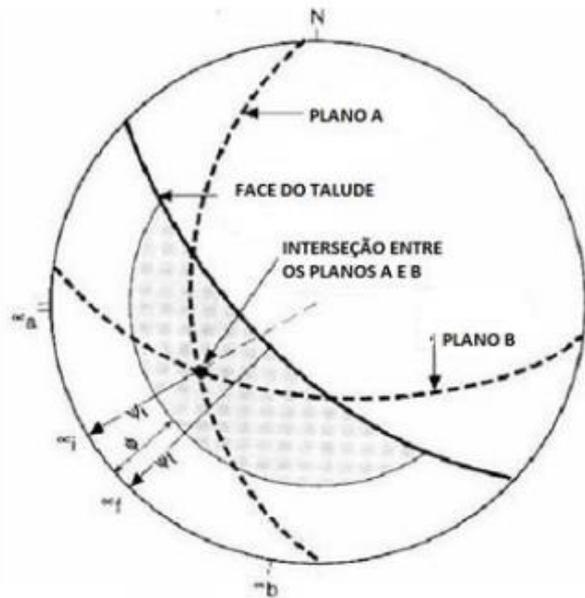


Figura 11 - Critérios da análise cinemática para ruptura cunha Fonte: Norrish e Wyllie (1996)¹²

3.6.3 – Tombamento e Deslocamento de bloco

Tombamento de blocos ocorre principalmente em **blocos rochosos** e não está relacionado ao deslizamento propriamente dito. Nesse caso, ocorre **rotação** sobre eixos fixos na direção da face do talude. Esses movimentos são favorecidos pelo **entrecruzamento de duas famílias de descontinuidades**, como falhas, fraturas e foliações. Nesse movimento, uma das famílias de descontinuidade apresenta mergulho de alto ângulo contra a face do talude e a outra com mergulho de baixo ângulo no mesmo sentido do talude. Na Figura 12, são apresentados o esquema ilustrativo e um exemplo do tipo de movimento tombamento de blocos.

É possível notar que, assim como o deslizamento em cunha, o tombamento de blocos ocorre devido a **intersecção** entre dois planos de **descontinuidade**. A principal diferença entre esses dois tipos de movimento, no entanto, deve-se à **inclinação** ou **mergulho** desses dois planos.

¹² Norrish, I. N., & Wyllie, D. C. (1996). Rock Slope Stability Analysis. Landslides, Investigation and Mitigation. Washington: National Academy Press.



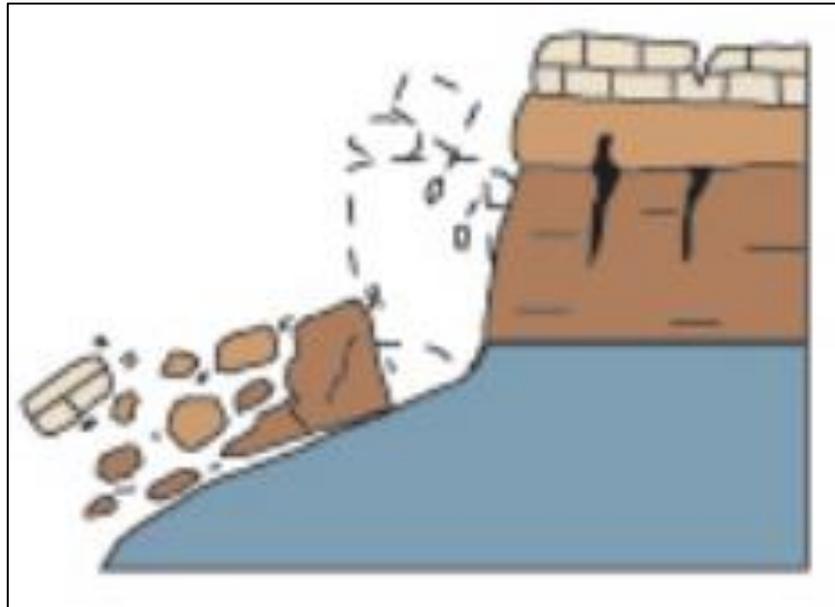


Figura 12 - Esquema ilustrativo do tipo de movimento tombamento de blocos. Fonte: Westernforestry (2023)¹³

O **desplacamento** de blocos consiste no **desprendimento** de lascas ou placas de rochas. Esse desprendimento está relacionado às **estruturas** pré-existentes, como **xistosidade** ou **acamamento**, e ocorre devido ao **alívio de tensões** ou por variações térmicas. Dependendo da geometria do talude, o deslocamento pode ocorrer em queda livre ou deslizamento ao longo de uma superfície inclinada.

A ruptura por tombamento pode ser de três tipos, que são o tombamento **flexural**, o tombamento de **blocos** e o tombamento **bloco-flexural**. Esse tipo de movimento é caracterizado pela **rotação** e **flexão** dos blocos sob forças da **gravidade**, forças exercidas por **unidades adjacentes** ou **fluidos** dentro das descontinuidades.

O tombamento **flexural** ocorre, geralmente, em rochas **sedimentares estratificadas** ou **metamórficas foliadas**, nas quais, os planos dessas estruturas são, praticamente, **paralelas** à direção do talude e mergulham no sentido inverso do talude. As lâminas rochosas delimitadas pelas descontinuidades podem deslizar umas sobre as outras e flexionar, o que pode provocar uma ruptura por tração na base da lâmina, acarretando o seu tombamento.

No tombamento de **blocos**, as colunas de rochas são divididas por **juntas ortogonais** amplamente espaçadas, que individualizam os blocos. As colunas formadas no pé do talude se flexionam e são derrubadas, permitindo o tombamento dos blocos. Já o tombamento **bloco-flexural** consiste em um tipo de ruptura que combina o tombamento e o deslizamento dos blocos. Nesse caso, o tombamento é resultado de **deslocamentos acumulados** das juntas transversais, sendo que, os deslocamentos sobre cada uma das juntas, individualmente, são menos que no tombamento de blocos.

¹³ https://westernforestry.org/wp-content/uploads/2019/04/02-LandslideTypesFeatures_SlopeStability.pdf Acesso em agosto de 2023.



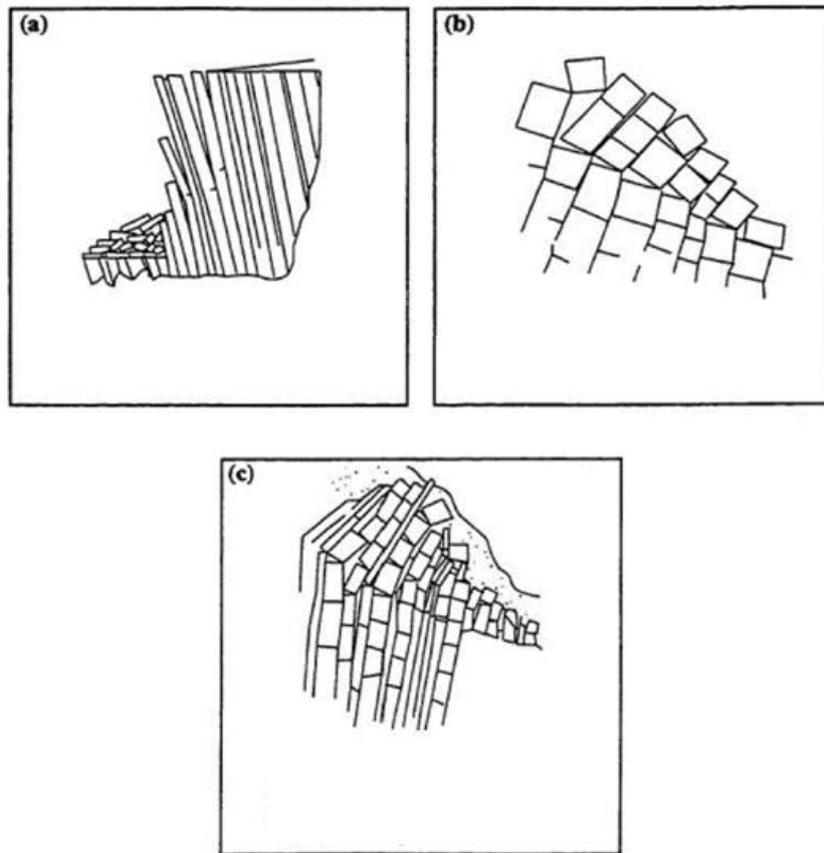


Figura 13 - Tipos de ruptura por tombamento. Tombamento flexural (a) Tombamento de blocos (b) e tombamento bloco-flexural (c) Fonte: Goodman e Bray (1976)¹⁴

Para ocorrer o tombamento, o **azimute** da reta de maior declive das descontinuidades, mergulhando no sentido **oposto** da inclinação do **talude**, não deve divergir mais que **20°** do azimute de maior declive do plano da face. A **inclinação** dos planos das descontinuidades também deve ser suficientemente **elevada** para que possa ocorrer o escorregamento. Além disso, o talude será potencialmente instável quando a reta de interseção dos dois planos posiciona dentro da zona crítica delimitada pela circunferência definida pelo ângulo de atrito, conforme ilustrado na Figura 14.

¹⁴ Goodman R. E. Bray J. W. Topping of rock slopes, Proceedings of the Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and slopes, ASCE/Boulder, Colorado/August, 15.18.1976



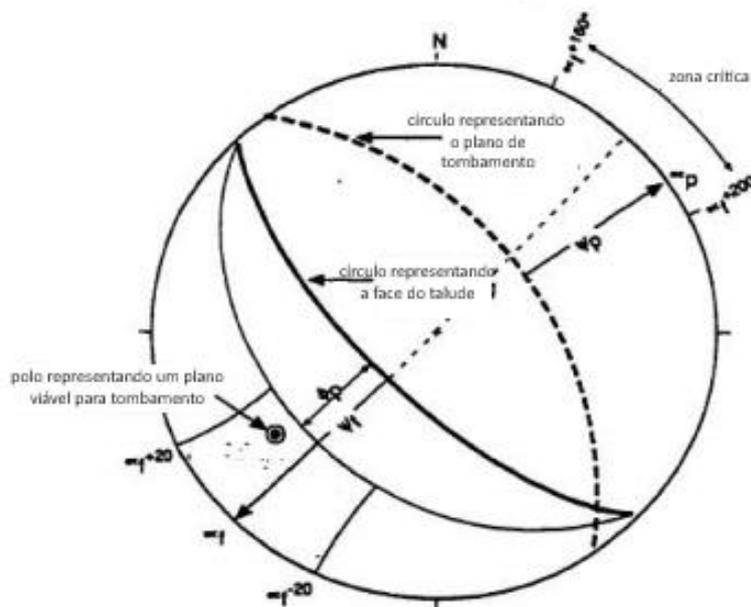


Figura 14 - Critérios da análise cinemática para ruptura em tombamento. Fonte: Norrish e Wyllie (1996)¹⁵

Outro tipo de falha que pode ocorrer em blocos de rocha são as rupturas **circulares**, que ocorrem, geralmente, em rochas **muito alteradas**, com grande quantidade de **solo** e muitas **descontinuidades** orientadas **aleatoriamente**, ou rochas muito fraturadas, que comportam como solos.

No quadro¹⁶ a seguir, são sintetizados os principais aspectos relacionados aos movimentos de bloco.

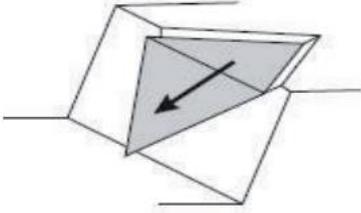
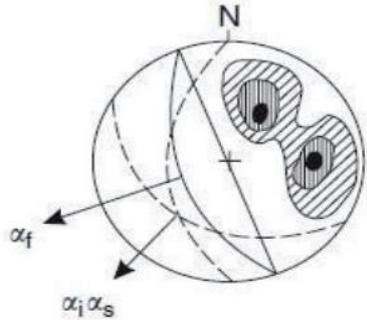
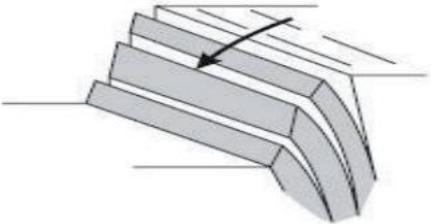
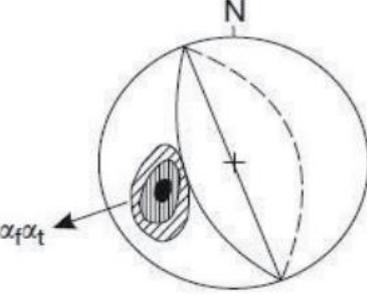


Tipo de ruptura	Estereograma	Condições estruturais
<p>Planar</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Descontinuidade apresenta ângulo de mergulho menor que o do talude e direção paralela à face do talude. - Mergulho da descontinuidade maior que o ângulo de atrito.

¹⁵ Norrish, I. N., & Wyllie, D. C. (1996). Rock Slope Stability Analysis. Landslides, Investigation and Mitigation. Washington: National Academy Press.

¹⁶ Pires B. H. G., Viana C. D., CruzCampanha G. A. Classificação Geomecânica e análise de estabilidade de taludes da mina Vau Novo (SP) com ênfase na análise de descontinuidades, Revista Brasileira de Engenharia Ambiental, 2016



<p>EM CUNHA</p> 		<p>- Direção da intersecção dos planos de descontinuidade próxima da direção do mergulho do talude.</p> <p>- O mergulho da intersecção menor que o mergulho do talude e maior que o ângulo de atrito.</p>
<p>TOMBAMENTO</p> 		<p>- Rocha resistente contendo descontinuidades com mergulho alto para dentro do talude.</p> <p>- Normal ao plano de tombamento com mergulho menor que a inclinação do talude e menor que o ângulo de atrito</p>
<p>LEGENDA</p>		
 Concentração dos polos  Grande círculo representando a face do talude  Grande círculo representando as descontinuidades		<p>α_f - Direção do mergulho da face do talude</p> <p>α_s - Direção de deslizamento</p> <p>α_t - Direção de tombamento</p> <p>α_i - Direção do mergulho da linha de intersecção</p>



(CREA-RJ/SELECON - 2023) Em uma análise de perigo a movimentos gravitacionais de massa de uma determinada região, são delimitadas áreas críticas e de dispersão, considerando critérios topográficos, como curvas de níveis e de inclinação. É considerada uma área crítica de perigo a movimentos gravitacionais de massa a área:

- com maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e atingimento do material mobilizado.
- com menor probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e atingimento do material mobilizado.
- sujeita à deposição do material mobilizado durante um movimento gravitacional de massa.
- onde o impacto do material deslocado, ao atingir moradias, não é suficiente para danificá-las.



e) onde a energia potencial do movimento ocorra de forma dispersa.

Comentários:

A área crítica de perigo a movimentos de massa é aquela com maior suscetibilidade a esse tipo de risco, ou seja, aquela que apresenta maior probabilidade à deflagração de movimentos gravitacionais de massa e atingimento do material mobilizado. Logo, a **alternativa A** é a correta e gabarito da questão.

3.7 – Causas e Fatores Contribuintes dos Movimentos

Os movimentos de massa ou instabilidade dos taludes estão relacionados à **perda de resistência** dos seus materiais constituintes, que podem ser devido a fatores como, **ação da água**, **mudanças de geometria** do talude e **sobrecargas** ou com a perda de resistência que ocorre com o **tempo**, devido, por exemplo, ao intemperismo.

3.7.1 – Água no solo - Aumento da saturação

A ação da água na estabilidade de talude pode ter várias consequências, incluindo, **elevação do nível d'água** dentro do solo (nível freático), o **aumento do grau de saturação**, o **rebaixamento rápido do nível d'água**, a geração de **piping** e a elevação do nível d'água em trincas e juntas.

A elevação do nível d'água no solo pode provocar **aumento do peso específico** do solo, **aumento da poropressão** e aumento do **grau de saturação**. Como resultado da elevação do nível d'água, e aumento da poropressão, ocorre a **redução da tensão efetiva**, o que provoca **redução** da **resistência** ao cisalhamento. A queda na resistência ao cisalhamento, poderá favorecer a **ruptura** de um talude, ou o **deslizamento** do solo.

A água no solo, também está sob o efeito da **capilaridade**, que consiste na ascensão da água pelos poros do solo acima do lençol freático. Nesse caso, o solo se comporta semelhantemente a tubos capilares e a **altura** de **ascensão** da água depende do **diâmetro dos vazios**, sendo que, quanto menor o diâmetro, maior a altura. Em pedregulho, essa altura é de alguns centímetros, nas areias, essa altura é de 1 a 2 metros, nos siltes essa altura é de 3 a 4 metros e nas argilas a altura de ascensão capilar chega a dezenas de metros. A altura da ascensão capilar, também, depende se a sua formação foi a partir do solo saturado, com rebaixamento do N.A. ou se a partir do solo seco, sendo maior na primeira situação.

Acima do lençol freático, haverá uma **faixa** de solo, até uma determinada altura, em que a água dos poros permanecerá em **contato** com o lençol freático, apresentando **pressão negativa**. Acima dessa faixa, poderá haver água entre as partículas, mantendo-se isolada no nível freático, formando **meniscos capilares** (Figura 15).

Nos meniscos capilares, a água se encontra com uma pressão **abaixo da pressão atmosférica**. A **tensão superficial** formada na interface entre a superfície da água e o ar é responsável pelo surgimento de uma **força P**, cuja tendência é de aproximar as partículas do solo, como mostrado na Figura 15. Essa tendência de aproximação das partículas resulta no **aumento da tensão efetiva**, o que confere ao solo uma **coesão aparente**.



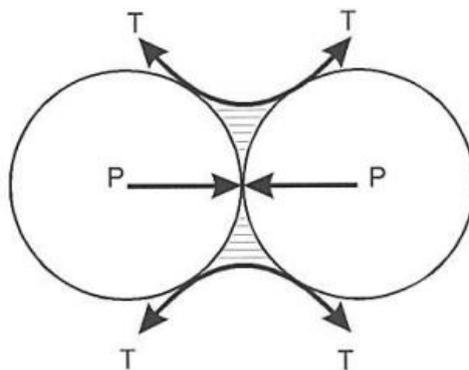


Figura 15 - Tensão capilar em água suspensa no solo e coesão aparente Fonte: Souza Pinto (2006)¹⁷

O aumento do grau de saturação do solo, como resultado da precipitação, pode ter como resultado a **perda da sucção e da coesão aparente**, que normalmente é verificada em solos não saturados. O efeito da sucção e da coesão aparente é observado em solos situados **acima do nível d'água** e ocorre em decorrência da diferença de pressão entre a água e o ar presentes nos poros de um solo parcialmente saturado.

No entanto, como esse efeito é observado apenas em solos não saturados, o aumento do grau de saturação pode provocar a perda da coesão aparente e, conseqüentemente a redução da tensão efetiva. O efeito da sucção e coesão aparente torna-se mais significativo quanto **mais fino** for o solo. Por isso, muitas encostas se rompem em épocas de chuva.

3.7.1 – Rebaixamento rápido do nível d'água

O problema do rebaixamento do nível d'água ocorre em reservatórios de água que são represados por barragens de terra. O rebaixamento rápido do nível de água pode resultar em instabilidade do talude da barragem, devido à **diferença de velocidade** entre o rebaixamento do nível d'água e a **dissipação da poropressão** no interior do talude. Um solo saturado se encontra sob o efeito da poropressão, devido à ação da água de percolação.

Ao rebaixar o nível de água do reservatório, ocorre uma **diminuição** da **pressão d'água** na face do talude, reduzindo as tensões que contribuíam para manter o talude estável. Além disso, quando o rebaixamento é rápido, as **poropressões** no interior do talude **não são eliminadas** com a mesma velocidade que a pressão na face do talude. Dessa forma, poderia ocorrer a **diminuição da tensão efetiva** e, conseqüentemente, redução da **resistência ao cisalhamento**, o que poderia favorecer à desestabilização do talude.

3.7.2 – Piping

O *piping* é um processo que ocorre como resultado da **erosão regressiva** no interior do solo, devido **surgência** de água. Esse fenômeno ocorre, principalmente, em taludes de barragem, taludes de corte com lençol freático raso ou fundação de barragens (próximo ao pé). O *piping* consiste na formação de tubos que aumentam em direção à montante. A perda de material resulta no **aumento do gradiente hidráulico**, o que

¹⁷ Souza Pinto C. Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas, 3ª edição, Oficina de Texto, São Paulo, 2006.



leva a um aumento progressivo da velocidade. A remoção de material decorrente do *piping* pode ocasionar escorregamentos no talude, podendo chegar ao colapso da barragem. A ocorrência do *piping* é evitada com o emprego de dispositivos de **drenagem interna**, que controlam a saída da água na face do talude.

3.7.3 – Mudança na geometria do talude ou aplicação de carga

Outras causas que podem favorecer a instabilização de um talude incluem mudança na geometria do talude, como, por exemplo, a **escavação próxima ao pé do talude**, ou a **sobrecarga na porção superior** de um maciço de solo. Além disso, efeitos da **vibração** transmitida através de agentes como terremoto, explosões e tráfego pesado são alguns dos mecanismos que podem induzir a ruptura de um talude.

Vamos resolver algumas questões de concurso, para ver como esse tema já foi cobrado.



(CEBRASPE/PF - 2013) A respeito de modelagem de barragens de terra, julgue os itens subsequentes.

O rebaixamento rápido no nível d'água do reservatório propicia o surgimento de pressões neutras, o que pode afetar a estabilidade do talude de montante.

Comentários:

Inicialmente, a assertiva foi considerada como **correta**. No entanto, a banca preferiu **anular** a questão, com a justificativa de que o uso do termo "surgimento" prejudicou o julgamento objetivo do item.

De fato, as pressões neutras ou poropressões no interior do talude não surgem com o rebaixamento do reservatório. Uma vez que, mesmo antes do rebaixamento do nível d'água do reservatório, havia água no interior do talude, também havia pressões neutras. No entanto, o rebaixamento do reservatório é o responsável pelo desequilíbrio, uma vez que as pressões neutras não dissiparão com a mesma velocidade que ocorre o rebaixamento do nível d'água do reservatório, e, com isso, as pressões exercidas pela água no interior do talude poderiam levá-lo a uma desestabilização.

4 – Avaliação de Estabilidade de Talude

Dizer que um talude se encontra estável significa dizer que, nas condições em que se encontra, não haverá a sua ruptura ou deslizamento. Em projetos que envolvam obras de engenharia, essa avaliação deve ser feita considerando as novas condições de esforços às quais o talude estará submetido e a sua nova geometria.

Em alguns problemas práticos, a ocorrência de movimentos de alguns milímetros ou centímetros não têm importância significativa. No entanto, deve-se garantir que essas pequenas movimentações não induzam outros movimentos maiores, levando à ruptura do talude.



Alguns métodos podem ser aplicados para avaliar a estabilidade de um talude. Esses métodos incluem o Método de **Equilíbrio Limite** e o Método de **Elementos Finitos**. Cada um desses métodos possui suas especificações e hipóteses e são empregados a depender do propósito da análise.

O **Método de Equilíbrio Limite** é fundamentado em equações matemáticas que satisfazem as condições de **equilíbrio de forças e momentos**, além dos **critérios de ruptura**, como o de **Mohr Coulomb**. Por outro lado, esse método **não considera as condições de compatibilidade e as leis constitutivas que relacionam tensão e deformação**. Apesar de algumas limitações, o Método de Equilíbrio Limite é o mais utilizado para a avaliação da estabilidade de taludes.

O **Método de Elementos Finitos** se fundamenta na divisão da geometria do material em várias partes, chamadas de **elementos**. Esses elementos são separados, uns dos outros, por **linhas imaginárias** e são assumidos como interligados apenas com um número finito de pontos situados em seus limites, chamados de **pontos nodais**. Nos problemas geotécnicos, os **deslocamentos** desses pontos nodais são, muitas vezes, assumidos como **incógnitas**, as quais são obtidas através de formulações de deslocamento. Dessa forma, uma das principais vantagens do Método de Elementos Finitos em comparação com o Método de Equilíbrio Limite é a possibilidade de **calcular as tensões e deformações** dos elementos.



Apesar de não serem considerados em muitas análises de estabilidade de talude, especialmente naquelas realizadas pelos métodos de equilíbrio limite, alguns fatores podem ser relevantes, incluindo:

- i) possibilidade de **ruptura progressiva**.
- ii) **história de tensões** - normalmente adensado ou pré-adensado.
- iii) **relação tensão-deformação** - leis constitutivas.
- iv) **trajetória de tensões** - sequência de construção de um aterro ou escavação de um talude.
- v) distribuição de tensões dentro da massa de solo e **trajetória de tensões** na ruptura - amolecimento ou endurecimento.
- vi) estimativa dos **excessos de poropressão**.
- vii) **outros tipos de rupturas**, que não sejam por cisalhamento.





(CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragem de rejeitos, julgue os próximos itens.

Estudos de estabilidade fundamentados na análise tensão-deformação possibilitam a incorporação da modelagem de etapas construtivas.

Comentários:

Os estudos de tensão-deformação não são realizados com a aplicação do método de equilíbrio limite, pois, nesse método considera-se que o material é rígido-plástico, isso quer dizer que o material não se deforma até o momento da sua ruptura. Os estudos de tensão-deformação podem ser realizados com o emprego de modelos de elementos finitos, o qual apresenta como uma das vantagens, em relação ao método de equilíbrio limite, a possibilidade de modelagem em etapas construtivas. Assim, a assertiva está **correta**.

4.1 – Método de Equilíbrio Limite

O Método de Equilíbrio Limite considera que, quando o talude se rompe, há o deslizamento de uma massa de solo sobre uma determinada superfície. No momento da ruptura, as **tensões** são totalmente **mobilizadas** ao longo de **toda a superfície** de deslizamento. A seguir são detalhadas as hipóteses consideradas no método do equilíbrio limite.

4.1.1 – A superfície de ruptura é arbitrada

No método de equilíbrio limite, uma massa de solo potencialmente instável é delimitada pela superfície do talude e por uma **superfície potencial de ruptura** (SPR) cuja **geometria** não é conhecida, sendo, portanto, **arbitrada**. considerando uma encosta em que não houve ruptura, existem infinitas superfícies potenciais de ruptura. A SPR é considerada como aquela de **menor fator de segurança**, a qual é denominada como **superfície crítica**.

Para calcular o **fator de segurança**, arbitra-se a SPR, uma vez que cada SPR apresenta um fator de segurança correspondente. O procedimento é repetido para quantidade e tipos adequados de SPR. Aquela SPR que apresentar o menor FS é considerada como sendo a **superfície potencial de ruptura crítica**, e é atribuído o fator de segurança correspondente (**fator de segurança crítico**) ao talude que está sendo avaliado.

A SPR pode assumir **diferentes geometrias**, sendo mais comumente, a superfície **planar**, a superfície **circular**, a superfície **multiplanar** ou de geometrias **complexas**. Algumas condicionantes para o formato da superfície crítica incluem as estruturas e as propriedades do material do talude, como ângulo de atrito e coesão.



4.1.2 – Localização de tensões resistentes X tensões instabilizantes ao longo da superfície potencial de ruptura

O método de Equilíbrio Limite considera que a massa de solo potencialmente instável se encontra na **iminência de ruptura**. Dessa forma, até que ocorra a ruptura da massa de solo, deve haver **equilíbrio** entre as tensões resistentes e as tensões instabilizantes ao longo de toda a superfície potencial de ruptura.



No talude apresentado na Figura 16, é ilustrada uma superfície potencial de ruptura (em vermelho). Ao longo de toda a superfície, há tensões cisalhantes (setas azuis), que são causadas pela massa potencialmente instável e que induz o deslizamento e ruptura do talude. Na mesma superfície, a resistência ao cisalhamento mobilizada (setas verdes) se opõe ao movimento, impedindo que ocorra a ruptura. Quando as tensões cisalhantes causadas pelo peso da massa de solo potencialmente instável forem maiores que a resistência ao cisalhamento mobilizada, considera-se que ocorrerá a ruptura do talude.

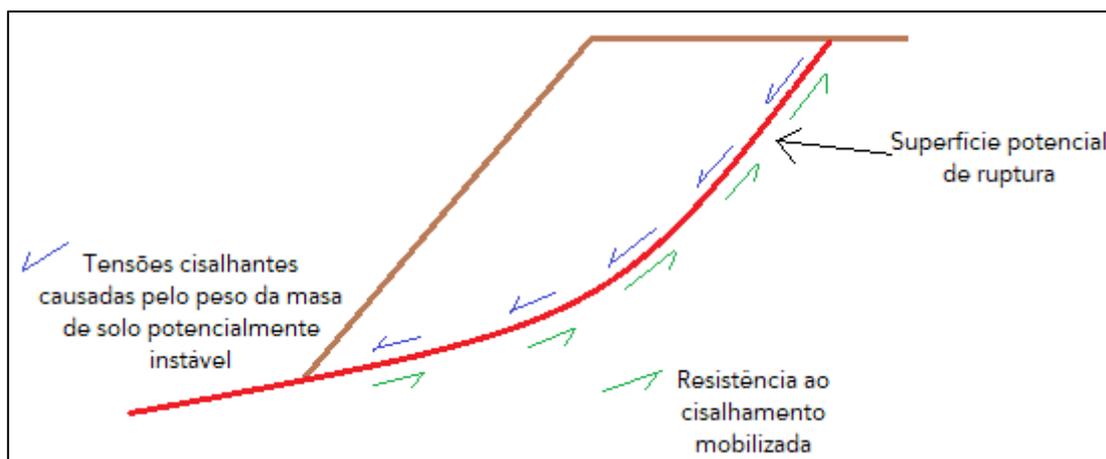


Figura 16 - Representação de um talude com a superfície potencial de ruptura e as forças contrárias e favoráveis ao movimento

4.1.3 – Definição do Fator de Segurança

Em um talude estável, a resistência disponível do solo (aquilo que o solo suporta até o momento da ruptura) pode ser maior que a tensão cisalhante instabilizante (que é imposta pelo peso do solo e os carregamentos). Uma vez que a massa está em **equilíbrio**, uma parcela dessa resistência é mobilizada, se opondo à tensão cisalhante. Para representar essa relação entre **resistência disponível** e **tensão cisalhante**, é utilizado o conceito de **Fator de Segurança**, o qual consiste em um número pelo qual divide a resistência do solo para que haja equilíbrio.





O conceito de fator de segurança pode ser sistematizado da seguinte forma:

Em um talude em equilíbrio, a parcela mobilizada da resistência ao cisalhamento (τ_{mob}) e a tensão cisalhante instabilizante (τ_{inst}) que atua na superfície potencial de ruptura devido ao peso do solo e à sobrecarga são iguais, logo:

$$\tau_{mob} = \tau_{inst}$$

No momento da ruptura, a tensão cisalhante que atua no plano de ruptura é igual a **resistência ao cisalhamento (τ_{ff})** na superfície potencial de ruptura. O fator de segurança é um número pelo qual **divide a resistência do solo**, para que haja equilíbrio, ou seja:

$$\frac{\tau_{ff}}{FS} = \tau_{inst}$$

Aplicando os conceitos de resistência ao cisalhamento, sabe-se que os parâmetros de resistência do solo são dados pela **coesão efetiva** (c') e ângulo de **atrito efetivo** (ϕ') e pela **tensão normal efetiva** (σ'_{ff}) no plano, de forma que:

$$\frac{c'}{FS} + \frac{\sigma'_{ff} \cdot \tan \phi}{FS} = \tau_{inst}$$

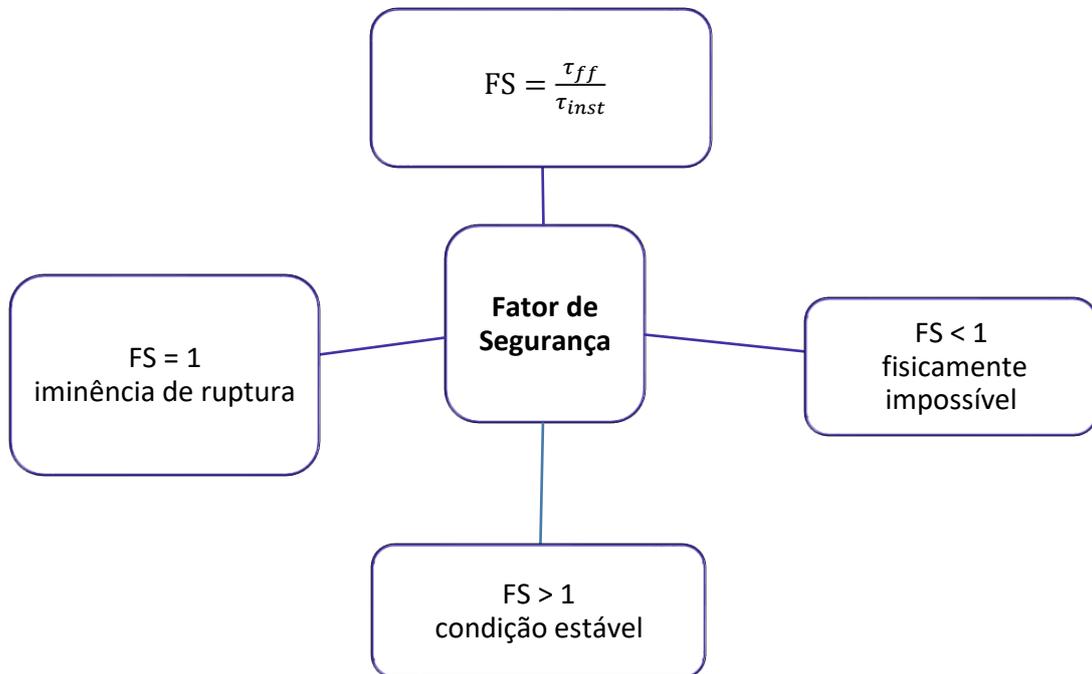
Veja, a seguir, duas questões de concurso, que cobraram, especificamente, o conhecimento desse ponto.

O fator de segurança indica a magnitude da parcela da resistência que tem que ser mobilizada para assegurar o **equilíbrio limite**. Um fator de segurança menor que 1 é **fisicamente impossível**, pois indica que a ruptura já ocorreu, ou seja, a resistência ao cisalhamento do solo é inferior à tensão cisalhante instabilizante. Um fator de segurança igual a 1 indica **iminência de ruptura**, ou seja, a resistência ao cisalhamento do solo é igual à tensão cisalhante instabilizante. Já um fator de segurança maior que 1 indica que a resistência ao cisalhamento do solo é maior que a tensão cisalhante instabilizante, ou seja, indica uma condição **estável**.

Algumas fontes de **incerteza** estão intrínsecas na determinação do fator de segurança, as quais incluem a estimativa dos **parâmetros** de resistência dos solos, a estimativa das **poropressões**, estimativa dos **carregamentos** e as simplificações dos **métodos** de análises.

A seguir, são apresentadas, resumidamente, as considerações acerca do Fator de Segurança para estabilidade de talude.





4.1.4 – Comportamento rígido-perfeitamente plástico

Nos modelos de Equilíbrio Limite é considerado que o material apresenta comportamento **rígido-perfeitamente plástico**. Isso significa que o material suportará todos os estados de tensão abaixo do estado de ruptura **sem sofrer deformação**. Assim, quando todos os elementos ao longo da superfície potencial de ruptura alcançassem a resistência ao cisalhamento, a deformação passaria de zero para infinito, ocorrendo um colapso súbito. Dessa forma, o material não se deformaria até o momento da ruptura, momento em que ocorreria a deformação de forma súbita.

Devido a essa consideração, o método de Equilíbrio Limite **não** pode ser utilizado para calcular **deformações ou deslocamentos**.



O método de **Equilíbrio Limite NÃO** pode ser utilizado para calcular **deformações ou deslocamentos**.

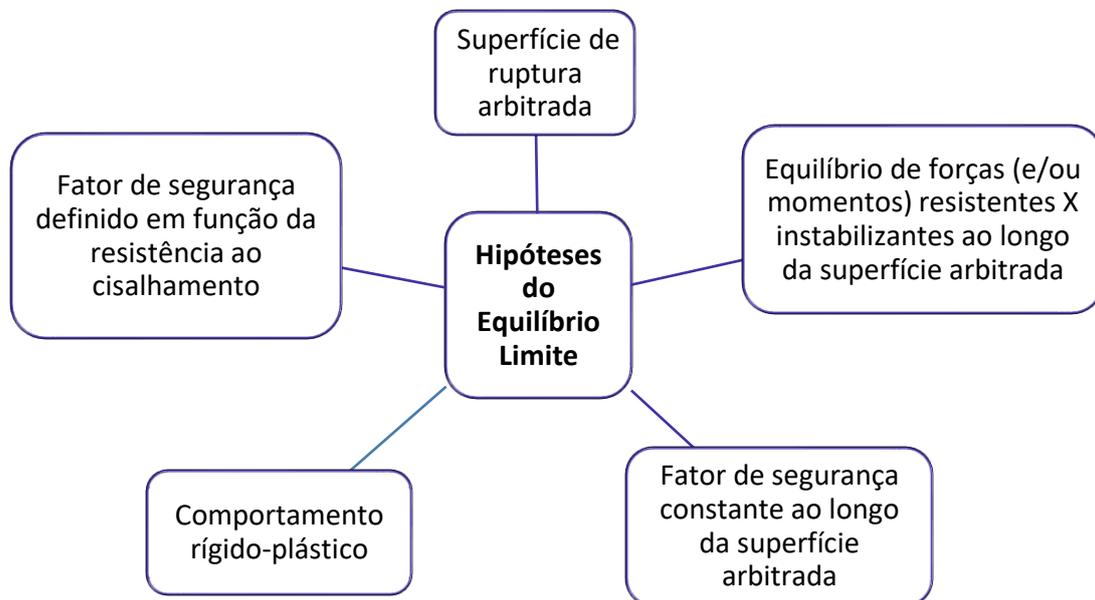


4.1.5 – Constância do Fator de segurança ao longo da superfície potencial de ruptura

Outra simplificação do método de equilíbrio limite é que o **fator de segurança é único ao longo de toda a superfície potencial de ruptura**. No entanto, tal consideração é realizada para possibilitar a determinação de soluções para o problema, uma vez que a resistência ao cisalhamento ao longo da superfície potencial de ruptura não é uniforme.

A massa de solo ou rocha que constitui o material potencialmente instável é **heterogênea**. Com isso, as diferentes características dos materiais imprimem **resistências diferentes** em cada ponto. Por isso, deve-se ter em conta que, apesar de se assumir um valor único do fator de segurança ao longo de toda a superfície de ruptura, tal consideração é **simplista**, uma vez que cada ponto ao longo de toda a superfície de ruptura possui uma resistência ao cisalhamento específica. Dessa forma, pode-se considerar que o valor do fator de segurança calculado **representa uma média** da mobilização de resistência ao longo da superfície potencial de ruptura. No método de equilíbrio limite, assume-se que a ruptura só ocorrerá quando a resistência do solo for **integralmente mobilizada** ao longo de toda a superfície potencial de ruptura.

A seguir, são apresentadas, de forma sintetizada, as principais hipóteses consideradas no método de equilíbrio limite.



Vamos praticar com uma questão de concurso?





(CEBRASPE/ANM - 2022) O método do equilíbrio limite é utilizado na avaliação da estabilidade de taludes. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

fator de segurança pode variar em algum ponto da superfície de ruptura circular.

Comentários:

Como vimos, no método de equilíbrio limite, considera-se que o fator de segurança é único ao longo de toda a superfície potencial de ruptura. No entanto, sabe-se que essa é uma simplificação, em virtude da heterogeneidade dos materiais, pode haver diferentes resistências ao longo da superfície potencial de ruptura. Considera-se, assim, que o valor do fator de segurança obtido representa uma média da mobilização de resistência ao longo da superfície potencial de ruptura. Logo, a assertiva está **incorreta**.

4.2 – Métodos de Equilíbrio Limite para a Avaliação de Estabilidade de Talude

Neste capítulo, são apresentados os principais métodos utilizados para a **avaliação** da **estabilidade** de **talude**. Conforme discutido no capítulo anterior, essas avaliações são realizadas, predominantemente, com o emprego dos métodos de **equilíbrio limite**, os quais são agrupados, nesse capítulo, como métodos de fatias. Além desses métodos, são apresentados também dois métodos desenvolvidos para problemas específicos, que são o método de talude infinito e o método de Coulomb.

4.2.1 – Talude infinito

Um talude **infinito** é aquele em que a **espessura** da massa de solo **é muito menor que a altura** do talude. Alguns exemplos de talude infinito são **encostas** de solo residual, que apresentam dezenas ou centenas de metros de altura e pouca espessura, e **pilhas** de material granular, como minério e estéril.

No caso de taludes infinitos, a ruptura é do tipo **planar** e o ângulo máximo que o material atinge é igual ao **ângulo de repouso**. Para materiais que são lançados **sem compactação**, como o caso das pilhas, o ângulo de **atrito interno** é igual ao **ângulo de repouso** ou de volume constante, pois o índice de vazios é igual ao **índice de vazios crítico**. Caso o material seja acumulado com um ângulo **mais íngreme**, ocorrerá o **deslizamento** de uma **camada fina** de material.

Para o caso específico de um talude infinito sem água e cuja coesão é zero, como o caso das pilhas, o **Fator de Segurança** é dado por:

$$FS = \frac{\tan\phi'}{\tan\beta}$$



sendo ϕ' o ângulo de atrito interno efetivo e β o ângulo de inclinação do talude. Dessa forma, para $\phi' = \beta$ o fator de segurança é igual a 1. De forma que ϕ' é a maior inclinação que um talude de solo não coesivo pode assumir

4.2.2 – Método de Coulomb

O método de **Coulomb** foi desenvolvido para determinar empuxos de terra contra estruturas de **arrimo**, e pode ser usado em **taludes não suportados**, desde que a ruptura seja do tipo **planar**. O método deve ser aplicado em situações em que a superfície de ruptura passa pelo **pé do talude**. Esses taludes incluem, taludes verticais com **solo homogêneo** e taludes com **planos de fraqueza** ou **anisotropias** que condicionam uma ruptura **planar**. O uso do método em condições diferentes daquelas especificadas poderia acarretar **erros** contra a segurança.

O cálculo do fator de segurança é realizado através de um **diagrama de forças**, para diferentes superfícies potenciais de ruptura, variando o **ângulo** (θ) de **inclinação** com a vertical e comparando a **resistência disponível** com a **resistência mobilizada**. O ângulo θ correspondente ao **menor Fator de Segurança** refere-se à **superfície potencial de ruptura**.

4.2.3 – Método das Fatias

O método das **fatias** foi desenvolvido por Fellenius em 1927 e consiste na divisão da massa potencialmente instável em um número de **n fatias** verticais. Após a divisão da massa total em um certo número de fatias, é analisado o **equilíbrio de forças e/ou momento** de cada fatia individual e/ou da massa toda.



Considere o talude representado na Figura 17. A análise de estabilidade, de acordo com o método das fatias, consiste em **arbitrar** uma determinada **superfície potencial de ruptura** (curva em vermelho) e dividir a massa de solo potencialmente instável (massa delimitada pela superfície do talude e pela superfície potencial de ruptura) em um determinado número de fatias. No caso apresentado abaixo, a massa potencialmente instável foi dividida em 7 fatias.



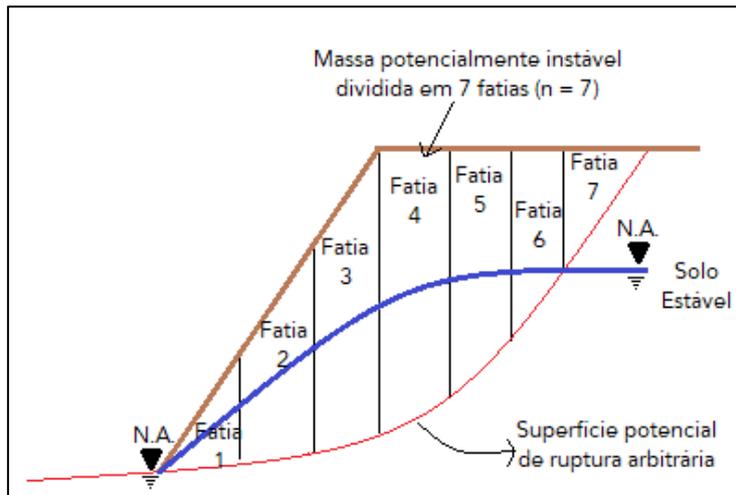


Figura 17 - Demonstração da aplicação do método das fatias para análise da estabilidade de taludes

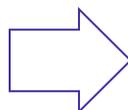
Após dividir a massa potencialmente instável em fatias, faz a análise do **equilíbrio das forças e/ou dos momentos** de cada fatia, individualmente, bem como de toda a massa potencialmente instável. Em cada fatia, há as seguintes forças: **peso** da fatia, resultante das **tensões** normais efetivas / cisalhantes que atuam na face esquerda e/ou direita, resultante das tensões efetivas normais e cisalhantes na base e resultante da **poropressão** nas faces verticais e na base, quando água está presente.

Para verificar se a massa delimitada pela superfície potencial de ruptura e a superfície do talude se encontra estável, verifica as equações de **equilíbrio de forças na vertical (F_v) e na horizontal (F_H) e equilíbrio de momento (M)**. Como em uma situação de equilíbrio (estabilidade) o somatório das forças deve ser zero, para cada fatia há 3 equações de equilíbrio ($\Sigma F_v = 0$; $\Sigma F_H = 0$; $\Sigma M = 0$).

A demonstração do **sistema** obtido através das equações foge ao objetivo da aula. Contudo, cabe saber que o sistema decorrente das equações de equilíbrio é **indeterminado**, uma vez que há mais variáveis do que número de equações. Por isso, para resolver o problema são adotadas **hipóteses simplificadoras**, de maneira a reduzir o número de incógnitas. **Cada hipótese simplificadora proposta consiste em um método de análise de estabilidade**.



O sistema das equações de equilíbrio é indeterminado



Cada hipótese simplificadora do sistema é um método de análise de estabilidade

Os métodos de equilíbrio limite podem ser classificados em dois grupos: os métodos **simplificados** e os métodos **rigorosos**. Os métodos **simplificados** são aqueles que atendem somente **duas equações de equilíbrio**, duas equações de forças ou uma equação de forças em uma direção e a equação de momentos. Os métodos **rigorosos** são aqueles que atendem simultaneamente ao equilíbrio de **forças** em duas direções



e ao equilíbrio de **momentos**. Alguns métodos **simplificados** são os métodos de **Fellenius**, **Bishop** simplificado e **Janbu**. Os métodos **rigorosos** incluem **Morgenstern** e **Price** e **Spencer**

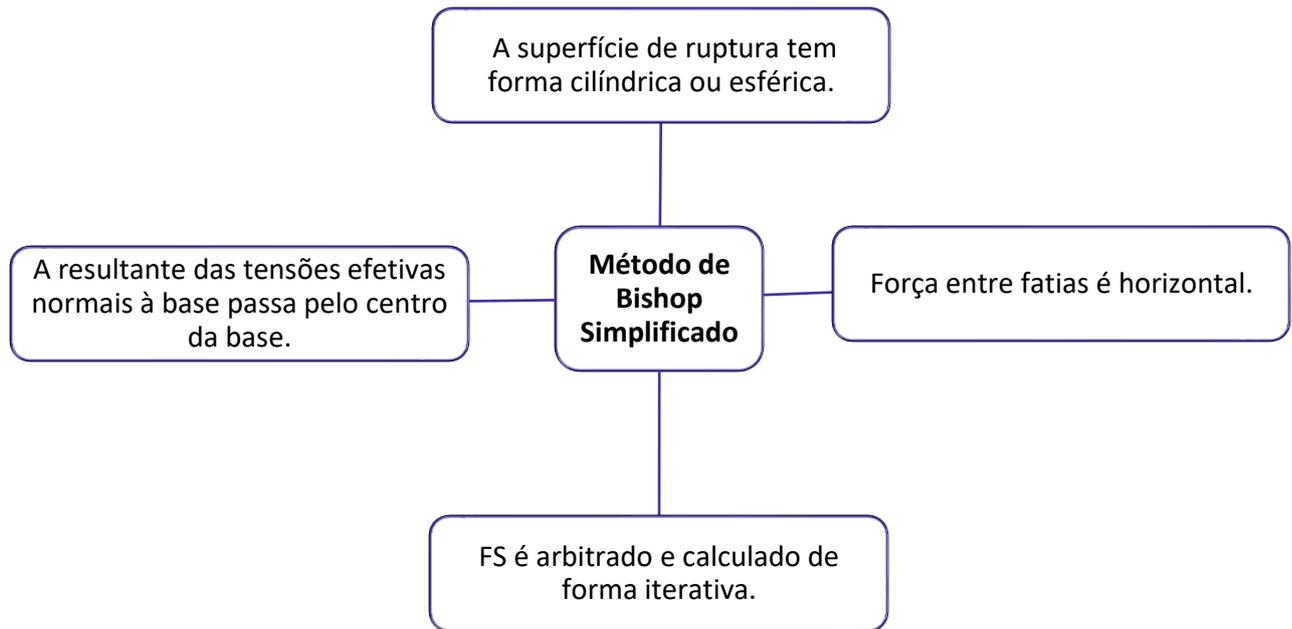
O **Método de Fellenius** é um método **simplificado**, uma vez que não utiliza as três condições de equilíbrio. O método utiliza apenas uma equação de forças e a equação de momentos. Como hipóteses, o método considera que:



Em função das suas limitações, o método de Fellenius gera valores de **Fator de Segurança que podem conter erros** grosseiros, que, geralmente, são **a favor da segurança**, ou seja, o Fator de Segurança calculado através do método de Fellenius é menor que o Fator de Segurança real.

O método de **Bishop Simplificado** é um método **simplificado**, que, assim como o método de Fellenius, considera o **equilíbrio de forças** em uma direção e o equilíbrio de momentos. O método calcula o Fator de Segurança de forma **iterativa**, até que os valores de FS arbitrado e calculado sejam iguais ou a diferença esteja dentro do erro aceitável. As hipóteses do método de Bishop Simplificado são:



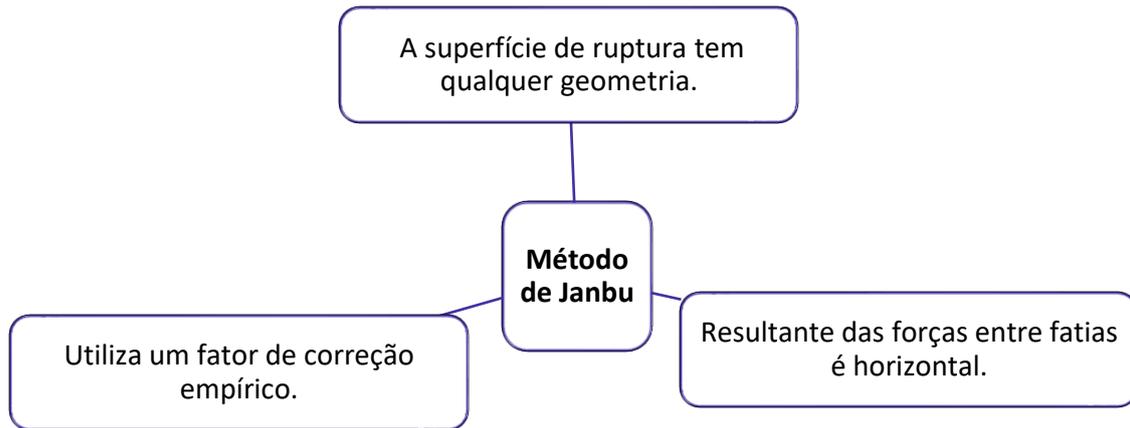


O método de **Bishop Simplificado** fornece valores mais **próximos aos métodos rigorosos**, quando comparado com o método de Fellenius. No entanto, o método pode apresentar **problemas** quando a superfície de ruptura apresenta **inclinação** acentuada próxima ao pé do talude, ou quando a superfície de ruptura é **profunda**. Nesses casos o FS obtido pelo método tende a se afastar mais do FS obtido pelos métodos rigorosos. O método de Bishop Simplificado não deve ser usado em superfícies não circulares, pois pode causar erros contra a segurança.

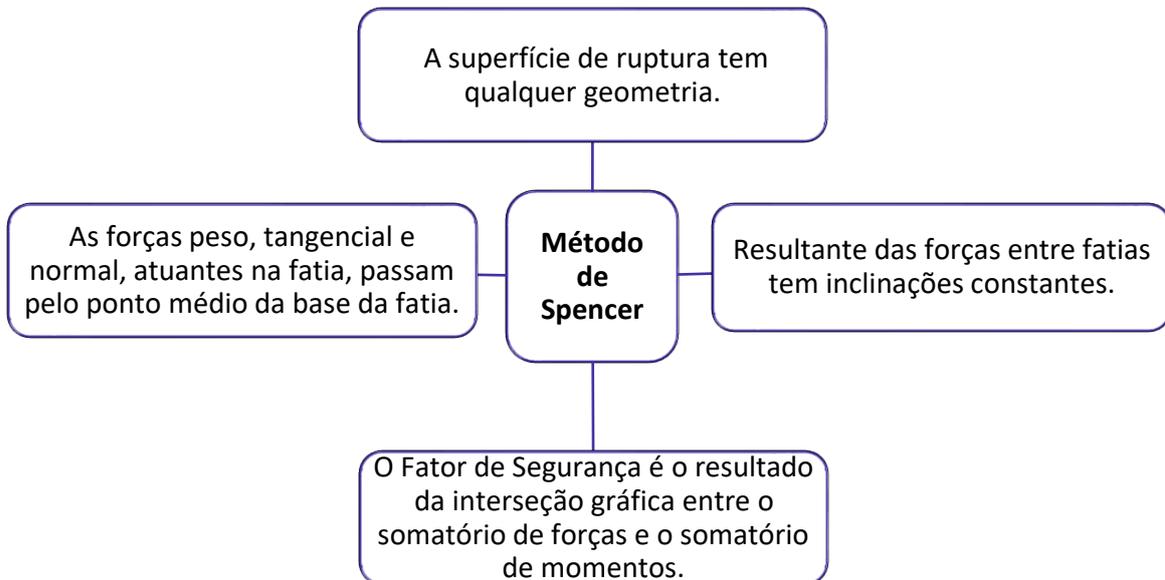
O método de **Janbu** é um método **simplificado**, que atende apenas às duas condições de equilíbrio de força, **não considera o equilíbrio de momentos**. O método pode ser usado para **superfícies de ruptura de qualquer geometria** e pode ser resolvido à **mão**, de forma gráfica. O método possibilita a utilização de um **ábaco de correção** para aproximar o FS calculado aos valores obtidos pelos métodos rigorosos. O Fator de correção considera as características geométricas do talude e da superfície de ruptura.

As principais hipóteses do método de Janbu são:





O método de **Spencer** é um método **rigoroso**, que atende as **3 condições de equilíbrio** (2 equações de forças e 1 equação de momentos). Foi inicialmente proposto para superfícies **circulares**, mas aceita superfícies **não circulares**. Suas principais hipóteses são:



O método de **Morgenstern & Price** é um método **rigoroso**, que atende as 3 condições de equilíbrio e que pode ser aplicado às superfícies de ruptura de qualquer **geometria**. Esse método requer o emprego de **computador** para a solução do problema.

O método de **Sarma**, também, é um método **rigoroso**. Sua vantagem é a maior simplicidade para a solução do problema, podendo o fator de segurança ser obtido com o auxílio de planilhas eletrônicas ou calculadora.



Método	Equilíbrio de força e/ou momento	Superfície de ruptura
Fellenius	Força em uma direção e momento (simplificado)	Circular
BISHOP SIMPLIFICADO	Força em uma direção e momento (simplificado)	Circular
JANBU	Força X e Y (simplificado)	Qualquer
SPENCER	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer
MORGENSTER - PRICE (GLE)	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer
SARMA	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer



(CEBRASPE/ANM - 2022) O método do equilíbrio limite é utilizado na avaliação da estabilidade de taludes. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

Para superfícies planas de ruptura, recomenda-se utilizar o método de análise de Fellenius

Comentários:

A assertiva está **incorreta**. O método de Fellenius é aplicado **apenas** para **superfícies circulares**. Os métodos que são aplicáveis para **superfícies planas**, bem como de outras geometrias, são os **métodos rigorosos** Spencer, Morgenster - Price e Sarma e o **método simplificado de Janbu**.

5 – Estabilização de Taludes

A **estabilização** de taludes consiste em manter o talude com uma **configuração** de estabilidade, ou seja, uma condição em que o material do talude **não** apresentará tendência de **mobilização**. O método empregado depende das **características** do talude, **geometria** do terreno, disponibilidade de **material**, entre outros aspectos.

5.1 – Etapas da estabilização de taludes

A norma NBR 11682 trata da estabilidade de encostas e prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle de estabilidade de encostas e de taludes resultante de **cortes** e **aterros**, além de abranger as condições para **estudos**, **projeto**, **execução**, **controle** e **observação** de obras de estabilização. A norma inclui as seguintes etapas: etapa de **procedimentos preliminares**, etapa de **investigações geológico-geotécnicas**, etapa de **projeto**, etapa de **execução** de **obra**, etapa de **acompanhamento**, etapa de **manutenção** e etapa de **monitoramento**.

A etapa de procedimentos **preliminares** é de caráter **obrigatório** e visa 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**, à avaliação da necessidade de **implantação** de **medidas emergenciais** e à programação de **investigações geológico-geotécnicas**. A etapa de **investigações geológico-geotécnicas**



inclui investigações **geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, topográficas, geo-hidrológicas**, entre outras, devendo abranger levantamentos **locais, coleta de dados, ensaios *in situ*** e em **laboratório**, além do uso de **instrumentação** adequada para estabelecer um **modelo geológico-geotécnico**.

A etapa de **projeto** consiste na **caracterização** do perfil **geológico-geotécnico**, incluindo a **caracterização** do tipo de **instabilização**, definição do **modelo** de **cálculo** com os respectivos **parâmetros, diagnósticos** e **concepção do projeto** e detalhamento da **obra** com as respectivas **fases de execução**. Os projetos podem ser **básico** (anteprojeto) ou **executivo**. Os projetos podem ser agrupados em três **tipos**: os que envolvem apenas **terraplenagem** e elementos de **drenagem**, os que envolvem obras de **retenção de solo** e os que envolvem obras de **retenção de rocha**.

Os projetos que envolvem obras de **retenção em solo** empregam estruturas do tipo **muros de gravidade**, muros de **flexão**, estruturas **ancoradas** e estruturas de **solo reforçado**. Os muros de **gravidade** são uma estrutura **monolítica**, cuja estabilidade é garantida através do **peso próprio** da estrutura. Os muros de **flexão** resistem aos **esforços** por **flexão**, geralmente, utilizando parte do **peso próprio** do maciço arrimado que se apoia sobre sua **base** para manter o **equilíbrio**. As estruturas **ancoradas** são aquelas cuja estabilidade é garantida por meio de **tirantes ancorados** no terreno ou de estruturas **específicas** de ancoragem (mortos), podendo ser **contínua**, em **grelha**, em **placas** ou em **contrafortes**. As estruturas de **solo reforçado** são aquelas cuja estabilidade é garantida através do **reforço** do **terreno** com **elementos resistentes** introduzidos no seu interior, como **grampo, fitas, geossintéticos, colunas de solo-cimento** ou **estacas** de qualquer tipo.

Os projetos envolvendo **obras de retenção em rocha** devem envolver a **caracterização** do problema, incluindo aspectos **topográficos** e **geológicos**, como a **inclinação** e a **altura** do **talude**, **tipo** de **litologia**, as **descontinuidades**, o **grau de intemperização** da rocha, as condições de **contato**, a possibilidade de **sismos** e outros riscos. Deve-se considerar o **mecanismo** de **ruptura** e a **resistência** ao **cisalhamento** das **descontinuidades**. Nos taludes rochosos, os elementos introduzidos para aumentar a sua estabilidade são divididos em **cinco grupos**, listados a seguir.

Grupo	Elemento
Introdução de ancoragem e chumbadores	Grelhas ancoradas - estruturas constituídas de vigas horizontais e verticais de concreto armado, adaptadas às irregularidades da face do talude rochoso, com ancoragens protendidas posicionadas na interseção das vigas. São aplicadas em taludes rochosos fraturados.
	Contrafortes de concreto armado - 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.
	Placas de concreto armado - estruturas utilizadas quando se pretende distribuir as tensões introduzidas no maciço por ancoragens protendidas .
	Telas metálicas - 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 .
Grupo 2 – Alterações na	Banquetas para diminuição do ângulo médio do talude - empregada para aumentar o fator de segurança e permitir a implantação da drenagem



Grupo	Elemento
geometria do talude – Implantação de banquetas	superficial , dividindo a vazão em cada trecho do sistema drenante. A altura de talude, entre as banquetas, não deve exceder 15 m .
	Banquetas para a redução de energia - empregada para criar espaços para possibilitar a redução da energia cinética de blocos rochosos em queda.
Grupo 3 – Drenagem	Drenagem superficial - devem ser projetados a partir do levantamento hidrológico da área em estudo. O período de recorrência mínimo para dimensionamento do sistema de drenagem superficial será de dez anos .
	Drenos profundos - utilizados para manter rebaixado o lençol freático ; devem ser dimensionados através de estudos geológicos e hidrogeológicos . São geralmente constituídos de tubos perfurados ou permeáveis (geotubos, se constituídos de material sintético), protegidos por materiais granulares ou sintéticos, que atendam aos critérios granulométricos de filtro .
Grupo 4 – Barreiras e estruturas de impacto - Desaceleração de blocos de rocha ou massas de solo	Muros rígidos ou semi-rígidos de impacto : estruturas metálicas ou de concreto armado, associadas a uma área plana , atrás da face interna do muro, destinadas ao amortecimento do impacto .
	Barreiras flexíveis - constituídas de postes de aço , telas de aço , rede de anéis de aço, cabos de aço e dispositivos de frenagem.
	Trincheiras de amortecimento - posicionadas no pé da encosta e servem de área de impacto para queda e coleta de blocos rochosos .
Grupo 5 – Túnel falso	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.

Os **fatores de segurança mínimos** que devem ser considerados na avaliação de uma situação de potencial **ruptura** do **talude**, relacionando à possibilidade de **perda** de **vidas humanas**, à possibilidade de **danos materiais** e de **danos** ao **meio ambiente**, devendo ser consideradas as situações **atuais** e **futuras** previstas ao longo da vida útil do talude estudado. A **Tabela** a seguir apresenta os **fatores de segurança mínimos** considerando a ocorrência dos **danos** mencionados. De acordo com a tabela, para uma situação em que se exige um nível de segurança alto contra danos a vidas humanas e um nível de segurança alto também contra danos materiais e ambientais, deve ser adotado um fator de segurança igual a 1,5. Por outro lado, quando o nível de segurança contra danos a vidas humanas é baixo e o nível de segurança contra danos materiais e ambientais também é baixo deve ser adotado um fator de segurança de 1,2.

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



Para a definição do **nível** de **segurança** desejado contra perda de **vidas humanas**, são usados como critérios a **movimentação** e **permanência** de pessoas na área ou presença das **edificações**, avaliando a possibilidade de elevada **concentração** de **pessoas**, além da presença de **ferrovias**, **rodovias** e **tráfego**. Os **critérios** utilizados para a classificação do **nível** de **segurança** em **alto**, **médio** e **baixo** são apresentados na tabela a seguir.

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.

Já para a definição do nível de segurança desejado contra danos **materiais** são considerados critérios como o valor das **propriedades** que seriam afetadas, sejam **valores social, histórico** ou **patrimonial**. Já para os danos **ambientais**, é considerada a **gravidade** ambiental do dano, como por exemplo, proximidade de **oleodutos, barragens** de rejeito e **fábricas** de produtos tóxicos, conforme apresentado na tabela abaixo.

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.

Para os muros de contenção (de gravidade e de flexão), devem ser considerados os seguintes fatores de segurança.

Verificação da segurança	Fator de segurança mínimo
Tombamento	2,0
Deslizamento	1,5
Capacidade de carga da fundação	3,0



Em alguns casos, é exigido que seja feito o **monitoramento** com **instrumentação geotécnica durante** e **após** a obra, sendo esses casos: quando o critério de **deformação** é determinante ao **bom desempenho** da obra de estabilização, quando as escavações onde a região de influência das deformações possa **atingir obras existentes**, quando houver obras de **estabilização de taludes** com mais de **30 metros de altura**.

Durante a **realização** da **obra**, alguns cuidados devem ser tomados, incluindo o processo de **compactação** de aterro **junto às estruturas** de contenção, devendo ser respeitada uma **distância do paramento** interno da estrutura de, **no mínimo, 2m**, 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**.

Deve ser realizado o **acompanhamento técnico**, pelo geotécnico responsável pela obra, durante a **fase de execução**. Esse acompanhamento é realizado com o objetivo de **verificação** dos **critérios** de **projeto** e **modelos** de **cálculo**, permitindo eventuais **ajustes** às **condições** de **campo**. Os principais aspectos relacionados ao acompanhamento técnico incluem: **locação**, **cotas de assentamento**, condições de **fundação**, fases de **execução**, **perfurações**, **adequações**, adequação de **drenagem**, **testes** e **ensaio**. Ao final da obra, deve ser providenciado, pelo executor, o **projeto como construído** (*as built*), que deve abordar todas as **modificações** no projeto.

Ao término da obra, deve ser elaborado o "**Manual do Usuário**", no qual deve constar todas as **providências** em termos de **manutenção** da **obra**, incluindo o **tipo** de **serviço** e sua **periodicidade**. As **recomendações** constantes no manual visam manter as **características originais** do **projeto** dentro dos **critérios** de **segurança** preestabelecidos. Dentre as recomendações, inclui-se: realização de **vistorias periódicas** à obra, no mínimo **semestrais**, para verificação das **situações anômalas**, como **trincas**, **deslocamentos**, **obstruções** na **drenagem**, **erosões** e outros, **limpeza periódica** no sistema de drenagem, medição de **vazão** dos **drenos profundos** sub-horizontais. Caso sejam empregados **tirantes**, devem, também, ser executados ensaios de **verificação** de **cargas** e **inspeção** da integridade da cabeça, a cada **cinco anos**, em um **número representativo** de tirantes. O número de tirantes a serem verificados é função do **número total** de tirantes existentes na obra.

O **monitoramento** deve ser realizado sempre que o responsável **julgar necessário**. Para o monitoramento, deve ser detalhado o **tipo** de **instrumento** a ser instalado, além da sua **locação**, **profundidade**, **metodologia** de **instalação** e **periodicidade** de acompanhamento. Os instrumentos instalados devem ser protegidos contra possíveis atos de vandalismo. Caso seja identificada alguma **anomalia** (deslocamentos ou cargas excessivas, níveis d'água ou vazões elevadas, instrumentos danificados ou sem possibilidade de leitura), devem ser realizadas **análises** e **tomadas providências**. Além disso, devem ser elaborados **relatórios periódicos** de **acompanhamento** do monitoramento e **encaminhados** ao interessado. Os principais tipos de controle/monitoramento normalmente utilizados são os seguintes:





Instrumento	Parâmetro monitorado
Inclinômetros	Monitoramento de deslocamentos em profundidades
Marcos superficiais	Movimentos superficiais horizontais e verticais
Medidores de nível d'água	Variação do nível do lençol freático
Piezômetro	Poro-pressão
Alongômetros e pinos de nivelamento	Deslocamentos em estruturas de contenção
células de carga, medidores de deformações elétricos ("strain-gages") ou conjunto bomba/macaco hidráulico	Cargas atuantes em ancoragens ou grampos
Medidores de vazão	vazão em drenos profundos sub-horizontais, poços e galerias de drenagem
Índices pluviométricos	índices pluviométricos
Pinos de referência, selos ou outros dispositivos	abertura de juntas, trincas ou fissuras

5.2 – Solos reforçados em aterro e solos grampeados

A norma ABNT NBR 16920-1 trata dos muros e taludes em **solos reforçados**. A norma especifica os requisitos de projeto e execução de muros e taludes em **meios terrosos contínuos reforçados** e **aterros** com materiais reciclados. A norma define solo reforçado como sendo a aplicação de **reforços resistentes** à tração em **maciços terrosos**, de forma a se obter um compósito com **melhores características** mecânicas. O sistema é formado pelos elementos: **solo**, **elemento de reforço** (inclusões) e **elementos de face** (paramento). Os elementos de reforço podem ser **metálicos** ou **geossintéticos** e a inclusão desses elementos no maciço confere ao solo reforçado as condições de resistência interna e estabilidade necessárias, limitando os deslocamentos.

Os elementos de **reforço metálico** incluem a **tira metálica**, **tela metálica** soldada e **malha metálica** tecida. Os elementos em **geossintéticos** podem ser **geotêxtil**, **geogrelha** e **geotira**. Os **paramentos** utilizados nos muros e taludes de solo reforçado fornecem **proteção** contra **erosão** do aterro compactado, podendo ter, ou não, função **estrutural** na estabilidade do conjunto. Os **paramentos** são constituídos por **painéis** de concreto segmentados, **blocos** segmentados de concreto, **tela metálica** soldada, **elementos modulares** em malha metálica, **face envelopada** ou outros elementos.

O material do aterro deve ter **características adequadas**, não podendo ser turfas e argilas orgânicas moles e solos expansivos. Para a **caracterização** dos materiais, são realizados os seguintes **ensaios**: **limites de liquidez** e **plasticidade**, **granulometria**, **massa específica dos grãos**, **umidade natural** e **ensaio de compactação**, que devem constituir um **conjunto inicial** de ensaios em, no mínimo, **três amostras**, para a caracterização da



jazida, e sempre que houver uma **mudança tátil visual** de material do aterro. Além disso, devem ser realizados os ensaios de **expansão** e ensaios para a obtenção dos **parâmetros** de **resistência** ao **cisalhamento**, os quais devem estar de acordo com a especificação do projeto.

A norma ABNT NBR 16920 também prevê a realização de **investigação geológico-geotécnica**, que deve incluir, no mínimo, **sondagens** a **percussão** ou **mistas**, compreendendo as camadas de solo e/ou rocha. Com relação à **fundação**, deve-se considerar uma **estimativa** de **recalques**. Além disso, devem ser adotadas medidas complementares, para aumentar a segurança e melhorar o desempenho da obra, como troca ou **melhoria de solos**, **fundações profundas**, entre outras. Para o **dimensionamento**, podem ser utilizados diferentes métodos, incluindo os métodos de **homogeneização**, métodos de **equilíbrio limite**, métodos sob **condição** de **trabalho**, **modelagem explícita** do maciço reforçado, entre outros.

Devem ser analisadas as **estabilidades interna** e **externa**. A estabilidade **interna** deve considerar a **zona ativa** e a **zona resistente**. A estabilidade da zona **ativa** é mantida pela presença dos **reforços**, que **transferem** os esforços solicitantes para a **zona resistente**. Os **elementos** de **reforço** na zona resistente funcionam como **elementos** de **ancoragem** da zona ativa.

Deve-se avaliar a necessidade e o **nível** de **monitoramento** da obra, que pode variar de **inspeções periódicas** até **instrumentação**. O plano de instrumentação deve considerar o **tipo** de **instrumentos** e a **frequência** das leituras. A instrumentação pode ser instalada no **início** da **obra**, durante sua fase de **construção**, ou **pós-construção**.

O sistema de **drenagem** deve prever a instalação de dispositivos **internos e externos**. Quando **não** for **prevista** a drenagem **interna**, os **muros** e contenções devem ser **dimensionados** considerando os esforços devidos a **ações da água**, como o empuxo hidrostático. O sistema de drenagem interna pode ser composto, concomitantemente ou isoladamente pelos itens: **colchão drenante** ou **tapete drenante** na base do muro, **dreno de tardoz** vertical ou inclinado e **dreno de face**. Já o sistema de **drenagem externa** ou superficial objetiva a **minimização** do **acúmulo e infiltração** de **água** na maciço.

5.3 – Solos grampeados

A norma ABNT NBR 16920-2 trata dos muros e taludes em **solos grampeados**. Define-se grampo como sendo um elemento **linear** de **reforço** instalado no maciço, que mobiliza **resistência** com o solo ao longo de todo o seu comprimento. O solo grampeado consiste naquele em que há aplicação de reforços **resistentes à tração** em maciços, de forma a se obter um compósito com **melhores características mecânicas**. O sistema é composto pelos elementos **solo**, **grampo** e **paramento**. Na aplicação dessa técnica, é considerada a inclusão de **elementos** de reforço **metálicos** ou **poliméricos** e de sistema de **drenagem interna**.

Os **tipos** de **grampos** dependem das **técnicas** de **instalação**, da sua **eficiência mecânica** e de sua **durabilidade**, podendo ser grampos **perfurados** e **preenchidos** com material ligante, grampos **autoperfurantes** e grampos **cravados**. Além disso, podem ser adotadas técnicas de instalação de grampo e de composição de materiais como adição de fibras sintéticas ou de aço.

Os **paramentos** utilizados no solo grampeado fornecem **proteção** contra **erosão superficial**, podendo ter, ou não, função estrutural na estabilidade do conjunto. Os paramentos podem ser **rígidos** ou **flexíveis**, podendo



ser de **diferentes materiais** (concreto projetado, armado ou não, alvenaria estruturada, elementos pré-moldados de concreto, telas metálicas tecidas ou geossintéticos). Esses elementos podem estar associados, ou não, à face **vegetada** ou outros elementos que atendam à mesma função. Além disso, esses elementos devem ser **protegidos** contra a **erosão**.

As **investigações geológico-geotécnicas** têm o objetivo de elaborar **perfis** geológico-geotécnicos representativos das condições do maciço, incluindo **reconhecimento inicial** por meio de **visita** ou análise de informações disponíveis, para identificação dos aspectos: **feições topográficas** e eventuais **indícios de instabilidade** de taludes, avaliação da **drenagem superficial**, indícios da presença de **aterros mal compactados** na área, indícios de **contaminação** do subsolo, decorrente do tipo de ocupação **anterior**, estado das **construções vizinhas** e demais peculiaridades geológico-geotécnicas na área, como **descontinuidades, contato solo-rocha, matacões, afloramento** rochoso nas imediações e minas d'água.

Quando a contenção possui altura **inferior a 3 m**, a execução de **sondagens de simples reconhecimento** é a **critério** do projetista. Quando a contenção possui altura **superior a 3 m**, devem ser executados, **no mínimo, dois furos** de sondagem **por seção** transversal geotecnicamente representativa, sendo uma delas a de **altura máxima**. Essas sondagens podem ser substituídas por **outros ensaios**, que possibilitem a determinação da **estratigrafia** do **maciço** e **classificação** dos **solos**, da posição do **nível d'água** e da indicação de **resistência dos solos**.

O projeto de **estruturas** de solo grampeado deve atender aos critérios de **segurança** contra **estados-limites últimos** (ELU - ruptura ou colapso) e contra **estados-limites de serviço** (ELS - deslocamentos excessivos). Os ELU a serem considerados no projeto são: estabilidade **interna** ou **mista**, estabilidade **geral** de ruptura de fundo, **arrancamento**, resistência à **tração** da **armação** do **grampo**, resistência estrutural à **flexão** do paramento e sua conexão com os grampos, resistência à punção e **estabilidade local** entre os grampos junto à face. As verificações do **ELU** são conduzidas por meio de **equilíbrio limite** e/ou **tensão-deformação**. Já a verificação do **ELS** os métodos são à **critério** do **projetista**.

A **resistência** da **interface solo-grampo**, para projeto, pode ser obtida a partir de ensaios prévios de arrancamento executados na área geotecnicamente **representativa** da obra ou por estimativas **semiempíricas**.

Para as verificações de segurança, deve-se levar em conta os **esforços solicitantes** devidos a ações **permanentes, diretas** e ações **variáveis** normais. Além disso, devem ser consideradas as condições relativas aos esforços solicitantes **variáveis** e **excepcionais**.

A estabilidade **interna** considera três modos de ruptura para cada camada de reforço, que são: **arrancamento** do **grampo**, **ruptura estrutural** por **tração** e ruptura da **conexão grampo paramento**. O tipo e da **posição** da **superfície** de ruptura dependem de fatores como: **geometria, cargas** aplicadas, **resistência** e **deformabilidade** do solo e dos grampos, podendo ser utilizadas **superfícies lineares, poligonais, circulares**, em **espiral** logarítmica e outras.

A verificação da **estabilidade** também pode ser realizada por meio da **divisão** do maciço reforçado em **duas zonas**: a zona **ativa** e a zona **resistente** (Figura 18). A estabilidade da zona **ativa** do solo é mantida pela **presença** dos **reforços**, que transferem os esforços solicitantes para a zona **resistente**. Nesse caso, os elementos de reforço na zona resistente funcionam como **elementos de ancoragem** da zona ativa.





Figura 18 - Definição das zonas ativa e resistente

A **máxima sollicitação** no grampo ocorre no **local geométrico** correspondente à **superfície potencial de ruptura**. Essa sollicitação máxima deve ser **inferior** à resistência à **tração** do reforço e à resistência ao **arrancamento** mobilizada no trecho ancorada. As verificações de **ruptura estrutural** por **tração** e por **arrancamento** devem considerar a segurança de cada linha de grampo. O formato da superfície potencial de ruptura deve ser o mais adequado à geometria e aos parâmetros dos solos de cada obra. O fator de **segurança global** nas verificações da estabilidade **interna** deve ser, no **mínimo** de **1,5**. Esse mesmo valor de fator de segurança (1,5) deve ser considerado nas verificações de **estabilidade local** entre grampos junto à face.

Os **grampos** são **classificados** como elementos **passivos**, sendo que a sua **resistência** é **mobilizada** apenas pela tendência de **movimento** relativo entre o **reforço** e o **solo**. A maior parcela dessa **mobilização** ocorre durante o **período construtivo**. A **mitigação** das deformações e **deslocamentos** é obtida pela escolha adequada do sistema **solo-grampo-paramento**, do **processo executivo** e do **controle tecnológico** adequado e de dimensionamento apropriado.

Deve-se, também, levar em conta, o **sistema** de **proteção** contra a **corrosão** da armação de **aço** do **grampo**, para garantir seu **desempenho** ao longo da sua vida útil, considerando: até **dois anos** para grampos **provisórios** e **mais** do **que dois anos** para grampos **permanentes**. Deve-se ser realizado o **preenchimento** da bainha para todos os grampos. Já para obras **provisórias** e em solos **não agressivos**, **não é obrigatória** a consideração de **medidas adicionais** de proteção contra a corrosão. É considerado como **agressivo**, o solo que apresenta **pH igual** ou **menor a 5** ou **solo orgânico**.

Para grampos **permanentes** em solos **agressivos**, deve-se considerar, além do preenchimento e **injeção** da bainha, pelo menos uma **medida adicional** de **proteção** contra **corrosão**. Os métodos de controle da corrosão da armação de aço do grampo são: consideração da **redução** de **diâmetro** útil ou **espessura** de sacrifício (não devendo ser inferior a 50% da sua área original), **galvanização** por imersão a quente, **pintura** industrial. O sistema de proteção contra a corrosão deve atender aos seguintes requisitos: ter **vida útil igual** ou **superior** à do grampo, **não reagir** quimicamente com o solo, **não prejudicar** a aderência entre aço e bainha, ser **resistente** às **operações** de montagem, **transporte** e **instalação**.



O projeto deve estabelecer o nível de **monitoramento**, que podem variar desde **inspeções visuais** periódicas, até a **instrumentação**. A especificação deve incluir os **tipos**, a **disposição** e a **quantidade** de **instrumentos** a serem utilizados, bem como a **frequência** e o critério de **início** e de **interrupção** das **leituras**. A instrumentação pode ser instalada no **início** da obra, **durante** sua fase de **construção** ou **pós-construção**. A **análise** e a **interpretação** do monitoramento devem ser feitas de modo **contínuo**.

Em estruturas de solo grampeado, deve ser considerada a **drenagem**, incluindo dispositivos **internos** e **externos**. A função do sistema de drenagem **externa** é a **captação** e a **condução** de **águas superficiais**, minimizando o **acúmulo** e **concentração** no **maciço**. O sistema de drenagem **interna** pode compor, concomitantemente, ou de forma isolada, os seguintes componentes: **geodrenos verticais** na face, associados a **barbacãs** no **pé** da contenção ou ao longo do próprio geodreno, **barbacãs** na **face**, **paramento drenante**, **dreno sub-horizontal** profundo (DHP). Nas obras de **solo grampeado**, a **face** deve ser **drenante**.

Ao **término** da obra, também, deve ser elaborado o **manual da contenção**, o qual deve ser encaminhado ao **proprietário**. Nesse manual deve constar as **providências**, em termos de **operação** e **manutenção**, da obra a serem **seguidas** pelo **proprietário**, incluindo a **periodicidade** de **inspeção** geral, **manutenção** do sistema de drenagem, restrições e intervenções.

5.4 – Técnicas de estabilidade

De forma geral, as técnicas empregadas incluem **reconstrução** do talude, **retaludamento** e obras de **contenção**. Além dessas técnicas de contenção, uma forma de **proteger instalações** situadas em áreas com desníveis e com risco de instabilidade é o emprego de **Barreira vegetal** ou de **Muro de espera**, que são utilizadas com o objetivo de **contenção** de **massas movimentadas**. Essas estruturas funcionam como **barreiras** para as massas escorregadas por processos de **erosão** de montante. As duas técnicas podem, ainda, ser utilizadas de forma **combinada**, o que aumenta a margem de segurança da intervenção.

A condição de estabilidade de uma encosta é viabilizada quando são empregadas **soluções combinadas**, incluindo a **proteção superficial**, obras de **drenagem** adequada, além de obras de **contenção**, quando necessárias. Situações que envolvem **movimentação** de **blocos** fraturados ou de matacões, podem ser empregadas **telas** para a sua retenção, ou apenas a sua **remoção**.

A **reconstrução** do talude consiste em **alterar** toda a **configuração** original do talude, fornecendo características que o conferem uma condição de estabilidade. Na construção de um talude, os seguintes cuidados devem ser tomados.



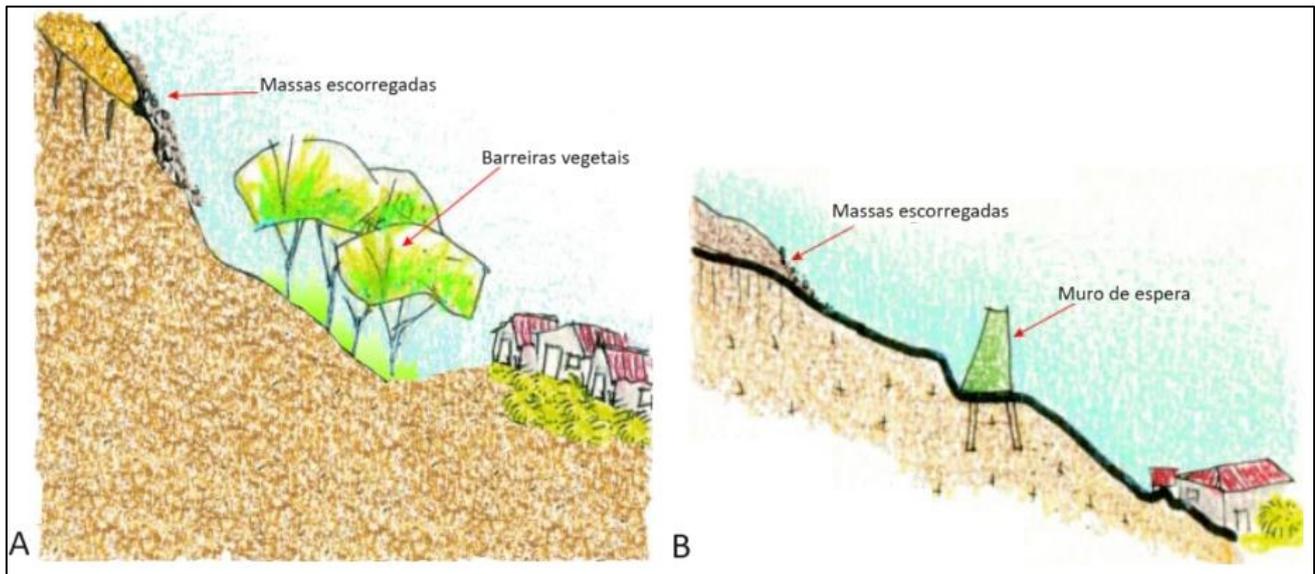


Figura 19 - Ilustração das técnicas de contenção das massas escorregadas, Barreira vegetal (A) e Muro de espera (B). Fonte: CONDEPEFIDEM.br¹⁸

Construção de talude

- Escolha da jazida de solo adequada;
- Tratamento prévio do solo da jazida;
- Limpeza adequada do terreno;
- Implantação de drenagem de base (quando houver surgência) e superficial.

5.4.1 – Retaludamento

O **retaludamento** consiste na alteração da **geometria** do talude original, com o emprego de **cortes** ou **aterros**, objetivando a obtenção de uma condição mais **estável** para o talude. As obras de retaludamento, geralmente, são realizadas em conjunto com as obras de controle de **drenagem** superficial e de **proteção** superficial, visando **reduzir** a **infiltração** de água no terreno e **disciplinar** o **escoamento** superficial, o que inibe os processos erosivos. Na Figura 20 são ilustrados dois processos de retaludamento, em que houve corte e abrandamento da inclinação do talude e corte e redução da altura do talude.

¹⁸ condepefidem.pe.gov.br

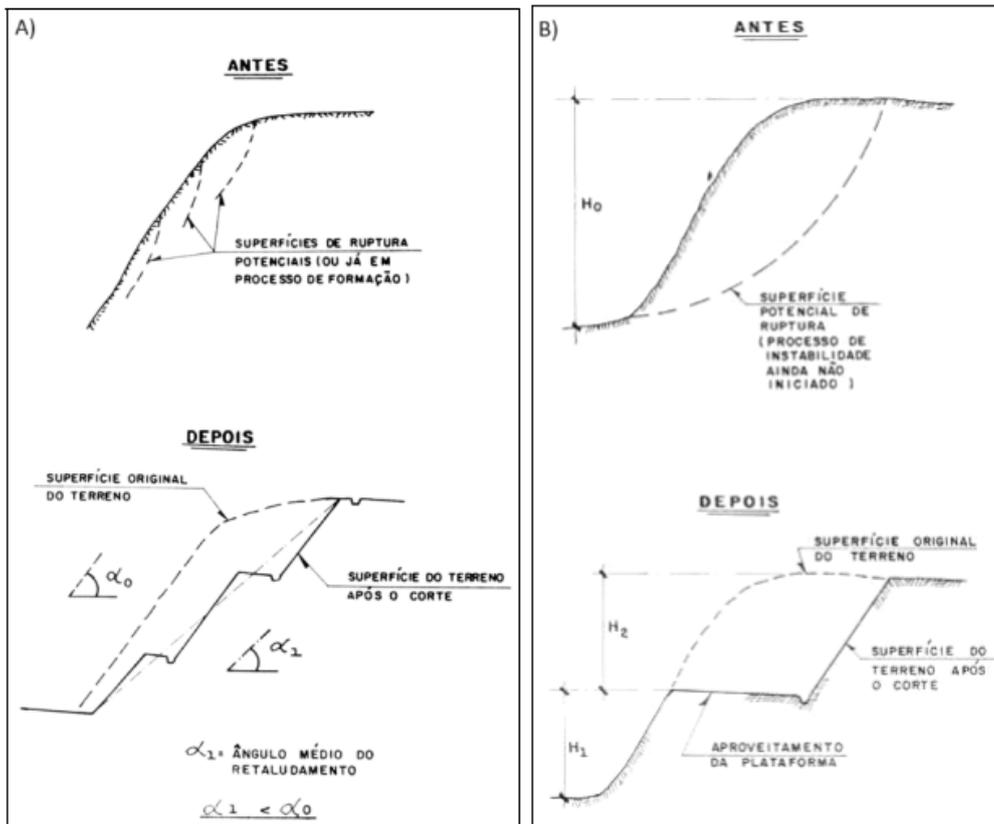


Figura 20 - Configurações do talude antes e após o retaludamento, corte e abrandamento da inclinação do talude (a) e corte e redução da altura do talude (B) Fonte: UFSC.br¹⁹

O retaludamento é realizado através da mudança da geometria do talude, empregando-se **cortes** nas partes mais **elevadas**, regularizando a superfície e recompondo as condições topográficas de maior estabilidade para o material constituinte. Geralmente, além do corte, também são utilizados **aterros compactados** no pé da encosta, atuando como **carga estabilizadora**.

A geometria dos cortes depende das dimensões do talude. Quando a altura é **inferior a 5 metros**, os cortes são **contínuos**, já quando a altura é **superior a 5 metros**, são utilizados cortes **escalonados**. Esse escalonamento é realizado com emprego de **bermas** ou **banquetas**, o que permite reduzir o percurso da água sobre a face do talude.

Com o retaludamento, deve-se, também, fazer a **proteção superficial** do talude, de forma harmonizada com o **sistema** de **drenagem**, o que deve obedecer ao projeto de retaludamento. Além disso, todo o **material excedente** da obra deve ser **removido**, para evitar danos às áreas vizinhas, além de **assoreamento** das linhas de drenagem.

¹⁹ Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)



As especificações das **frentes de trabalho**, também, dependem das suas dimensões e das características dos materiais. Os solos **arenosos** devem apresentar frente de trabalho **não superior a 2 metros** de extensão horizontal, de forma que, quando forem de maior extensão, sua execução deve ser realizada por **etapas**.

A construção de aterros deve envolver a **preparação** preliminar do **terreno**, com **desmatamento**, **destocamento** e **limpeza**. O material a ser utilizado como aterro deve, também, ser **homogeneizado**, **umedecido** e **compactado**. Esses materiais **não** devem conter **matéria orgânica**, material **micáceo** ou **diatomáceo** (grupo de algas). A **espessura** da camada compactada é de **20 cm**, quando a compactação é **manual**, e de até **30 cm** quando a compactação é **mecânica**.

A **inclinação** dos taludes dos aterros pode variar dependendo da **natureza** do **material** constituinte e das **condições locais**, sendo recomendado que não ultrapasse a declividade de **1:2** (vertical : horizontal) nas encostas.

O **grau de compactação** é recomendado que seja, no mínimo, correspondente a uma **massa específica seca** de **95%** da obtida no proctor normal, e que a **umidade** do **material** esteja em torno de mais ou menos **1%** da **umidade ótima** do proctor normal.

5.4.2 – Obras de contenção

As obras de **contenção** são aquelas estruturas implantadas para se **oporem à movimentação** ou à ruptura do talude. Podem, ainda, serem usadas obras de contenção para **reforçar** uma **parte** do maciço, de forma que ofereça **resistência** aos esforços tendentes à sua **instabilização**. Essas obras incluem muros de **arrimo**, obras **especiais** de estabilização ou **soluções alternativas** em aterros. Além disso, podem ser imp

As obras de contenção podem ser classificadas em **ativas** e **passivas**. As obras de contenção **passiva** são aquelas que oferecem **reação** contra as tendências de movimentação dos taludes, como por exemplo, **muros de arrimo**. Por outro lado, as obras de contenção **ativas** são aquelas que utilizam de **introdução** de **compressão** no terreno, **augmentando** sua **resistência** por atrito, além de oferecer **reações** às tendências de **movimentação** do talude, como por exemplo, **muros** e **cortinas atirantadas**.

Muros de **arrimo** consistem em estruturas que se **opõem ao empuxo** do solo utilizando seu **peso próprio** e pelo **atrito** da sua **fundação**, sendo considerados obras de **contenção passivas**. Geralmente, podem ser utilizados muros do tipo **gravidade** ou muro de **concreto armado**. Os muros tipo gravidade (Figura 21A) são basicamente constituídos de pedras arrumadas manualmente, podendo, ou não, serem argamassadas. Esse tipo de estrutura é recomendado para contenção de taludes de pequenas alturas (aproximadamente até 1,5m).

Dois outros tipos de muros de arrimo que funcionam como estruturas em gravidade são os **crib-walls** e os **gaiões**. Crib-walls (Figura 21B) consiste em um sistema de peças de **concreto armado**, que são encaixadas entre si, formando uma **gaiola**, que tem seu interior preenchido com material terroso, blocos de rocha, seixos de maiores dimensões ou entulho. Os materiais de preenchimento fornecem o peso da estrutura de gravidade e as peças de concreto respondem pela resistência e manutenção da forma geométrica. Crib-walls são estruturas naturalmente **bem drenadas** e pouco sensíveis a movimentações e recalques.



Os **gabiões** (Figura 21C) consistem em caixas ou gaiolas de arame galvanizado, que são preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame. Ao utilizar esse tipo de contenção, deve ser empregada **manta geotêxtil** ou **areia fina**, como material de **transição** entre o muro e a encosta.

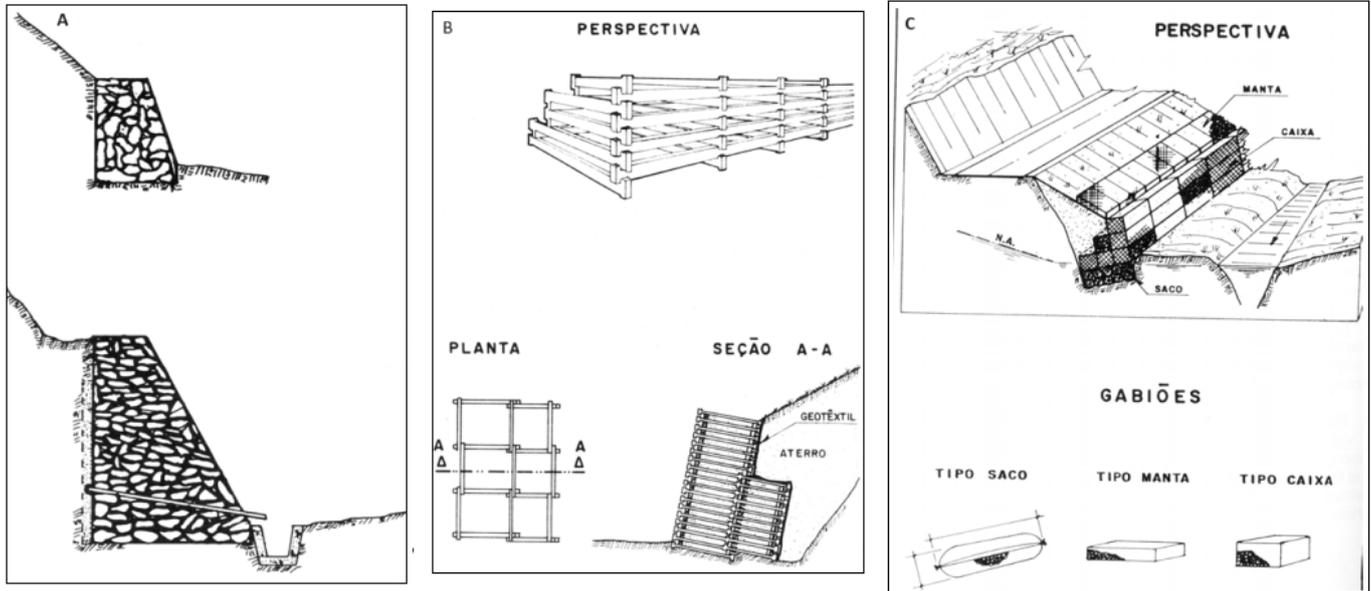


Figura 21 - Tipos de muro em arrimo, gravidade (A), Crib-walls (B) e Gabião (C). Fonte: UFSC.br²⁰

Muros de **concreto armado** (Figura 22) são um tipo de muro de **arrimo**, que é empregado em obras de aterro ou reaterro. Para a sua estabilidade, são utilizados o **peso próprio** e uma porção do solo adjacente. Nesse tipo de estrutura, deve ser empregado um sistema de drenagem adequado, aplicando barbacãs e dreno de areia.

²⁰ Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)



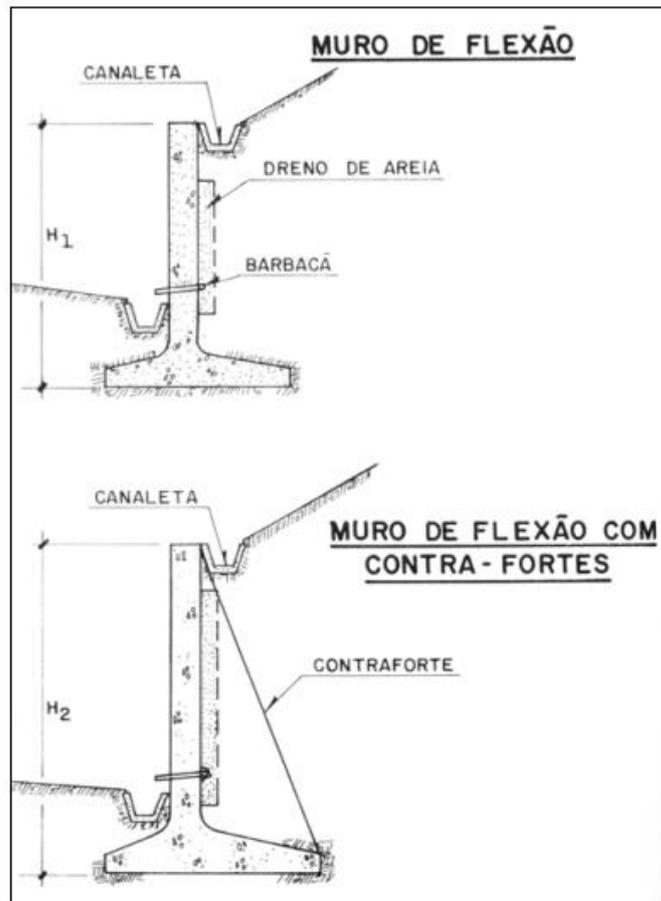


Figura 22 - Muro de concreto armado. Fonte: UFSC.br²¹

As obras **especiais** de estabilização incluem **tirantes** e **chumbadores** e **cortinas atirantadas**. Nos tirantes são utilizados **fios**, **barras** ou **cordoalhas** de aço para **transmitir esforços** diretamente a uma zona mais resistente do maciço, e ancorar massas de solo ou blocos de rocha. Já os **chumbadores** consistem em **barras** de **aço** fixadas com **calda de cimento** ou resina, visando **conter blocos** isolados ou fixar obras de concreto armado sem o uso de protensão. As **cortinas atirantadas** se referem a **elementos subverticais** de concreto armado, utilizados como paramento, sendo ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. Nesse caso, devem estar presentes horizontes resistentes nos quais são ancorados os tirantes. Os tipos de obras especiais utilizadas na estabilização dos taludes são apresentados na Figura 23.

O método de **injeção** de **calda** de cimento em maciços por meio de tubos é chamado de **enfilagem tubular**, utilizada para **aumentar a estabilidade** em solos de baixa resistência em zonas de escavação, incluindo áreas de **emboque** de **túneis**. Esse sistema funciona como pré-suporte em condições de solo fraco e pode ser feito com o uso de tubos metálicos ou com injeção de calda de cimento com alta pressão com Jet grouting horizontal.

²¹ Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)



O processo de jet grouting consiste no tratamento para melhoria do solo, através de jatos de alta pressão e velocidades. Nessa técnica é utilizado um fluido com cimento, visando criar um material em solo-cimento com resistências superiores e permeabilidades inferiores às do maciço natural. É uma técnica destinada ao melhoramento e tratamento de solos. Pode ser utilizado tanto em solos argilosos moles quanto em solos arenosos fofos. Além do seu emprego na contenção de taludes, o Jet grouting pode ser utilizado para a impermeabilização de cut-off de barragens, tratamento de maciço de túneis e fundações.

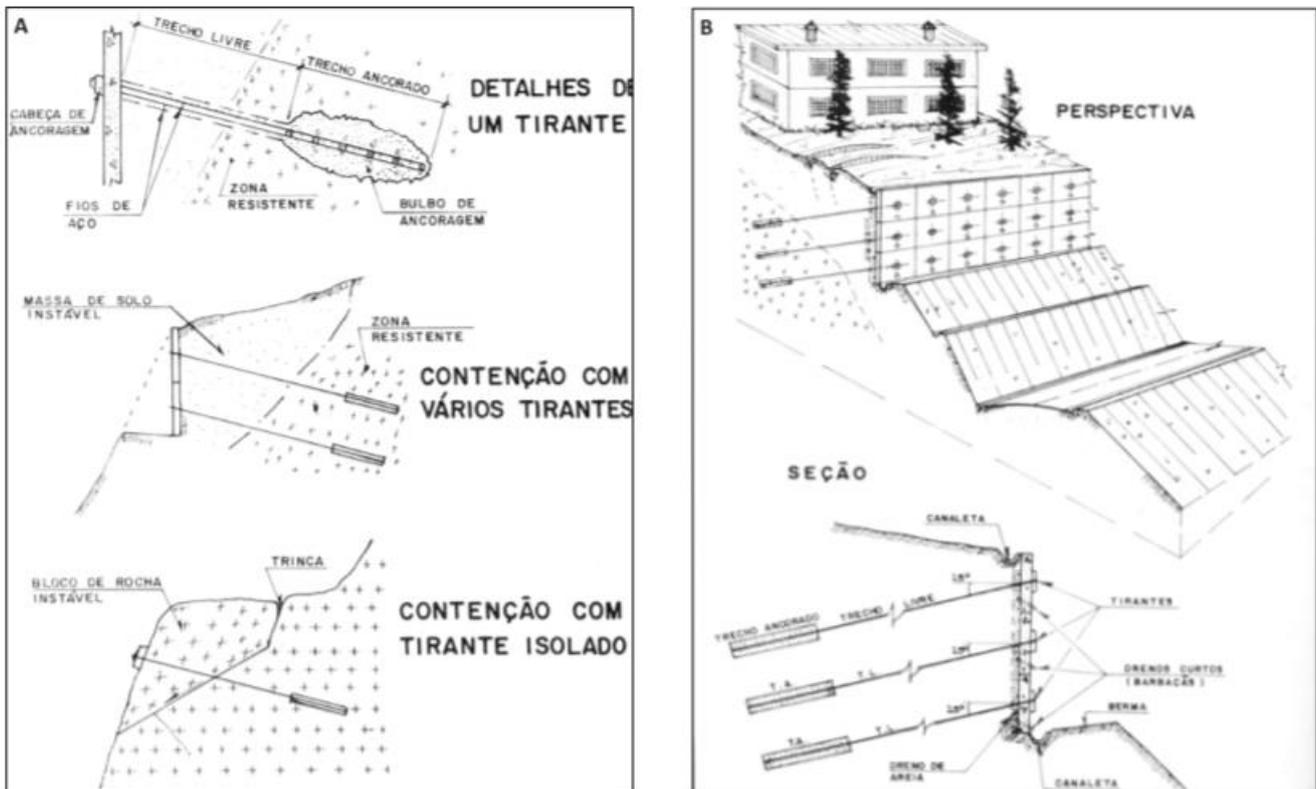


Figura 23 - Tipos de obras especiais de contenção de talude, tirantes (A) e cortinas atirantadas (B) Fonte: UFSC.br²²

As soluções **alternativas** em aterros são aquelas nas quais é feita a **introdução** de elementos de materiais resistentes no corpo do aterro, os quais incluem **fibras metálicas** ou **geotêxteis**. Um desses elementos consiste na **terra armada**, na qual o solo compactado, juntamente com armadura é complementado por um paramento externo composto de placas denominadas de pele.

5.4.3 – Dispositivos de drenagem

Os dispositivos de **drenagem** são utilizados em taludes para a **captação** e o **direcionamento** das águas de escoamento **superficial** e/ou a **retirada** de parte da água de percolação **interna** do maciço. A depender da

²² Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)



finalidade, podem ser empregados dispositivos de drenagem superficial (externa) ou interna ao maciço. A drenagem da estrutura pode ser empregada como único mecanismo necessário para a garantia da estabilização do talude ou integrada a outros métodos, como **retaludamento** ou proteções diversas. No entanto, é imprescindível que a estrutura preveja a utilização desses elementos.

Os dispositivos de drenagem **superficial** são aqueles utilizados para a captação do **escoamento** das águas da superfície, relacionadas, entre outras origens, à ocorrência de **precipitação**, devendo ser prevista a condução dessas águas para um local conveniente. Esses dispositivos incluem **canaletas**, **valetas**, **sarjetas** ou caixas de **captação**. Os elementos de condução da água para fora do talude incluem as **saídas laterais**, as **escadas d'água**, as caixas de **transição** e as caixas de **dissipação**. A drenagem superficial auxilia na estabilidade dos taludes de duas formas principais, que é evitando a **erosão** do talude e **diminuindo** a **infiltração** da água e **saturação** do solo. Os principais elementos de drenagem superficial são ilustrados na Figura 24.

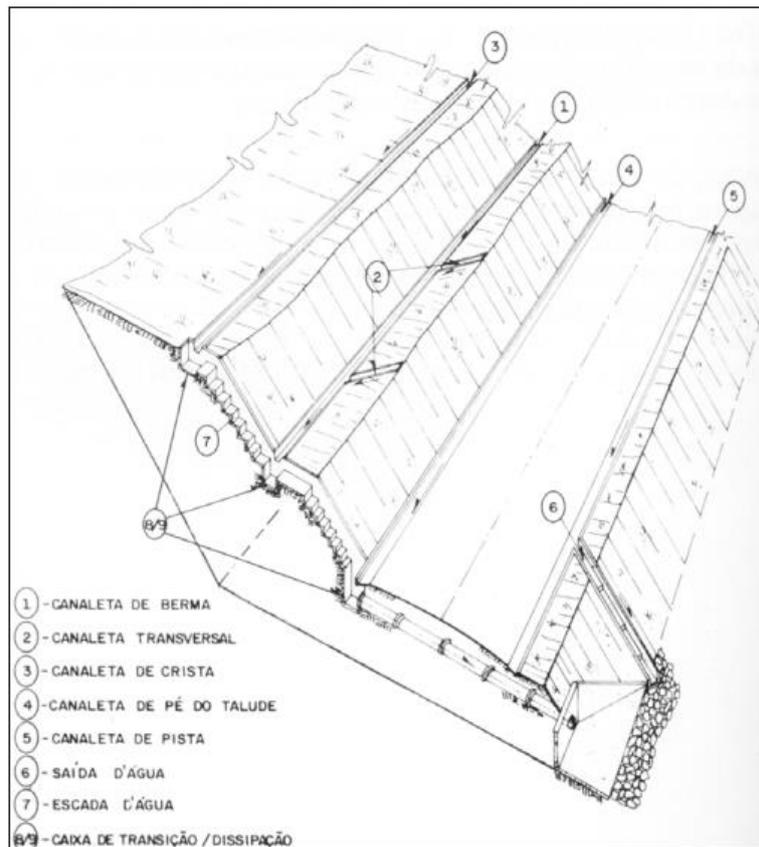


Figura 24 - Elementos de drenagem superficial. Fonte: UFSC.br²³

²³ Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)



CANALETAS

- Canais construídos no sentido longitudinal ou transversal das bermas dos taludes.
- Podem ser utilizadas nas bermas, cristas, ou pé do talude.

SAÍDAS LATERAIS

- Canais construídos junto e obliquamente às canaletas.
- Tem o objetivo de interceptar as águas das canaletas e encaminhá-las para as drenagens naturais ou para bueiros próximos.

ESCADAS D'ÁGUA

- Canais construídos em forma de degraus, geralmente, segundo a linha de maior declive do talude.
- Servem para captar e conduzir as águas captadas pelas canaletas, mantendo a água com velocidade reduzida.

CAIXAS DE DISSIPAÇÃO

- Caixas, em geral, de concreto, construídas nas extremidades das escadas d'água e canaletas de drenagem, para dissipação da energia hidráulica das águas coletadas.

CAIXAS DE TRANSIÇÃO

- Caixas construídas nas canaletas e escadas d'água, nas mudanças bruscas de direção de escoamento e na união de canaletas de seções transversais distintas.
- Objetivo de direcionar melhor o escoamento das águas e possibilitar a dissipação de energia hidráulica.

A drenagem **profunda** ou **interna** tem o objetivo de promover os processos de **retirada** da água da **percolação** dos maciços, as quais se encontram tanto em fendas e fissuras e poros de maciço terroso, quanto em fendas e fissuras de maciços rochosos. Os elementos de drenagem interna incluem **drenos** subhorizontais **profundos** (DHP), **trincheiras drenantes** e **barbacãs**. Esses elementos reduzem a vazão de percolação e as **pressões neutras intersticiais** e devem ser empregados de forma conjunta aos elementos de drenagem superficial.

Na Figura 25, é ilustrada a **aplicabilidade** do sistema de drenagem interna em um talude. Quando **não utilizado** o sistema de drenagem interna, a água de percolação tende a sair na **face** do **talude**, conforme indicado pelas linhas de fluxo (Figura 25A). A saturação do talude provoca um aumento da poropressão, reduz a tensão efetiva e pode levar a estrutura a **instabilização**. Por outro lado, a **utilização** do sistema de drenagem interna **controla** a **saída** de água, **interceptando-a** fora da área de instabilidade do talude, mantendo sua face seca e favorecendo para a **manutenção** da sua **estabilidade** (Figura 25B).



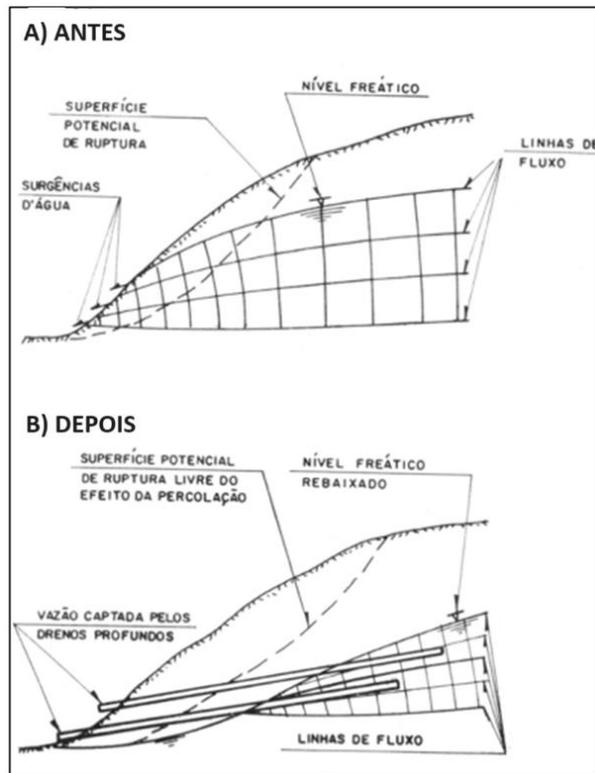


Figura 25 - Ilustração do funcionamento dos elementos de drenagem interna em um talude. Fonte: UFSC.br²⁴

DRENOS SUB-HORIZONTAIS PROFUNDOS (DHP)

- São tubos de drenagem, geralmente de PVC rígido, instalados em perfurações sub-horizontais.
- O trecho interno perfurado deve incluir revestimento, com geotêxtil ou tela de nylon, os quais funcionam como filtro, evitando a colmatação e o carreamento do solo.

TRINCHEIRAS DRENANTES

- São drenos enterrados, que captam e conduzem a água no interior do maciço para a superfície.

BARBACÃS

- Tubos sub-horizontais curtos, instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada.

²⁴ Microsoft Word - Estabilidade de Taludes.doc (ufsc.br)





RESUMINDO

DRENAGEM SUPERFICIAL

Canaletas

Saídas laterais

Escada d'água

Caixa de dissipação e transição

DRENAGEM PROFUNDA

DHP

Trincheiras drenantes

Barbacãs



ESTA CAI NA
PROVA!

(UFMT/SEPLAG - 2022) O retaludamento é um dos métodos de estabilização de taludes em solos e rochas, que consiste na alteração da geometria do talude associada a obras de controle de drenagem e proteção superficial.

Sobre recomendações do retaludamento, assinale a afirmativa INCORRETA.

- (A) Orienta-se que a declividade do talude não seja superior a 1:2.
- (B) Fazer a proteção superficial do talude harmonizada ao sistema de drenagem.
- (C) Em solos arenosos, a frente de trabalho não deve ter mais de 5m de extensão horizontal; taludes com maior extensão devem ser executados por etapas dentro dos limites de segurança.
- (D) Remover o material excedente, evitando danos às áreas vizinhas, bem como o assoreamento das linhas de drenagem, rios e lagos.
- (E) Em taludes contínuos, com mais de 5m de altura, escalonar degraus (bermas ou banquetas) para reduzir o percurso da água sobre a face do talude.

Comentários:

(A) **Correta.** A declividade do talude é um dos importantes aspectos que influenciam na sua estabilidade. Quanto maior a declividade, maior a tendência que o material possui à movimentação. O talude pode possuir uma declividade maior ou menor, a depender das características do material, entre outros aspectos. De forma geral, é recomendado que a declividade máxima do talude de corte não seja superior a 1:1,5 (vertical : horizontal) e a declividade do talude de aterro não ultrapasse (1 : 2) (vertical : horizontal)

60

110



(B) **Correta**. A ação da água no talude é o principal fator da sua instabilização, seja por causa da erosão ou por causa da infiltração e aumento da poropressão. Para reduzir os problemas causados pela ação da água, deve-se ser implementada proteção superficial em conjunto com o sistema de drenagem, com canaletas nas bermas e descidas de água.

(C) **Incorreta**. O limite recomendado da frente de trabalho para solos arenosos é de **2 metros** de extensão, de forma que, taludes com maior extensão devem ser executados por etapas dentro dos limites de segurança.

(D)) **Correta**. Remover o material excedente, durante uma obra de retaludamento é um dos aspectos necessários para evitar, por exemplo, o carreamento desse material, provocando o assoreamento das linhas de drenagem.

(E) **Correta**. Em taludes que possuem altura acima de 5 metros, é recomendável que seja feito seu escalonamento, com construção de bermas ou banquetas, o que permite reduzir o percurso da água sobre a face do talude. Além disso, o uso de bermas permite que sejam instalados dispositivos de drenagem, o que favorece para a segurança dos taludes.

O gabarito é a **letra C**.

Prezado(a) futuro(a) servidor(a) público(a),

Chegamos ao final da aula de Estabilidade de Taludes. Parabéns por ter concluído o estudo desse material! A seguir, você terá a oportunidade de praticar os conceitos abordados durante a aula, por meio da resolução das questões discursivas e objetivas.

Espero que tenha sido uma aula agradável e que tenha contribuído para o seu conhecimento sobre o tema. Após a primeira leitura deste material, pode parecer que pouco foi absorvido. Releia os pontos marcados como mais importantes, mas não dê um intervalo muito longo entre uma leitura e outra. A cada vez que você passar pelo conteúdo, entenderá mais e conseguirá relacionar um tópico a outro. Esse é o processo do conhecimento.

Bons estudos e uma excelente prova!

Você está uma aula mais próximo de realizar o seu sonho!



QUESTÕES DISCURSIVAS

Discursiva 1 (IADES/ADASA - 2020)

Orientações para a elaboração dos textos da prova discursiva.

- A resposta da questão deverá ter extensão mínima de 20 (vinte) linhas e máxima de 30 (trinta) linhas.

Leia, com atenção, o texto a seguir.

Talude desaba, mata duas pessoas e deixa seis feridas em Dores de Guanhões.

(10/1/2022) Duas pessoas morreram e pelo menos outras seis ficaram feridas após um talude desabar sobre diversas residências no Centro de Dores de Guanhões, no Vale do Rio Doce, na noite de domingo.

[...] A cidade foi bem atingida em razão das fortes chuvas e encontra-se sem abastecimento de água potável, energia elétrica e comunicação. A principal necessidade, nesse momento, é de água potável.

Disponível em: <https://g1.globo.com/mg/vale-mg/noticia/>. Acesso em 6 jul. 2022 (fragmento), com adaptações.

Considerando que o texto apresentado tem caráter meramente motivador, redija um texto dissertativo e (ou) descritivo acerca do tema "Estabilidade de taludes de terra." Aborde, necessariamente, os seguintes tópicos:

- 1) definição de talude;
- 2) estabilidade de um talude de solo;
- 3) definição de fator de segurança de um talude; e
- 4) critério de ruptura para solos.

Discursiva 2 (Inédita - 2024)

Duzentas e duas pessoas morreram em virtude de deslizamentos de terra na Grande São Paulo nos últimos 20 anos, o que resulta em uma média de dez casos por ano. Os deslizamentos de terra acontecem predominantemente no período chuvoso, na primavera e no verão. O solo encharcado aumenta os riscos de



incidentes graves em áreas de encosta ocupadas indevidamente por famílias, que, em época de crise econômica, fogem do aluguel. Segundo o geólogo Álvaro Rodrigues dos Santos, ex-diretor do IPT e autor do livro "Enchentes e deslizamentos: causas e soluções", as mortes em decorrência de deslizamentos de terra estão em parte relacionadas com um movimento crescente nos extremos de municípios da região metropolitana de São Paulo: de ocupação de terrenos de alta declividade, principalmente por populações de baixa renda.

Fonte: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2017/01/31/deslizamentos-de-terra-mataram-202-pessoas-nos-ultimos-20-anos-na-grande-sp.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em jan. 2024 (fragmento)

Considerando o texto precedente como motivador, redija um texto dissertativo acerca de estabilidade de taludes, atendendo ao que se pede a seguir:

- 1 Discorra sobre os aspectos geotécnicos controladores da estabilidade de taludes e sobre os elementos de contenção de encostas **[valor: 5,00 pontos]**
- 2 Discorra sobre a influência da chuva na instabilização dos taludes; **[valor: 4,20 pontos]**
- 3 Cite os métodos de avaliação da estabilidade de taludes, explicando suas vantagens e limitações; **[valor: 3,20 pontos]**

A seguir, vou passar algumas dicas úteis para a elaboração das questões discursivas.

Instruções gerais

1 - O que vale mais é o conhecimento técnico.

O respeito às normas gramaticais e ortográfica é extremamente importante, e deve ser obedecido, pois, os desvios nesses quesitos também são penalizados. No entanto, se você não tem um domínio elevado nessas normas, não se preocupe demais em não cometer nenhum erro de português. É melhor cometer alguns erros de português e demonstrar um bom conhecimento e domínio técnico, que ficar travado por medo desses erros. Passe seus conhecimentos de forma clara e demonstrando o domínio que é exigido, e você obterá uma boa pontuação.

2 - Vá direto ao que se pede.

Estamos acostumados a seguir um texto muito estruturado, com introdução, desenvolvimento e conclusão. Caso você consiga manter essa estrutura e responder todas as perguntas, ótimo! No entanto, essa não deve ser sua preocupação. Não dê



voltas para responder aos questionamentos. Você não será pontuado por introduzir um tema, será pontuado ao apresentar as respostas aos itens. Logo, foque em responder ao que se pede, e se, necessário, responda de forma direta e objetivamente, sem rodeios.

3 - Divida o espaço do seu texto proporcionalmente à complexidade e à pontuação de cada item.

Se um item da dissertativa é menos pontuado, gaste menos esforço, tempo e espaço com ele, e foque naqueles que são mais pontuados. Por exemplo, em um texto que será avaliado com um total de 20 pontos, e um dos itens vale 1 ponto, enquanto outros valem 6 pontos, dedique-se em elaborar melhor esses de maior pontuação.

Instruções específicas

Discursiva 1

Comentários:

Item 1: Mencionar o que é o talude, e seus elementos, incluindo maciço, crista, face... abordar sobre a geometria do talude, como o ângulo de inclinação.

Item 2: Conceituar o que é um talude estável/instável; abordar sobre todos os aspectos que interferem na estabilidade de um talude, incluindo os aspectos próprios do maciço, como tipo de material e o seu estado (grau de compactação, por exemplo); abordar sobre os aspectos externos que podem interferir na estabilidade do talude, como chuva e alteração da geometria.

Item 3: Definir o fator de segurança como a relação entre resistência disponível e tensão cisalhante atuante. mencionar que consiste no número pelo qual divide a resistência do solo para que haja equilíbrio, considerando a tensão atuante, ou a sollicitação.

Item 4: Mencionar sobre o método de equilíbrio limite, e sobre os seus critérios. Mencionar sobre as simplificações. Vale abordar os parâmetros que são considerados no método.

Discursiva 2

Comentários:

Item 1: Mencionar sobre a geometria do talude, incluindo sua inclinação, sobre o tipo de material constituinte, o estado desse material (se mais ou menos compacto), os processos atuantes no talude, incluindo a presença de água. Falar sobre as técnicas de contenção, que incluem retaludamento, construção de berma



de equilíbrio, e das obras de contenção, que incluem muro de arrimo, e as obras especiais, como tirantes e chumbadores. É importante mencionar, também, que os taludes devem conter elementos de proteção superficial, como cobertura vegetal, e dispositivos de drenagem, como canaletas e escadas d'água.

Item 2: Mencionar que a água da chuva afeta a estabilidade dos taludes, pelo menos, de duas maneiras. De um lado, provoca o aumento da poropressão e, conseqüentemente, a redução da tensão efetiva. Mencionar, também, sobre a perda de resistência aparente presente em solos não saturados e que é perdida em função da saturação.

Item 3: Mencionar sobre os métodos de equilíbrio limite, sobre a especificidade de cada um deles, de forma genérica, mencionar as limitações dos métodos de equilíbrio limite. Mencionar sobre o método de elementos finitos, e sobre suas limitações. Importante mencionar que cada um desses métodos possui vantagens e limitações, e que a aplicação de cada um deles depende do objetivo da análise.

Utilize essas questões para praticar os diversos pontos discutidos nesta aula e lembre-se:

Conte comigo!



QUESTÕES COMENTADAS

CEBRASPE

1. (CEBRASPE/FNDE - 2024) A respeito de mecânica dos solos e assuntos a ela relacionados, julgue os itens a seguir.

Em estudos para a estabilização de encostas não rompidas, são obrigatórios ensaios para a determinação de resistência ao cisalhamento dos solos que compõem a estratigrafia envolvida.

Comentários:

A norma NBR 11682 trata da estabilidade de encostas e prescreve os requisitos exigíveis para o **estudo e controle de estabilidade de encostas e de taludes** resultante de cortes e aterros, além de abranger as condições para estudos, projeto, execução, controle e observação de obras de estabilização. A norma inclui as seguintes etapas: etapa de procedimentos preliminares, **etapa de investigações geológico-geotécnicas**, etapa de projeto, etapa de execução de obra, etapa de acompanhamento, etapa de manutenção e etapa de monitoramento.

A etapa de procedimentos preliminares é de caráter obrigatório e visa 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, à avaliação da necessidade de implantação de medidas emergenciais e à programação de investigações geológico-geotécnicas. A etapa **de investigações geológico-geotécnicas** inclui **investigações geológicas, geotécnicas, geomorfológicas, topográficas, geo-hidrológicas**, entre outras, devendo abranger levantamentos locais, coleta de dados, **ensaios *in situ* e em laboratório**, além do uso de instrumentação adequada para estabelecer um modelo geológico-geotécnico. Assertiva **correta**.

2. (CEBRASPE/FNDE - 2024) A respeito de mecânica dos solos e assuntos a ela relacionados, julgue os itens a seguir.

O fator de segurança à ruptura global de um talude natural de solo arenoargiloso, sujeito a lençol freático elevado e representável pelo critério de resistência de Mohr-Coulomb, pode ser aumentado por meio da instalação de drenos sub-horizontais profundos capazes de promover o rebaixamento interno do nível de água, pois essa intervenção reduz as tensões efetivas no maciço.

Comentários:

O erro da questão foi mencionar que a instalação de drenos sub-horizontais profundos capazes de promover o rebaixamento interno do nível de água reduz as tensões efetivas no maciço. Essas ações aumentam a tensão efetiva no maciço, o que aumenta a resistência ao cisalhamento da massa de solo e, conseqüentemente, o fator de segurança. Assertiva **incorreta**.

3. (CEBRASPE/ANA - 2024) Considerando uma situação na qual uma barragem de terra tenha sofrido danos provocados por erosão interna, julgue os itens subsequentes.

Pode ocorrer instabilidade no talude de jusante provocado pelo elevado gradiente hidráulico que gerou o processo erosivo.

Comentários:

66

110



A erosão interna em uma barragem ocorre como resultado da força de percolação da água. Com o início do processo erosivo, pode ocorrer um aumento do gradiente hidráulico naquele local, o que resulta na elevação da poropressão e conseqüentemente redução da tensão efetiva. Como consequência, desse processo, o talude de jusante pode sofrer instabilidade, chegando a se romper. Assertiva **correta**.

4. (CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.

A técnica de grampeamento de solo é uma alternativa eficaz para encostas de alta inclinação.

Comentários:

O grampeamento do solo é uma técnica de estabilização de encostas, na qual são introduzidos elementos passivos envolvidos por calda de cimento ou argamassa, em pré-furos executados com uma perfuratriz. Esses elementos podem ser barras de aço ou barra sintéticas, sendo o conjunto barra mais calda de cimento denominado de grampo. O solo grampeado consiste naquele em que há aplicação de reforços resistentes à tração em maciços, de forma a se obter um compósito com melhores características mecânicas. Em virtude das características dessa técnica, o grampeamento de solo é uma das alternativas eficazes para encostas de alta inclinação. Assertiva **correta**.

5. (CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.

A técnica de cortina atirantada é aplicada exclusivamente em encostas com presença de rocha.

Comentários:

As cortinas atirantadas se referem a elementos subverticais de concreto armado, utilizados como paramento, sendo ancorados no substrato resistente do maciço através de tirantes protendidos. Nesse caso, devem estar presentes horizontes resistentes nos quais são ancorados os tirantes. Para o emprego de cortinas atirantadas, é necessária a presença de horizontes resistentes, como rochas. No entanto, o emprego dessa técnica não é exclusivo às encostas com presença de rocha. Assertiva **incorreta**.

6. (CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.

Uma drenagem subterrânea eficaz pode reduzir a pressão de poros no solo e, portanto, melhorar a estabilidade dos taludes.

Comentários:

Muitos dos problemas de estabilidade de taludes estão relacionados à ação da água no interior do solo (poropressão). Uma das formas de reduzir esses problemas é a implementação de uma drenagem subterrânea eficaz, o que favorece à retirada da água do interior do maciço, rebaixamento da linha freática e diminuição da poropressão. Assertiva **correta**.

7. (CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.

A impermeabilização de taludes é uma prática comum em sistemas de drenagem para prevenir a infiltração de água.

Comentários:

A diminuição da infiltração da água no interior do solo, reduz a geração do excesso de poropressão, o que favorece a estabilidade do talude. A redução da infiltração pode ser conseguida com a impermeabilização, o que, por outro lado, aumenta o escoamento superficial. Dessa forma, o sistema de drenagem deve prever,



não apenas a impermeabilização do solo, mas dispositivos de drenagem superficial e subterrânea. Assertiva **correta**.

8. (CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.

Sistemas de drenagem superficial são preferíveis em relação aos sistemas de drenagem subterrânea.

Comentários:

O sistema de drenagem deve prever a instalação de dispositivos de drenagem superficial e subterrânea. O sistema de drenagem superficial tem como principal objetivo a redução da erosão. Por outro lado, a drenagem subterrânea é empregada com o objetivo de manter o lençol freático rebaixado, reduzindo a poropressão. Dessa forma, tanto a drenagem superficial quanto a subterrânea são importantes, não sendo uma preferível em relação à outra. Assertiva **incorreta**.

9. (CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.

Inclinômetros são dispositivos utilizados para medir a pressão da água nos poros do solo em encostas instáveis.

Comentários:

Inclinômetros são instrumentos utilizados para o monitoramento de deslocamentos em profundidade. Para a medição da pressão de água nos poros do solo (poropressão) são empregados piezômetros. Assertiva **incorreta**.

10.(CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.

A instalação de piezômetros e pluviômetros pode ajudar a monitorar e a prever o comportamento de encostas que abrigam gasodutos.

Comentários:

O monitoramento deve ser realizado sempre que o responsável julgar necessário. Para o monitoramento, deve ser detalhado o tipo de instrumento a ser instalado, além da sua localização, profundidade, metodologia de instalação e periodicidade de acompanhamento. Dentre os principais tipos de instrumentos utilizados para o controle e monitoramento de encostas incluem os piezômetros (medição de poropressão) e pluviômetros (indicação dos índices pluviométricos). Assertiva **correta**.

11.(CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.

Straingages são dispositivos que medem a umidade do solo e são essenciais para entender a estabilidade das encostas.

Comentários:

Os instrumentos do tipo straingage (medidores de deformações elétricos), células de carga e medidores de deformações são utilizados para a medição de cargas atuantes em ancoragens ou grampos. Assertiva **incorreta**.



12.(CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.

O reforço de solo com geossintéticos é uma técnica aplicável para encostas com solo argiloso mole.

Comentários:

Os geossintéticos são materiais que podem ser utilizados no solo com a função de reforço, atuando em diferentes tipos de obras, como muros contêncões e encontros de pontes e viadutos, taludes íngremes aterros sobre solos moles, reforços de fundações entre outros. O material reforçado pode ser considerado composto com propriedades melhoradas, particularmente em tração, em relação ao solo sem reforço. Isso ocorre devido à combinação de resistência à compressão do solo ou material granular com a resistência à tração do geossintético. Com isso, a estrutura resultante se torna mais resistente, com maior capacidade de suportar cargas, sem sofrer deformações excessivas. Por isso, essa é uma das técnicas com aplicabilidade em encostas com solo argiloso mole (assim como em aterros sobre solo mole), os quais são altamente suscetíveis a grandes deformações. Assertiva **correta**.

13.(CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragem de rejeitos, julgue os próximos itens.

Na análise de estabilidade, o uso do método equilíbrio-limite permite conhecer a magnitude das deformações.

Comentários:

Uma das considerações do Método de Equilíbrio Limite é que o material apresenta comportamento rígido-perfeitamente plástico. Isso significa que o material suportará todos os estados de tensão abaixo do estado de ruptura sem sofrer deformação. Uma vez que é considerado que o material não se deforma até o momento da ruptura, o método de Equilíbrio Limite não pode ser utilizado para calcular deformações ou deslocamentos. Assim, a assertiva está **incorreta**.

14.(CEBRASPE/ANM - 2022) O método do equilíbrio limite é utilizado na avaliação da estabilidade de taludes. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

As tensões resistentes de cisalhamento são determinadas pelo critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

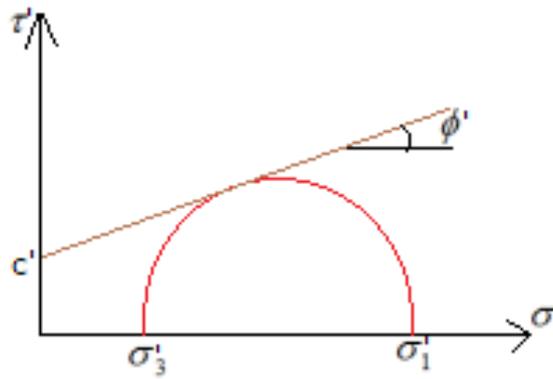
Comentários:

É exatamente isso. Esta questão mostra a importância da disciplina de resistência ao cisalhamento para a compreensão da análise de estabilidade de taludes. De acordo com o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, a resistência ao cisalhamento τ , na iminência de ruptura, no plano de ruptura, é dada pela equação:

$$\tau = c' + \sigma' . \text{tang}\phi'$$

Sendo que: c' é o intercepto efetivo de coesão (ou apenas coesão), σ' é a tensão normal efetiva no plano e ϕ' é o ângulo de atrito efetivo. Esses parâmetros podem ser determinados a partir de ensaios de compressão triaxiais, quando o material é levado à ruptura. Graficamente, o critério de ruptura de Mohr-Coulomb possui a seguinte representação:





A assertiva está **correta**

15.(CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragens, julgue os itens subsecutivos, considerando que os taludes de jusante e de montante de uma barragem de terra foram construídos com uma inclinação de 2:1.

A estabilidade de um talude de uma barragem é diretamente proporcional à resistência e à tensão ao cisalhamento ao longo da superfície potencial de ruptura.

Comentários:

De início, percebemos que a redação do item está muito confusa e não faz muito sentido. O gabarito inicial da banca apresentava o item como **incorreto**. No entanto, no gabarito definitivo, o item foi **anulado**, com a justificativa: "Não se especificou o tipo de tensão (se atuante ou cisalhante)".

Apesar de ter uma redação muito confusa, a questão é boa para praticarmos os conceitos. A estabilidade de um talude é maior quanto maior for a resistência ao cisalhamento dos materiais, aumentando, também, com o aumento da tensão normal atuante na superfície potencial de ruptura.

16.(CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.

Em um projeto de estabilidade de talude com alto risco de danos a vidas humanas e alto risco de danos materiais e ambientais, deve ser adotado o fator de segurança mínimo admissível de 1,2.

Comentários:

Uma forma de acertar esta questão é decorando as duas tabelas apresentadas anteriormente e associando os fatores de segurança com os níveis de segurança contra danos materiais e ambientais e os danos contra a vida. Observe que, nesse caso, o Fator de segurança que deve ser adotado é igual a 1,5.



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

Outra forma que esta questão poderia ser resolvida, sem, necessariamente, memorizar a tabela, é pensar que o fator de segurança de 1,2 é relativamente baixo, pois, um fator de segurança igual a 1,0 é considerado um talude que se encontra na iminência da ruptura. Como a assertiva menciona sobre a pior situação (alto risco de danos a vida e altos riscos de danos materiais e ambientais, deve-se considerar um elevado fator de segurança, que, geralmente, é utilizado o valor de 1,5.

Logo a assertiva está **incorreta**.

17.(CEBRASPE/PETROBRAS - 2019) No concernente a aspectos relativos à água, julgue os itens em seguida.

Os materiais inconsolidados em encostas possuem uma estabilidade controlada pelo atrito entre as partículas. No momento em que o atrito interno é vencido pela força gravitacional, a massa de solo entra em movimento encosta abaixo. Esse processo é denominado solifluxão.

Comentários:

Em uma encosta, o material é mantido estável devido às forças como o atrito entre as partículas. Contrapondo à força de atrito do solo, a força gravitacional atua no sentido de desestabilizar o maciço. Em algumas situações, como quando ocorre chuva intensa, a água nos poros exerce pressão, que pode tornar as forças instabilizantes maiores que as forças estabilizantes (de resistência). Nesse caso, a massa de solo passa a se movimentar encosta abaixo. Solifluxão é um desses processos que se deve ao movimento de determinada massa de solo encharcada de água, após um evento de chuva intensa. Assertiva **correta**.

18.(CEBRASPE/PF - 2013) A respeito de aplicações da geologia de engenharia na estabilidade de taludes, julgue os seguintes itens.

O coeficiente de segurança é um fator que mede a estabilidade de um talude e, de forma simplificada, é calculado pela razão entre a resistência do terreno e as forças responsáveis pela movimentação.

Comentários:

Como vimos, o fator de segurança é o número pelo qual divide a resistência do solo para que haja equilíbrio. Em outras palavras é o valor obtido ao dividir (razão) a resistência do terreno pelas forças responsáveis pela movimentação, logo a assertiva está **correta**.

19.(CEBRASPE/PF - 2013) A respeito de aplicações da geologia de engenharia na estabilidade de taludes, julgue os seguintes itens.

Considere que uma rodovia esteja em processo de construção em uma área com afloramento de granitos e migmatitos e que, de acordo com a classificação de maciços rochosos, essas litologias encontram-se



medianamente alteradas e apresentam grau de coerência mediano. Nesse caso, devido ao fato de essas rochas apresentarem essas características, a estabilidade dos taludes construídos nos saprólitos desses dois litótipos é similar.

Comentários:

Durante toda a aula foi discutido que a estabilidade de um talude depende de diversos fatores, incluindo o material constituinte do maciço, suas propriedades geotécnicas, características estruturais e a geometria do talude. Dessa forma, mesmo que os materiais de dois taludes tenham gêneses semelhantes, as condições de estabilidade dos taludes podem ser muito distintas, caso, por exemplo, suas inclinações sejam diferentes. Logo a assertiva está **incorreta**.

DEMAIS BANCAS

20. (IBFC / PCPR - 2024) A adoção de um determinado tipo de obra de estabilização deve ser o resultado final do estudo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica do talude e da encosta. É caracterizada como obra de contenção ativa:

- A) Cortinas cravadas
- B) Muros de arrimo
- C) Cortinas atirantadas
- D) Muro ancorado sem protensão
- E) Injeções de cimento

Comentários:

As obras de contenção ativas são aquelas que utilizam de introdução de compressão no terreno, aumentando sua resistência por atrito, além de oferecer reações às tendências de movimentação do talude. Essas obras incluem muros e cortinas atirantadas e placas atirantadas. Assertiva correta **Letra C**.

21. (IBFC / PCPR - 2024) Um tipo de enrocamento em que blocos de rocha são acondicionadas em gaiolas metálicas com o propósito de compor muros para a estabilização de taludes é denominado:

- A) Cortina
- B) Bloco intertravado
- C) Filtro de barragem
- D) Gabião
- E) Muro atirantado

Comentários:

Os gabões consistem em caixas ou gaiolas de arame galvanizado, que são preenchidas com pedra britada ou seixos, que são colocadas justapostas e costuradas umas às outras por arame. Alternativa correta **letra D**.

22. (IBFC / PCPR - 2024) Existem vários tipos de discontinuidades de origem geológica em maciços rochosos, que exercem influência na estabilidade de taludes. Sobre os principais tipos de discontinuidades, analise as afirmativas abaixo.



I. Planos de acamamento, planos de juntas e planos de falha.

II. Foliação metamórfica e margens de intrusões ígneas.

III. Discordâncias, planos de cisalhamento e fendas de tração.

Estão corretas as afirmativas:

A) I e III apenas

B) I e II apenas

C) I, II e III

D) II e III apenas

E) III apenas

Comentários:

Os taludes em rocha também podem sofrer diferentes tipos de movimentos de desestabilização. Nesses taludes a estabilidade é influenciada pelo controle estrutural e litologia, especialmente as descontinuidades, que podem ser falhas, estratificações, foliações, e juntas, por exemplo. Essas estruturas podem se caracterizar como planos de fraqueza, devendo, por isso, serem caracterizadas adequadamente, para que a análise de estabilidade seja confiável e representativa do maciço.

Todas as alternativas apresentadas representam descontinuidades, que podem ser relevantes para a estabilidade de taludes. Alternativa correta **letra C**.

23.(FAUEL/Prefeitura Municipal de Maringá - 2024) A realização de uma _____ visa à desaceleração de blocos de rocha ou de massas de solo em movimento”.

Considerando a NBR 11.682/2009, sobre estabilidade de encosta, assinale a alternativa que completa a lacuna acima de forma CORRETA.

(A) Estrutura de impacto.

(C) Estrutura monolítica.

(B) Estrutura ancorada.

(D) Banqueta.

Comentários:

A NBR 11682 descreve cinco grupos de obras de contenção em rocha, que são: introdução de ancoragens e chumbadores, alterações na geometria do talude, com implantação de banquetas, drenagem, barreiras e estruturas de impacto e túnel falso. A estrutura que visa à desaceleração de blocos de rocha ou de massas de solo em movimento são as barreiras e estruturas de impacto. Alternativa correta: **letra A**.

24.(IGEDUC/Prefeitura de Triunfo - 2023) Julgue os itens subsequentes.

O objetivo da análise de estabilidade é avaliar a possibilidade de ocorrência de escorregamento de massa do solo presente em talude natural ou construído. A instabilidade do talude é deflagrada quando as tensões cisalhantes mobilizadas se tornam diferente à resistência ao cisalhamento.

Comentários:



A instabilidade do talude é deflagrada quando as tensões cisalhantes mobilizadas se tornam superiores à resistência ao cisalhamento do solo. Assertiva **incorreta**.

25. (CREA-RJ/SELECON - 2023) Movimentos de massa podem ser classificados segundo características do material mobilizado e da velocidade e natureza do movimento. O movimento de massa de um saprolito, com geometria em prisma delimitada por duas estruturas planares e desfavoráveis à estabilidade, deslocando-se ao longo do eixo de intersecção desses planos, pode ser classificado como:

- A) rastejo.
- B) deslocamento.
- C) fluxo de detritos
- D) escorregamento planar.
- E) escorregamento em cunha.

Comentários:

O movimento de massa com geometria em prisma, delimitada por duas estruturas planares e desfavoráveis à estabilidade e que se desloca ao longo do eixo de intersecção desses planos é característica do escorregamento em cunha. Das alternativas, poderia ficar em dúvidas com o deslocamento, contudo, como visto, o deslocamento ocorre devido às estruturas como xistosidade e acamamento, formando placas, e não prismas, como mencionado na questão. Logo **alternativa E** é a correta e gabarito da questão.

26. (Instituto Consulplan/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - 2023) O termo “solo reforçado” se refere à aplicação de reforços resistentes à tração em maciços terrosos, como forma de obter um compósito com melhores características mecânicas. O sistema é formado por três elementos: solo, elementos de reforço (inclusões) e elementos de face (paramento). Tal técnica considera a inclusão de elementos de reforço metálico ou geossintético. A inclusão de elementos metálicos ou geossintéticos no maciço confere aos muros e taludes em solo reforçado as condições de resistência interna e estabilidade geral necessárias limitando os deslocamentos. Tendo em vista que a parte 1 da ABNT NBR 16920 especifica os requisitos de projeto e execução de muros e taludes em meios terrosos contínuos reforçados e aterros com materiais reciclados em casos específicos, assinale a afirmativa correta.

- (A) Fator de redução: é a relação entre a resistência ao cisalhamento da interface entre o solo e o reforço e a resistência ao cisalhamento do solo; não pode ser confundido com fator de segurança.
- (B) Elementos de reforço: podem ser do tipo metálico como tiras, grelhas soldadas, barras e malhas; ou do tipo geossintético como geotêxteis, geogrelhas, geotiras e geobarras, sendo vedados outros tipos de elementos de reforço.
- (C) Paramento face: conjunto de elementos que produzem o revestimento externo dos muros e taludes de solo reforçado ou grampeado, podendo ter função estrutural ou não. O maciço é o meio terroso contínuo passível de ser reforçado por meio de inclusões.
- (D) Ensaios mínimos: são necessários para caracterização do material do aterro, realizados em, no mínimo, três amostras para caracterização de jazida e sempre que houver uma mudança tátil visual de material do aterro; são limites de plasticidade e de liquidez e umidade natural.



Comentários:

A NBR 16920 (Muros e taludes em solos reforçados Parte 1: Solos reforçados em aterro) apresenta as seguintes definições:

(A) Fator de redução: fator pelo qual a resistência à tração característica do reforço geossintético e da tela metálica tecida é dividida a fim de se obter a resistência à tração disponível. (**incorreta**)

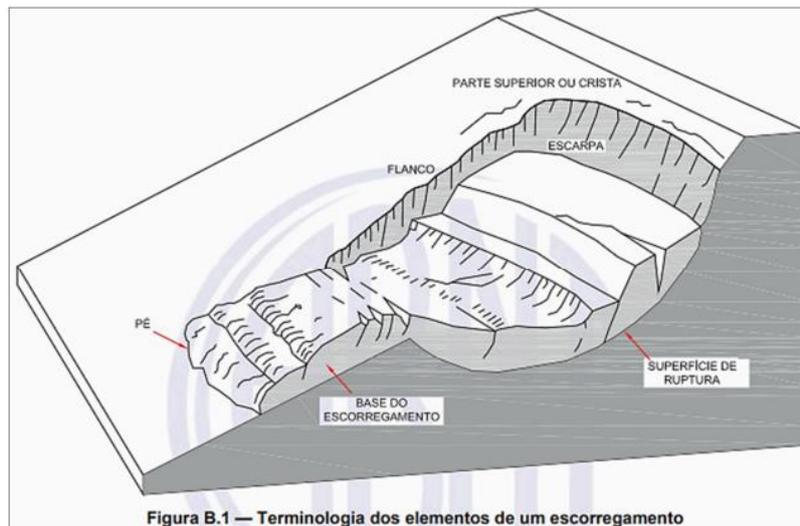
(B) Elementos de reforço em muros e taludes em solo reforçado em aterros: inclusão, linear ou planar, resistente à tração, incorporada em um maciço de aterro, em camadas, durante o processo construtivo, para melhorar o comportamento mecânico do solo. O reforço pode ser metálico (aço) ou polimérico (geossintéticos). (**incorreta**).

(C) Paramento face: conjunto de elementos que produzem o revestimento externo dos muros e taludes de solo reforçado ou grampeado, podendo ter função estrutural ou não. Maciço: meio terroso contínuo passível de ser reforçado por meio de inclusões. (**Correta**).

(D) Ensaios mínimos: são necessários para a caracterização do aterro. Um conjunto inicial de ensaios em no mínimo três amostras para caracterização de jazida e sempre que houver uma mudança tátil visual de material do aterro. São os ensaios de limites de plasticidade e de liquidez, de granulometria, de massa específica dos grãos, de umidade natural e ensaio de compactação. Além disso, inclui a realização de ensaios de expansão e ensaios para a obtenção de parâmetros de resistência ao cisalhamento, os quais devem ser realizados de acordo com as especificações técnicas do projeto (**incorreta**).

Resposta correta: **letra C**.

27.(Instituto Consulplan/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - 2023) A imagem evidencia a terminologia dos elementos de um escorregamento, segundo a NBR 11682/2009 – Estabilidade de encostas, prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas:



(NBR 11682/2009.)

Define-se como escarpa:

- (A) Superfície do terreno natural onde houve ruptura.
- (B) Material escorregado, que ficou sobre a superfície de ruptura.



- (C) Porção da massa escorregada situada além da superfície de ruptura.
(D) Superfície íngreme do terreno intacto correspondente à parte visível da superfície de ruptura.

Comentários:

A escarpa é a superfície de elevada inclinação que se forma na parte do terreno que não é envolvida na mobilização de material durante a ruptura. Tal definição pode ser verificada na figura apresentada. Alternativa correta **letra D**.

28. (Cesgranrio/Transpetro - 2023) Nos projetos envolvendo estruturas de contenção, além dos esforços provenientes do solo, essas estruturas devem ser calculadas para suportar uma carga acidental mínima, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

Segundo a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas –, o valor mínimo dessa carga acidental, em kPa, é

- (A) 12
(B) 15
(C) 20
(D) 32
(E) 36

Comentários

De acordo com a NBR 11682/2007 (Estabilidade de encostas), nos projetos envolvendo obras de contenção do solo, 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. Alternativa correta **letra C**.

29. (Cesgranrio/Transpetro - 2023) Ao término de uma determinada obra de contenção de encosta, a empresa executora está elaborando o Manual do Usuário a ser encaminhado ao proprietário, no qual consta, dentre outras providências de manutenção, a periodicidade das visitas à obra, para detectar situações anômalas.

Segundo a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas –, essas visitas periódicas devem ocorrer, no mínimo, a cada

- (A) 6 meses
(B) 12 meses
(C) 18 meses
(D) 2 anos
(E) 3 anos

Comentários



As recomendações constantes no manual devem ter por objetivo manter as características originais do projeto, dentro dos critérios de segurança preestabelecidos. Dentre as recomendações, inclui as vistorias periódicas à obra, no mínimo semestrais, para verificação de situações anômalas, como trincas, deslocamentos, obstruções na drenagem, erosões entre outros. Alternativa correta: **letra A**.

30.(Selecon/Câmara de Várzea Grande - 2022) A figura a seguir apresenta um tipo de muro de arrimo, constituído por gaiolas metálicas, preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal de dupla torção.



(Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/>)

Esse tipo de muro é denominado:

- (A) Muro de gravidade
- (B) Muro de gabião
- (C) Muro de flexão
- (D) Cribwall

Comentários

A figura ilustra um muro gabião, que consiste em um tipo de muro de arrimo classificado como estrutura de contenção à gravidade e flexível. São estruturas formadas por caixas metálicas preenchidas com pedras, que servem para estabilizar solos ou cursos d'água. Alternativa correta: **letra B**.

31.(FEPESE/CASAN - 2022) A Geologia Urbana refere-se aos estudos geológicos realizados em áreas urbanas, constituindo a mais radical intervenção modificadora do homem no meio físico natural. Destacam-se entre esses estudos os movimentos de massa, que são movimentos gravitacionais responsáveis pela mobilização de solo, sedimentos e rochas encosta abaixo, geralmente potencializados pela ação da água.

O geólogo tem como uma de suas atribuições conhecer e caracterizar esses movimentos de massa principalmente nas grandes cidades.



Assinale a alternativa correta em relação ao assunto.

- (A) Subsidência é um movimento de massa caracterizado pelo afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.
- (B) O fluxo ou corrida de detritos é um movimento de massa de baixa energia representado por mistura de sedimentos e rochas saturadas em água sob efeito da gravidade.
- (C) Avalanches ou quedas de rochas são movimentos de massa de baixa velocidade que resultam na acumulação de material na base da encosta como tálus.
- (D) O rastejamento ou solifluxão é um movimento de massa constante, intermitente ou sazonal, de geometria indefinida, com baixas velocidades crescentes com a profundidade.
- (E) O deslizamento ou escorregamento planar (translacional) é um movimento de massa de alta declividade da encosta, com poucos planos de deslocamento internos e velocidades médias a baixas.

Comentários:

- (A) **Correta.** A subsidência refere-se ao movimento de uma superfície para baixo, em relação a uma referência. Consiste no afundamento da massa de solo. Esse movimento ocorre devido a modificação da estrutura do material situado abaixo, que resulta na redução de volume ou abertura de espaço, o que provoca a acomodação do material superficial.
- (B) **Incorreta.** O fluxo ou corrida de detritos é um movimento de massa de **alta** energia representado por mistura de sedimentos e rochas saturadas em água sob efeito da gravidade.
- (C) **Incorreta.** Avalanches ou quedas de rochas são movimentos de massa de **baixa** velocidade que resultam na acumulação de material na base da encosta como tálus.
- (D) **Incorreta.** O rastejamento ou solifluxão é um movimento de massa constante, intermitente ou sazonal, de geometria indefinida, com baixas velocidades **decrecentes** com a profundidade.
- (E) **Incorreta.** O deslizamento ou escorregamento planar (translacional) é um movimento de massa de alta declividade da encosta, com poucos planos de deslocamento internos e velocidades **altas**.

Gabarito alternativa **letra A**.

32. (Fundação La Salle/Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves - 2022) De acordo com a NBR 11682 — Estabilidade de Encostas, “projetos envolvendo obras de contenção em solo” são aqueles com elementos destinados a contrapor-se aos esforços estáticos proveniente 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 _____, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado. A utilização de valores inferiores para sobrecarga acidental deve ser devidamente justificada pelo engenheiro civil geotécnico.

Para que o texto acima esteja correto a lacuna deverá ser preenchida por:

- (A) 10 kPa.
- (B) 20 kPa.
- (C) 30 kPa.



(D) 40 kPa.

(E) 50 kPa.

Comentários:

A NBR 11682 estabelece que os projetos envolvendo obras de contenção em solo deve prever uma sobrecarga accidental mínima de 20 kPa. Alternativa correta: **letra B**.

33. (IBFC/SEAD - 2022) Considere os movimentos de massa comuns no Brasil, definidos a seguir.

I. Movimento descendente, lento e contínuo da massa de solo de um talude, caracteriza uma deformação plástica, sem geometria e superfície de ruptura definidas.

II. Movimentos gravitacionais na forma de escoamento rápido, envolvendo grandes volumes de materiais. Caracterizados pelas dinâmicas da mecânica dos sólidos e dos fluidos, pelo volume de material envolvido e pelo extenso raio de alcance que possuem, chegando até a alguns quilômetros, apresentando alto potencial destrutivo.

III. Movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido, sendo que o centro de gravidade do material desloca-se para baixo e para fora do talude, seja ele natural, de corte ou aterro.

IV. Deslocamentos, por gravidade, de blocos de rocha, sendo divididos em 4 tipos básicos: queda de blocos; tombamento de blocos; rolamento de blocos e deslocamento.

Assinale a alternativa que corresponde às definições I, II, III e IV, respectivamente.

- a) Rastejo, corridas, escorregamentos e movimentos de blocos
- b) Escorregamentos, movimentos de blocos, rastejo e corridas
- c) Movimentos de blocos, rastejo, escorregamentos e corridas
- d) Rastejo, escorregamentos, corridas e movimentos de blocos
- e) Corridas, rastejo, escorregamentos e movimentos de blocos

Comentários:

Veja, a seguir, o que caracteriza cada tipo de movimento:

I. Rastejo - Movimento descendente, **lento** e **contínuo** da massa de solo de um talude, caracteriza uma deformação **plástica, sem geometria** e **superfície** de ruptura **definidas**.

II. Corrida de detritos - Movimentos gravitacionais na forma de escoamento **rápido**, envolvendo **grandes volumes** de materiais. Caracterizados pelas dinâmicas da mecânica dos **sólidos** e dos **fluidos**, pelo volume de material envolvido e pelo extenso raio de **alcance** que possuem, chegando até a alguns **quilômetros**, apresentando alto potencial destrutivo.

III. Escorregamento - Movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com **volume bem definido**, sendo que o **centro de gravidade** do material desloca-se para **baixo** e para **fora do talude**, seja ele natural, de corte ou aterro.



IV. **Movimentos de blocos** - Deslocamentos, por gravidade, de **blocos de rocha**, sendo divididos em 4 tipos básicos: **queda** de blocos; **tombamento** de blocos; **rolamento** de blocos e **desplacamento**.

A sequência correta é: rastejo, corrida, escorregamento, movimento de blocos, como indicado na **letra A**, que é o gabarito da questão

Apesar de ter uma redação muito confusa, a questão é boa para praticarmos os conceitos. A estabilidade de um talude é maior quanto maior for a resistência ao cisalhamento dos materiais, aumentando, também, com o aumento da tensão normal atuante na superfície potencial de ruptura.

34.(FUMARC/PC-MG - 2021) Em relação à mecânica dos solos, são corretas as seguintes afirmações, EXCETO:

Uma massa de solo pode ser considerada como um conjunto de partículas sólidas, encerrando vazios de formas e tamanhos variados que, por sua vez, podem estar preenchidos com água, ar ou ambos.

(A) O conceito de atrito entre os sólidos está fundamentalmente ligado ao conceito de movimento: o atrito surge quando se verifica tendência ao movimento.

(B) Talude é um termo genérico, compreendendo qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou de ambos. Somente será natural.

(C) Um período de chuvas pesadas pode causar um rápido aumento da pressão da água na fenda de tração, que pode vir, rapidamente, a ser preenchida, se um sistema adequado de drenagem não tiver sido instalado no talude.

(D) Uma massa de solo pode ser considerada como um conjunto de partículas sólidas, encerrando vazios de formas e tamanhos variados que, por sua vez, podem estar preenchidos com água, ar ou ambos.

Comentários:

(A) **Correta.** Por definição, o atrito ocorre quando dois sólidos entram em contato e há uma tendência de movimento relativo entre eles. É a força que surge para se opor ao movimento. Nos solos, é uma força de resistência ao movimento.

(B) **Incorreta.** Como vimos, um talude pode ser natural, quando formado pelos processos geológicos, ou artificial, quando formado por meio das atividades humanas.

(C) **Correta.** Essa é, inclusive, uma das principais causas de desestabilização de um talude. A chuva faz com que a pressão interna, seja nos poros ou nas fendas aumente, reduzindo a resistência desses elementos. Por isso, é importante a instalação de sistema de drenagem, que permite a dissipação da água e alívio das pressões internas.

(D) **Correta.** Isso mesmo. Uma massa de solos é composta pelas partículas sólidas, ou grãos minerais, entre os quais há os poros que podem conter ar ou água.

Gabarito **letra B**.

35.(FCC / Prefeitura de São José do Rio Preto - 2019) Para evitar danos nas estruturas de contenção (cortina, muro, gabião etc.), na compactação de aterro junto a elas, deve ser respeitada uma distância do paramento interno da estrutura, na qual não pode ser utilizado equipamento mecânico de compactação, de no mínimo.



- (A) 1,00 m.
- (B) 1,50 m.
- (C) 1,20 m.
- (D) 2,00 m.
- (E) 0,50 m.

Comentários:

A ABNT NBR 11682 prevê que, durante a realização da obra de estabilidade de encosta, alguns cuidados devem ser tomados, incluindo o processo de compactação de aterro junto às estruturas de contenção, devendo ser respeitada uma distância do paramento interno da estrutura de, no mínimo 2m, 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. Alternativa correta **letra D**.

36.(COPEVE/UFMG - 2019) Os taludes de uma mina lavrada a céu aberto estão sujeitos a rupturas. As rupturas são, geralmente, governadas pelas estruturas presentes no maciço rochoso (descontinuidades, fraturas e falhas).

Em talude, em solo ou em rochas muito intemperizadas, o modo de ruptura mais frequente observado é

- A) Ruptura Planar.
- B) Ruptura em Cunha.
- C) Ruptura por Tombamento flexural.
- D) Ruptura Circular.

Comentários:

A) Incorreta. A ruptura planar ocorre sobre uma superfície plana, geralmente, no contato entre dois materiais que apresentam resistências diferentes ou sobre planos de fraquezas preferenciais presentes nos materiais.

B) Incorreta. A ruptura em cunha ocorre quando existem dois planos de fraqueza, os quais se intersectam e formam blocos tetraédricos. Estão associados a relevos fortemente controlados pelas estruturas geológicas, as quais estão associadas às rochas em diferentes estágios de alteração.

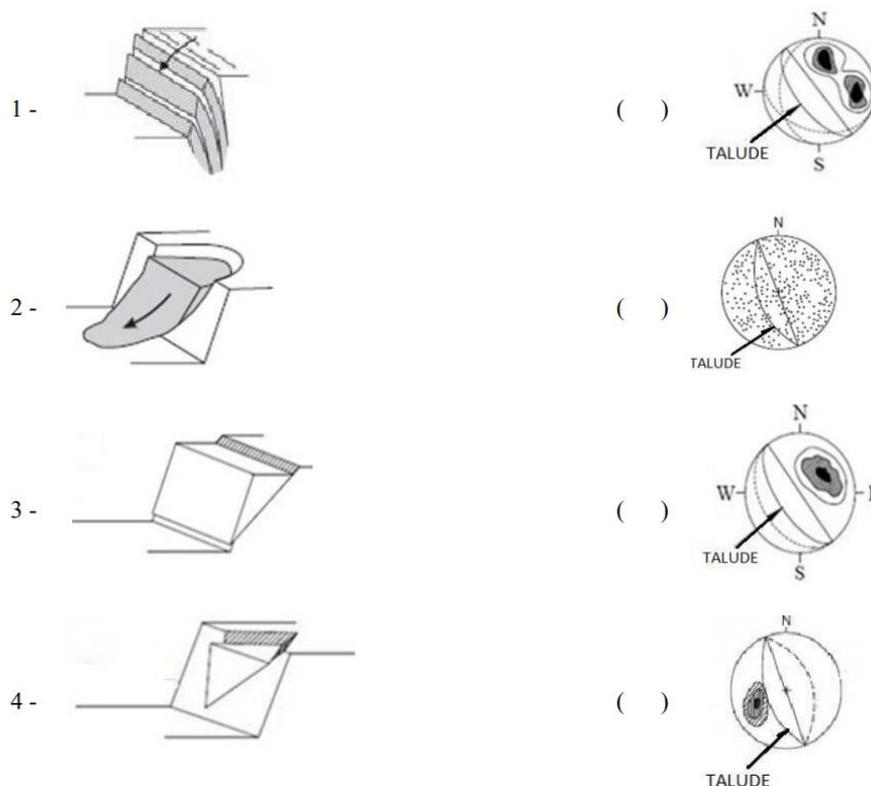
C) Incorreta. A ruptura por tombamento flexural ocorre, geralmente, em rochas sedimentares estratificadas ou metamórficas foliadas, nas quais, os planos dessas estruturas são, praticamente, paralelas à direção do talude e mergulham no sentido inverso do talude.

D) Correta. A ruptura Circular. ocorre de forma rápida, geralmente, está associada a taludes espessos de solo residual, coluvionar ou laterítico. Podem ocorrer também em taludes de corte em solos sedimentares e em aterros sobre solos sedimentares. Geralmente esses solos não apresentam anisotropia ou planos de fraqueza preferencial.

Como a questão apresenta um solo ou rocha muito intemperizada, sem estrutura, das alternativas dadas, a mais aplicável nesse caso é a ruptura circular. Por isso, o gabarito é a **letra D**.



37.(UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2019) A representação gráfica das discontinuidades é realizada por meio da técnica de projeção estereográfica, seja para análise no campo da geologia estrutural e/ou aplicada a estudos de estabilidade de taludes. Nesse caso, as projeções mostram, estereograficamente, o talude com diferentes tipos de rupturas, seja em maciço terroso ou rochoso. Sobre as representações estereográficas, numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.



Marque a sequência correta.

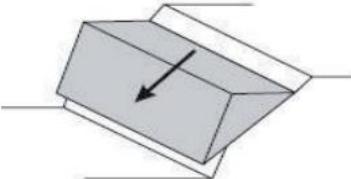
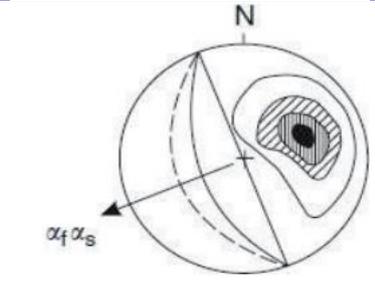
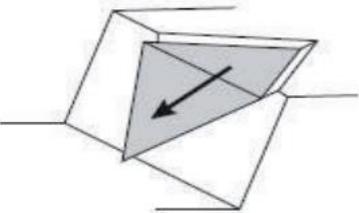
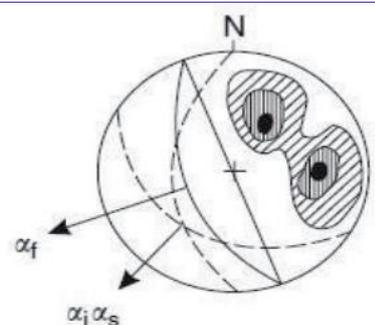
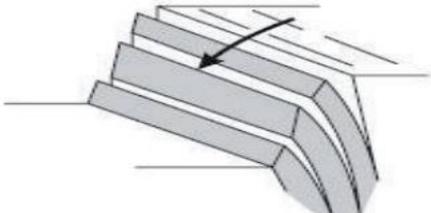
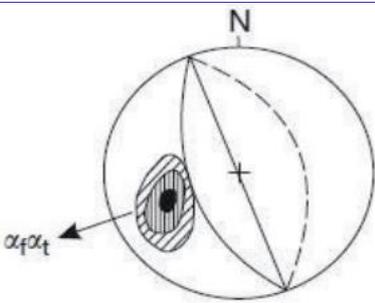
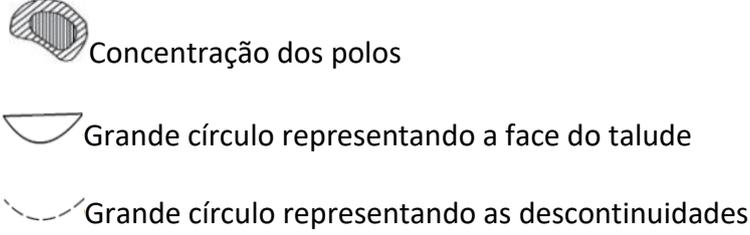
- (A) 3, 2, 4, 1
- (B) 4, 3, 1, 2
- (C) 3, 4, 1, 2
- (D) 4, 2, 3, 1

Comentários:

Vamos rever o quadro que sintetiza os tipos de ruptura, as projeções estereográficas e as condições estruturais condicionantes desses tipos de ruptura. Dos modos de falha apresentados na questão, o único que não é condicionado pela presença de discontinuidades é a ruptura planar (tipo 2), sendo que o estereograma não apresentará uma concentração de polo. Apenas com isso, já poderia eliminar duas alternativas (B e C). Além disso, é fácil memorizar que a ruptura em cunha é formada quando há a interseção de dois planos de descontinuidade, logo, o estereograma é composto por dois polos (primeiro estereograma). Com isso, já era possível acertar a questão, sendo o gabarito a **letra D**.

Tipo de ruptura	Estereograma	Condições estruturais
-----------------	--------------	-----------------------



<p style="text-align: center;">Planar</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Descontinuidade apresenta ângulo de mergulho menor que o do talude e direção paralela à face do talude. - Mergulho da descontinuidade maior que o ângulo de atrito.
<p style="text-align: center;">EM CUNHA</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Direção da intersecção dos planos de descontinuidade próxima da direção do mergulho do talude. - O mergulho da intersecção menor que o mergulho do talude e maior que o ângulo de atrito.
<p style="text-align: center;">TOMBAMENTO</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Rocha resistente contendo descontinuidades com mergulho alto para dentro do talude. - Normal ao plano de tombamento com mergulho menor que a inclinação do talude e menor que o ângulo de atrito
LEGENDA		
	<p>α_f - Direção do mergulho da face do talude</p> <p>α_s - Direção de deslizamento</p> <p>α_t - Direção de tombamento</p> <p>α_i - Direção do mergulho da linha de intersecção</p>	

38.(IBADE/DEPASA - 2019) Além das propriedades de massa como petrofábrica, empacotamento, porosidade, permeabilidade e cor, existem outras igualmente importantes na completa caracterização desses materiais sedimentares. Existe uma propriedade que está ligada às forças superficiais que tendem a conservar juntas as partículas de um sedimento, mesmo sem litificação. Esta propriedade é especialmente acentuada em partículas mais finas como, por exemplo, de diâmetros inferiores a 0,01mm (siltes - finos e argilas) e mais baixa em sedimentos de diâmetros maiores (areias e siltes grossos).

Esta propriedade é denominada:



- (A) elasticidade.
- (B) coesão.
- (C) densidade.
- (D) compactibilidade.
- (E) suscetibilidade magnética.

Comentários:

A propriedade presente, principalmente, nos solos finos, que corresponde a uma tendência de conservar as partículas de um sedimento juntas é denominada de **coesão**. Em solos arenosos, pode haver uma essa mesma tendência, devido à ação da água entre os grãos. No entanto essa força atrativa é anulada quando o solo se torna saturado, e, por isso, é denominada de coesão aparente. Nas análises de estabilidade, não se deve considerar esse tipo de coesão (quando aparente). Gabarito **letra B**.

39. (IBADE/DEPASA - 2019) A movimentação de coberturas como solos ou sedimentos inconsolidados em encostas de morro tem velocidades muito variáveis. Os movimentos rápidos, com deslizamentos catastróficos, acontecem com frequência em épocas de forte chuvas, em regiões de relevo acidentado.

Os movimentos muito lentos do solo são chamados de:

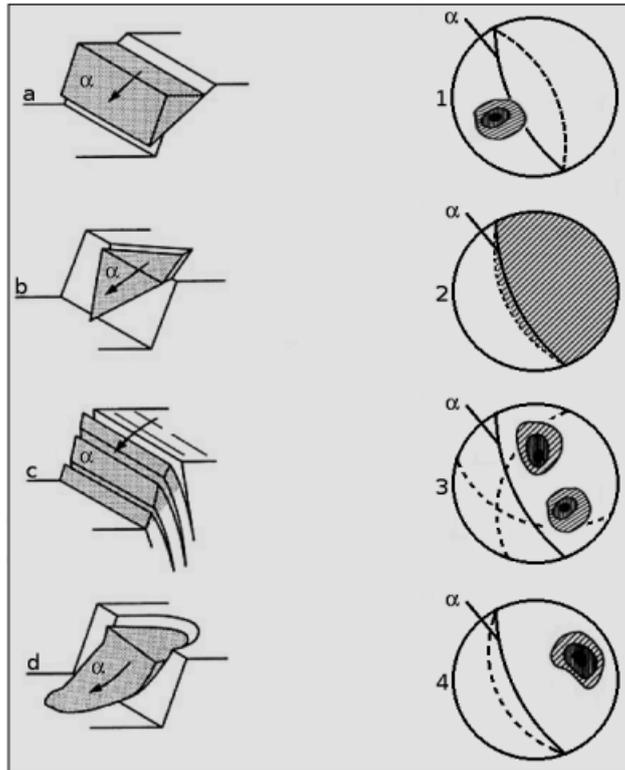
- (A) deslizamento do solo.
- (B) ruptura do solo.
- (C) descontinuidades do solo.
- (D) rastejamento do solo.
- (E) fragmentação do solo.

Comentários:

Os movimentos muito lentos são denominados de rastejo ou creep, com velocidades de mm/ano ou cm/ano. Esse movimento ocorre de forma sazonal e intermitente, sendo influenciado pelas variações do nível do lençol freático. Alguns dos indícios da ocorrência desses movimentos são presença de trincas no solo, árvores retorcidas, postes inclinados, além de instrumentos específicos instalados com esse objetivo. Gabarito **letra D**.

40. (FUMARC/CEMIG- 2017) A figura ao lado apresenta, na primeira coluna e assinaladas de a a d, quatro situações de ruptura associadas a condições naturais predisponentes; na segunda coluna e assinalados de 1 a 4, projeções estereográficas relacionadas às mesmas feições de ruptura. Na primeira coluna, a face do talude original é representada por α , e é indicada da mesma forma, nas projeções estereográficas, pelo grande círculo contínuo. Na segunda coluna, as faixas hachuradas correspondem a concentrações dos polos dos planos de ruptura.





A alternativa que faz a CORRETA associação entre a primeira e a segunda colunas é:

- (A) a1 - b4 - c2 - d3
- (B) a2 - b1 - c4 - d3
- (C) a3 - b2 - c1 - d4
- (D) a4 - b3 - c1 - d2

Comentários:

Essa questão é apenas a associação entre o tipo de ruptura de rochas e a sua representação estereográfica. Caso tivesse alguma dificuldade na associação entre as figuras, bastaria lembrar que o tipo de ruptura em cunha é formado quando há a interseção entre dois planos de falha, o que indicaria, diretamente, a **alternativa D**, que é o gabarito da questão. Além disso, em deslizamento circular ou rotacional, não há presença de plano preferencial, de forma que o estereograma é marcado pela ausência de um polo, indicado em 2.

41. (FUMARC/CEMIG- 2017) Assinale a alternativa que comporta uma afirmativa INCORRETA:

- (A) A prospecção geotécnica objetiva uma redução do custo associado ao risco de uma construção; imprescindíveis à prospecção são, por exemplo, a determinação dos parâmetros de resistência mecânica dos solos (seco / úmido) frente à variação do nível freático.
- (B) Hipóteses simplificadoras fundamentadas nas informações disponíveis sobre as propriedades gerais de rochas e de solos e as que orientam a própria concepção do projeto estrutural de edificações concorrem para que as construções muitas vezes não se comportem como previsto.



(C) Os deslocamentos verticais e horizontais do maciço, bem como o de peças estruturais ligadas a ele, podem causar desdobramentos muitíssimo diversificados; toda sobrecarga externa tem, portanto, efeitos negativos sobre a integridade e a estabilidade dos materiais de substrato.

(D) Quanto maior for o volume de terra submetido a carregamento ou a movimentação de massa (nos casos de taludes de corte ou de aterro), maior também deve ser o volume de terra amostrado na fase de prospecção de maneira a oferecer um quadro mais completo do substrato de edificações.

Comentários:

(A) **Correta.** Antes da instalação de uma estrutura, deve-se fazer a investigação geotécnica da área, que deve incluir ensaios de campo e de laboratório, para a determinação dos parâmetros geotécnicos de resistência, tanto na condição saturada quanto não saturada. Essa investigação a anteriormente à instalação da obra reduz os custos, pois permite avaliar as áreas mais recomendadas para a sua instalação ou o tratamento do material.

(B) **Correta.** Nos modelos utilizados para análises das estruturas, são utilizadas hipóteses simplificadoras, a fim de possibilitar o modelamento e o entendimento daquilo que se deseja modelar. No entanto, como essas hipóteses, muitas vezes não incluem aspectos referentes ao comportamento da estrutura, pode ocorrer que o comportamento das estruturas não sejam exatamente iguais aqueles previstos nos modelos.

(C) **Incorreta.** A estabilidade de uma estrutura depende dos esforços atuantes. Há esforços que atuam no sentido de estabilizar o maciço e esforços que atuam no sentido de desestabilizá-lo. Por exemplo, esforços externos no pé da estrutura, geralmente atuam fornecendo maior estabilidade a ela. Logo, é incorreto afirmar que toda sobrecarga externa tem efeito negativo sobre a integridade e a estabilidade dos materiais.

(D) **Correta.** A amostragem de material objetiva obter materiais que sejam representativos do maciço que se deseja avaliar. Em áreas maiores, maior a chance de que haja uma variabilidade do material, e, por isso, nesse caso, é recomendável que seja amostrado mais material, para que se tenha maior representatividade.

Foi pedido a alternativa incorreta, logo o gabarito da questão é a **letra C**.

42.(FUMARC/CEMIG- 2017) Sobre os estados de tensão em maciços de solo, fazem-se as seguintes afirmações:

I. Escorregamentos são movimentos de massa rápidos cuja deflagração ocorre quando as tensões cisalhantes desenvolvidas no maciço atingem a resistência cisalhante do material, definindo-se uma superfície de ruptura segundo as zonas de menor resistência interna.

II. Os escorregamentos são classificados, por exemplo, segundo critérios geométricos, reconhecendo-se superfícies planares, circulares, em cunha ou mistas que podem se desenvolver a partir da interação de fatores estruturais e geomorfológicos, de um lado, e antrópicos, de outro.

III. Os movimentos de massa podem ser deflagrados pelo aumento da solicitação aplicada a porções de um maciço - como decorre, por exemplo, da remoção lateral ou basal de massa -, bem como por fatores ligados a solicitações dinâmicas - decorrentes de tráfego ou explosões, por exemplo.

Está **CORRETO** o que se afirma em:

(A) Nenhuma das assertivas é verdadeira.



- (B) Apenas uma assertiva é verdadeira.
- (C) Apenas duas assertivas são verdadeiras.
- (D) Todas as assertivas são verdadeiras.

Comentários:

I. **Correta.** Os escorregamentos são movimentos que ocorrem com velocidades elevadas (movimentos lentos são denominados de rastejos). O escorregamento ocorre quando a resistência ao cisalhamento do material é alcançada pelas tensões cisalhantes atuantes no internamente ao maciço. Na superfície em que a resistência ao cisalhamento é superada pela tensão cisalhante (superfície de menor resistência), ocorre o deslizamento ou escorregamento.

II. **Correta.** Os escorregamentos podem ocorrer em superfícies planares, circulares, em cunha ou mistas, as quais dependem de fatores estruturas, como presença de uma ou mais falhas e da sua disposição em relação à superfície do talude. Fatores geomorfológicos como a geometria do talude e a configuração do terreno também influenciam no tipo de escorregamento, podendo variar, por exemplo, com a inclinação do talude ou o tipo de material que o constitui. Fatores antrópicos estão relacionados às ações causadas pelos seres humanos nessas estruturas, como, por exemplo, cortes ou instalações.

III. **Correta.** A instabilização de um maciço está relacionada com alteração na sua condição de carregamento ou na sua geometria. O aumento do carregamento no maciço pode ser decorrente de solicitação estática como a construção de uma casa, por exemplo, ou através de solicitações dinâmicas, que se referem a uma solicitação cíclica, como ocorre com tráfegos e explosões, por exemplo. Mudanças na geometria, que podem gerar instabilização do maciço estão relacionadas, geralmente, com corte no pé do talude ou na sua lateral.

Os três itens estão corretos, e, por isso, o gabarito da questão é a **letra D**.

43.(FGV/COMPESA - 2016) Leia o fragmento a seguir, que diz respeito à classificação e aos fatores condicionantes dos movimentos de solo e rocha.

“O que diferencia a(o) _____ da(o) _____, ambos envolvendo _____, é a presença de _____ no primeiro e a sua ausência no segundo”.

Assinale a opção que completa corretamente as lacunas do fragmento acima.

- (A) erosão eólica – erosão fluvial – solo – grãos de areia
- (B) deslizamento planar – queda – rocha – superfícies de ruptura
- (C) deslizamento rotacional – corrida de massa – rocha – linhas de drenagem
- (D) subsidência – adensamento – solo – terrenos cárstico
- (E) expansibilidade – adensamento – solo – argilominerais

Comentários:

“O que diferencia o deslizamento planar da queda, ambos envolvendo rocha, é a presença de superfície de ruptura no primeiro e a sua ausência no segundo”.

A principal característica do deslizamento planar é que ele ocorre devido à presença de estruturas pré-existentes ou ao contato de dois materiais distintos, como ocorre no contato entre a camada de solo e rocha,



sendo realizado, portanto, ao longo de uma superfície de ruptura, o que não ocorre em movimentos de queda de blocos, que ocorrem de forma desestruturada.

Alternativa correta **letra B**.

44.(FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) Os solos de encosta frequentemente estão submetidos a tensões cisalhantes, que podem ser responsáveis por rupturas associadas a movimentos de massa catastróficos, ou seja, quando tais movimentos apresentam grandes dimensões e atingem áreas urbanas densamente ocupadas.

Os parâmetros de resistência que governam a estabilidade dos solos frente às tensões de cisalhamento são:

- (A) peso específico e ângulo de atrito;
- (B) peso específico e coesão aparente;
- (C) coesão verdadeira e coesão aparente;
- (D) coesão verdadeira e ângulo de atrito;
- (E) coesão aparente e umidade do solo.

Comentários:

A estabilidade dos taludes frente às tensões de cisalhamento é determinada pelo critério de ruptura de Mohr-Coulomb. De acordo com o critério de ruptura de Mohr-Coulomb, a resistência ao cisalhamento τ , na iminência de ruptura, no plano de ruptura, é dada pela equação:

$$\tau = c' + \sigma' \cdot \tan \phi'$$

Sendo que: c' é o intercepto efetivo de coesão (ou apenas coesão), σ' é a tensão normal efetiva no plano e ϕ' é o ângulo de atrito efetivo. A coesão efetiva é também denominada de coesão verdadeira e elimina os efeitos da poropressão. O peso específico do solo e sua umidade, são, também, importantes fatores na estabilidade do talude, no entanto, a questão mencionou, especificamente, os parâmetros de resistência frente às tensões de cisalhamento, e, por isso, a alternativa correta é a **letra D**.

45.(FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) Muitas vezes a estabilidade de uma encosta está relacionada com o teor de umidade do solo, em especial quando este se encontra acima da zona de saturação. Desse modo, é sabido que a água presente nos solos não saturados encontra-se submetida a condições de pressão:

- (A) de 0,1 atm, que é o máximo no interior dos solos;
- (B) de 0,5 atm, que é o mínimo no interior dos solos;
- (C) inferior à pressão atmosférica, devido à capilaridade;
- (D) superior à pressão atmosférica, devido à capilaridade;
- (E) igual à pressão do ar atmosférico no local da encosta.

Comentários:



Nos solos não saturados, pode haver presença de água nos contatos entre os grãos e formam meniscos capilares, em função da tensão superficial que ocorre na interface entre a água e o ar. Nesses meniscos, a água se encontra abaixo da pressão atmosférica (logo o gabarito é a **letra C**). Essa tensão superficial atua aproximando os grãos do solo e aumentando a tensão efetiva, conferindo uma coesão aparente ao solo e aumentando a resistência ao cisalhamento. Com a ocorrência de chuvas, zonas antes não saturadas passam a ficar saturadas, e, com isso, perdem a coesão aparente, reduzindo a resistência ao cisalhamento, o que resulta, muitas vezes, em deslizamento de encostas.

46.(FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) As ocupações urbanas densas e consideradas legalmente irregulares que se edificam sobre terrenos de encosta geralmente apresentam vazamentos constantes de tubulações de abastecimento de água ou de escoamento de esgotos. Esses vazamentos infiltram-se no solo e podem ser facilitadores de deslizamentos em períodos chuvosos de elevada intensidade, principalmente porque:

- (A) ocorre aumento da lubrificação do solo em decorrência da infiltração que instabiliza a encosta;
- (B) ocorre redução do coeficiente de adensamento em decorrência da umidade do solo que instabiliza a encosta;
- (C) a carga das edificações associada com a lubrificação do solo provoca a instabilização da encosta;
- (D) o elevado grau de saturação preexistente provoca a poropressão positiva que instabiliza a encosta;
- (E) a infiltração causada pelos vazamentos produz um excessivo adensamento do solo, que é a causa dos deslizamentos.

Comentários:

O aumento da saturação do solo, que ocorre, principalmente, em períodos chuvosos, provoca o aumento da poropressão, exercida pela água nos poros do solo. Essa pressão, quando positiva, exerce uma força no sentido de afastamento das partículas do solo, sendo, portanto, prejudicial à estabilidade do maciço, reduzindo a tensão efetiva. Esse mecanismo pode ser responsável por levar a encosta aos movimentos de instabilização. Alternativa correta **letra D**.

47.(COPEVE/UFMG - 2019) O critério de ruptura de Morh-Coulomb é muito utilizado na mineração a céu aberto para o cálculo de estabilidade de talude em rochas. O critério de ruptura é expresso pela equação matemática: $t = C + \sigma n \tan\phi$

Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos termos da equação do critério de ruptura.

- A) Tensão cisalhante, Coesão, Tensão de tração e Ângulo de atrito interno.
- B) Empolamento, Coesão, Tensão cisalhante e Ângulo de repouso.
- C) Tensão de tração, Coesão, Tensão cisalhante e Ângulo de atrito interno.
- D) Tensão cisalhante, Coesão, Tensão normal e Ângulo de atrito interno

Comentários:

O critério de ruptura de Mohr-Coulomb é dado pela expressão:

$$\tau = c' + \sigma' . \tan\phi'$$



Sendo τ a tensão cisalhante, c a coesão ou intercepto efetivo de coesão, σ a tensão normal e ϕ o ângulo de atrito. O sinal $'$ é usado para indicar que a resistência ao cisalhamento é dada em função dos parâmetros efetivos. Logo a alternativa correta é a **letra D**.

48.(FCC/ Prefeitura do Município de São Paulo - 2008) Movimentos gravitacionais de massa podem ser induzidos por intervenções antrópicas. Dentre estas intervenções destacam-se

- (A) a remoção da cobertura vegetal e os retaludamentos.
- (B) os vazamentos na rede de abastecimento e a execução de cortes com geometria incorreta.
- (C) a execução de cortes com geometria incorreta e os retaludamentos.
- (D) os retaludamentos e as cortinas cravadas.
- (E) os vazamentos na rede de abastecimento e a construção de drenagens superficiais.

Comentários:

- (A) **Incorreta.** O retaludamento é empregado para aumentar a estabilidade do talude.
- (B) **Correta.** Os vazamentos na rede de abastecimento causam saturação do terreno, o que provoca aumento da poropressão e, conseqüentemente, diminuição da resistência ao cisalhamento, o que pode aumentar sua instabilidade. A execução de cortes com geometria incorreta é um fator que pode prejudicar a estabilidade do talude, por exemplo, corte no pé do talude ou aumento da sua inclinação.
- (C) **Incorreta.** O retaludamento é empregado para aumentar a estabilidade do talude.
- (D) **Incorreta.** O uso de retaludamento e de cortinas cravadas é empregado para aumentar a estabilidade do talude.
- (E) **Incorreta.** Drenagens superficiais são úteis para evitar a erosão dos taludes, sendo um dos aspectos importantes durante as obras de estabilização de uma encosta.

Gabarito **letra B**.

49.(UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2019) O tema Estabilidade de Taludes envolve a questão de segurança de encostas naturais, taludes de corte, taludes de aterros e pilhas de mineração, e, para tratar essa questão, é fundamental a caracterização geológica-geotécnica na identificação dos agentes, das causas e dos condicionantes atuantes para o processo de estabilização. Além de avaliar esses mecanismos deflagradores, tipos de movimentos de massa, compartimentação dos maciços terrosos, rochosos e/ou mistos (solos e rochas), também se faz necessário caracterizar parâmetros geomecânicos, investigações de superfície e subsuperfície e fator de segurança para a escolha correta de técnicas de contenção. As obras de estrutura de técnicas de contenção podem ser classificadas em contenções passivas, ativas, sem estrutura de contenção e obras de proteção superficial.

Sobre esses tipos de técnicas de contenção, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- () Obras de contenção passivas: muros de arrimo, cortinas cravadas, cortinas ou muros ancorados sem protensão.
- () Obras de contenção ativas: muros e cortinas atirantadas, placas atirantadas.



- () Obras sem estrutura de contenção: retaludamento, drenagem, enfilagens.
() Obras de proteção superficial: enfilagens, muros de espera, drenagem superficial.

Assinale a sequência correta.

[A] V, V, F, F

[B] F, V, F, V

[C] V, F, V, F

[D] F, F, V, V

Comentários:

As obras de contenção passiva são aquelas que oferecem reação contra as tendências de movimentação dos taludes, incluindo muros de arrimo, cortinas cravadas cortinas ou muros ancorados sem protensão. A protensão é o sistema que introduz forças em uma estrutura por meio do tensionamento de fios, barras ou cordoalhas de aço ancoradas em suas extremidades.

As obras de contenção ativas são aquelas que utilizam de introdução de compressão no terreno, aumentando sua resistência por atrito, além de oferecer reações às tendências de movimentação do talude. Essas obras incluem muros e cortinas atirantadas e placas atirantadas.

A enfilagem é uma estrutura de contenção que consiste no método de injeção de calda de cimento em maciços por meio de tubos. A enfilagem, portanto, não está inclusa como obras sem estrutura de contenção ou como obra de proteção superficial.

Os dois primeiros itens apresentam afirmativas corretas e os dois últimos itens apresentam afirmativas verdadeiras, e, por isso, a alternativa correta é a **LETRA A**.



LISTA DE QUESTÕES

CEBRASPE

1. **(CEBRASPE/FNDE - 2024) A respeito de mecânica dos solos e assuntos a ela relacionados, julgue os itens a seguir.**

Em estudos para a estabilização de encostas não rompidas, são obrigatórios ensaios para a determinação de resistência ao cisalhamento dos solos que compõem a estratigrafia envolvida.

2. **(CEBRASPE/FNDE - 2024) A respeito de mecânica dos solos e assuntos a ela relacionados, julgue os itens a seguir.**

O fator de segurança à ruptura global de um talude natural de solo arenoargiloso, sujeito a lençol freático elevado e representável pelo critério de resistência de Mohr-Coulomb, pode ser aumentado por meio da instalação de drenos sub-horizontais profundos capazes de promover o rebaixamento interno do nível de água, pois essa intervenção reduz as tensões efetivas no maciço.

3. **(CEBRASPE/ANA - 2024) Considerando uma situação na qual uma barragem de terra tenha sofrido danos provocados por erosão interna, julgue os itens subsequentes.**

Pode ocorrer instabilidade no talude de jusante provocado pelo elevado gradiente hidráulico que gerou o processo erosivo.

4. **(CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.**

A técnica de grampeamento de solo é uma alternativa eficaz para encostas de alta inclinação.

5. **(CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.**

A técnica de cortina atirantada é aplicada exclusivamente em encostas com presença de rocha.

6. **(CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.**

Uma drenagem subterrânea eficaz pode reduzir a pressão de poros no solo e, portanto, melhorar a estabilidade dos taludes.

7. **(CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.**

A impermeabilização de taludes é uma prática comum em sistemas de drenagem para prevenir a infiltração de água.

8. **(CEBRASPE/TBG - 2023) A respeito dos sistemas de drenagem, julgue os seguintes itens.**

Sistemas de drenagem superficial são preferíveis em relação aos sistemas de drenagem subterrânea.

9. **(CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.**

Inclinômetros são dispositivos utilizados para medir a pressão da água nos poros do solo em encostas instáveis.

92

110



10. (CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.

A instalação de piezômetros e pluviômetros pode ajudar a monitorar e a prever o comportamento de encostas que abrigam gasodutos.

11. (CEBRASPE/TBG - 2023) No que diz respeito à instrumentação utilizada para monitoramento de encostas, julgue os itens a seguir.

Straingages são dispositivos que medem a umidade do solo e são essenciais para entender a estabilidade das encostas.

12. (CEBRASPE/TBG - 2023) Acerca das técnicas de estabilização de encostas, julgue os itens a seguir.

O reforço de solo com geossintéticos é uma técnica aplicável para encostas com solo argiloso mole.

13. (CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragem de rejeitos, julgue os próximos itens.

Na análise de estabilidade, o uso do método equilíbrio-limite permite conhecer a magnitude das deformações.

14. (CEBRASPE/ANM - 2022) O método do equilíbrio limite é utilizado na avaliação da estabilidade de taludes. A respeito desse assunto, julgue os itens a seguir.

As tensões resistentes de cisalhamento são determinadas pelo critério de ruptura de Mohr-Coulomb.

15. (CEBRASPE/ANM - 2022) Acerca da estabilidade de taludes de barragens, julgue os itens subsequentes, considerando que os taludes de jusante e de montante de uma barragem de terra foram construídos com uma inclinação de 2:1.

A estabilidade de um talude de uma barragem é diretamente proporcional à resistência e à tensão ao cisalhamento ao longo da superfície potencial de ruptura.

16. (CEBRASPE/ANM - 2021) Julgue os itens seguintes, acerca de aspectos referentes aos métodos geofísicos aplicados à investigação geológica-geotécnica e ao monitoramento de barragens.

Em um projeto de estabilidade de talude com alto risco de danos a vidas humanas e alto risco de danos materiais e ambientais, deve ser adotado o fator de segurança mínimo admissível de 1,2.

17. (CEBRASPE/PETROBRAS - 2019) No concernente a aspectos relativos à água, julgue os itens em seguida.

Os materiais inconsolidados em encostas possuem uma estabilidade controlada pelo atrito entre as partículas. No momento em que o atrito interno é vencido pela força gravitacional, a massa de solo entra em movimento encosta abaixo. Esse processo é denominado solifluxão.

18. (CEBRASPE/PF - 2013) A respeito de aplicações da geologia de engenharia na estabilidade de taludes, julgue os seguintes itens.

O coeficiente de segurança é um fator que mede a estabilidade de um talude e, de forma simplificada, é calculado pela razão entre a resistência do terreno e as forças responsáveis pela movimentação.



19. (CEBRASPE/PF - 2013) A respeito de aplicações da geologia de engenharia na estabilidade de taludes, julgue os seguintes itens.

Considere que uma rodovia esteja em processo de construção em uma área com afloramento de granitos e migmatitos e que, de acordo com a classificação de maciços rochosos, essas litologias encontram-se medianamente alteradas e apresentam grau de coerência mediano. Nesse caso, devido ao fato de essas rochas apresentarem essas características, a estabilidade dos taludes construídos nos saprólitos desses dois litótipos é similar.

DEMAIS BANCAS

20. (IBFC / PCPR - 2024) A adoção de um determinado tipo de obra de estabilização deve ser o resultado final do estudo de caracterização geológico-geotécnica e fenomenológica do talude e da encosta. É caracterizada como obra de contenção ativa:

- A) Cortinas cravadas
- B) Muros de arrimo
- C) Cortinas atirantadas
- D) Muro ancorado sem protensão
- E) Injeções de cimento

21. (IBFC / PCPR - 2024) Um tipo de enrocamento em que blocos de rocha são acondicionadas em gaiolas metálicas com o propósito de compor muros para a estabilização de taludes é denominado:

- A) Cortina
- B) Bloco intertravado
- C) Filtro de barragem
- D) Gabião
- E) Muro atirantado

22. (IBFC / PCPR - 2024) Existem vários tipos de descontinuidades de origem geológica em maciços rochosos, que exercem influência na estabilidade de taludes. Sobre os principais tipos de descontinuidades, analise as afirmativas abaixo.

- I. Planos de acamamento, planos de juntas e planos de falha.**
- II. Foliação metamórfica e margens de intrusões ígneas.**
- III. Discordâncias, planos de cisalhamento e fendas de tração.**

Estão corretas as afirmativas:

- A) I e III apenas
- B) I e II apenas
- C) I, II e III
- D) II e III apenas



E) III apenas

23. (FAUEL/Prefeitura Municipal de Maringá - 2024) A realização de uma _____ visa à desaceleração de blocos de rocha ou de massas de solo em movimento”.

Considerando a NBR 11.682/2009, sobre estabilidade de encosta, assinale a alternativa que completa a lacuna acima de forma CORRETA.

- (A) Estrutura de impacto.
- (C) Estrutura monolítica.
- (B) Estrutura ancorada.
- (D) Banqueta.

24. (IGEDUC/Prefeitura de Triunfo - 2023) Julgue os itens subsequentes.

O objetivo da análise de estabilidade é avaliar a possibilidade de ocorrência de escorregamento de massa do solo presente em talude natural ou construído. A instabilidade do talude é deflagrada quando as tensões cisalhantes mobilizadas se tornam diferente à resistência ao cisalhamento.

25. (CREA-RJ/SELECON - 2023) Movimentos de massa podem ser classificados segundo características do material mobilizado e da velocidade e natureza do movimento. O movimento de massa de um saprolito, com geometria em prisma delimitada por duas estruturas planares e desfavoráveis à estabilidade, deslocando-se ao longo do eixo de intersecção desses planos, pode ser classificado como:

- A) rastejo.
- B) deslocamento.
- C) fluxo de detritos
- D) escorregamento planar.
- E) escorregamento em cunha.

26. (Instituto Consulplan/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - 2023) O termo “solo reforçado” se refere à aplicação de reforços resistentes à tração em maciços terrosos, como forma de obter um compósito com melhores características mecânicas. O sistema é formado por três elementos: solo, elementos de reforço (inclusões) e elementos de face (paramento). Tal técnica considera a inclusão de elementos de reforço metálico ou geossintético. A inclusão de elementos metálicos ou geossintéticos no maciço confere aos muros e taludes em solo reforçado as condições de resistência interna e estabilidade geral necessárias limitando os deslocamentos. Tendo em vista que a parte 1 da ABNT NBR 16920 especifica os requisitos de projeto e execução de muros e taludes em meios terrosos contínuos reforçados e aterros com materiais reciclados em casos específicos, assinale a afirmativa correta.

(A) Fator de redução: é a relação entre a resistência ao cisalhamento da interface entre o solo e o reforço e a resistência ao cisalhamento do solo; não pode ser confundido com fator de segurança.



(B) Elementos de reforço: podem ser do tipo metálico como tiras, grelhas soldadas, barras e malhas; ou do tipo geossintético como geotêxteis, geogrelhas, geotiras e geobarras, sendo vedados outros tipos de elementos de reforço.

(C) Paramento face: conjunto de elementos que produzem o revestimento externo dos muros e taludes de solo reforçado ou grampeado, podendo ter função estrutural ou não. O maciço é o meio terroso contínuo passível de ser reforçado por meio de inclusões.

(D) Ensaios mínimos: são necessários para caracterização do material do aterro, realizados em, no mínimo, três amostras para caracterização de jazida e sempre que houver uma mudança tátil visual de material do aterro; são limites de plasticidade e de liquidez e umidade natural.

27. (Instituto Consulplan/Prefeitura Municipal de Nova Friburgo - 2023) A imagem evidencia a terminologia dos elementos de um escorregamento, segundo a NBR 11682/2009 – Estabilidade de encostas, prescreve os requisitos exigíveis para o estudo e controle da estabilidade de encostas e taludes resultantes de cortes e aterros realizados em encostas:

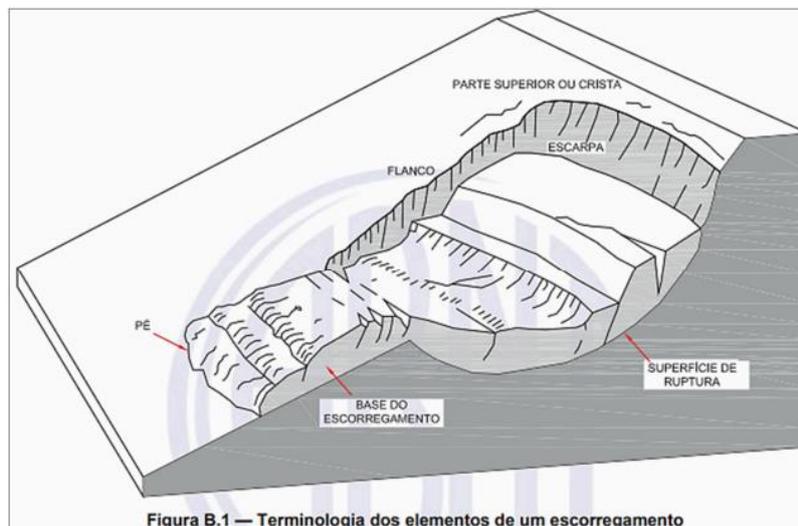


Figura B.1 — Terminologia dos elementos de um escorregamento

(NBR 11682/2009.)

Define-se como escarpa:

- (A) Superfície do terreno natural onde houve ruptura.
- (B) Material escorregado, que ficou sobre a superfície de ruptura.
- (C) Porção da massa escorregada situada além da superfície de ruptura.
- (D) Superfície íngreme do terreno intacto correspondente à parte visível da superfície de ruptura.

28. (Cesgranrio/Transpetro - 2023) Nos projetos envolvendo estruturas de contenção, além dos esforços provenientes do solo, essas estruturas devem ser calculadas para suportar uma carga accidental mínima, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

Segundo a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas –, o valor mínimo dessa carga accidental, em kPa, é

- (A) 12



- (B) 15
- (C) 20
- (D) 32
- (E) 36

29. (Cesgranrio/Transpetro - 2023) Ao término de uma determinada obra de contenção de encosta, a empresa executora está elaborando o Manual do Usuário a ser encaminhado ao proprietário, no qual consta, dentre outras providências de manutenção, a periodicidade das visitas à obra, para detectar situações anômalas.

Segundo a ABNT NBR 11682:2009 – Estabilidade de encostas –, essas visitas periódicas devem ocorrer, no mínimo, a cada

- (A) 6 meses
- (B) 12 meses
- (C) 18 meses
- (D) 2 anos
- (E) 3 anos

30. (Selecon/Câmara de Várzea Grande - 2022) A figura a seguir apresenta um tipo de muro de arrimo, constituído por gaiolas metálicas, preenchidas com pedras arrumadas manualmente e construídas com fios de aço galvanizado em malha hexagonal de dupla torção.



(Fonte: <https://www.escolaengenharia.com.br/>)

Esse tipo de muro é denominado:

- (A) Muro de gravidade
- (B) Muro de gabião
- (C) Muro de flexão



(D) Cribwall

31. (FEPESE/CASAN - 2022) A Geologia Urbana refere-se aos estudos geológicos realizados em áreas urbanas, constituindo a mais radical intervenção modificadora do homem no meio físico natural. Destacam-se entre esses estudos os movimentos de massa, que são movimentos gravitacionais responsáveis pela mobilização de solo, sedimentos e rochas encosta abaixo, geralmente potencializados pela ação da água.

O geólogo tem como uma de suas atribuições conhecer e caracterizar esses movimentos de massa principalmente nas grandes cidades.

Assinale a alternativa correta em relação ao assunto.

(A) Subsidência é um movimento de massa caracterizado pelo afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.

(B) O fluxo ou corrida de detritos é um movimento de massa de baixa energia representado por mistura de sedimentos e rochas saturadas em água sob efeito da gravidade.

(C) Avalanches ou quedas de rochas são movimentos de massa de baixa velocidade que resultam na acumulação de material na base da encosta como tálus.

(D) O rastejamento ou solifluxão é um movimento de massa constante, intermitente ou sazonal, de geometria indefinida, com baixas velocidades crescentes com a profundidade.

(E) O deslizamento ou escorregamento planar (translacional) é um movimento de massa de alta declividade da encosta, com poucos planos de deslocamento internos e velocidades médias a baixas.

32. (Fundação La Salle/Prefeitura Municipal de Bento Gonçalves - 2022) De acordo com a NBR 11682 — Estabilidade de Encostas, “projetos envolvendo obras de contenção em solo” são aqueles com elementos destinados a contrapor-se aos esforços estáticos proveniente 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 _____, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado. A utilização de valores inferiores para sobrecarga acidental deve ser devidamente justificada pelo engenheiro civil geotécnico.

Para que o texto acima esteja correto a lacuna deverá ser preenchida por:

(A) 10 kPa.

(B) 20 kPa.

(C) 30 kPa.

(D) 40 kPa.

(E) 50 kPa.

33. (IBFC/SEAD - 2022) Considere os movimentos de massa comuns no Brasil, definidos a seguir.



I. Movimento descendente, lento e contínuo da massa de solo de um talude, caracteriza uma deformação plástica, sem geometria e superfície de ruptura definidas.

II. Movimentos gravitacionais na forma de escoamento rápido, envolvendo grandes volumes de materiais. Caracterizados pelas dinâmicas da mecânica dos sólidos e dos fluidos, pelo volume de material envolvido e pelo extenso raio de alcance que possuem, chegando até a alguns quilômetros, apresentando alto potencial destrutivo.

III. Movimento rápido de massas do solo e/ou rocha, com volume bem definido, sendo que o centro de gravidade do material desloca-se para baixo e para fora do talude, seja ele natural, de corte ou aterro.

IV. Deslocamentos, por gravidade, de blocos de rocha, sendo divididos em 4 tipos básicos: queda de blocos; tombamento de blocos; rolamento de blocos e deslocamento.

Assinale a alternativa que corresponde às definições I, II, III e IV, respectivamente.

- a) Rastejo, corridas, escorregamentos e movimentos de blocos
- b) Escorregamentos, movimentos de blocos, rastejo e corridas
- c) Movimentos de blocos, rastejo, escorregamentos e corridas
- d) Rastejo, escorregamentos, corridas e movimentos de blocos
- e) Corridas, rastejo, escorregamentos e movimentos de blocos

34. (FUMARC/PC-MG - 2021) Em relação à mecânica dos solos, são corretas as seguintes afirmações, EXCETO:

Uma massa de solo pode ser considerada como um conjunto de partículas sólidas, encerrando vazios de formas e tamanhos variados que, por sua vez, podem estar preenchidos com água, ar ou ambos.

(A) O conceito de atrito entre os sólidos está fundamentalmente ligado ao conceito de movimento: o atrito surge quando se verifica tendência ao movimento.

(B) Talude é um termo genérico, compreendendo qualquer superfície inclinada que limita um maciço de terra, de rocha ou de ambos. Somente será natural.

(C) Um período de chuvas pesadas pode causar um rápido aumento da pressão da água na fenda de tração, que pode vir, rapidamente, a ser preenchida, se um sistema adequado de drenagem não tiver sido instalado no talude.

(D) Uma massa de solo pode ser considerada como um conjunto de partículas sólidas, encerrando vazios de formas e tamanhos variados que, por sua vez, podem estar preenchidos com água, ar ou ambos.

35. (FCC / Prefeitura de São José do Rio Preto - 2019) Para evitar danos nas estruturas de contenção (cortina, muro, gabião etc.), na compactação de aterro junto a elas, deve ser respeitada uma distância do paramento interno da estrutura, na qual não pode ser utilizado equipamento mecânico de compactação, de no mínimo.



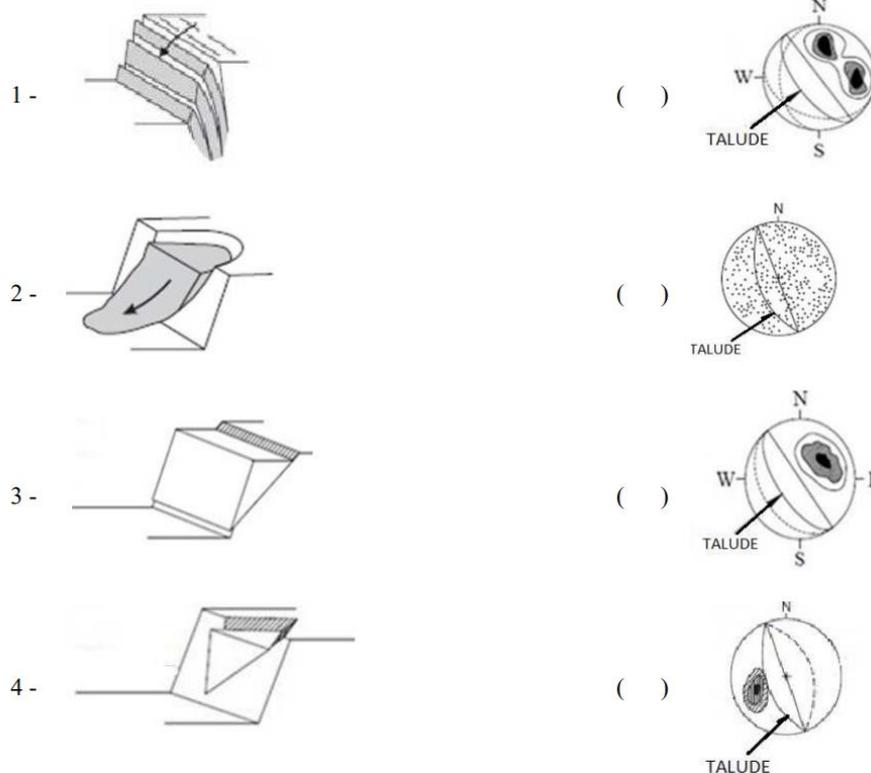
- (A) 1,00 m.
- (B) 1,50 m.
- (C) 1,20 m.
- (D) 2,00 m.
- (E) 0,50 m.

36. (COPEVE/UFMG - 2019) Os taludes de uma mina lavrada a céu aberto estão sujeitos a rupturas. As rupturas são, geralmente, governadas pelas estruturas presentes no maciço rochoso (descontinuidades, fraturas e falhas).

Em talude, em solo ou em rochas muito intemperizadas, o modo de ruptura mais frequente observado é

- A) Ruptura Planar.
- B) Ruptura em Cunha.
- C) Ruptura por Tombamento flexural.
- D) Ruptura Circular.

37. (UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2019) A representação gráfica das descontinuidades é realizada por meio da técnica de projeção estereográfica, seja para análise no campo da geologia estrutural e/ou aplicada a estudos de estabilidade de taludes. Nesse caso, as projeções mostram, estereograficamente, o talude com diferentes tipos de rupturas, seja em maciço terroso ou rochoso. Sobre as representações estereográficas, numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.



Marque a sequência correta.

- (A) 3, 2, 4, 1
- (B) 4, 3, 1, 2
- (C) 3, 4, 1, 2
- (D) 4, 2, 3, 1

38. (IBADE/DEPASA - 2019) Além das propriedades de massa como petrofábrica, empacotamento, porosidade, permeabilidade e cor, existem outras igualmente importantes na completa caracterização desses materiais sedimentares. Existe uma propriedade que está ligada às forças superficiais que tendem a conservar juntas as partículas de um sedimento, mesmo sem litificação. Esta propriedade é especialmente acentuada em partículas mais finas como, por exemplo, de diâmetros inferiores a 0,01mm (siltes - finos e argilas) e mais baixa em sedimentos de diâmetros maiores (areias e siltes grossos).

Esta propriedade é denominada:

- (A) elasticidade.
- (B) coesão.
- (C) densidade.
- (D) compactibilidade.
- (E) suscetibilidade magnética.

39. (IBADE/DEPASA - 2019) A movimentação de coberturas como solos ou sedimentos inconsolidados em encostas de morro tem velocidades muito variáveis. Os movimentos rápidos, com deslizamentos catastróficos, acontecem com frequência em épocas de forte chuvas, em regiões de relevo acidentado.

Os movimentos muito lentos do solo são chamados de:

- (A) deslizamento do solo.
- (B) ruptura do solo.
- (C) descontinuidades do solo.
- (D) rastejamento do solo.
- (E) fragmentação do solo.

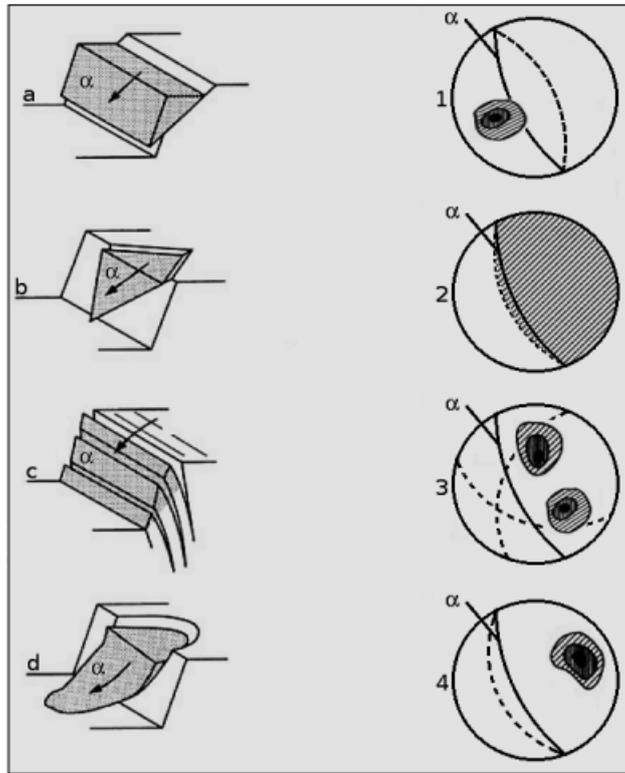
40. (FUMARC/CEMIG- 2017) A figura ao lado apresenta, na primeira coluna e assinaladas de a a d, quatro situações de ruptura associadas a condições naturais predisponentes; na segunda coluna e assinalados de 1 a 4, projeções estereográficas relacionadas às mesmas feições de ruptura. Na primeira coluna, a

101

110



face do talude original é representada por α , e é indicada da mesma forma, nas projeções estereográficas, pelo grande círculo contínuo. Na segunda coluna, as faixas hachuradas correspondem a concentrações dos polos dos planos de ruptura.



A alternativa que faz a CORRETA associação entre a primeira e a segunda colunas é:

- (A) a1 - b4 - c2 - d3
- (B) a2 - b1 - c4 - d3
- (C) a3 - b2 - c1 - d4
- (D) a4 - b3 - c1 - d2

41. (FUMARC/CEMIG- 2017) Assinale a alternativa que comporta uma afirmativa INCORRETA:

- (A) A prospecção geotécnica objetiva uma redução do custo associado ao risco de uma construção; imprescindíveis à prospecção são, por exemplo, a determinação dos parâmetros de resistência mecânica dos solos (seco / úmido) frente à variação do nível freático.
- (B) Hipóteses simplificadoras fundamentadas nas informações disponíveis sobre as propriedades gerais de rochas e de solos e as que orientam a própria concepção do projeto estrutural de edificações concorrem para que as construções muitas vezes não se comportem como previsto.
- (C) Os deslocamentos verticais e horizontais do maciço, bem como o de peças estruturais ligadas a ele, podem causar desdobramentos muitíssimo diversificados; toda sobrecarga externa tem, portanto, efeitos negativos sobre a integridade e a estabilidade dos materiais de substrato.



(D) Quanto maior for o volume de terra submetido a carregamento ou a movimentação de massa (nos casos de taludes de corte ou de aterro), maior também deve ser o volume de terra amostrado na fase de prospecção de maneira a oferecer um quadro mais completo do substrato de edificações.

42. (FUMARC/CEMIG- 2017) Sobre os estados de tensão em maciços de solo, fazem-se as seguintes afirmações:

I. Escorregamentos são movimentos de massa rápidos cuja deflagração ocorre quando as tensões cisalhantes desenvolvidas no maciço atingem a resistência cisalhante do material, definindo-se uma superfície de ruptura segundo as zonas de menor resistência interna.

II. Os escorregamentos são classificados, por exemplo, segundo critérios geométricos, reconhecendo-se superfícies planares, circulares, em cunha ou mistas que podem se desenvolver a partir da interação de fatores estruturais e geomorfológicos, de um lado, e antrópicos, de outro.

III. Os movimentos de massa podem ser deflagrados pelo aumento da solicitação aplicada a porções de um maciço - como decorre, por exemplo, da remoção lateral ou basal de massa -, bem como por fatores ligados a solicitações dinâmicas - decorrentes de tráfego ou explosões, por exemplo.

Está CORRETO o que se afirma em:

- (A) Nenhuma das assertivas é verdadeira.
- (B) Apenas uma assertiva é verdadeira.
- (C) Apenas duas assertivas são verdadeiras.
- (D) Todas as assertivas são verdadeiras.

43. (FGV/COMPESA - 2016) Leia o fragmento a seguir, que diz respeito à classificação e aos fatores condicionantes dos movimentos de solo e rocha.

“O que diferencia a(o) _____ da(o) _____, ambos envolvendo _____, é a presença de _____ no primeiro e a sua ausência no segundo”.

Assinale a opção que completa corretamente as lacunas do fragmento acima.

- (A) erosão eólica – erosão fluvial – solo – grãos de areia
- (B) deslizamento planar – queda – rocha – superfícies de ruptura
- (C) deslizamento rotacional – corrida de massa – rocha – linhas de drenagem
- (D) subsidência – adensamento – solo – terrenos cárstico
- (E) expansibilidade – adensamento – solo – argilominerais

44. (FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) Os solos de encosta frequentemente estão submetidos a tensões cisalhantes, que podem ser responsáveis por rupturas associadas a movimentos



de massa catastróficos, ou seja, quando tais movimentos apresentam grandes dimensões e atingem áreas urbanas densamente ocupadas.

Os parâmetros de resistência que governam a estabilidade dos solos frente às tensões de cisalhamento são:

- (A) peso específico e ângulo de atrito;
- (B) peso específico e coesão aparente;
- (C) coesão verdadeira e coesão aparente;
- (D) coesão verdadeira e ângulo de atrito;
- (E) coesão aparente e umidade do solo.

45. (FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) Muitas vezes a estabilidade de uma encosta está relacionada com o teor de umidade do solo, em especial quando este se encontra acima da zona de saturação. Desse modo, é sabido que a água presente nos solos não saturados encontra-se submetida a condições de pressão:

- (A) de 0,1 atm, que é o máximo no interior dos solos;
- (B) de 0,5 atm, que é o mínimo no interior dos solos;
- (C) inferior à pressão atmosférica, devido à capilaridade;
- (D) superior à pressão atmosférica, devido à capilaridade;
- (E) igual à pressão do ar atmosférico no local da encosta.

46. (FGV/Prefeitura Municipal de Florianópolis - 2014) As ocupações urbanas densas e consideradas legalmente irregulares que se edificam sobre terrenos de encosta geralmente apresentam vazamentos constantes de tubulações de abastecimento de água ou de escoamento de esgotos. Esses vazamentos infiltram-se no solo e podem ser facilitadores de deslizamentos em períodos chuvosos de elevada intensidade, principalmente porque:

- (A) ocorre aumento da lubrificação do solo em decorrência da infiltração que instabiliza a encosta;
- (B) ocorre redução do coeficiente de adensamento em decorrência da umidade do solo que instabiliza a encosta;
- (C) a carga das edificações associada com a lubrificação do solo provoca a instabilização da encosta;
- (D) o elevado grau de saturação preexistente provoca a poropressão positiva que instabiliza a encosta;
- (E) a infiltração causada pelos vazamentos produz um excessivo adensamento do solo, que é a causa dos deslizamentos.

47. (COPEVE/UFMG - 2019) O critério de ruptura de Mohr-Coulomb é muito utilizado na mineração a céu aberto para o cálculo de estabilidade de talude em rochas. O critério de ruptura é expresso pela equação matemática: $t = C + \sigma n \tan \phi$



Assinale a alternativa que apresenta os nomes dos termos da equação do critério de ruptura.

- A) Tensão cisalhante, Coesão, Tensão de tração e Ângulo de atrito interno.
- B) Empolamento, Coesão, Tensão cisalhante e Ângulo de repouso.
- C) Tensão de tração, Coesão, Tensão cisalhante e Ângulo de atrito interno.
- D) Tensão cisalhante, Coesão, Tensão normal e Ângulo de atrito interno

48. (FCC/ Prefeitura do Município de São Paulo - 2008) Movimentos gravitacionais de massa podem ser induzidos por intervenções antrópicas. Dentre estas intervenções destacam-se

- (A) a remoção da cobertura vegetal e os retaludamentos.
- (B) os vazamentos na rede de abastecimento e a execução de cortes com geometria incorreta.
- (C) a execução de cortes com geometria incorreta e os retaludamentos.
- (D) os retaludamentos e as cortinas cravadas.
- (E) os vazamentos na rede de abastecimento e a construção de drenagens superficiais.

49. (UFMT/Prefeitura Municipal de Várzea Grande - 2019) O tema Estabilidade de Taludes envolve a questão de segurança de encostas naturais, taludes de corte, taludes de aterros e pilhas de mineração, e, para tratar essa questão, é fundamental a caracterização geológicogeotécnica na identificação dos agentes, das causas e dos condicionantes atuantes para o processo de estabilização. Além de avaliar esses mecanismos deflagradores, tipos de movimentos de massa, compartimentação dos maciços terrosos, rochosos e/ou mistos (solos e rochas), também se faz necessário caracterizar parâmetros geomecânicos, investigações de superfície e subsuperfície e fator de segurança para a escolha correta de técnicas de contenção. As obras de estrutura de técnicas de contenção podem ser classificadas em contenções passivas, ativas, sem estrutura de contenção e obras de proteção superficial.

Sobre esses tipos de técnicas de contenção, marque V para as afirmativas verdadeiras e F para as falsas.

- () Obras de contenção passivas: muros de arrimo, cortinas cravadas, cortinas ou muros ancorados sem protensão.
- () Obras de contenção ativas: muros e cortinas atirantadas, placas atirantadas.
- () Obras sem estrutura de contenção: retaludamento, drenagem, enfilagens.
- () Obras de proteção superficial: enfilagens, muros de espera, drenagem superficial.

Assinale a sequência correta.

- [A] V, V, F, F
- [B] F, V, F, V
- [C] V, F, V, F
- [D] F, F, V, V



GABARITO

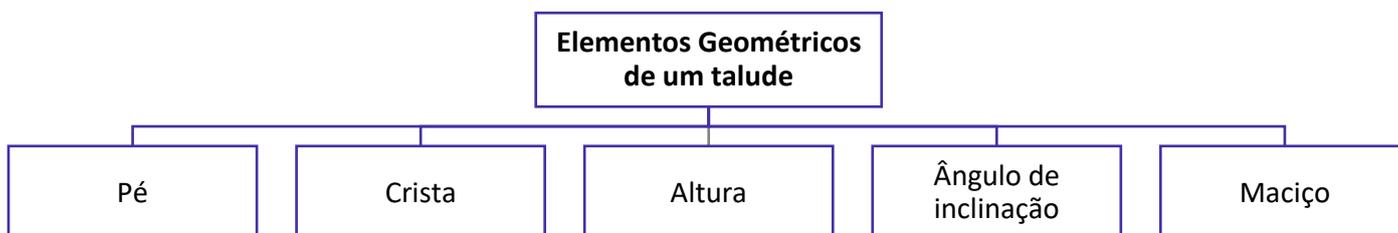


- | | | |
|---------------|---------------|-------------|
| 1. CORRETA | 18. CORRETA | 35. LETRA D |
| 2. INCORRETA | 19. INCORRETA | 36. LETRA D |
| 3. CORRETA | 20. LETRA C | 37. LETRA D |
| 4. CORRETA | 21. LETRA D | 38. LETRA B |
| 5. INCORRETA | 22. LETRA C | 39. LETRA D |
| 6. CORRETA | 23. LETRA A | 40. LETRA D |
| 7. CORRETA | 24. INCORRETA | 41. LETRA C |
| 8. INCORRETA | 25. LETRA E | 42. LETRA D |
| 9. INCORRETA | 26. LETRA C | 43. LETRA B |
| 10. CORRETA | 27. LETRA D | 44. LETRA D |
| 11. INCORRETA | 28. LETRA C | 45. LETRA C |
| 12. CORRETA | 29. LETRA A | 46. LETRA D |
| 13. INCORRETA | 30. LETRA B | 47. LETRA D |
| 14. CORRETA | 31. LETRA A | 48. LETRA B |
| 15. ANULADA | 32. LETRA B | 49. LETRA A |
| 16. INCORRETA | 33. LETRA A | |
| 17. CORRETA | 34. LETRA B | |



RESUMO

Um **talude** pode ser entendido como qualquer **terreno inclinado**, ou seja, quando o ângulo formado entre a superfície do terreno e a horizontal é diferente de zero.



Os **materiais** que compõem um talude, juntamente com a inclinação do talude, fornecem as principais características geotécnicas, incluindo, maior ou menor resistência ao cisalhamento, sendo relevantes quando se trata da avaliação da estabilidade do talude. Com relação ao ângulo de inclinação do talude, **quanto maior a inclinação, menor a sua estabilidade**.



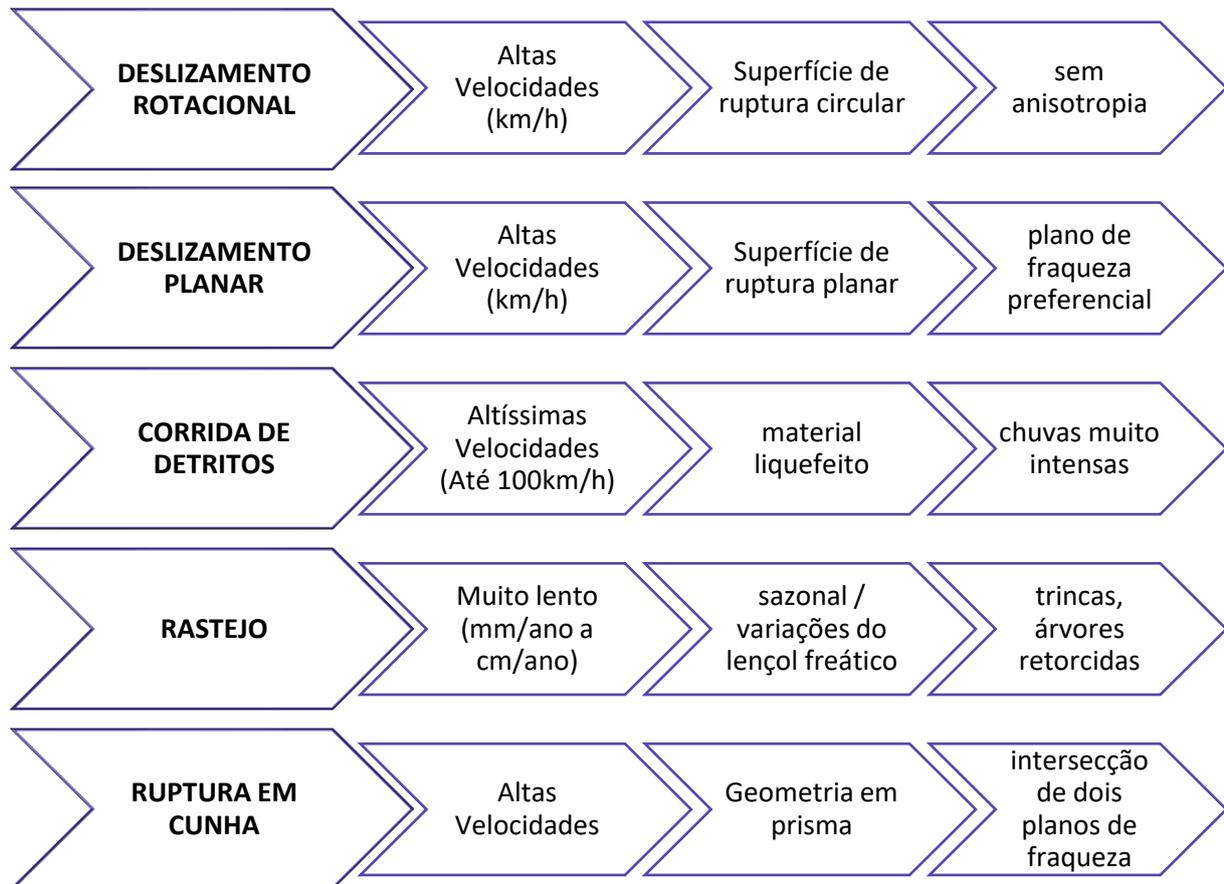
As feições formadas na ruptura de um talude dependem de aspectos relacionados com a **geometria do talude** e com as **características e propriedades dos materiais** que o constituem. Além disso, algumas **feições geológicas** (como foliação e falhas), e **climáticos** são condicionantes para a ocorrência de determinados tipos de movimento. A **superfície de ruptura** é a superfície formada no limite inferior do material deslocado e abaixo da superfície do solo original. Os principais formatos de superfície são: superfície curva ou circular, superfície plana, superfície multiplanar, superfície em cunha e queda de blocos.

TIPO DE MOVIMENTO DEPENDE

- Geometria do Talude;
- Propriedades dos materiais;
- Feições geológicas;
- Fatores climáticos.

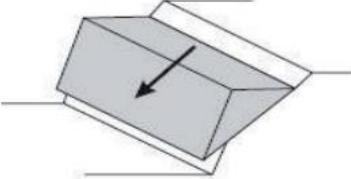
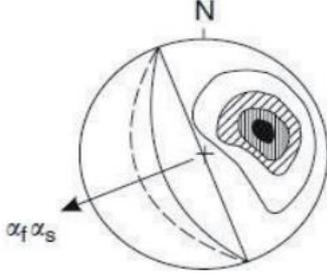
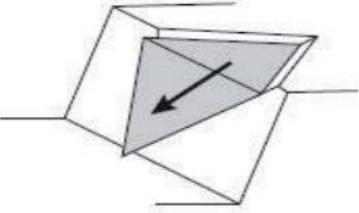
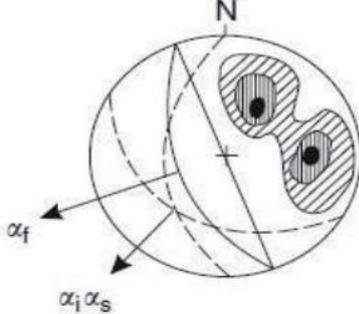
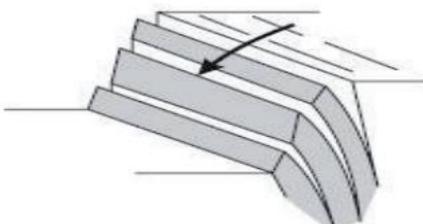
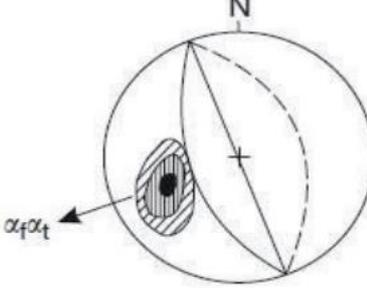
No esquema a seguir, são sintetizadas as principais características dos tipos de ruptura de solo.





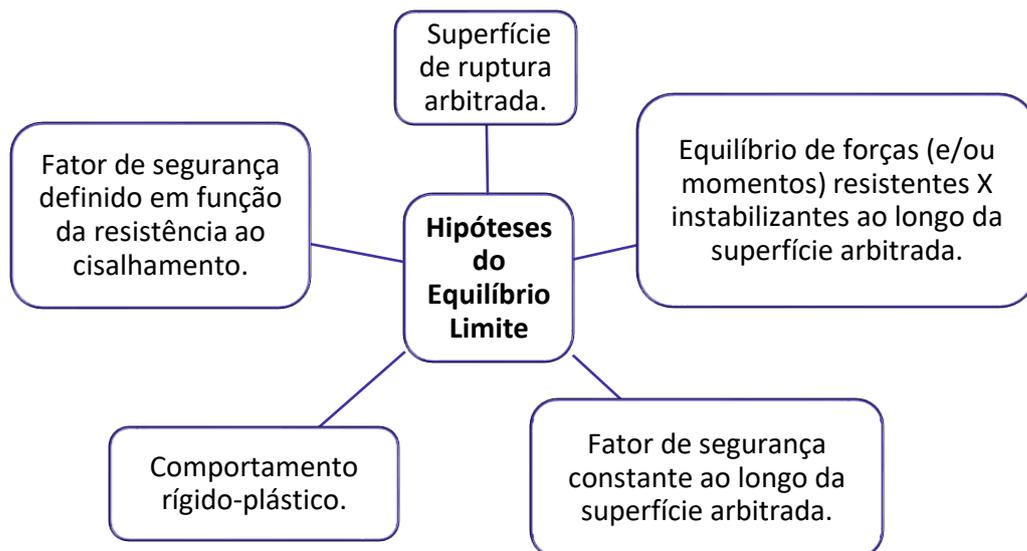
Os movimentos de massa ou instabilidade dos taludes estão relacionados à **perda de resistência** dos seus materiais constituintes, que podem ser devido a fatores como, **ação da água**, **mudanças de geometria** do talude e **sobrecargas** ou com a perda de resistência que ocorre com o **tempo**, devido, por exemplo, ao intemperismo.



Tipo de ruptura	Estereograma	Condições estruturais
<p>Planar</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Descontinuidade apresenta ângulo de mergulho menor que o do talude e direção paralela à face do talude. - Mergulho da descontinuidade maior que o ângulo de atrito.
<p>EM CUNHA</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Direção da intersecção dos planos de descontinuidade próxima da direção do mergulho do talude. - O mergulho da intersecção menor que o mergulho do talude e maior que o ângulo de atrito.
<p>TOMBAMENTO</p> 		<ul style="list-style-type: none"> - Rocha resistente contendo descontinuidades com mergulho alto para dentro do talude. - Normal ao plano de tombamento com mergulho menor que a inclinação do talude e menor que o ângulo de atrito.
LEGENDA		
 Concentração dos polos  Grande círculo representando a face do talude  Grande círculo representando as descontinuidades	<p>α_f - Direção do mergulho da face do talude.</p> <p>α_s - Direção de deslizamento.</p> <p>α_t - Direção de tombamento.</p> <p>α_i - Direção do mergulho da linha de intersecção.</p>	

Alguns métodos podem ser aplicados para avaliar a estabilidade de uma estrutura como um talude. Esses métodos incluem o Método de **Equilíbrio Limite** e o Método de **Elementos Finitos**. Cada um desses métodos possui suas especificações e hipóteses e são empregados a depender do propósito da análise. Apesar das limitações, o Método de Equilíbrio Limite é o principal utilizado nas análises de estabilidade de talude. As principais hipóteses consideradas no método de equilíbrio limite são:





Diferentes métodos de equilíbrio limite podem ser aplicados para análise de estabilidade de talude. Os principais são desenvolvidos a partir da divisão da massa potencialmente instável em fatias e realizar análise da estabilidade da massa através do **equilíbrio de forças e/ou momento** de cada fatia individual e/ou da massa toda. Contudo, o sistema decorrente das equações de equilíbrio é **indeterminado**, uma vez que há mais variáveis do que número de equações. Por isso, para resolver o problema são adotadas **hipóteses simplificadoras**, de maneira a reduzir o número de incógnitas. Cada hipótese simplificadora proposta consiste em um método de análise de estabilidade. Na tabela abaixo são sintetizadas as principais características dos principais métodos de análise de estabilidade de talude pelo método de equilíbrio limite.

Método	Equilíbrio de força e/ou momento	Superfície de ruptura
Fellenius	Força em uma direção e momento (simplificado)	Circular
BISHOP SIMPLIFICADO	Força em uma direção e momento (simplificado)	Circular
JANBU	Força X e Y (simplificado)	Qualquer
SPENCER	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer
MORGENSTER - PRICE (GLE)	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer
SARMA	Força em duas direções e momento (rigoroso)	Qualquer



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.