

PEF 3409 GEOTECNIA E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

ESTABILIDADE DE TALUDES

MARIA EUGENIA GIMENEZ BOSCOV

Referências:

- aulas do Prof. Dr. Waldemar Hachich para a disciplina PEF2403 – Obras de Terra
- Livro “Obras de Terra” do Prof. Dr. Faïçal Massad, editora Oficina de Textos
- aula de livre-docência (prova didática do concurso de livre docência) “Encostas naturais de colinas e montanhas na região sudeste do Brasil. Caracterização geológica-geotécnica e mecanismos de instabilização” da Profa. Dra. Maria Eugenia Gimenez Boscov

Problemas geotécnicos (Terzaghi, 1943)

- Elasticidade: modelo elástico linear (E, ν)
- Estabilidade: modelo rígido plástico (c', ϕ')
- Água (e seu fluxo)
 - Permanente: Laplace
 - Transiente:
 - Fluxo saturado – não saturado
 - Adensamento

Problemas de estabilidade



- Estabilidade de taludes
- Capacidade de carga de fundações
- Empuxo sobre muros de arrimo

Teoria da plasticidade

- Análise limite
- Equilíbrio limite

- Soluções analíticas para capacidade de carga de sapatas: Prandtl-Reiner, Terzaghi, Meyerhof

- Estabilidade de taludes: equilíbrio limite

Problemas de estabilidade

- Teoria da plasticidade
 - Equilíbrio limite

Problemas de estabilidade

- Teoria da plasticidade

 - Equilíbrio limite

- Modos de ruptura

 - Superfícies de escorregamento (observações de rupturas)

Problemas de estabilidade

- Teoria da plasticidade

 - Equilíbrio limite

- Modos de ruptura

 - Superfícies de escorregamento (observações de rupturas)

- Solicitações

 - Tensões nas superfícies de escorregamento

Problemas de estabilidade

□ Teoria da plasticidade

Equilíbrio limite

□ Modos de ruptura

Superfícies de escorregamento (observações de rupturas)

□ Solicitações

Tensões nas superfícies de escorregamento

□ Resistência

Tensões nas superfícies de escorregamento

Modelo de resistência



<http://www.youtube.com/watch?v=aPpKd49MknA>

<http://www.youtube.com/watch?v=Ny94aGWOPw>

https://www.youtube.com/watch?v=KuYe_IZsuB0

<http://www.youtube.com/watch?v=3q-qfNIEP4A>

http://youtu.be/sQo_sVIsSBA

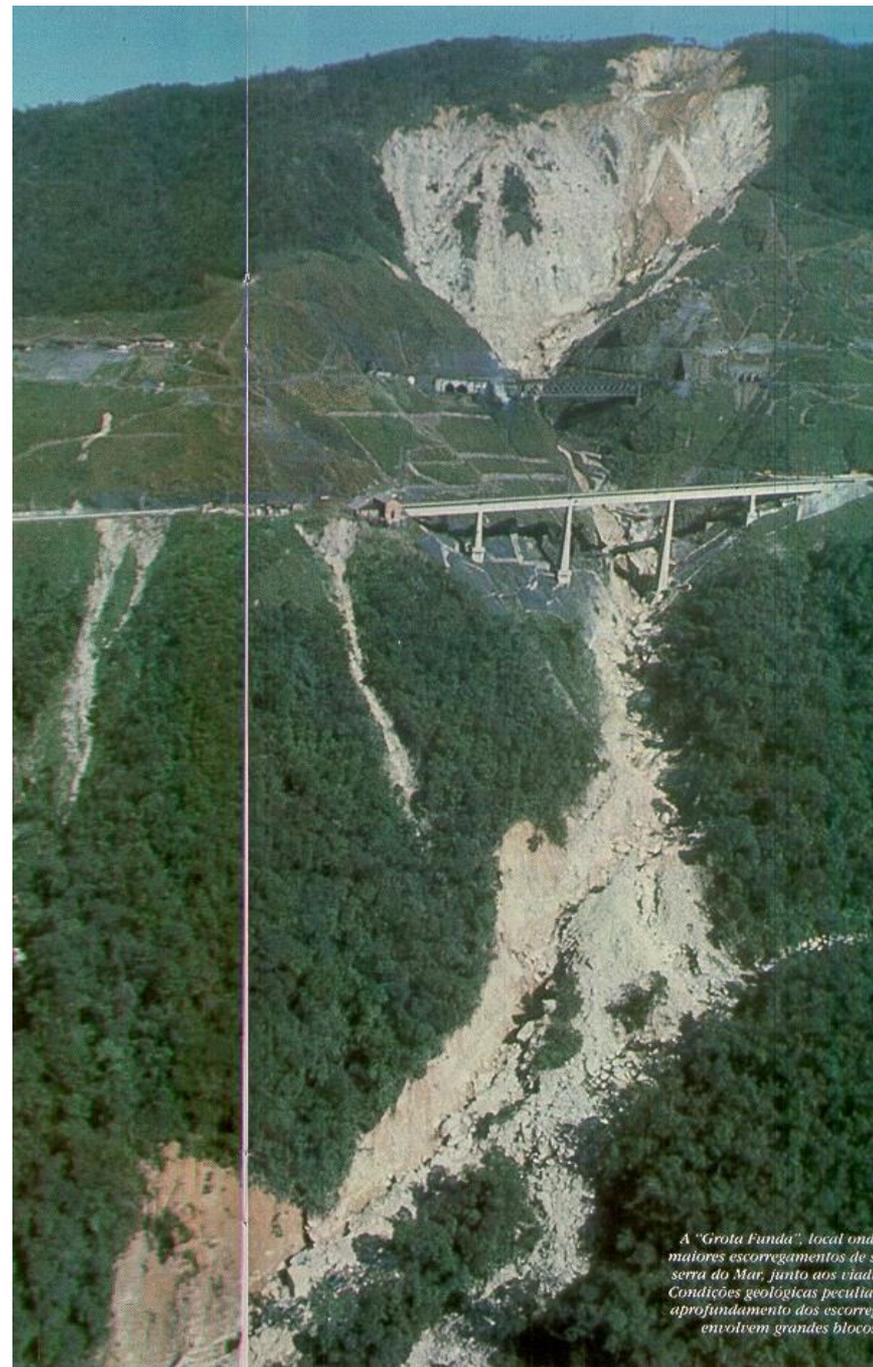
Problemas de estabilidade

- Escolha de uma superfície de escorregamento (forma e dimensões)
- Equações de equilíbrio do bloco delimitado pela superfície de escorregamento
($\Sigma V=0, \Sigma H=0, \Sigma M=0$)
- Determinação do fator de segurança da superfície de escorregamento escolhida
- Pesquisa da superfície crítica: cálculo do fator de segurança para outras superfícies (mesma forma mas dimensões diferentes)
- Determinação da superfície crítica (menor fator de segurança)

Escorregamentos

- Movimentos coletivos de solo ou rocha em que a massa instabilizada desliza sobre uma superfície claramente delimitada no maciço estável, envolvendo um volume bem definido de material.

Grota Funda



*A "Grota Funda", local onde
maiores escorregamentos de si
serra do Mar, junto aos viaduz
Condições geológicas peculiar
aprofundamento dos escorreg
envolvem grandes blocos*

Via Anchieta Pista Sul, Km 42 – Vista aérea do desvio, obras iniciais de estabilização e do escorregamento no início de março de 2000.







Escorregamento rotacional

- massa instabilizada desliza sobre uma superfície curva, cilíndrica ou conchoidal
- o material escorregado apresenta-se muitas vezes pouco deformado, sem distorções importantes no interior da massa instabilizada
- trincas a montante do escorregamento
- mobilidade das massas escorregadas geralmente pequena (no máximo algumas dezenas de metros)
- material se deposita na porção inferior da cicatriz

Escorregamento rotacional

- maciços isotrópicos
- frequentes em solos sedimentares, em horizontes superficiais evoluídos pedologicamente e em horizontes de solos saprolíticos de algumas rochas mais homogêneas e isotrópicas (granitos)
- maciços anisotrópicos nos quais a orientação dos principais planos de fraqueza não condiciona um escorregamento translacional

Escorregamento rotacional

- alterações nos estados de tensão do maciço decorrentes de mudanças geométricas impostas em sua região basal, devidas a cortes ou processos erosivos; e acréscimo de pressões neutras no interior do maciço devido à elevação da superfície freática de redes de percolação nas proximidades da superfície do talude.





(Marangon, Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra)



(Marangon, Tópicos em Geotecnia e Obras de Terra)

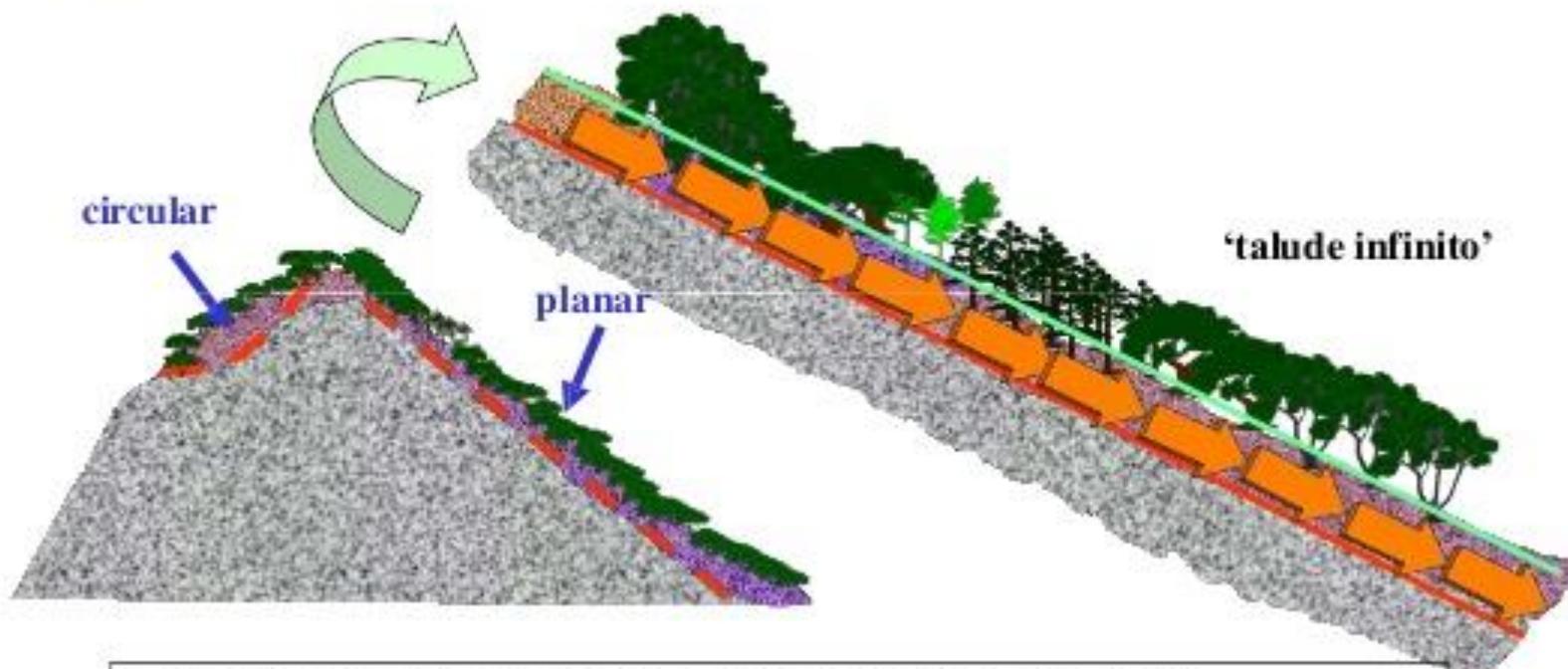


Escorregamento paralelo ao talude (translacional)

- “Taludes infinitos”
- camadas delgadas de solo deslizam sobre uma superfície aproximadamente paralela ao talude
- encostas retilíneas, de grande amplitude e inclinações superiores a 35° ou 40° , paralelas ao topo dos horizontes rochosos
- escorregamento envolve o horizonte superficial (mais raramente, o horizonte de solo saprolítico)
- predominantes nos trechos médio e alto das encostas

3.1 Superfície Plana de Ruptura - Talude 'Infinito'

‡ Superfície plana de ruptura em talude de grande extensão



- escorregamentos translacionais ao longo de taludes de inclinação uniforme;
- pequena cobertura de solo em relação à extensão da massa potencialmente instável;
- superfície de ruptura (e linhas de fluxo, no caso de percolação) admitida como sendo paralela à superfície do terreno;
- movimento de corpo rígido.

Escorregamento paralelo ao talude (translacional)

- espessura de 0,5 a 3 m, largura de 10 a 20 m, e comprimento de 20 a 100 ou até 200 m
- volumes relativamente reduzidos de material, da ordem de centenas de metros cúbicos
- massa mobilizada apresenta freqüentemente alta mobilidade e, dependendo da geometria da encosta, pode se deslocar várias centenas de metros
- longos períodos de elevada pluviosidade seguidos de eventos pluviométricos intensos

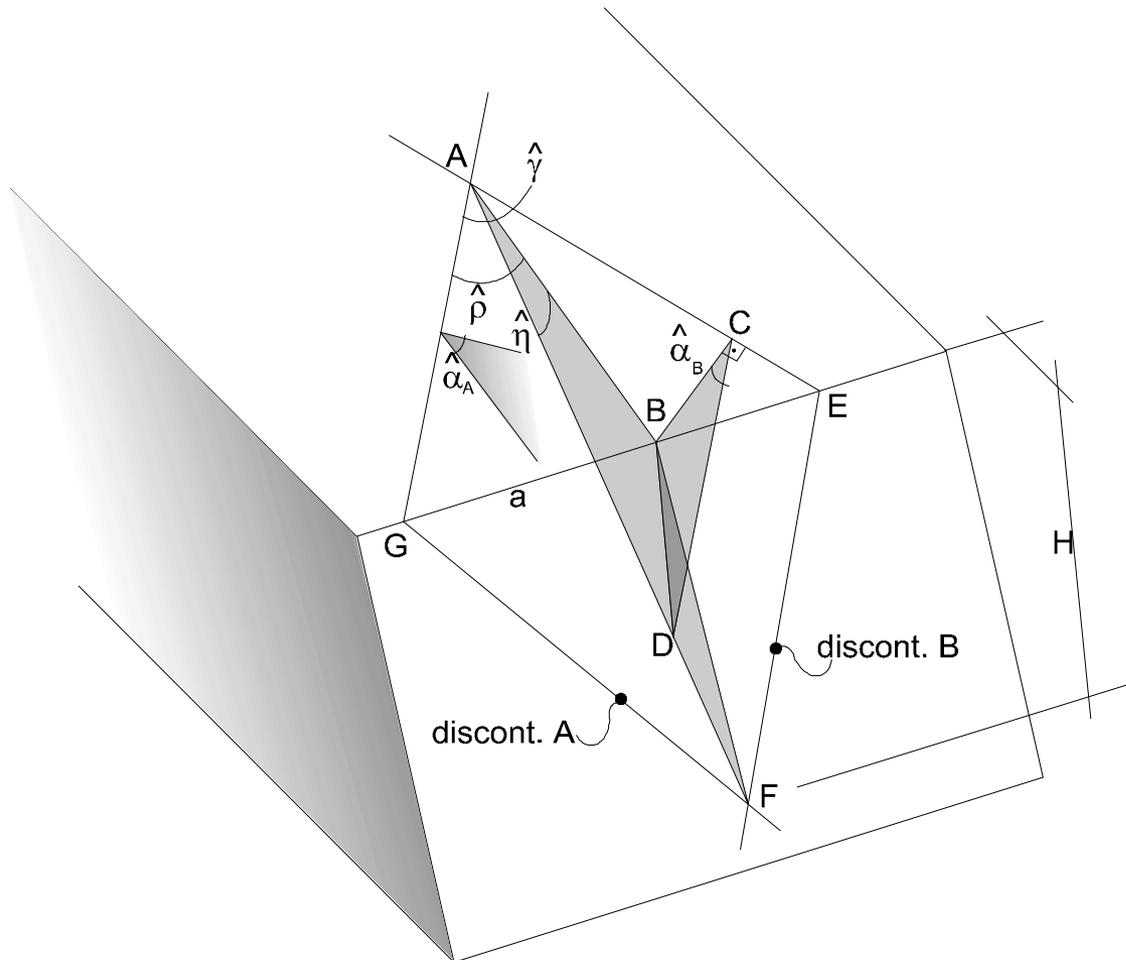
Escorregamento paralelo ao talude (translacional)

- Dois tipos de mecanismos
- “Clássico”: fluxo paralelo ao talude no horizonte de solo; diminuição da permeabilidade com a profundidade; rocha pouca fraturada; aumento das pressões neutras causa o escorregamento. Exemplo: Caneleira, Santos (Vargas, 1956)

Escorregamento paralelo ao talude (translacional)

- Fluxo vertical: aumento da permeabilidade com a profundidade; não são geradas pressões neutras positivas; diminuição da resistência do solo pelo aumento de umidade, durante o avanço da frente de saturação; a superfície de ruptura tende a coincidir com a frente de saturação. Exemplo: escorregamento do maciço dos túneis TA-6 e TA-7 da Rodovia dos Imigrantes, 1974/1975 (Wolle, 1980).

ANALISE TRIDIMENSIONAL DE CUNHA DE ROCHA



Escorregamento em cunhas

- Movimentos translacionais onde a massa instabilizada se destaca do maciço deslizando sobre uma superfície formada por um ou mais planos
- cortes em maciços
- maciços argilosos com isotropia de resistência, e maciços anisotrópicos, de solo ou rocha, nos quais planos pronunciados de menor resistência condicionam o movimento

Escorregamento em cunhas

- Em maciços argilosos: desconfinamento e desbarrancamento; cortes que acarretam o aparecimento de trincas de tração na porção superior do maciço; ruptura do talude durante ou logo após sua execução; trincas sujeitas ao preenchimento por água; talude fica submetido a um acréscimo de solicitação representado pelo empuxo hidrostático atuando nas trincas preenchidas.

Escorregamento em cunhas

- Em maciços com anisotropia de resistência: escorregamentos estruturados em rocha e saprolito; condicionados pelos planos de fraqueza (xistosidade, fraturas, juntas de alívio e outras feições estruturais observadas em rochas, principalmente as metamórficas e em seus horizontes saprolíticos); cortes com ângulo de inclinação maior do que o dos planos de fraqueza orientados no sentido desfavorável à estabilidade. Quando o corte não rompe durante ou logo após sua execução, devido ao desconfinamento do maciço, a abertura de fissuras associadas às estruturas preexistentes e seu preenchimento com água podem deflagrar o processo.

DEBRIS FLOW OF 1985

(84mm/1h; 265mm/1 day)



Moderate damage

**Decision to implement
some protection**

**8 low gabion dams
along the stream**

**8 higher gabion dams
in two other creeks**



Quedas

- tombamento de blocos, solo ou rocha, que se desprendem do maciço num movimento de rotação em torno da base e em seguida despencam num movimento aproximado de queda livre
- queda de blocos cuja camada inferior de suporte é removida por processos erosivos (solos sedimentares, horizontes de solo saprolítico de formações sedimentares, algumas rochas metamórficas e ígneas suscetíveis à desagregação superficial como alguns basaltos).
- Exemplos: Formação Morro Pelado em Santa Catarina (Guidicini e Nieble 1976) e cortes em solos variegados da Bacia Sedimentar de São Paulo (Wolle e Silva 1992).

Quedas

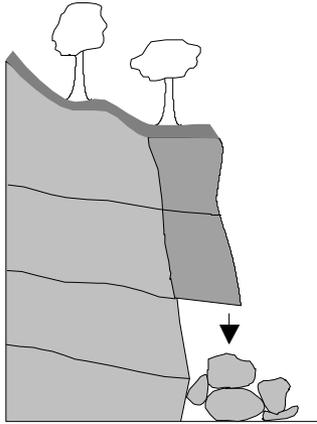
- Movimentos verticais em que o volume de material mobilizado se desprende do maciço sem que haja deslizamento sobre uma superfície de ruptura
- rápidos e de curta duração
- maciços de solo ou rocha, em penhascos íngremes ou taludes de corte aproximadamente verticais.

Rolamentos

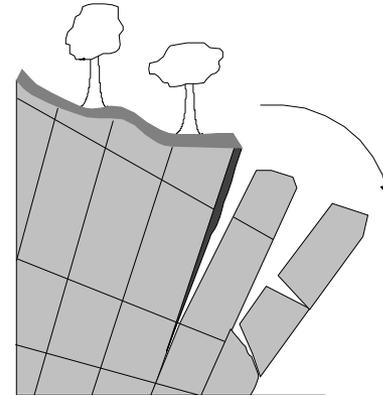
- blocos rochosos parcialmente imersos em solo (matacões) se desprendem do maciço
- solos residuais de rochas graníticas (granitos, gnaisses e migmatitos) e algumas rochas básicas (diabásio), onde o processo de intemperização tende a isolar no interior das camadas de solos residuais, blocos rochosos formados por zonas de maior resistência à desagregação físico-química.
- remoção do material que serve de apoio aos matacões, por processos erosivos ou escorregamentos, ou ainda devido à ação humana (cortes nas encostas, remoção da vegetação, alteração do regime de águas superficiais).

MODOS DE RUPTURA DE TALUDES

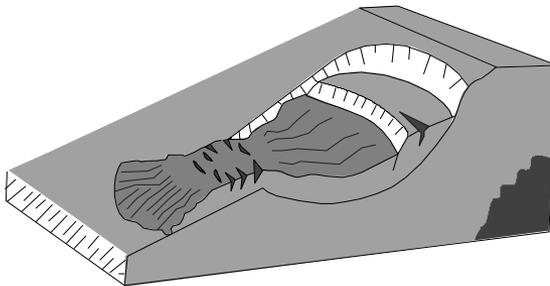
Fall



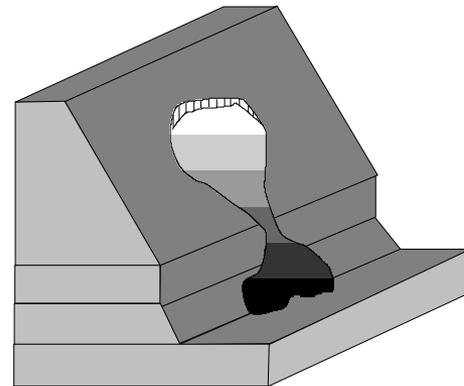
Topple



Slide



Flow



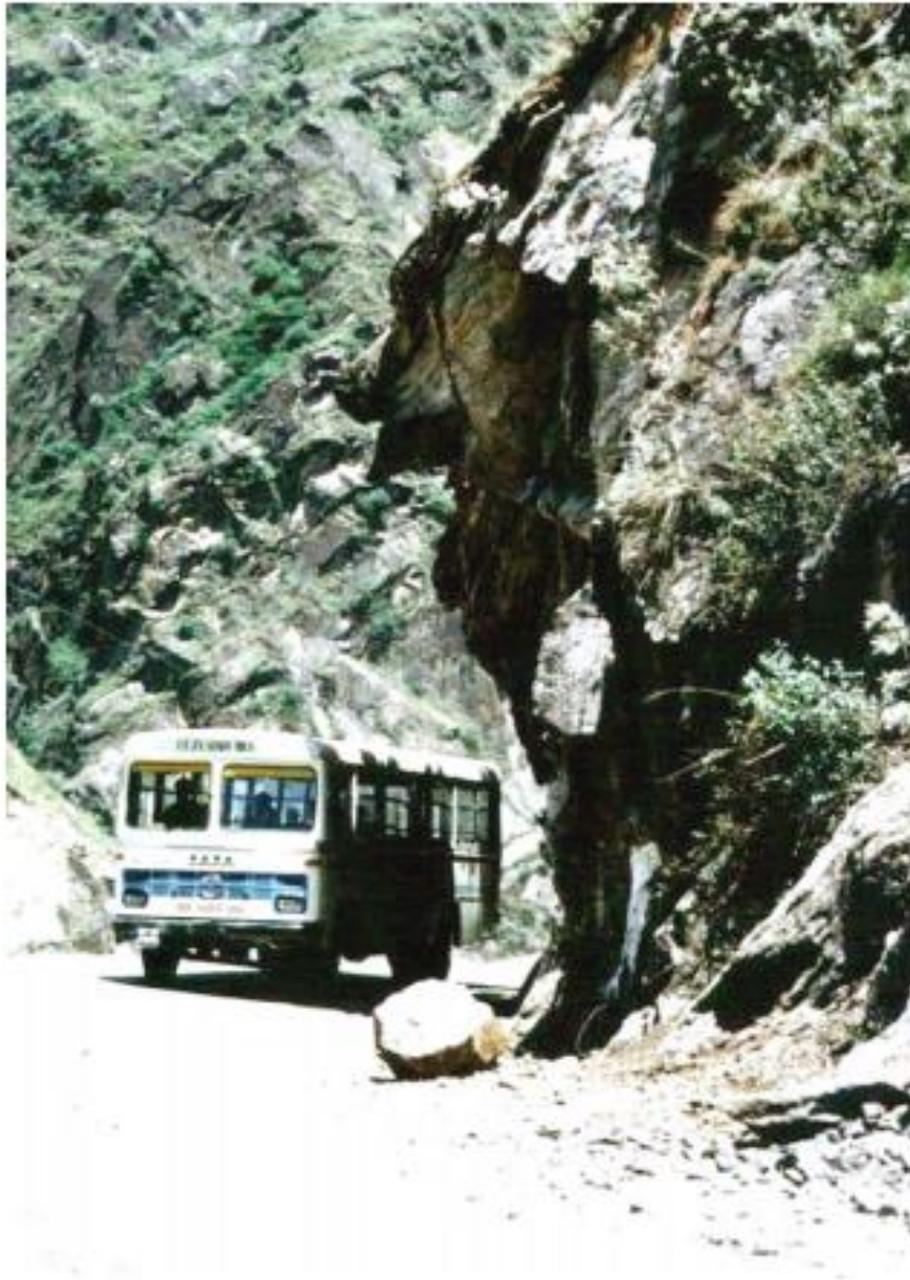


Figure 1: A rock slope on a mountain highway. Rockfalls are a major hazard on such highways

a: Anchor grouted into rock with cables attached.



b: Geobrug ring net shown restraining a boulder. These nets can be designed with energy absorbing capacities of up to 2500 kNm which is equivalent to a 6 tonne boulder moving at 20 m per second.

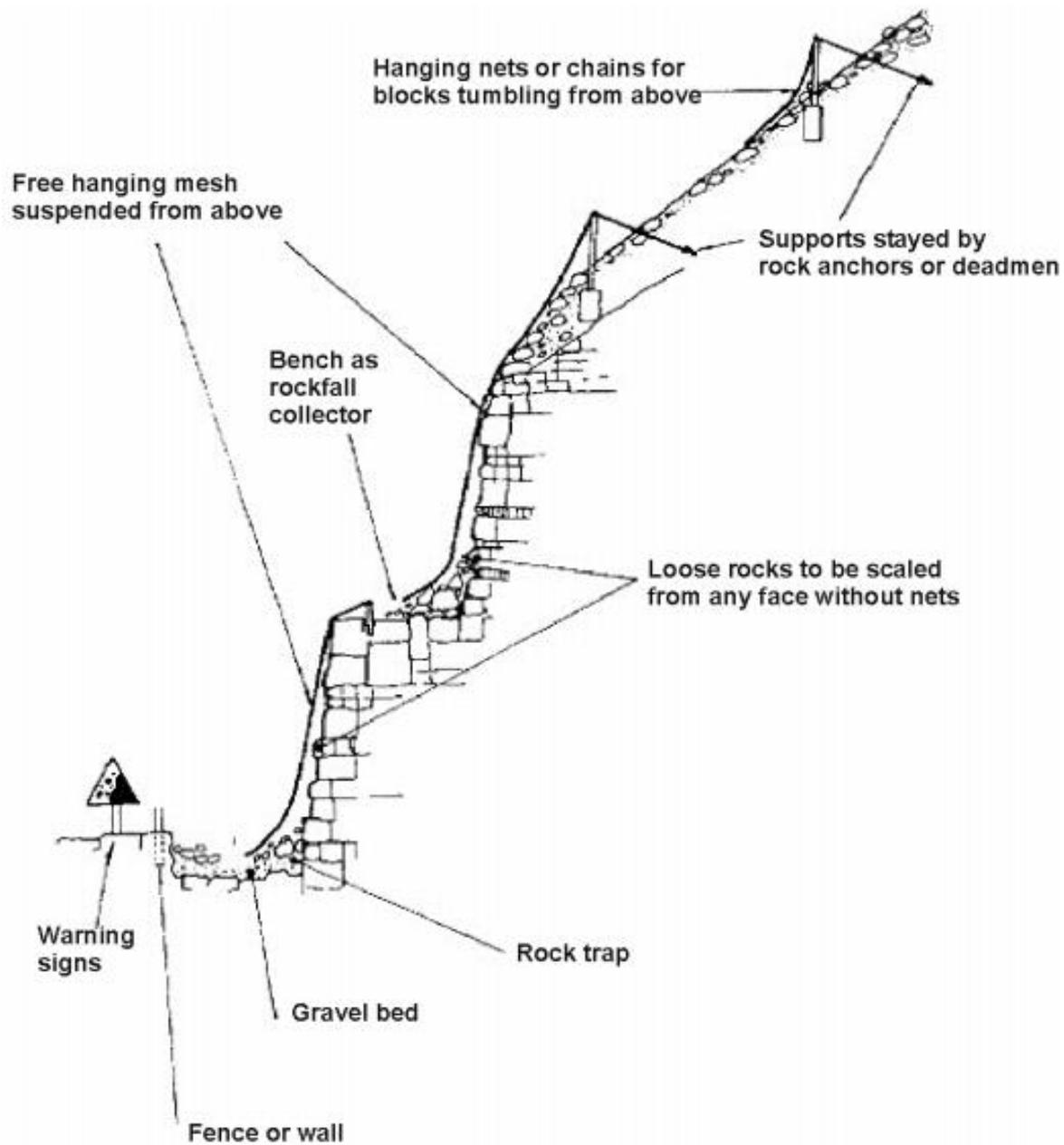
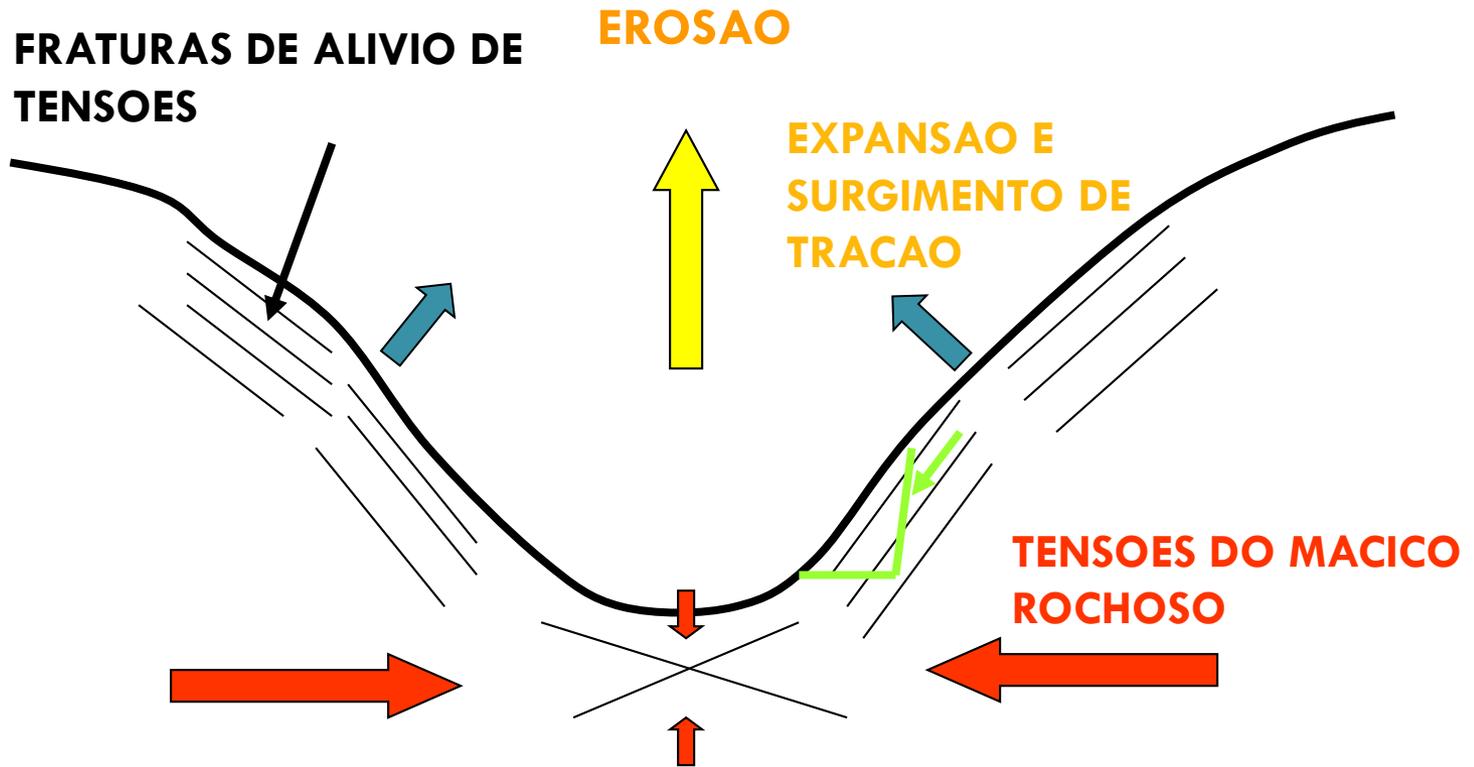


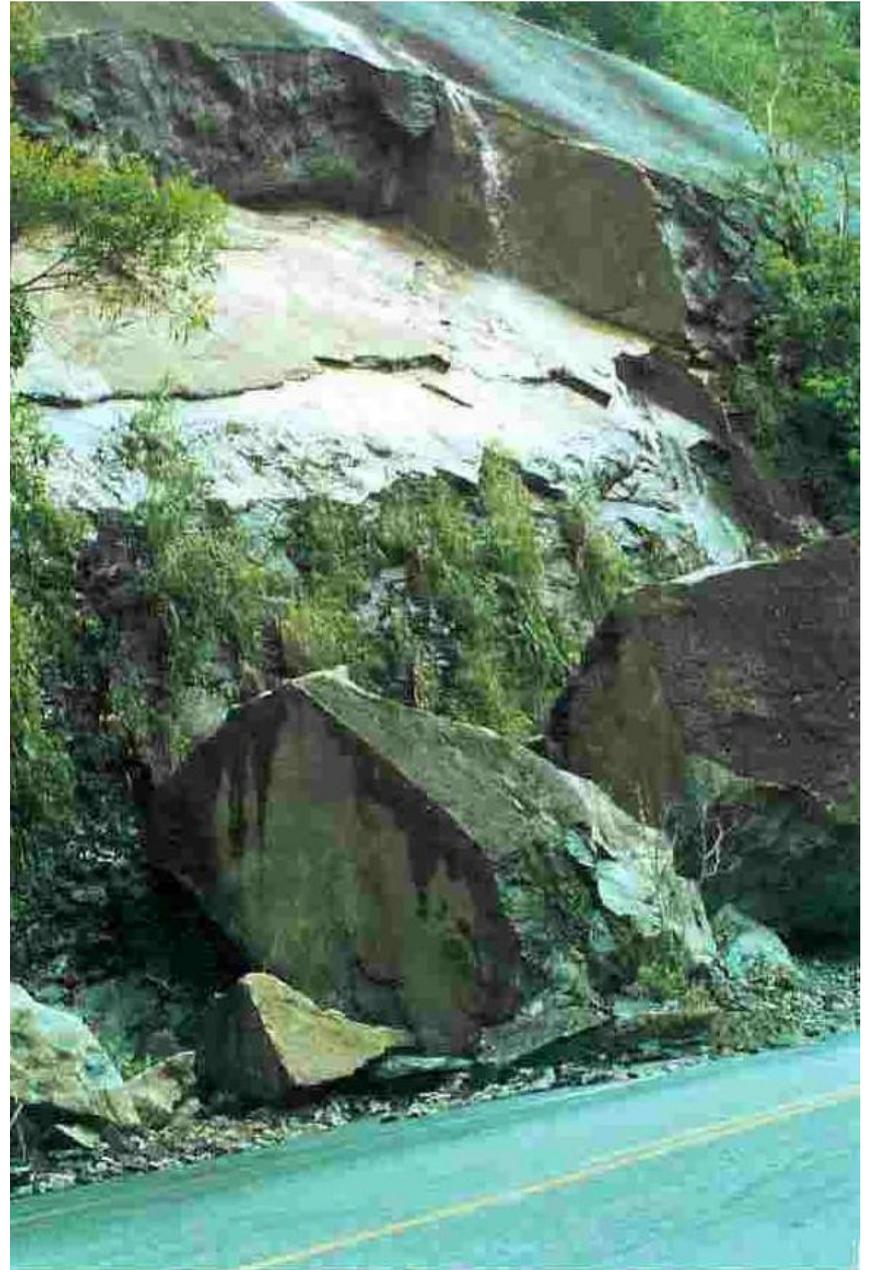
Figure 7: Rockfall control measures. After Fookes and Sweeney (1976).

FRATURAS DE ALIVIO DE TENSOES



**FRATURAS PARALELAS A SUPERFICIE
TOPOGRAFICA**

(juntas de alívio)



Rastejo

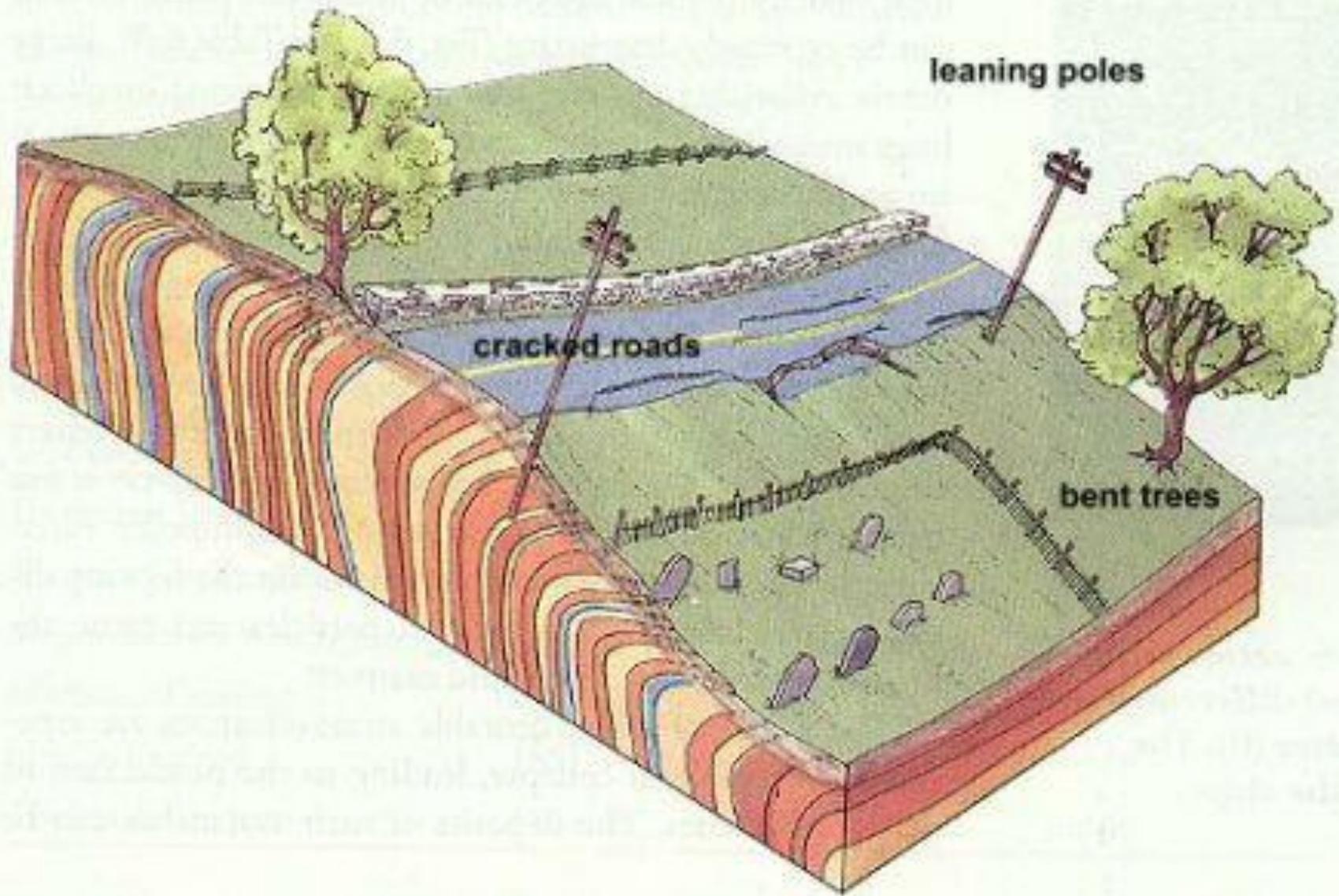
- movimentos lentos e contínuos de material de encostas
- sinais característicos: estruturas rochosas deformadas, acompanhando o sentido descendente da encosta; linhas de seixos na base do solo superficial; blocos movimentados no interior da camada superficial coluvionar; blocos em superfície deslocados de sua posição original; trincas e degraus na superfície da encosta; árvores, postes e cercas inclinados; e trincas e ruptura em elementos rígidos construídos na encosta (muros, paredes e pilares).

Rastejo

- envolvem grandes massas de solo e rocha, podendo atingir depósitos coluvionares de encosta (tálus) e horizontes de solo superficial, de solo saprolítico e de rocha alterada de toda uma encosta
- Wolle (1980) observou rastejo em horizontes superficiais de solo e em horizontes rochosos profundos de encostas na Serra do Mar

Rastejo

- em solos superficiais: alternância de ciclos de umedecimento e secagem, por escorregamentos de pequenas porções de solo em porções restritas do terreno, gerando transferência de tensões para regiões adjacentes; e à ação constante da gravidade provocando um fenômeno de fluência
- em camadas rochosas profundas: efeito de fluência do material rochoso ou por pequenos movimentos no interior do maciço devidos ao empuxo hidrostático atuando em algumas trincas ou fendas preenchidas por água



Rastejo

- Não é comum a evolução de rastejos para escorregamento, com exceção dos que ocorrem em corpos de tálus
- Tálus se originam de massas mobilizadas em escorregamentos ou corridas na encosta que se depositam em local com topografia mais suave, podendo obstruir drenagens ou pequenos vales; nesse caso, o depósito pode se encontrar saturado e submetido a fluxos internos com pontos de surgência d'água; pequenas alterações nas pressões neutras podem causar movimentos de fluência no interior da massa; a superfície nítida de movimentação preferencial, é a superfície de contato com o terreno natural subjacente. Exemplos; Via Anchieta (Rodrigues e Nogami 1950, Teixeira e Kanji 1970, Wolle 1980).

Tipos de
maciço

Processo

Natural

Escorregamentos

Paralelo ao talude

Rotacional

Em cunha

Quedas

Rolamentos

Rastejos

Corridas

De argilas sensitivas

De massas

Artificial

Escorregamentos em aterros, aterros
sanitários e depósitos artificiais de encosta

Natural ou
Artificial

Erosão laminar, em ravinas, desagregação
superficial, de margens, interna, voçoroca

Problemas de estabilidade

- Escolha de uma superfície de escorregamento (forma e dimensões)
- Equações de equilíbrio do bloco delimitado pela superfície de escorregamento
($\Sigma V=0, \Sigma H=0, \Sigma M=0$)
- Determinação do fator de segurança da superfície de escorregamento escolhida
- Pesquisa da superfície crítica: cálculo do fator de segurança para outras superfícies (mesma forma mas dimensões diferentes)
- Determinação da superfície crítica (menor fator de segurança)

Solicitações

- Como são as tensões efetivas iniciais no maciço (antes das solicitações induzidas pela obra)
- Como será a variação de tensões produzida pela obra?
- Velocidade de solicitação em relação à velocidade de drenagem (C_v):

Rápida: drenagem restrita

Lenta: drenagem plena

Equilíbrio limite

- Equilíbrio estático
- Limite: iminência de ruptura

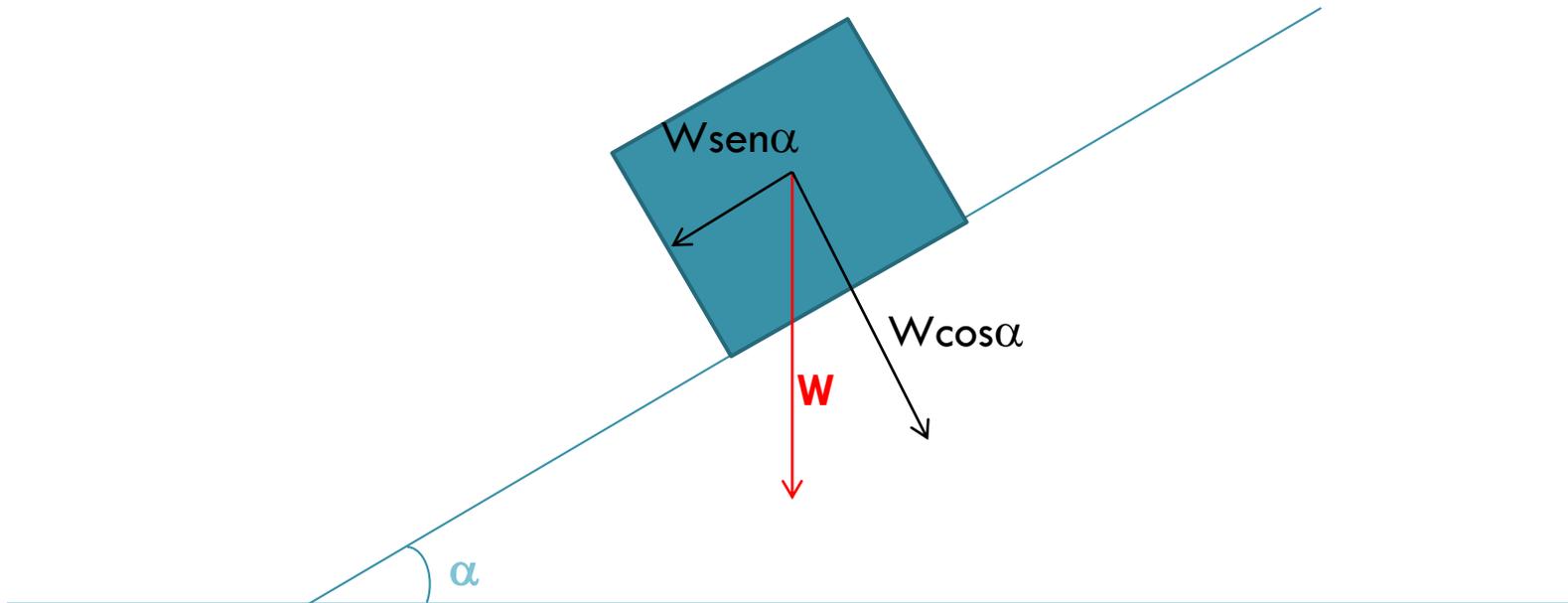
$$F = \frac{S}{\tau}$$

$$s = c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi'$$

$$s = s_u$$

$$s = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

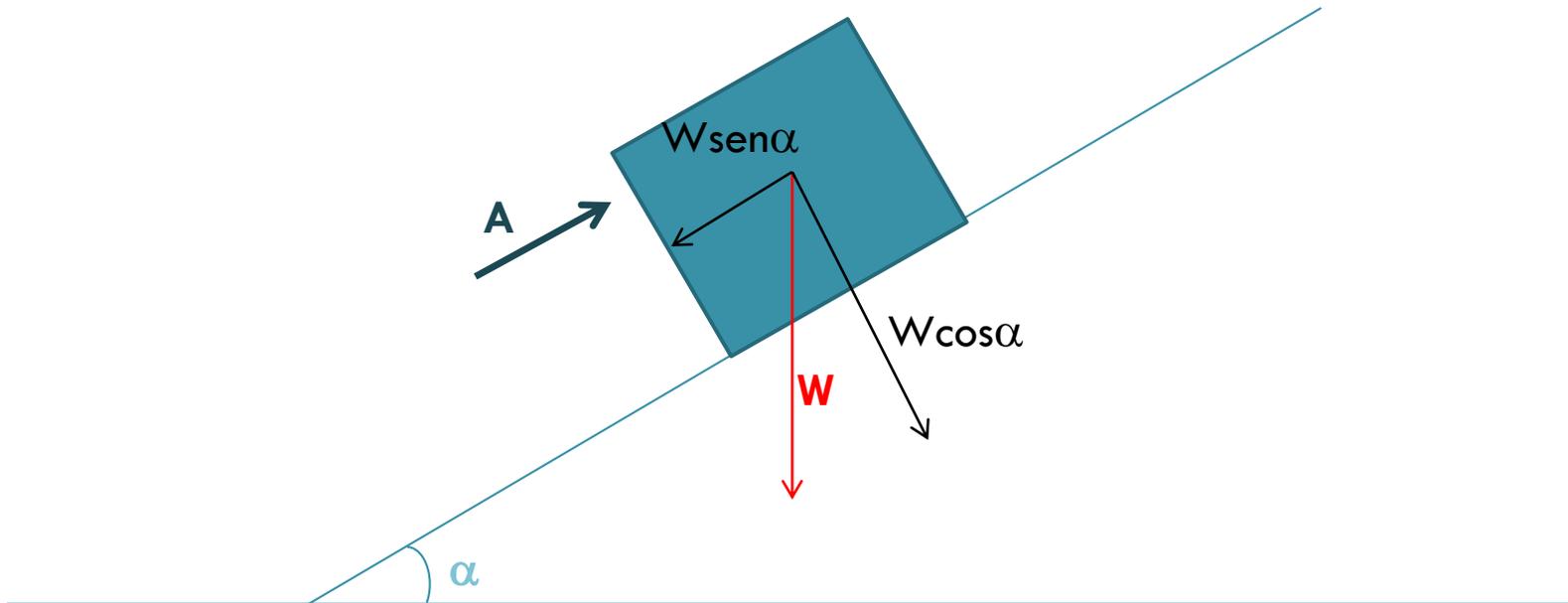
- Pesquisa da superfície crítica (minimização de F)



$$T = W \sin \alpha$$

$$N = W \cos \alpha$$

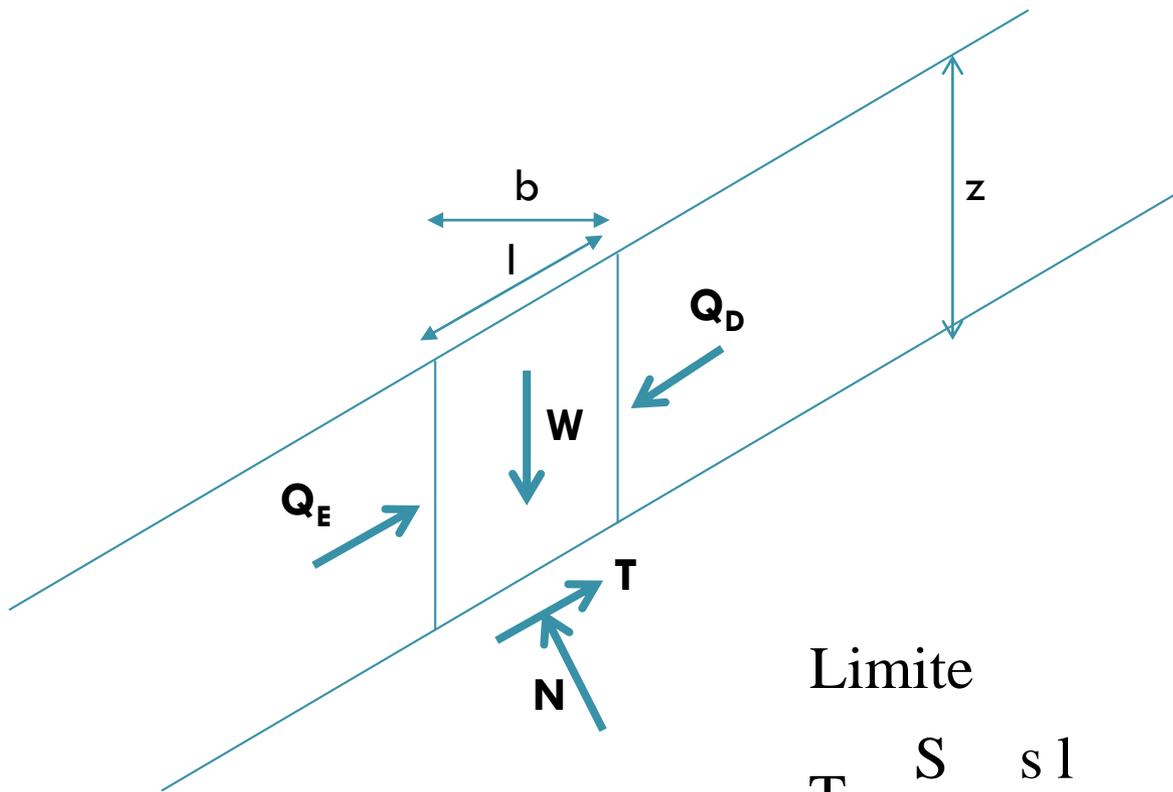
$$F = \frac{\mu N}{T} = \frac{\mu W \cos \alpha}{W \sin \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \alpha}$$



$$T = A - W \sin \alpha$$

$$N = W \cos \alpha$$

$$F = \frac{\mu N}{T}$$



Equilíbrio

$$Q_E = -Q_D$$

$$N = N' + U$$

$$W = \gamma b z = \gamma z l \cos \alpha$$

$$T = W \operatorname{sen} \alpha = \gamma b z \operatorname{sen} \alpha$$

$$N = W \cos \alpha = \gamma b z \cos \alpha$$

Limite

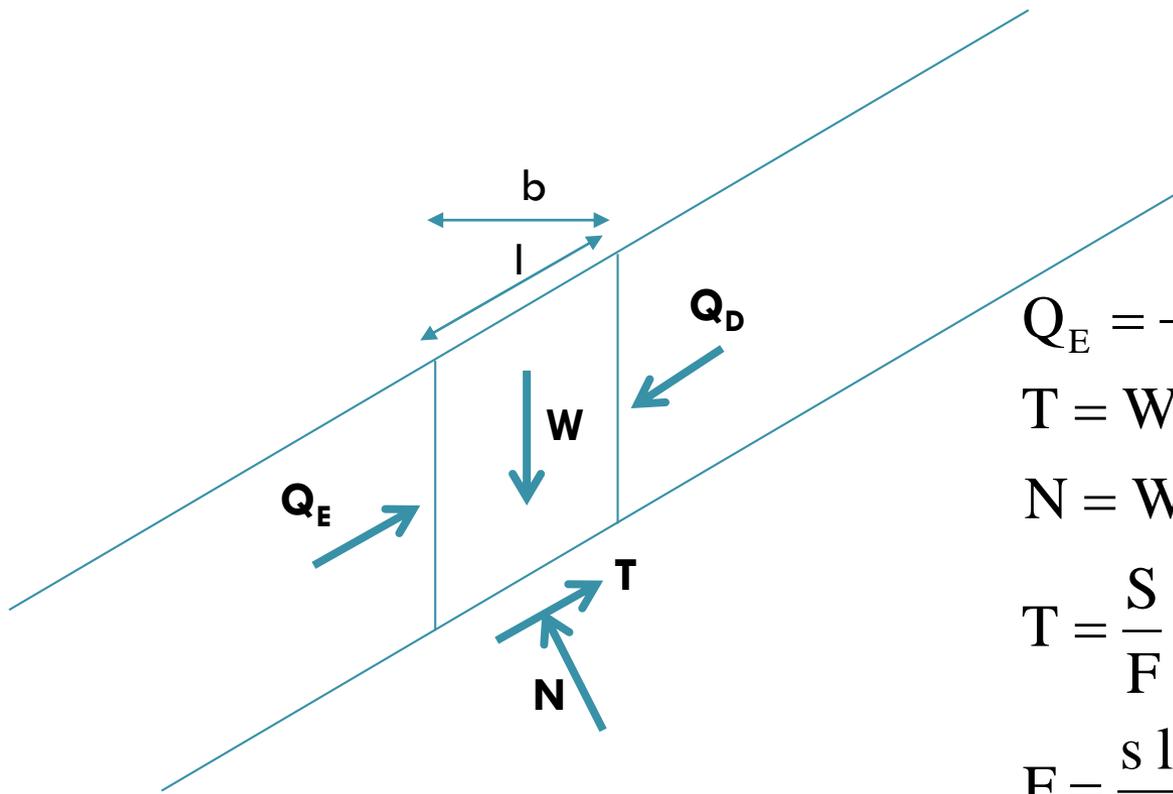
$$T = \frac{S}{F} = \frac{s l}{F}$$

$$T = \frac{s l}{F} = \frac{(c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi') l}{F} = \frac{c' l + (\sigma - u) l \operatorname{tg} \phi'}{F}$$

$$s / F = s_d \text{ ou } s_m$$

$$c' / F = c'_d \text{ ou } c'_m$$

$$\operatorname{tg} \phi' / F = \operatorname{tg} \phi'_d \text{ ou } \operatorname{tg} \phi'_m$$



$$Q_E = -Q_D$$

$$T = W \operatorname{sen} \alpha = \gamma b z \operatorname{sen} \alpha$$

$$N = W \cos \alpha = \gamma b z \cos \alpha$$

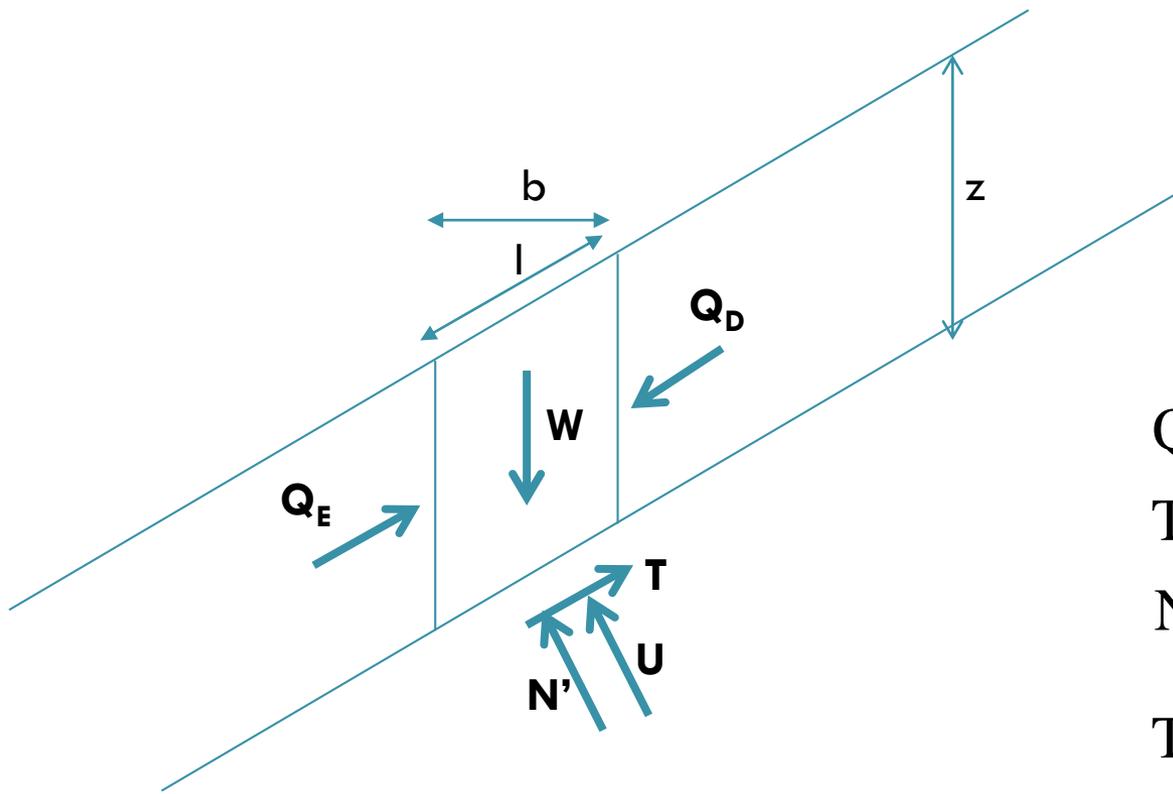
$$T = \frac{S}{F} = \frac{s l}{F}$$

$$F = \frac{s l}{T} = \frac{(c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi') l}{T} = \frac{c' l + N \operatorname{tg} \phi'}{T}$$

$$F = \frac{c' l + \gamma b z \cos \alpha \operatorname{tg} \phi'}{\gamma b z \operatorname{sen} \alpha}$$

$$F = \frac{c' b / \cos \alpha + \gamma b z \cos \alpha \operatorname{tg} \phi'}{\gamma b z \operatorname{sen} \alpha}$$

$$F = \frac{c' + \gamma z \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \phi'}{\gamma z \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha}$$



$$Q_E = -Q_D$$

$$T = W \operatorname{sen} \alpha = \gamma b z \operatorname{sen} \alpha$$

$$N = W \cos \alpha = \gamma b z \cos \alpha$$

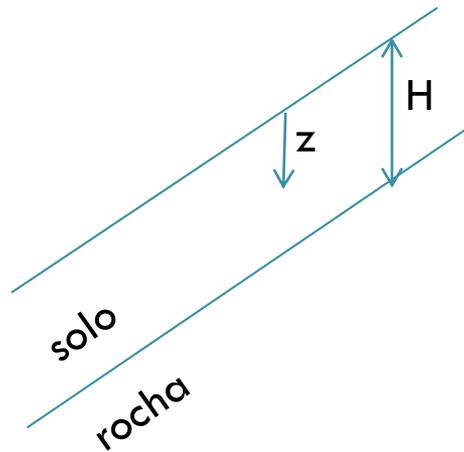
$$T = \frac{S}{F} = \frac{s l}{F}$$

$$F = \frac{s l}{T} = \frac{(c' + \sigma' \operatorname{tg} \phi') l}{T}$$

$$F = \frac{c' l + (N - U) \operatorname{tg} \phi'}{T}$$

$$F = \frac{c' + (\gamma z \cos^2 \alpha - u) \operatorname{tg} \phi'}{\gamma z \operatorname{sen} \alpha \cos \alpha}$$

$$F = \frac{2c}{\gamma z \sin 2\alpha} + \left(1 - \frac{u}{\gamma z \cos^2 \alpha} \right) \frac{\operatorname{tg} \phi'}{\operatorname{tg} \alpha}$$



**Fator de
segurança
depende de z**

Posição da superfície crítica:

$$\frac{\partial F}{\partial z} = 0 \Rightarrow z = z_{\text{máx}} = H$$

$$F = \frac{2N_E}{\text{sen}2\alpha} + \left(1 - \frac{\bar{B}}{\cos^2 \alpha}\right) \frac{\text{tg}\phi'}{\text{tg}\alpha}$$

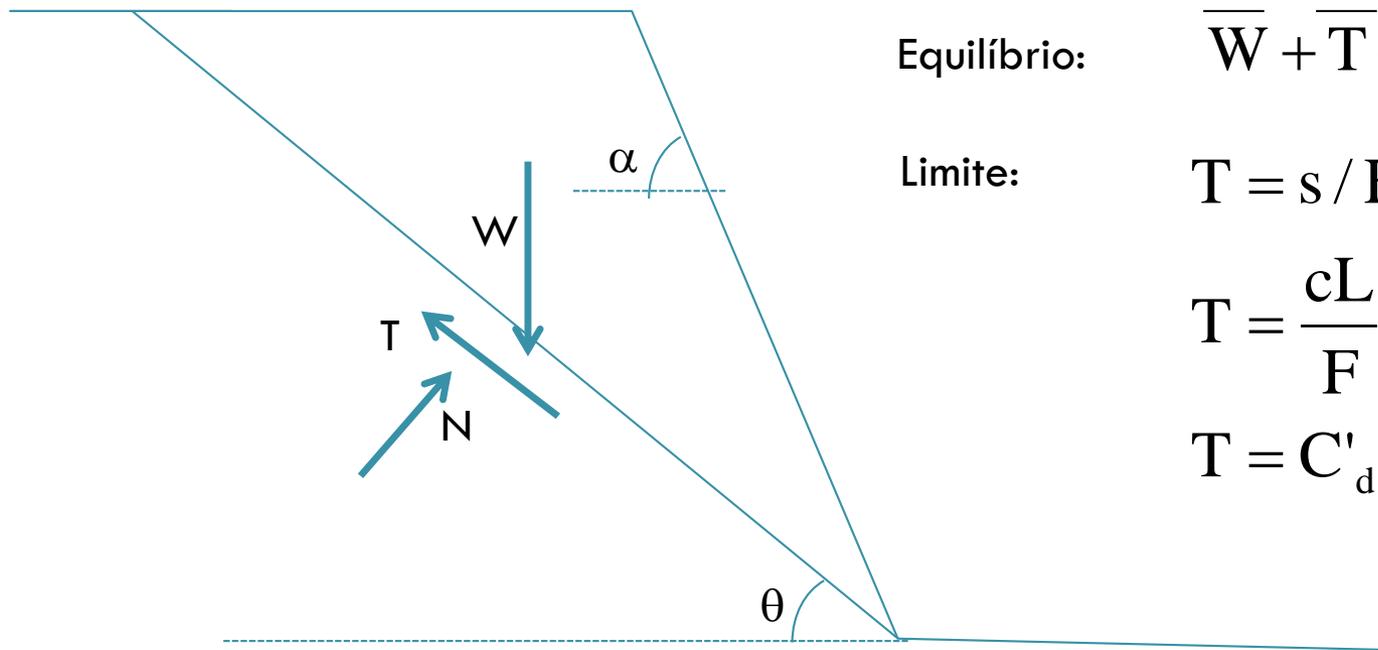
$$N_E = \frac{c'}{\gamma H}$$

Número de estabilidade de Taylor (1948)

$$\bar{B} = \frac{u}{\gamma H}$$

Parâmetro de pressão neutra

Talude íngreme ($\alpha \geq 60^\circ$) e seco



Equilíbrio: $\overline{W} + \overline{T} + \overline{N} = 0$

Limite:

$$T = s / F$$

$$T = \frac{cL}{F} + \frac{N' \operatorname{tg} \phi'}{F}$$

$$T = C'_d L + N' \operatorname{tg} \phi'_d$$

θ = inclinação da superfície de ruptura (plana)

θ_c = inclinação da superfície crítica

$$\frac{C_d}{\gamma H} = \frac{1}{2} \frac{\text{sen}(\alpha - \theta) \text{sen}(\theta - \phi_d)}{\text{sen} \alpha \cos \phi_d}$$

$$\theta_c = \frac{\alpha + \phi_d}{2}$$

na superfície crítica :

$$\frac{C_d}{\gamma H} = \frac{1 - \cos(\alpha - \phi_d)}{4 \text{sen} \alpha \cos \phi_d}$$

Solução analítica de Culmann

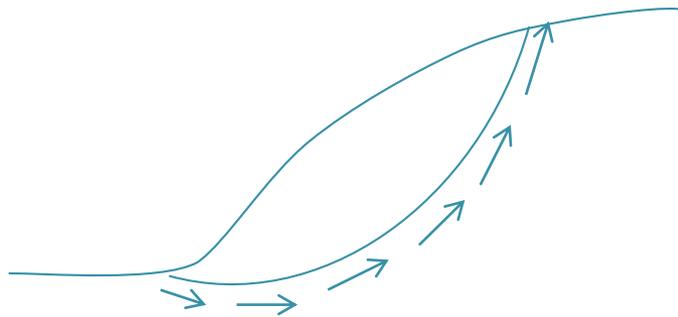
$$F(\theta_c) = \frac{c}{\gamma H} \frac{4 \text{sen} \alpha \cos \phi_d}{1 - \cos(\alpha - \phi_d)}$$

Ábacos de Taylor (1948) e Hoek (1974)

F em função de N_E , B, $\bar{\alpha}$, ϕ'

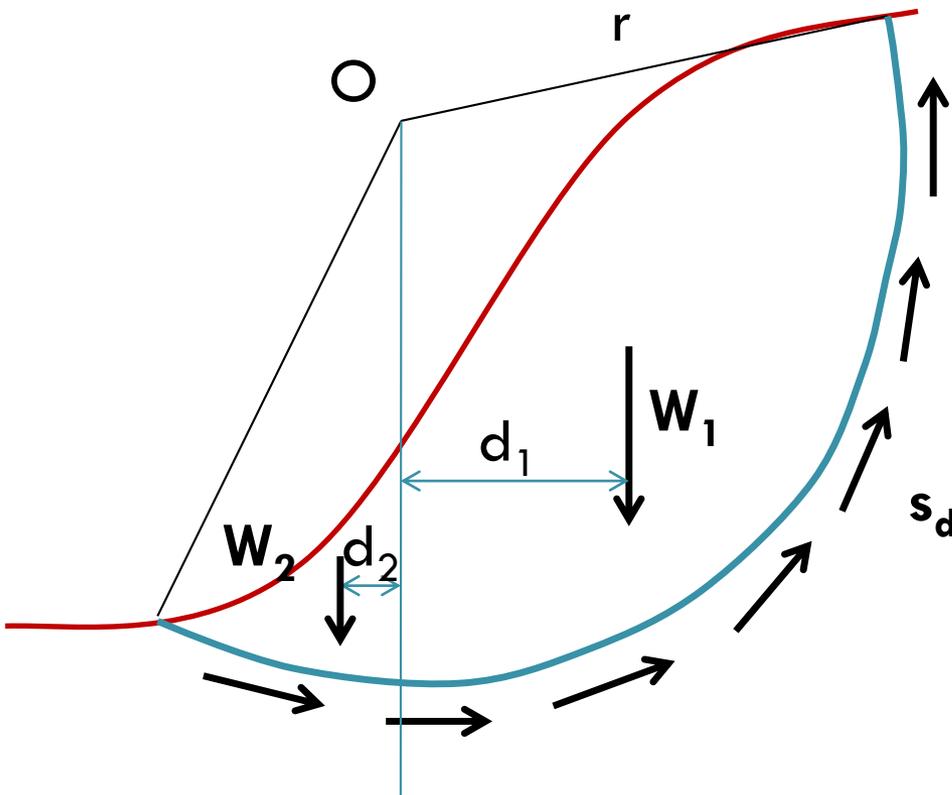
Talude genérico

- Anteriormente pressupôs-se homogeneidade
- Escorregamento rotacional



- Qual o valor de N na superfície de escorregamento?
- Diferença entre métodos: como se calcula N
- Lamelas para determinar N e também para levar em conta a heterogeneidade do material

Talude genérico



$$\sum M = 0$$

$$M_{\text{solicitante}} = M_{\text{resistente}}$$

$$M_{\text{solicitante}} = W_1 d_1 - W_2 d_2$$

$$M_{\text{resistente}} = s_d \text{ arco } r l = s_d \theta r^2$$

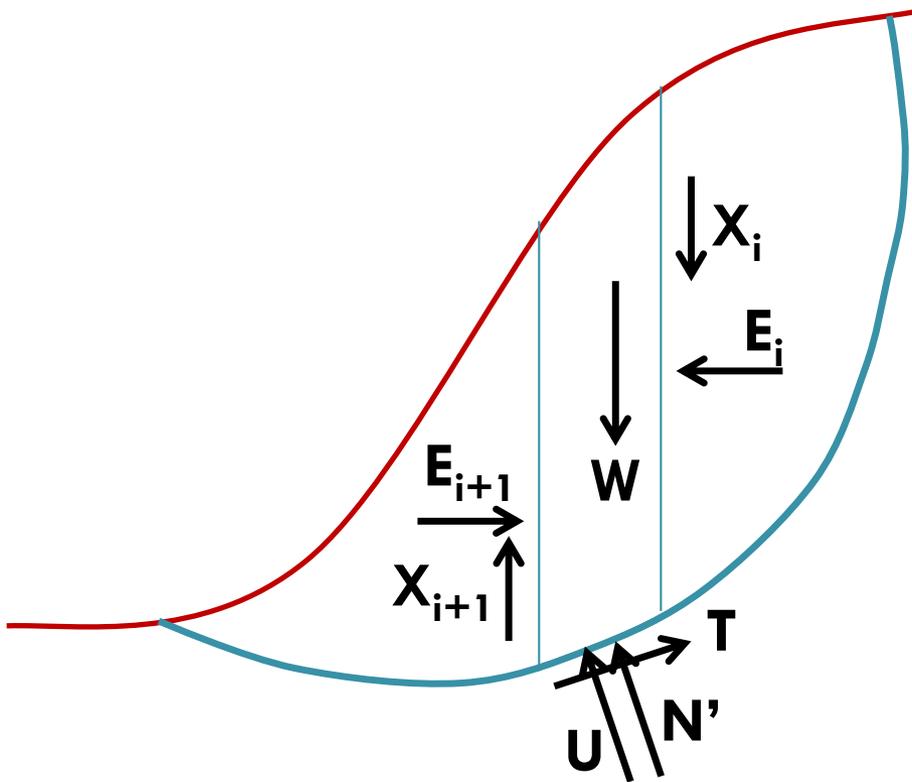
$$s_d = \frac{s}{F}$$

$$W_1 d_1 - W_2 d_2 = \frac{s}{F} \theta r^2$$

$$F = \frac{s \theta r^2}{W_1 d_1 - W_2 d_2}$$

$$s = c' + \sigma' \text{tg} \phi'$$

Talude genérico



Equilíbrio de momentos do círculo crítico

$$\sum (W R \text{ sen}\theta) = \sum T R$$

$$\sum W \text{ sen}\theta = \sum T$$

$$\sum W \text{ sen}\theta = \sum \frac{s l}{F}$$

$$F = \frac{\sum s l}{\sum W \text{ sen}\theta} = \frac{\sum (c' l + \bar{N} \text{ tg}\phi')}{\sum W \text{ sen}\theta}$$

Talude genérico

- Escorregamento rotacional
- Equilíbrio dos momentos
- Valor de N na superfície de escorregamento?
- Problema hiperestático (rigidez ou hipóteses simplificadoras)
- Diferenças entre os métodos: jeito como se calcula

Hipóteses simplificadoras

- Todos os métodos fazem equilíbrio de momentos
- Todos os métodos fazem equilíbrio de forças em cada lamela para estimar a força normal na base
- Todos os métodos fazem hipóteses simplificadoras sobre as forças laterais nas lamelas

Método de Fellenius

- A resultante das forças nas laterais na lamela é paralela à base da lamela.
- Só é necessária uma equação de equilíbrio de forças (eixo perpendicular à base da lamela)

$$\bar{N} + U = W \cos \theta$$

$$\bar{N} = W \cos \theta - U = W \cos \theta - u l$$

- Equilíbrio de momentos no círculo de ruptura

$$F = \frac{\sum [c' l + (W \cos \theta - u l) \operatorname{tg} \phi']}{\sum W \operatorname{sen} \theta}$$

Método de Bishop

- A resultante das forças nas laterais na lamela é horizontal.

$$(\bar{N} + U)\cos\theta + T\sin\theta = W$$

$$\bar{N} = \frac{W - u\Delta x - \frac{c'\Delta x \operatorname{tg}\theta}{F}}{\cos\theta + \frac{\operatorname{tg}\phi' \sin\theta}{F}}$$

- Equilíbrio de momentos no círculo de ruptura

$$F = \frac{\sum \left[c'l + \frac{W - u\Delta x - c'\Delta x \operatorname{tg}\theta / F}{\cos\theta + \operatorname{tg}\phi' \sin\theta / F} \right]}{\sum W \sin\theta}$$

Caracterização geológica-geotécnica

- Estabelecimento de condicionantes dos processos de instabilização
- Comparação do quadro encontrado com situações semelhantes já estudadas.
- Definição de atividades de controle de riscos e projeto de medidas de remediação.
- Sistemas de classificação de processos de instabilização de taludes são suporte importante para o desenvolvimento dessa atividade.

Rodovia Carvalho Pinto



Condicionantes geológicos das instabilizações de encostas

- Fatores de ordem geológica são os mais importantes condicionantes dos fenômenos de instabilização em encostas naturais e nos taludes produzidos por essas encostas por cortes e escavações.
- Kanji (1974): mineralógicos, tectônicos e hidrogeológicos
- Fatores mineralógicos: resistência da matriz, alteração, erodibilidade, anisotropia \Rightarrow presença de minerais expansivos e intemperismo diferencial

Condicionantes geológicos das instabilizações de encostas

- Fatores tectônicos: feições estruturais, dinâmicos, estado de tensões
- Fatores hidrogeológicos: presença da água e seu movimento no maciço; agente preparatório (umedecimento prévio das camadas de solo) e agente deflagrador (incremento dos esforços solicitantes e redução dos parâmetros de resistência do solo)

Outros condicionantes



- Pluviometria
- Variações térmicas
- Intemperismo
- Evolução pedológica
- Vegetação

COMPARISON OF PROPOSED CURVE WITH OTHER EXISTING CRITERIA FOR LANDSLIDES INITIATION



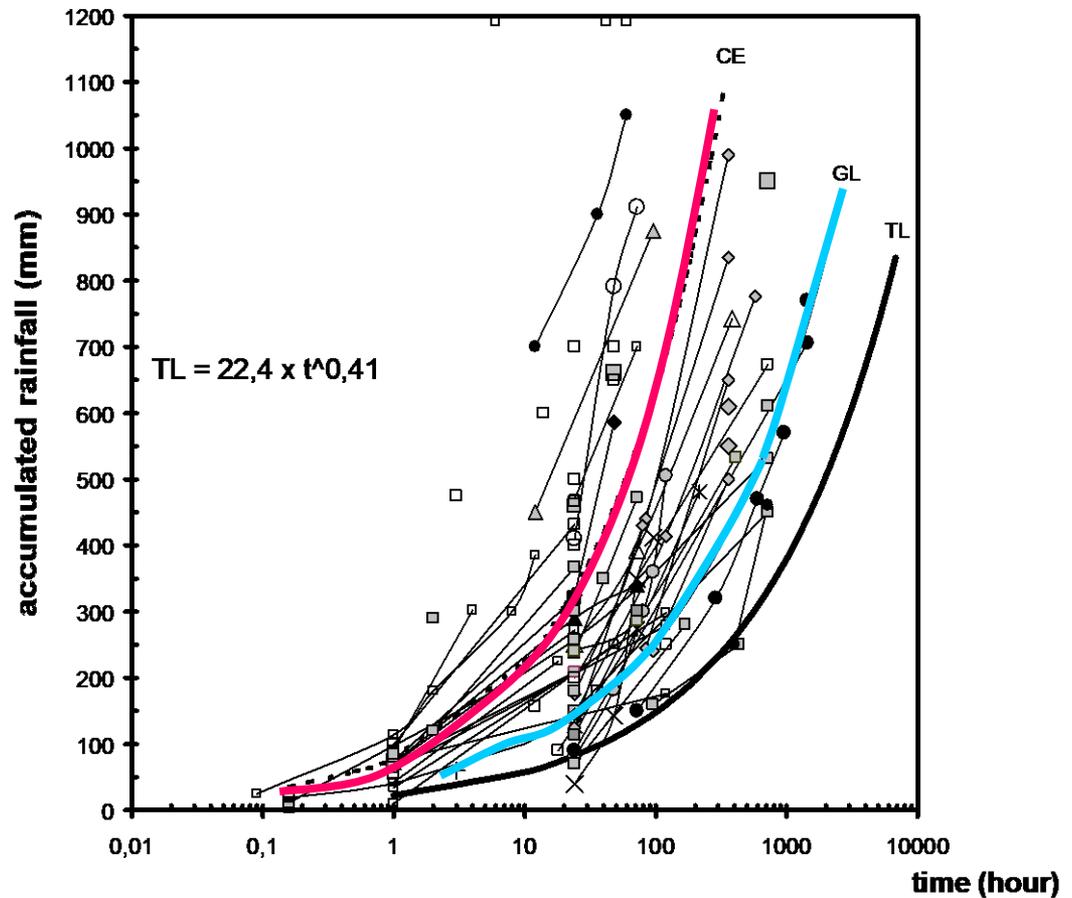
Apud Kanji et al (2003)

Curva TL – triggering line, a partir da qual as chuvas já podem deflagrar escorregamentos;

Curva GL – generalized landslides, a partir da qual os escorregamentos certamente ocorrem e são generalizados

Curva CE – catastrophic events, a partir da qual os escorregamentos tem efeitos catastroficos e em geral acompanhados de corridas de detritos

Apud Kanji et al (2003)



- Colombia (some cases)
 - + Antofagasta91(CHILE)
 - ▲ SARaras67(BR)
 - ◇ R.Janeiro88(BR)¹
 - △ Ubatuba96(BR)
 - × MtQuieto00(BR)
 - Outros (National Cases)
 - Critical Curve-Triggering Limit (TL)
 - Limit Curve of Catastrophic Events (CE)
 - Maiquetia99(VEN)
 - ◆ Caragua67(BR)
 - △ Tubarao74(BR)
 - Cubatao94(BR)
 - * Via Anchieta99(BR)
 - C.Jordao00(BR)
 - Outros (Internacional Cases)
 - Limit Curve of Generalized Landslides (GL)
- 1 = multiples stations

Gráfico do USGS (United States Geological Survey) mostrando as maiores intensidades de chuva -em vermelho – que provocaram escorregamentos e fluxos

