

8 de Abril de 2025



CAPACITAÇÃO EM PERCEPÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO GEOLÓGICO

Movimentos Gravitacionais de Massa





O que são movimentos gravitacionais de massa???



São Sebastião, SP (2023)



Hospital de Nova Friburgo, RJ (2011)



Morro do Bumba, Niterói (RJ) (2010)





DEFINIÇÃO

Movimento de Massa, também denominado como deslizamento, escorregamento, ruptura de talude, queda de barreiras, entre outros, se refere aos movimentos de descida de solos e rochas sob o efeito da gravidade, geralmente potencializado pela ação da água.

(CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais.)



Fonte: Galeria del Ministerio de Defensa del Perú





POR QUE ACONTECE?

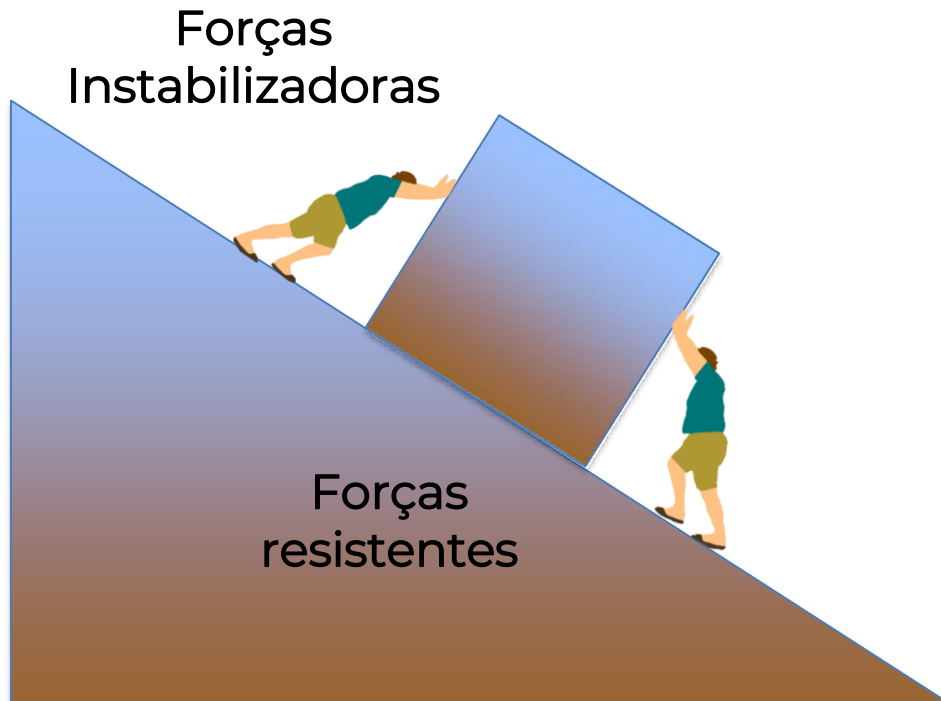
ESTABILIDADE

Forças
resistentes

=

Forças
instabilizadoras

Gravidade
Atrito
Coesão
Poropressão
Saturação do solo





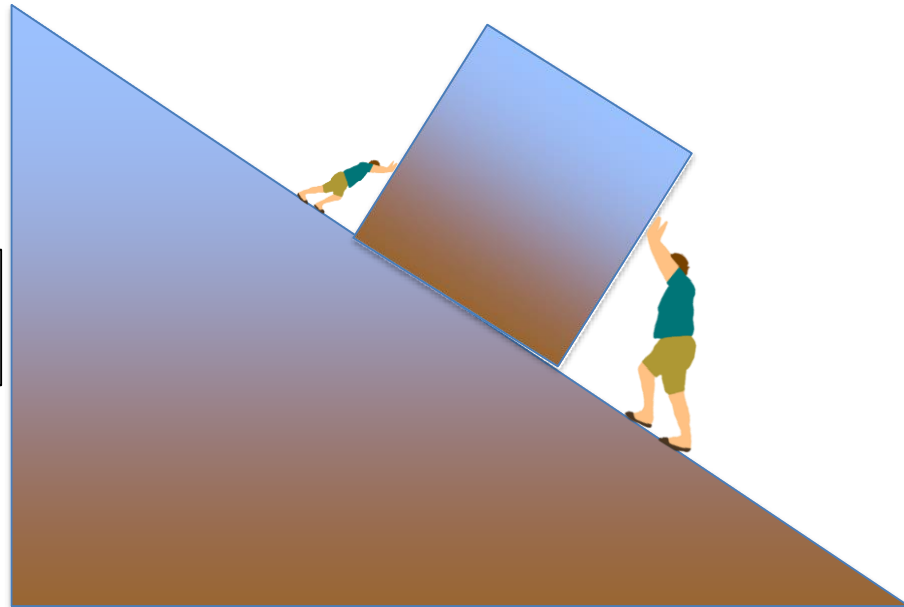
POR QUE ACONTECE?

Forças
resistentes

>

Forças
instabilizadoras

ESTABILIDADE





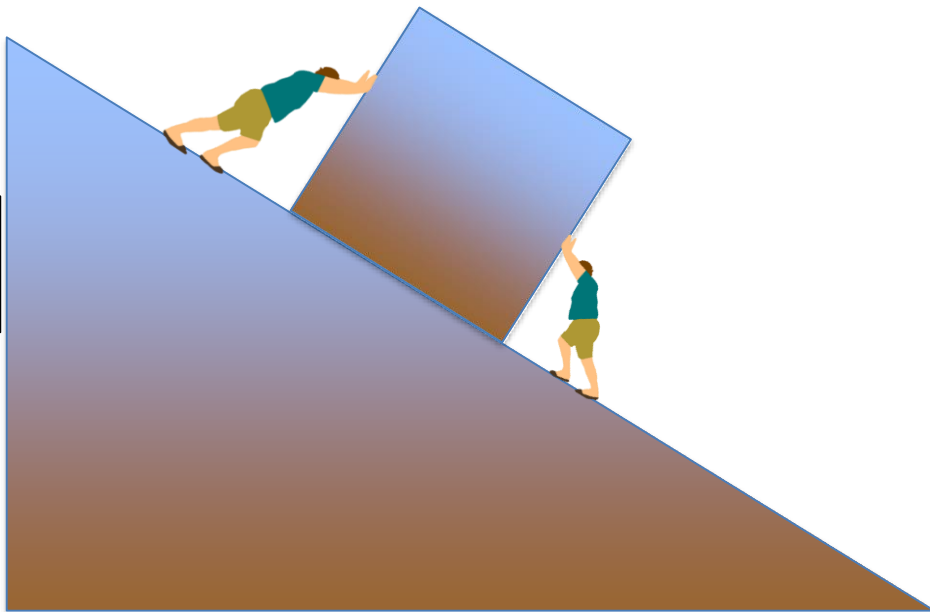
POR QUE ACONTECE?

Forças
resistentes



Forças
instabilizadoras

RUPTURA





Fatores Predisponentes ou Condicionantes

- Complexo geológico
 - Cobertura superficial
 - Estrutural
- Complexo morfológico
 - Amplitude do relevo
 - Inclinação superficial
 - Formas de relevo
- Complexo climático-hidrológico
 - Temperatura
 - Regime de chuvas
 - Águas subterrâneas
- Fatores Antrópicos
 - Interferências humanas





Cobertura superficial

- É a parte da encosta que normalmente se movimenta.
- Sua composição mineral, variação granulométrica e volume influenciam no tipo e proporção de movimento de massa.
- Influencia na permeabilidade e porosidade e por consequência, na infiltração de água da chuva.
- Varia em coesão e erodibilidade e por consequência, na estabilidade do terreno.
- Pode apresentar propriedades específicas que influenciam na estabilidade do terreno.



Solos residuais

- Solos rasos ou profundos
- Solos coesos ou friáveis
- Solos expansíveis/colapsíveis
- Solo laterítico
- Solo saprolítico/rochas alteradas

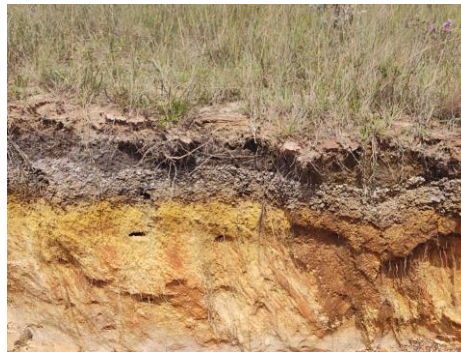


Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Cobertura superficial

Solos transportados

- Colúvio
- Tálus



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Heródoto Goes SGB/CPRM



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB





Cobertura superficial

Solos de aterro

- Terra
- Lixo
- Entulho



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Podem influenciar o comportamento dos terrenos, formando:

- Planos preferenciais de deslocamento
- Descontinuidades
- Fraturamento
- Percolação de água



- Sistema de Juntas e Fraturas em maciços rochosos
- Grau de faturamento
- Xistosidade

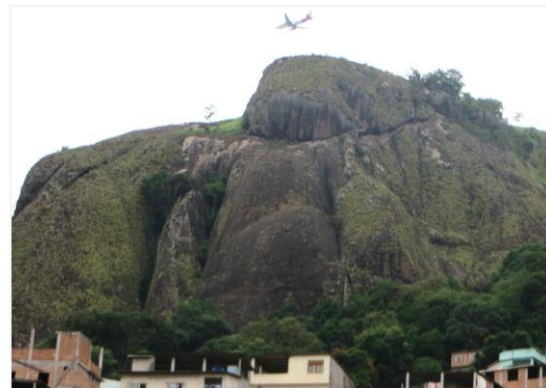


Foto: Rafael Ribeiro - SGB



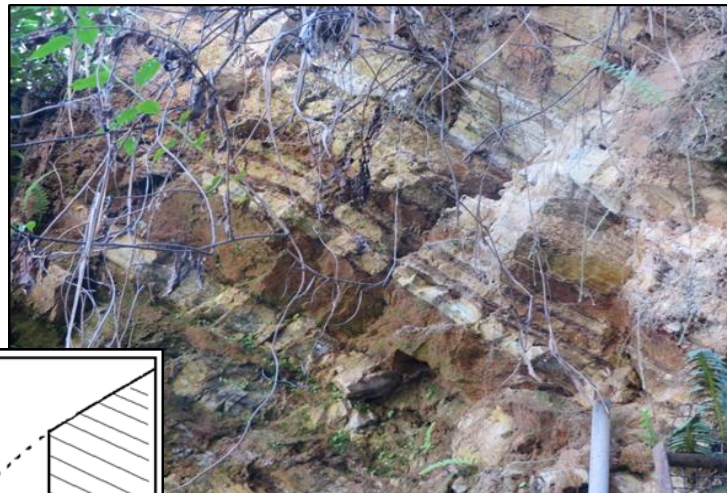
Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB

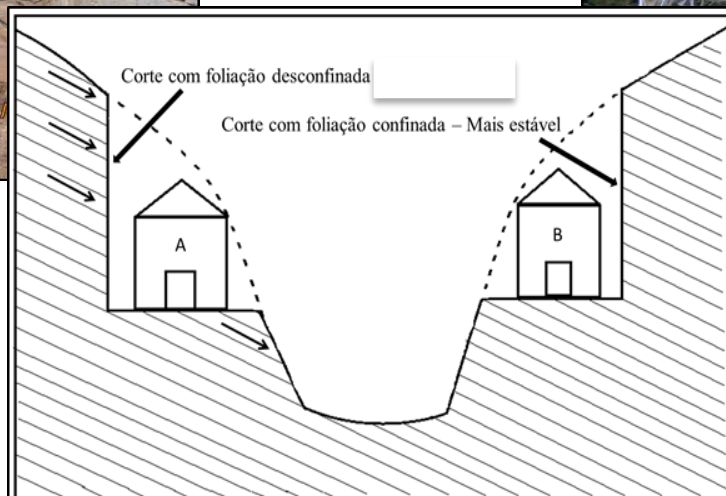


Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM



Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM

- Direção e Mergulho das camadas





Complexo Morfológico

- Influenciam na energia Potencial Gravitacional e Cinética
- Influenciam no trajeto e atingimento do material movimentado
- Influenciam na concentração de chuva no local





Complexo Morfológico

Quanto maior a **amplitude** do relevo, maior será a energia potencial gravitacional



Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM

Declividade	Discriminação
0 - 3	Relevo plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado
20 - 45	Relevo fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo fortemente montanhoso

Classificação de declividade segundo a Embrapa (1979).

Fonte: http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2015/10/tabela_embrapa1.png

Quanto maior for a **declividade**, mais rápido a energia potencial transforma-se em energia cinética e maior é a velocidade das massas e sua capacidade de transporte

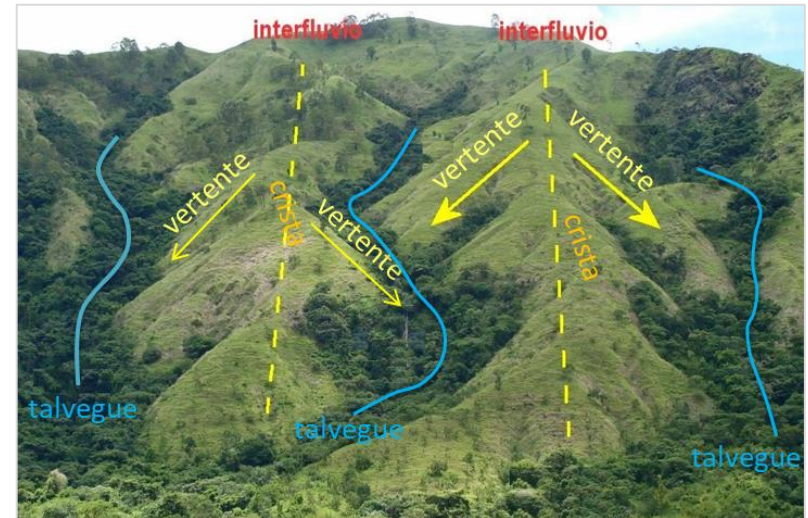




Complexo Morfológico

Formas de relevo

- **Vertente** é o declive de um dos lados de uma montanha, por onde escoam a água da chuva. Neste caso é sinônimo de encosta.
- **Crista ou interflúvio** é a linha formada pelos pontos mais altos da montanha ou cordilheira, no sentido longitudinal. Também conhecido como linha de **cumeada**, é o divisor de águas que separa bacias hidrográficas.
- **Talvegue** é a linha de interseção do encontro das vertentes.



Fonte: SGB.



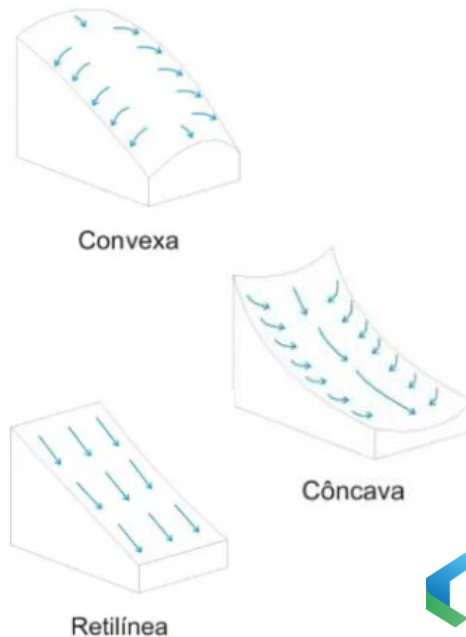


Complexo Morfológico

As manifestações de instabilidade estão estreitamente relacionadas com a morfologia das encostas, mais especificamente ao padrão de escoamento superficial e sub-superficial da água. As encostas apresentam três formas de vertentes: **convexas**, **côncavas** e **retilíneas**.

- Nas encostas com formato **convexo**, o escoamento se dá por caminhos que se dispersam. Isso implica em gradientes hidráulicos progressivamente menores na direção do pé da encosta.
- Nas encostas **côncavas**, por outro lado, os fluxos são convergentes e há um progressivo aumento dos gradientes hidráulicos na direção dos vértices da encosta.
- Já as **retilíneas** apresentam um comportamento neutro em relação ao escoamento.

Formas das Vertentes



Fonte: Adaptado de Tese de doutorado de Eduardo Vedor de Paula (PAULA, 2010)





Complexo climático-hidrológico

- Temperatura
- Regime de chuvas
- Regime de águas subterrâneas



Fator Água





Temperatura

- Variações de temperatura promovem a dilatação e contração das rochas contribuindo em processos como o deslocamento.



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB

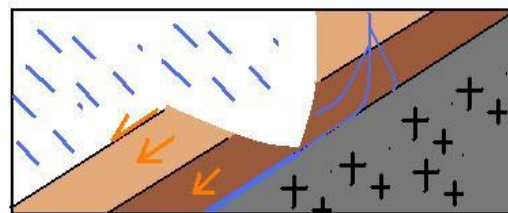
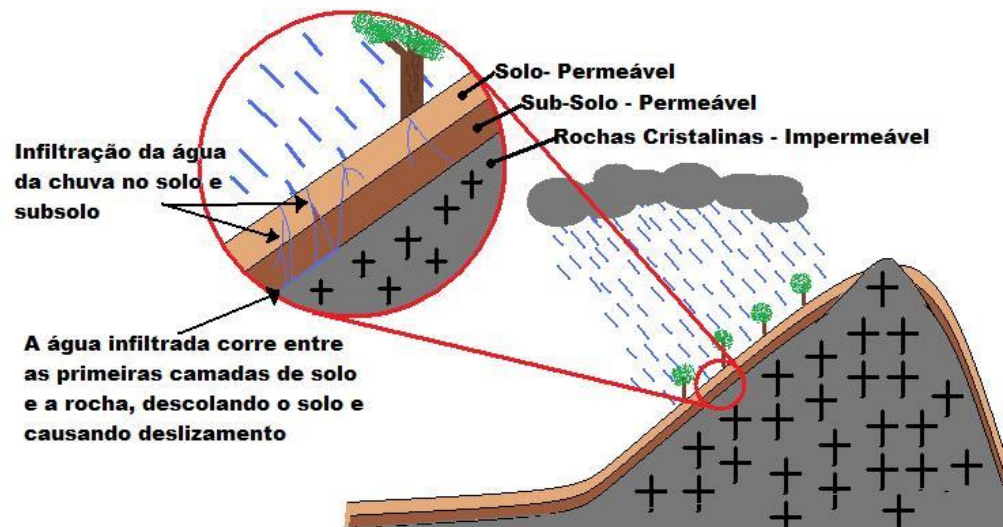




Contribuição da água nos deslizamentos

Infiltração – Saturação do solo

- Aumento do peso específico
- Diminuição da sucção e aumento da poropressão
- Redução ou perda de coesão entre as partículas do solo com a diminuição da tensão efetiva – **redução da resistência ao cisalhamento.**



← Nesse quadro, as setas indicam o movimento do solo desencadeado pela ação da água que desprende o solo da rocha e pela força da gravidade. Tudo que estiver fixado no solo, descerá como um passageiro dele, incluindo casas.

Fonte: <https://www.imagemdailha.com.br/blog/permanece-a-condicao-de-chuva-em-santa-catarina-e-defesa-civil-alerta-para-o-risco-de-deslizamentos-e-alagamentos.html>





Contribuição da água nos deslizamentos



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB

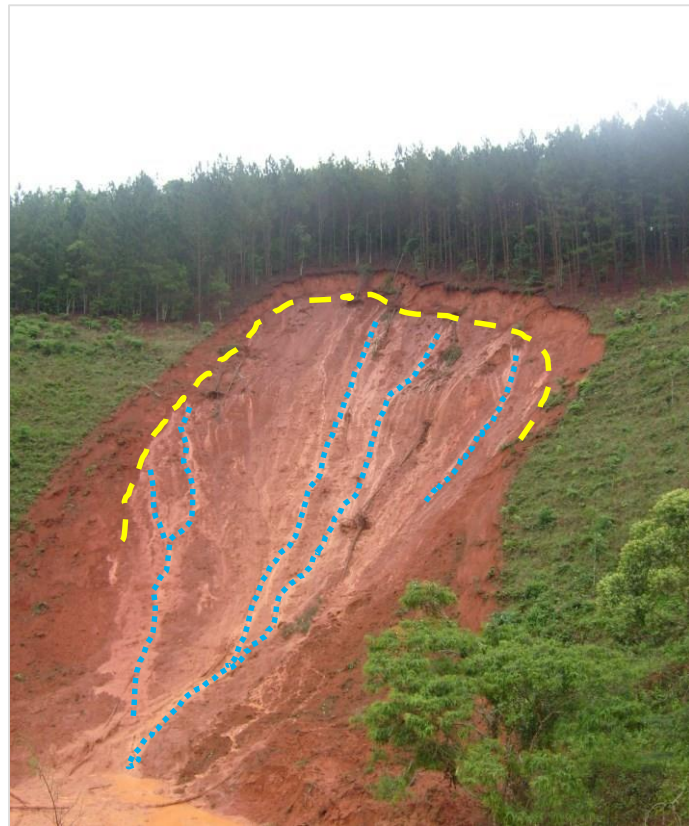


Foto: Defesa Civil de Senador Firmino - MG





Presença de Água nas Fraturas

- Saturação da encosta
- Pressões laterais
- Aceleração do intemperismo
- Remoção de material



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Foto: Heródoto Goes SGB/CPRM





Fatores relacionados a Ação Antrópica

- Execução de cortes e aterros inadequados;
- Remoção de cobertura vegetal;
- Drenagem urbana precária;
- Concentração de águas pluviais não disciplinadas;
- Vazamento na rede de água e/ou esgoto;
- Lançamento de lixo/entulho nas encostas e taludes.



Créditos: - CPRM/SGB



Créditos: Guilherme Peret - CPRM/SGB





Classificação dos movimentos de massa

PROCESSOS ESTUDADOS

- Rastejo
- Deslizamentos
- Corridas
- Quedas

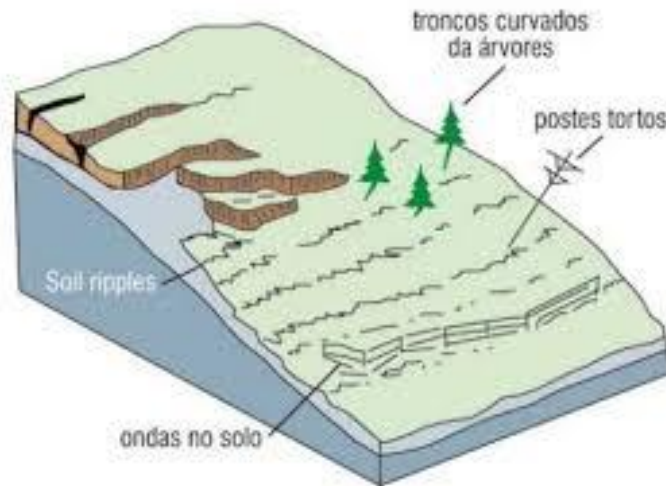




Rastejo

Características

- Vários planos internos de deslocamento
- Baixas velocidades decrescentes com a profundidade – cm/ano
- Movimentos constantes, intermitentes ou sazonais
- Solo, depósitos, rocha alterada/fraturada



Fonte: Highland e Bobrowsky, 2008



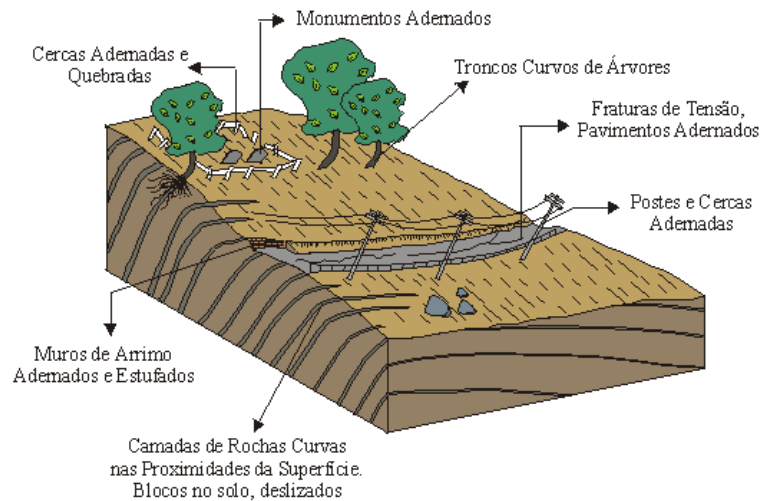


Fonte: CPRM-SGB

Rastejo



Fonte: Reprodução.



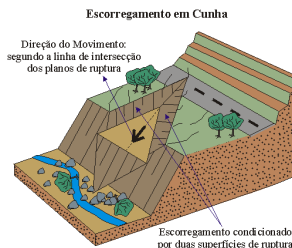
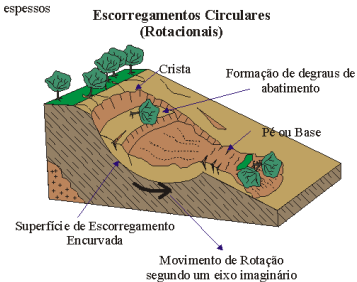
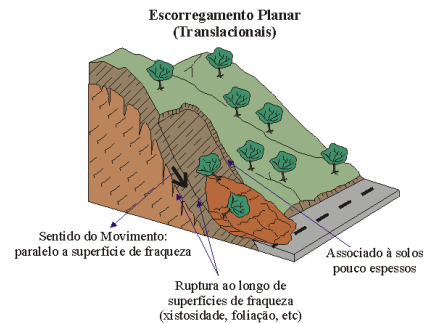
Local: Rodovia RS-471, Vale do Sol-RS
Créditos: Giovani Parisi – SGB





Deslizamentos

- Planares ou translacionais
- Circulares ou rotacionais
- Cunha

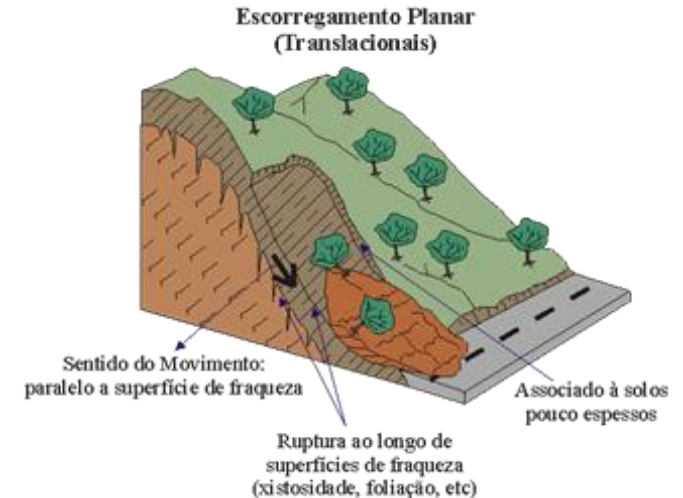




Deslizamento Planar

Características Gerais

- Superfícies de deslocamento (ruptura) plana.
- Geralmente estes movimentos são condicionados às discontinuidades ou planos de fraqueza existentes.
- Associados a solos pouco espessos (normalmente).
- Velocidades medias a altas.
- Fluidização/desagregamento do material





Deslizamentos solo/rocha



Local: Angra dos Reis – RJ
Fonte: <http://acervo.oglobo.globo.com/fotogalerias/>



Local: Bairro três Irmãos- Nova Friburgo- RJ





Deslizamentos solo/solo



Foto: Antônio Lacada/EFEEVEJA

Deslizamentos planares rasos – Teresópolis – RJ – 12/01/2011



Local: Santa Tecla, San Salvador, 2001.
Fonte: USGS





Deslizamentos solo/solo



Foto: Natália Lopes/SGB-CPRM

Santa Maria de Itabira - MG



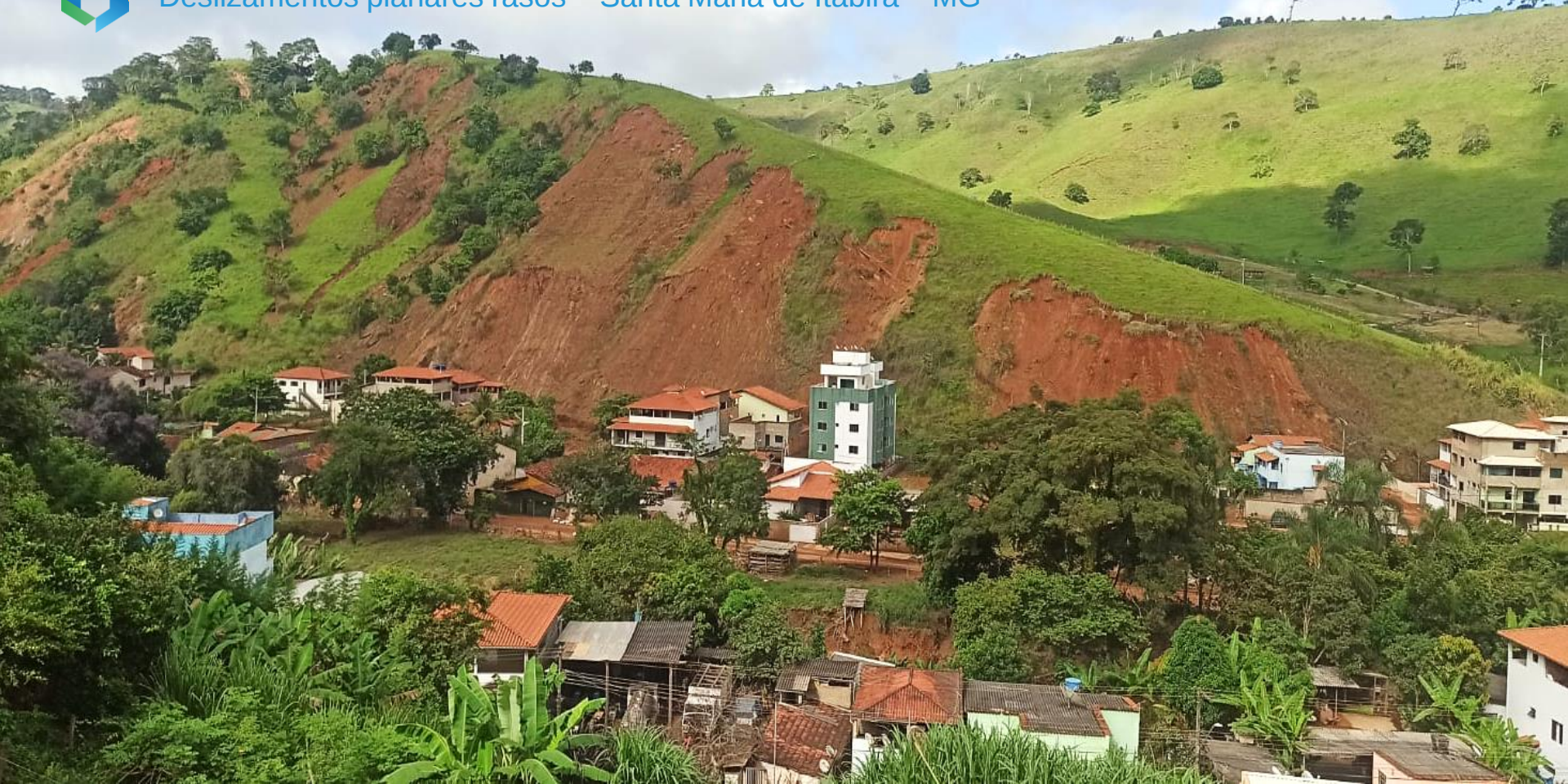
Foto: Gilmar Pauli Dias / SGB-CPRM

Olinda - PE





Deslizamentos planares rasos – Santa Maria de Itabira – MG

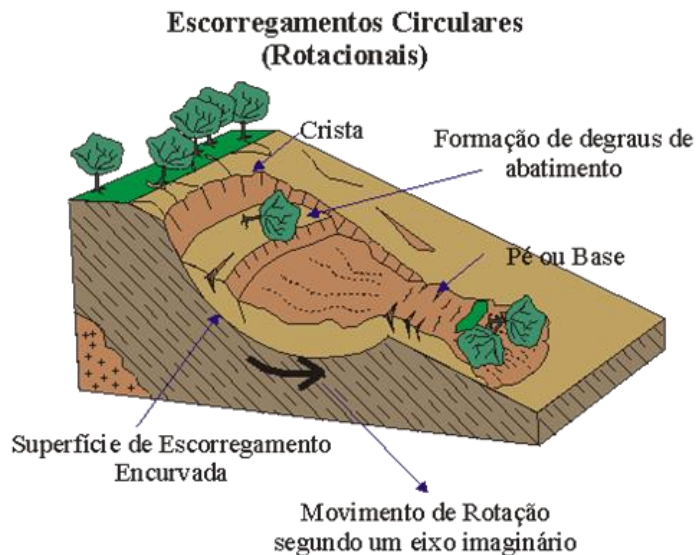




Deslizamento Rotacional

Características Gerais

- Superfícies de deslocamento (ruptura) circular.
- Associados a solos espessos.
- Cabeceiras de ruptura (crista) em arco
- Formação de degraus de abatimento;
- Velocidades medias a baixas.
- Zona de Intumescência.



Deslizamento Rotacional



Ervália, MG. Foto: SGB-CPRM



Cordeiro, RJ Foto: Anselmo Pedrazzi/SGB-CPRM





Cabeceira de ruptura - (crista) em arco



Imagem: Google Earth



Imagem: Google Earth

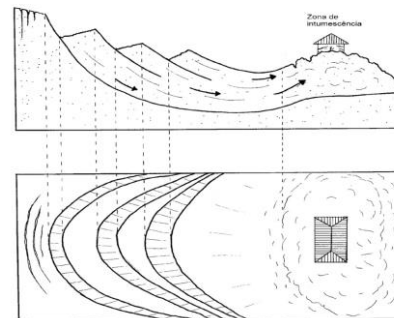




Entumecimento da Base



Fonte: CPRM-SGB



Fonte: CPRM-SGB



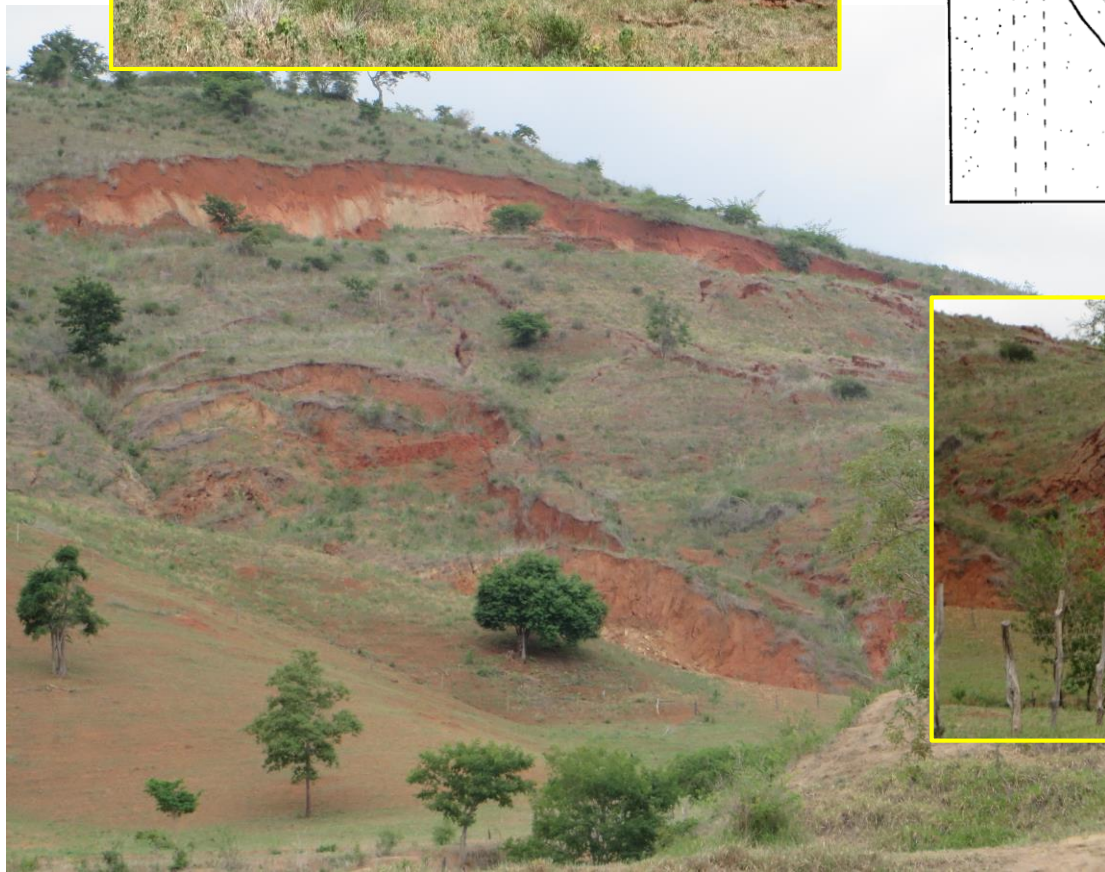
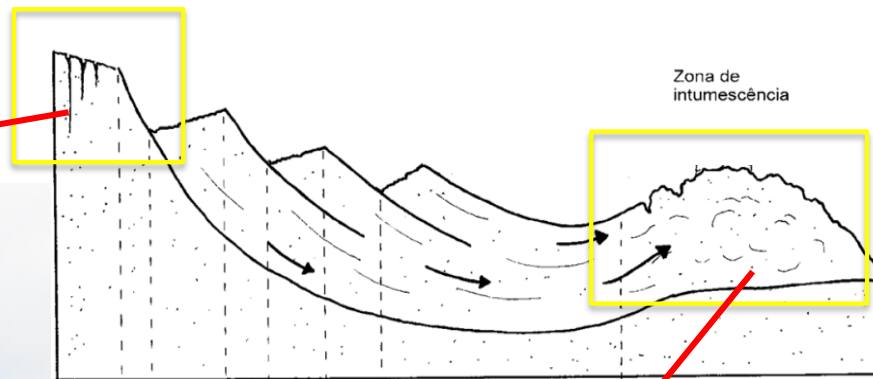
Local: Salvador - BA
Fonte: Fundações – Estabilidade de Taludes - Unioeste





Entumecimento da Base







Degraus de abatimento



Foto: Anselmo Pedrazzi - SCB



Foto: Anselmo Pedrazzi - SCB



Local: Itajubá-MG
Créditos: Italo Prata CPRM/SCB

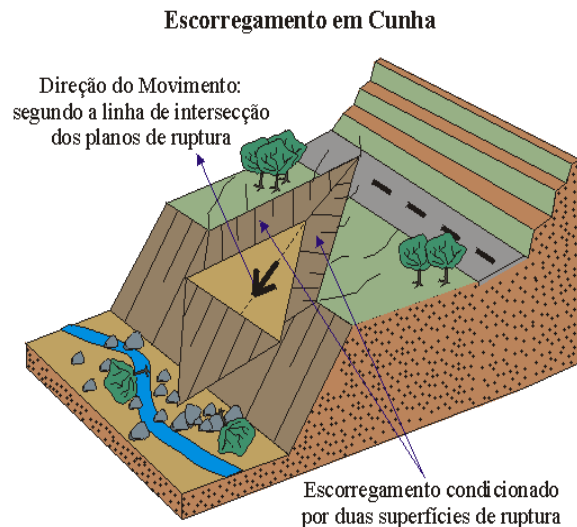




Deslizamento em Cunha

Características Gerais

- Condicionado pela intersecção de planos de deslocamento desfavoráveis à estabilidade.
- Associados a saprolitos e maciços rochosos.
- Velocidades medias a altas.





Deslizamento em Cunha

Solos, saprólito ou rochas com dois ou mais planos de fraqueza



Ouro Preto - MG



Brazópolis- MG

Fotos: Heródoto Coes/SCB



Interseção de planos de fraqueza em rochas ou solos

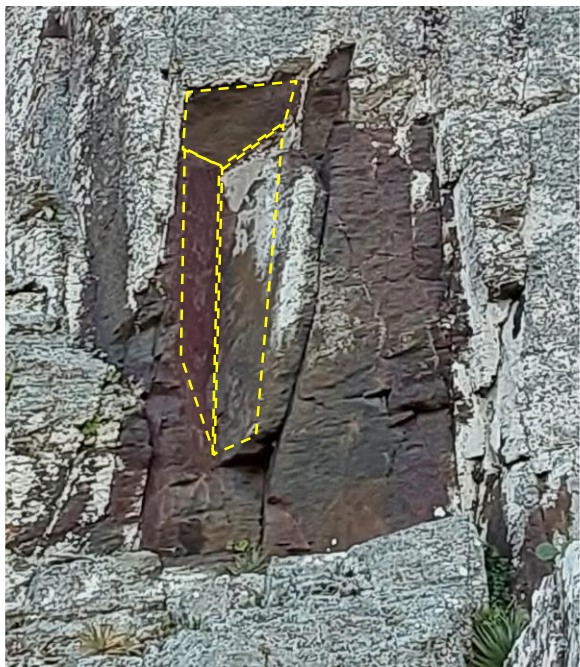
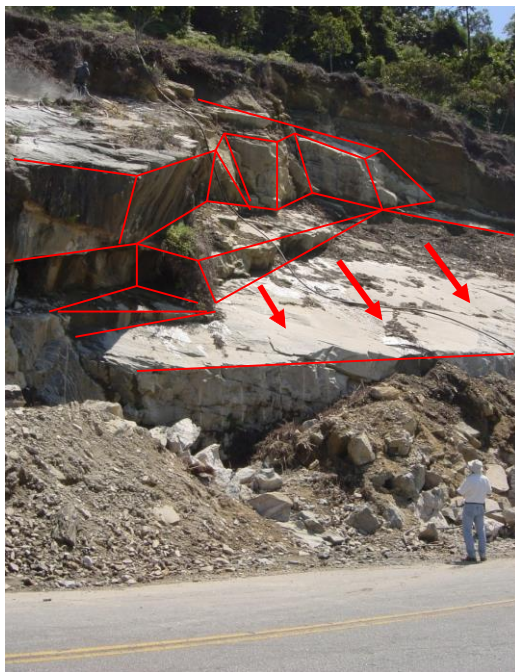


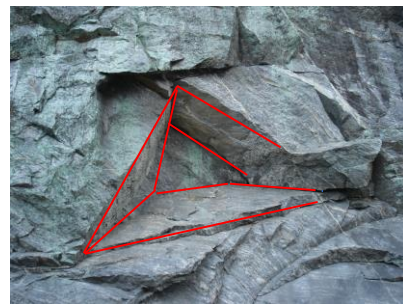
Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB



Fonte: CPRM-SGB



Fonte: CPRM-SGB



Fonte: CPRM-SGB

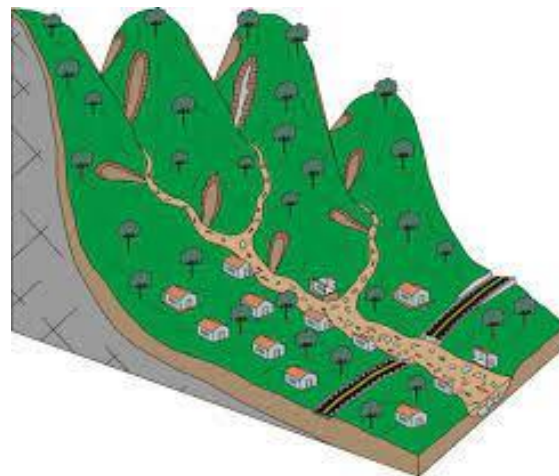




Fluxos (Corridas)

Características Gerais

- Movimento semelhante a um líquido viscoso
- Desenvolvimento ao longo de drenagens, principalmente nos vales encaixadas em áreas de relevo acidentado
- Velocidades extremamente altas e alto poder de destruição
- Mobilização de solo, rochas, detritos e água
- Grandes volumes de material
- Extenso raio de alcance (kms)



Fonte: CPRM-SGB





Fluxos (Corridas)



Itaoca - SP





Fluxos (Corridas)



Conjunto de deslizamentos planares dando origem à fluxo de detritos. Fonte: CPRM-SGB

- Os fluxos de massa são alimentados pelo material mobilizado das encostas pelos deslizamentos e pelo material entulhado no talvegue.
- A água pluvial escoando em excesso pela bacia de drenagem transporta o material sólido, criando um fluxo de alta viscosidade em turbilhão.
- Conforme a declividade diminui, os materiais de maior granulometria (blocos e matacões) passam a se depositar até restar apenas o material mais fino (argila e silte).





Corrida de massa (solo)



Local: Braço do Baú - SC
Fonte: Visão geoambiental da tragédia do Vale do Itajaí
(Juarez Aumond)

Corrida de massa (lama)



Local: Benedito Novo - SC
Fonte: Visão geoambiental da tragédia do Vale do Itajaí
(Juarez Aumond)





Corrida de massa (detritos)



Corrida de massas
Local: Campo Grande – Teresópolis- Rio de Janeiro
Créditos: CPRM –Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental 2013



Corrida de massas. Depósito de seixos indicativo de corridas de detritos pretéritas.
Local: Riacho sem nome em Queluz- SP
Créditos: Pedro Pfaltzgraff





Quedas

Os processos de movimentos de blocos rochosos, consistem nos deslocamentos, por gravidade, de corpos rochosos e podem ser classificados em:

- Queda livre
- Tombamento
- Rolamento
- Desplacamento



Pancas - ES

Fonte: <http://jetibaonline.com/desplacamento-de-rochas-assusta-moradores-de-pancas/>





Quedas

Quedas livres são movimentos em queda livre de fragmentos rochosos (de volumes variáveis) que se desprendem de taludes íngremes.

Quando um bloco rochoso sofre um movimento de rotação frontal para fora do talude o movimento de massa é classificado como **Tombamento**.

Rolamentos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas que geralmente ocorrem devido a descalçamentos e por exumação.

O **Desplacamento** consiste no desprendimento de lascas ou placas de rocha, ao longo de superfícies inclinadas, que se formam a partir de estruturas (fraturas, xistosidade, acamamento) e ocorre devido às variações térmicas ou por alívio de pressão.

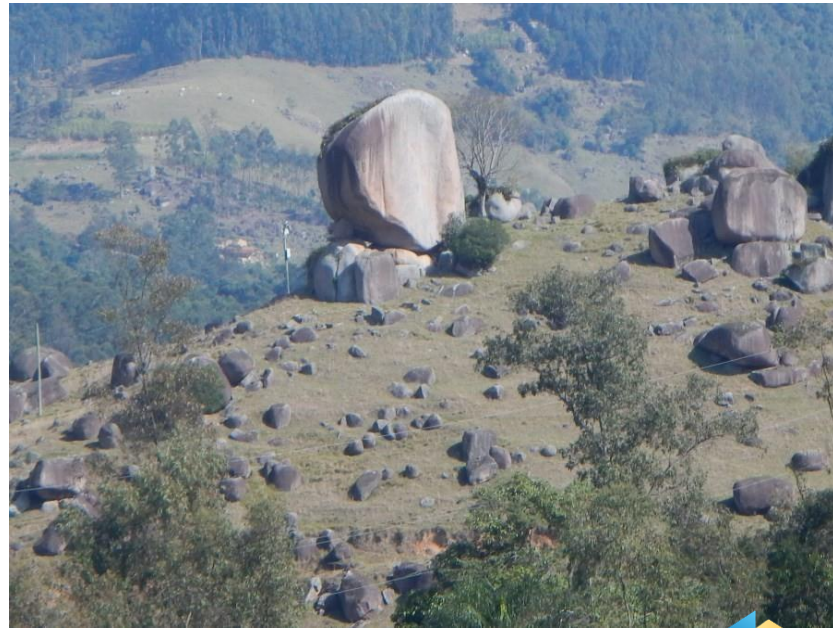


Depósito de Tálus- Pancas - ES



Foto: Rafael Ribeiro / SGB-CPRM

Campo de blocos - Gravatal - SC



Fonte: CPRM-SGB



Área Fonte

Ecoporanga - ES

Fonte Primária – Paredão Rochoso



Fonte secundária – Depósito de Talús

Fotos: Michele Santana / SCB-CPRM

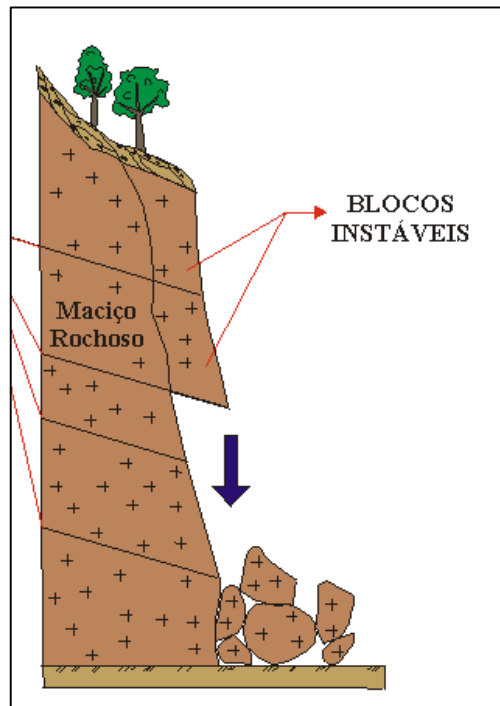




Quedas livre

Características Gerais

- São movimentos tipo queda livre (desde blocos isolados a grandes massas rochosas);
- Materiais de volume e litologias diversas;
- Ocorrem geralmente em encostas muito íngremes;
- Velocidades muito altas;
- Podem atingir grandes distâncias;
- Sem planos de deslocamento e geometria variada.



Fonte: <http://www.rc.unesp.br/lqce/aplicada/ead/interacao/inter09e.html>





Quedas livre



Local: Paso de San Francisco - Argentina Fonte:
<http://dybal.blogspot.com.br/2009/02/>



Fonte: CPRM-SGB





Tombamento

Características Gerais

- São movimentos que se dão pela rotação de blocos rochosos
- Materiais de volume e litologias diversas;
- Condicionado por estruturas geológicas no maciço rochoso, com grande mergulho;
- Velocidades muito altas;
- A distância está relacionada ao comprimento da coluna rochosa;

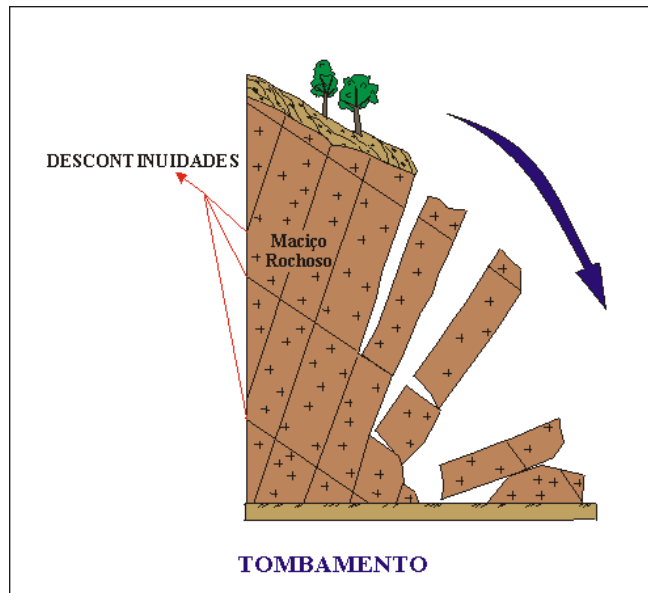




Foto: Anselmo Pedrazi - SCB



Tombamento



Fonte: Reprodução



Capitólio - MG



Crédito: Reprodução/Flávio Freitas – Facebook



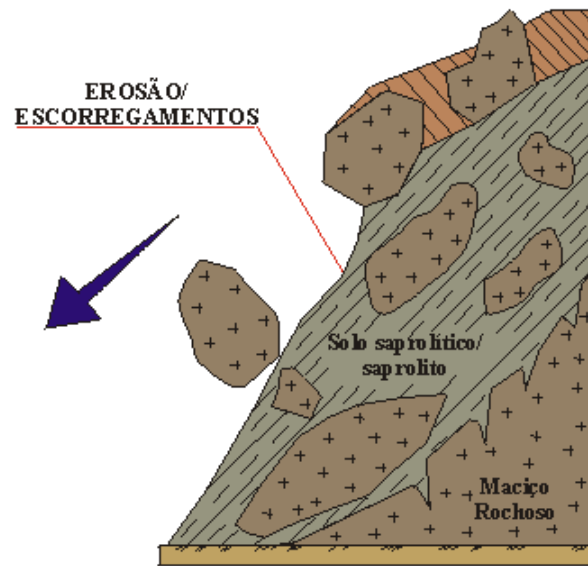
Fonte: <https://jcconcursos.com.br/noticia/brasil/acidente-em-capitolio-mg>



Rolamento

Características Gerais

- Movimento de blocos rochosos ao longo de superfícies inclinadas
- Ocorre geralmente pela perda de apoio
- Velocidades muito altas;
- Podem alcançar grandes distâncias



ROLAMENTO DE BLOCOS





Rolamento



Fonte: CPRM-SGB

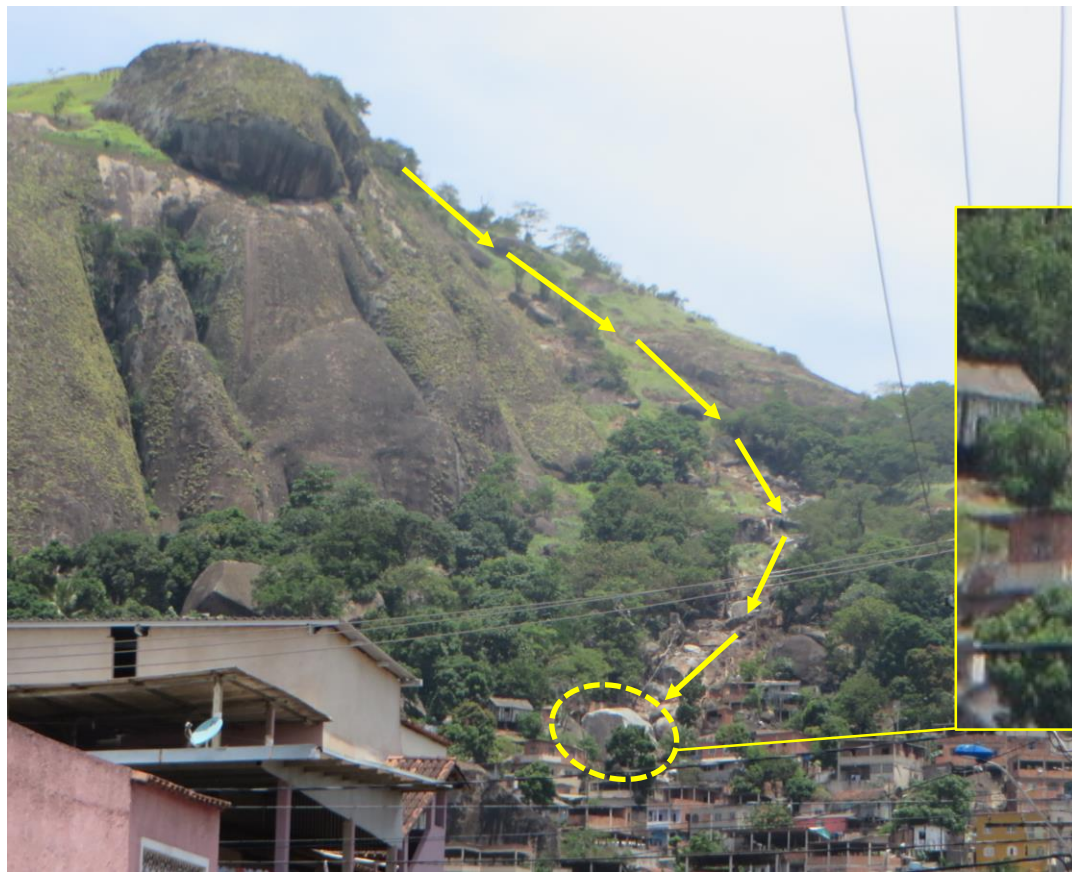


Fonte: CPRM-SGB



Fonte: CPRM-SGB





Vila Velha - ES



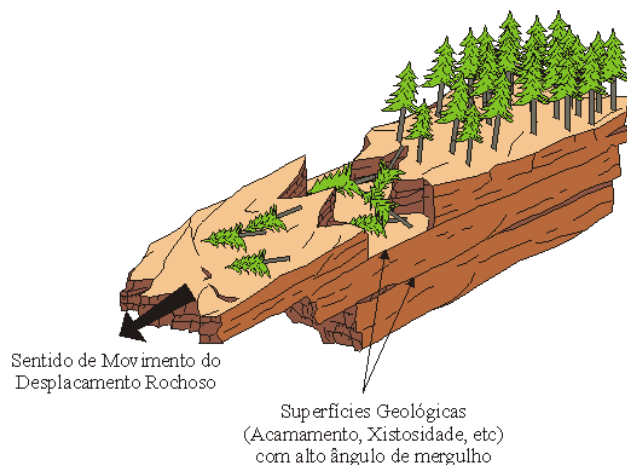
Foto:Rafael Ribeiro SBG/CPRM



Desplacamento

Características Gerais

- Consiste no desprendimento de lascas ou placas de rocha que se formam a partir de estruturas
- Ocorre devido às variações térmicas ou por alívio de pressão;
- Condicionado por estruturas geológicas no maciço rochoso, com grande mergulho;
- Velocidades muito altas;
- movimento pode se dar em queda livre ou por deslizamento ao longo de superfícies inclinadas



Desplacamento



Foto: Anselmo Pedrazzi - SGB





Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM

Águia Branca - ES



Fotos: Heródoto Goes SGB/CPRM

Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff
Pesquisador em Geociências

Serviço Geológico do Brasil – CPRM
e-mail: pedro.augusto@sgb.gov.br
Telefone: (21) 3044-0624
www.sgb.gov.br



OBRIGADO



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

