

CÂMARA DOS DEPUTADOS

Comissão Especial – Medidas Preventivas Diante de
Catástrofes Climáticas

Brasília, 07 de junho de 2011

MEDIDAS DE CARATER PREVENTIVO EM GEOTECNIA

Willy A. Lacerda

Professor Emérito, UFRJ

Professor titular, COPPE-UFRJ



Geotecnia-COPPE



Catástrofes climáticas no Brasil

- Entre os fenômenos climáticos que mais afetam o nosso país estão:
 - Chuvas intensas e prolongadas;
 - Furacões e tornados na região sul-sudeste;
 - Ressacas;
 - Lenta elevação do nível do mar.

Mudanças climáticas

- Embora haja discussões em torno do assunto, o que o leigo percebe é que o clima está mudando, com tempestades cada vez mais intensas e cada vez menos espaçadas.
- Alguns vêem estas mudanças no entorno de mega-cidades como consequência das ilhas de calor geradas pela impermeabilização urbana.

Consequências das chuvas intensas

- Embora a quantidade de água de chuva (mm de chuva) tenha permanecido mais ou menos constante, a intensidade da chuva tem mostrado um aumento.
- A quantidade de chuva antecedente a um determinado evento catastrófico influí na quantidade de deslizamentos que ocorrem quando sobrevém um pico de chuva.

Exemplo de gráfico de escorregamentos devidos à combinação de chuva acumulada e intensidade de chuva

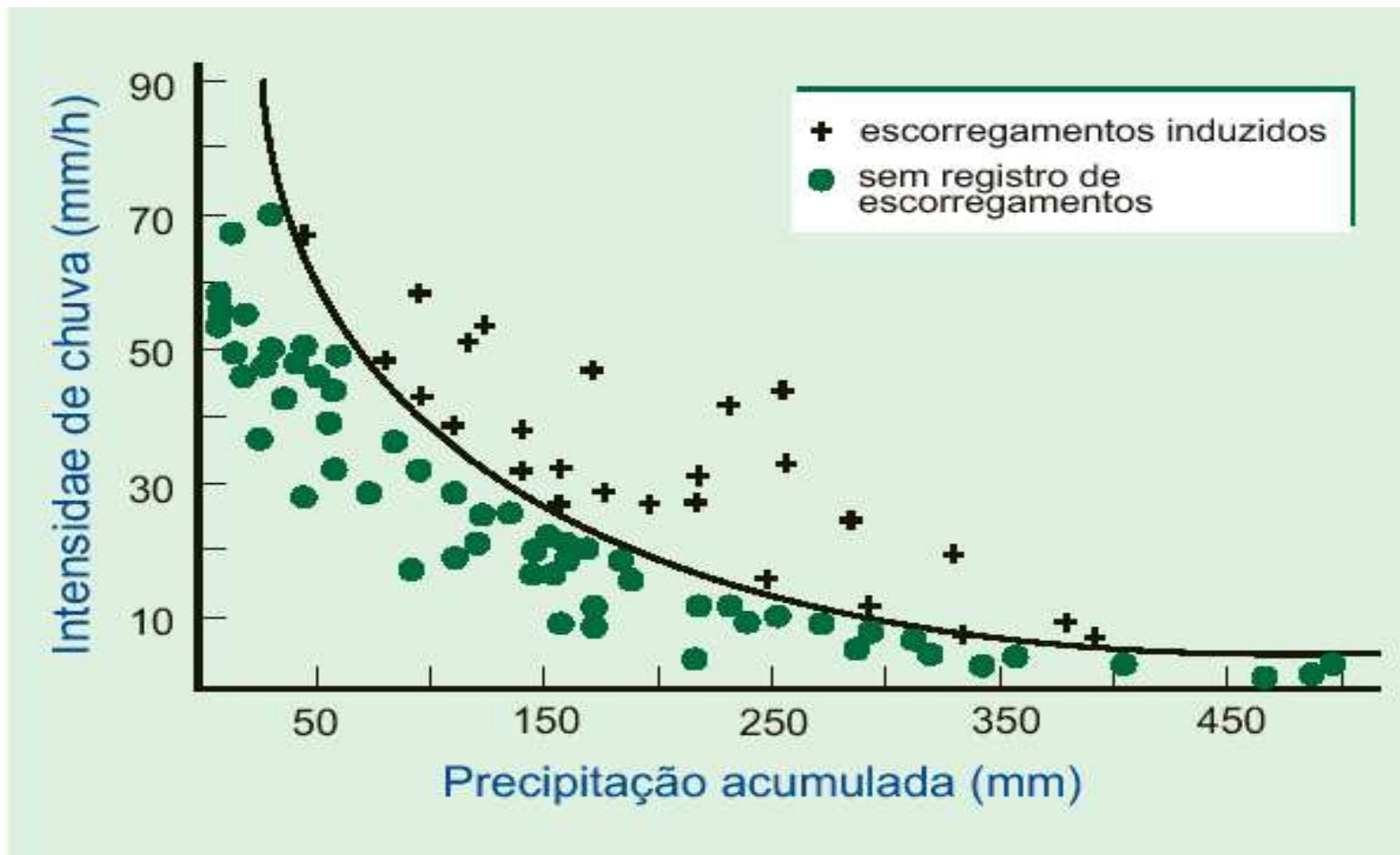


Fig. 24.12 Correlação da taxa de precipitação com escorregamentos. Fonte: IPT.

Efeito da chuva numa encosta

- A água incidente numa encosta tem parcelas de:
 - Infiltração, saturando o solo e fazendo baixar sua coesão (o que se traduz na maior facilidade de deslizamentos).
 - Escoamento superficial, gerando a água livre que corre para os rios;
 - Evaporação.
- Se o solo é dotado de cobertura florestal, o escoamento superficial (chamado também de “run-off”) é baixo, e a parcela de infiltração é mais alta, o que promove o reabastecimento dos aquíferos. As raízes profundas exercem papel de estabilização.
- Áreas urbanas densamente ocupadas reduzem a infiltração no solo, contribuindo para aumentar a intensidade das enchentes.

raízes



Infiltração

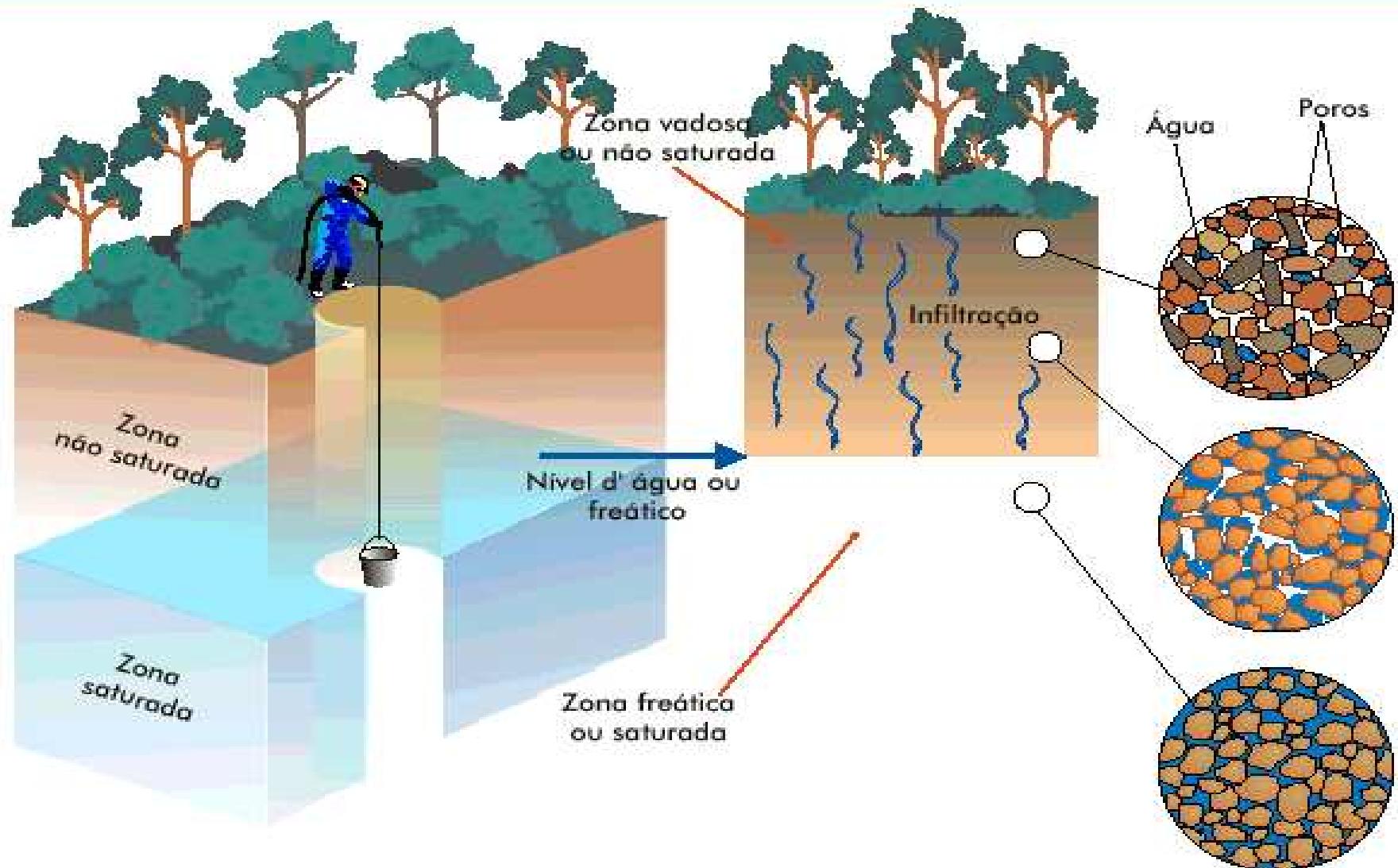


Fig. 7.3 Distribuição de água no subsolo.

Escoamento da água em encostas não florestadas ou de vegetação rala

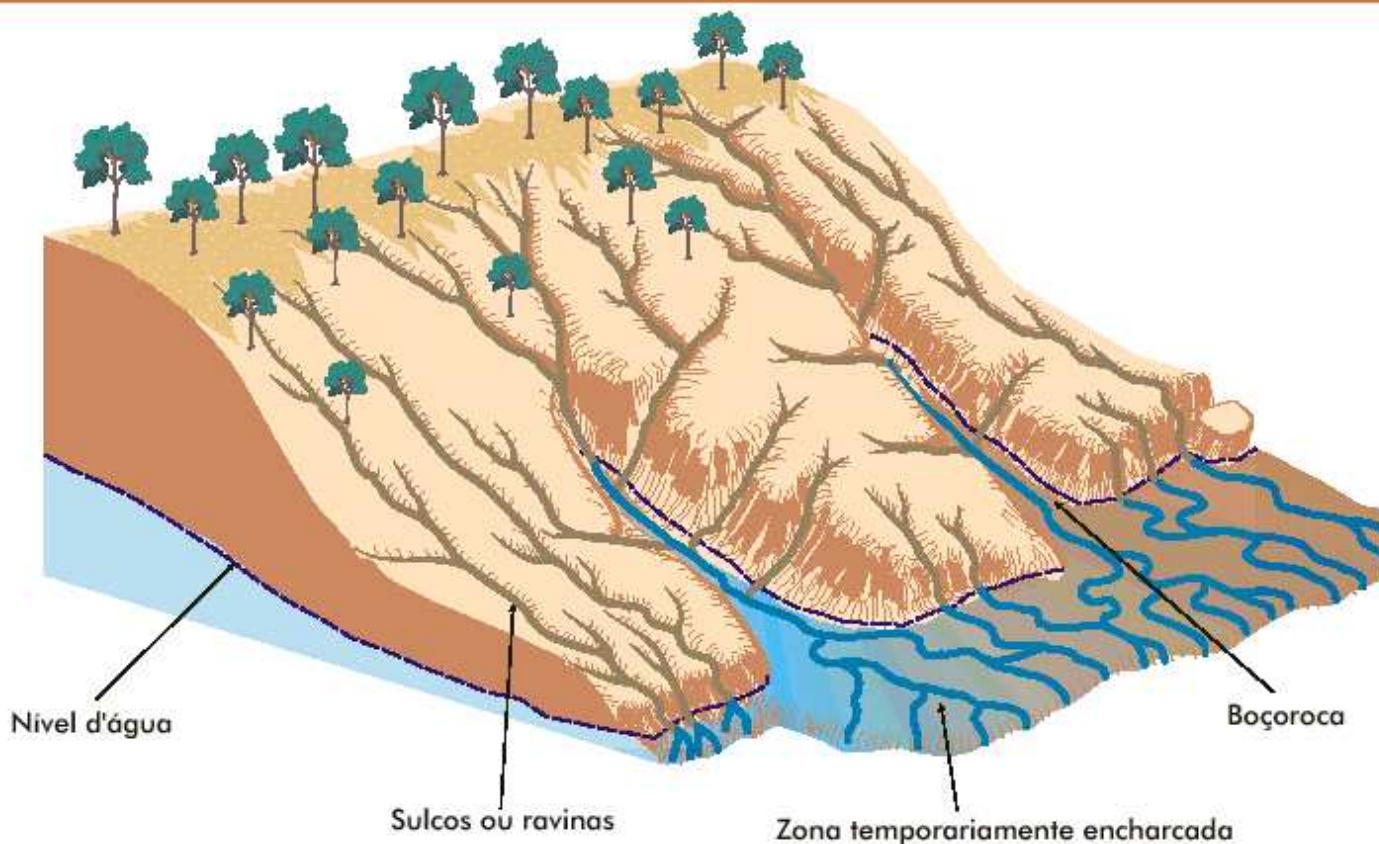


Fig. 7.12 Morfologia de sulcos e boçorocas.

Assoreamento

- O solo carreado pela água vai assorear os rios, aumentando o nível das enchentes.
- Num evento de chuva extrema, esta lama carreada pela correnteza vai destruir as benfeitorias em seu caminho, como ocorreu recentemente no Vale do Cuiabá, em Itaipava, e em Teresópolis e Friburgo, cobrindo-as de lama ou arrastando-as.

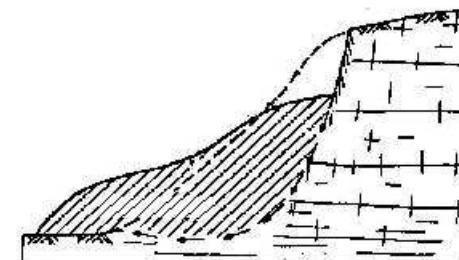
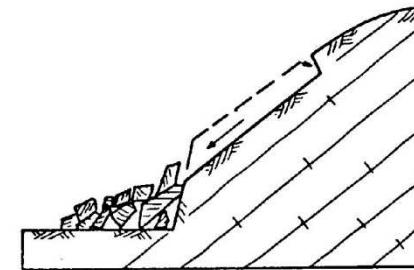
Vale do Cuiabá, Itaipava, Petrópolis,



Foto: M.L. Lacerda

Deslizamentos

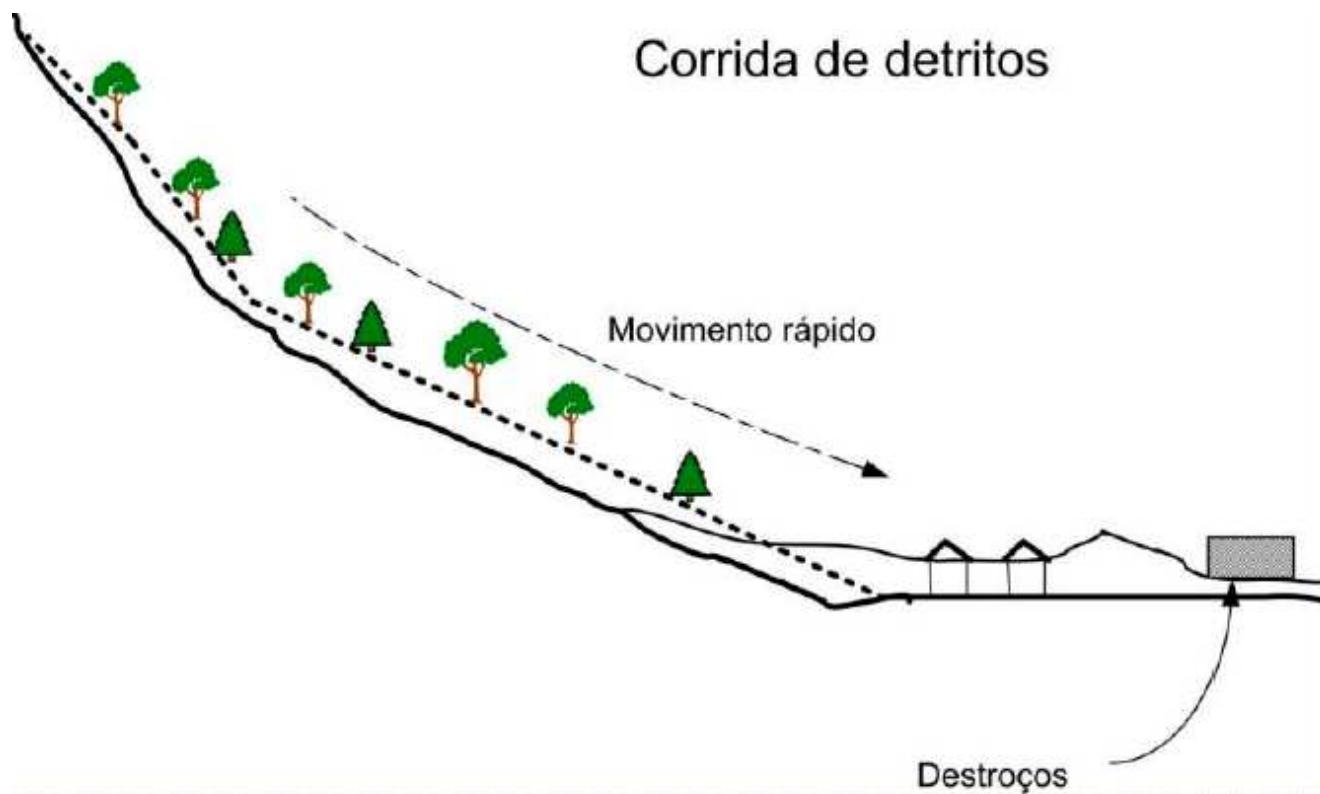
- Em solo raso: planares
 - escorregamento na praia do Bananal, Ilha Grande, Angra dos Reis, 2010
- Em solo mais espesso:
escorregamentos profundos,
conchoidais.



Praia de Bananal, Ilha Grande, 2010



Corrida de detritos



O mecanismo da corrida de detritos, velocidades altas (km/h) e grandes danos (em alguns casos, danos enormes)

Somatório de corridas de detritos





“Debris flows”

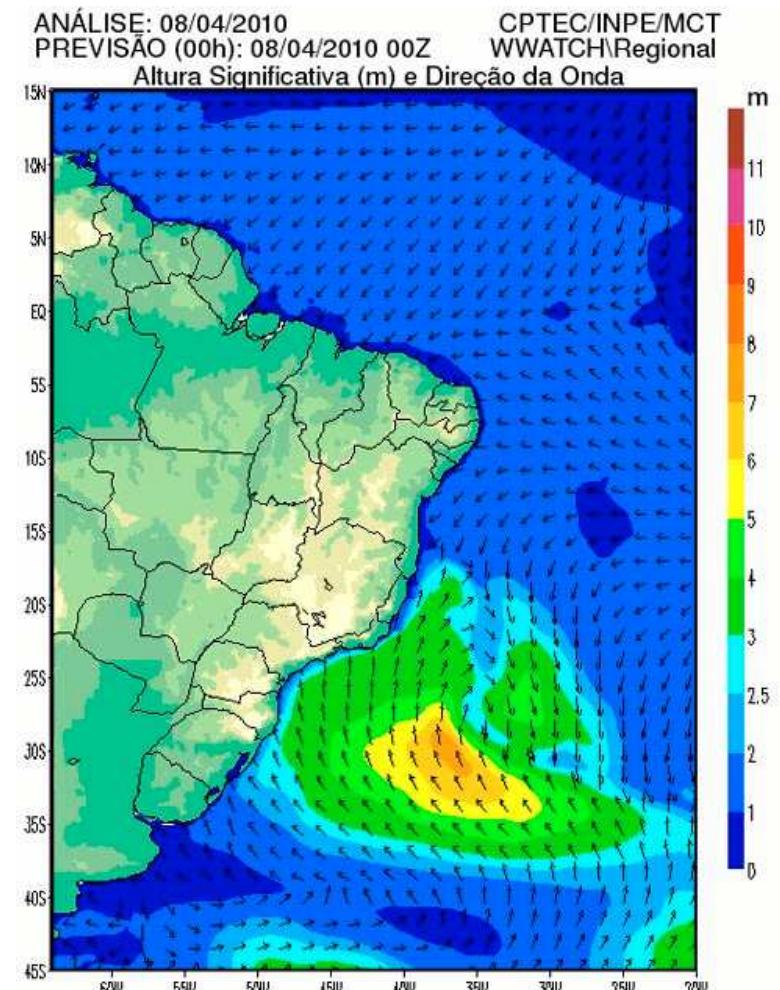
Avalanche de detritos (ou corrida de detritos)

Oleoduto

Em 1996 houve uma corrida de detritos em Itacuruçá, a qual passou por cima do ORBIG. Não houve danos, mas a situação poderia ser outra se duto estivesse um pouco mais acima, na região de desmonte de blocos. Os blocos transportados medium até 5 m de diâmetro.

Ressacas

- As tempestades em alto mar, na região sul/sudeste do Brasil provocam ressacas, que atingem a orla marítima e as construções próximas à praia.



Ressaca em Niteroi, 29-5-2011



Foto: Jackson de Castro

Tornados, furacões

- Embora raros no Brasil, estão provocando destruições na região sul. Exemplo: o tornado de Indaiatuba em Sta. Catarina, em 2004



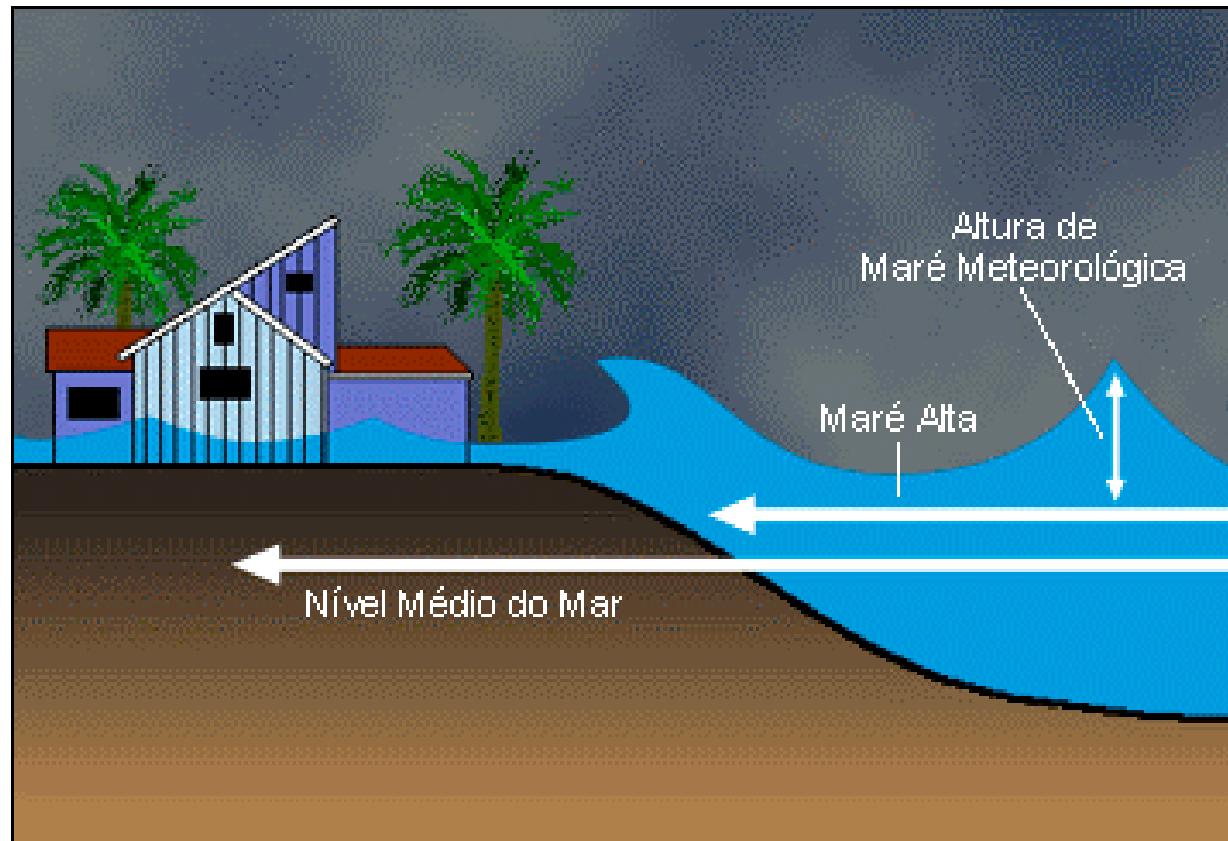
15489-20at
www.fotosearch.com.br



bcd1042 www.fotosearch.com

Maré meteorológica

- Um dos efeitos de um furacão é a maré meteorológica, que é mais intensa quando ocorre com a maré alta usual. É provocada pela baixa pressão no “olho” do furacão



O que fazer?

- Danos às estradas e pontes.
 - Sugestão: recomendação ao DNIT e aos DER estaduais para reverem as normas de projeto de pontes e bueiros.

Pontes e bueiros

- Estas recomendações de revisão devem ser feita levando-se os seguintes aspectos:
 - mudança no critério de “chuva de projeto” adotando um tempo de recorrência maior. Atualmente é de 20 anos, em muitos Códigos). Além disso, fazer uma revisão das chuvas de referência, cujos parâmetros foram fixados na década de 1940 (Otto Pfastetter, do DNOS)
 - Mudança nos critérios de fixação do comprimento das pontes. Introduzir a análise de risco de corridas de detritos com elevação anormal do nível d’água;
 - A mesma coisa no que tange ao cálculo da seção de vazão dos bueiros. Levar em conta sempre que o bueiro pode ser “entupido” pelos detritos a montante, permitindo que água passe por cima do corpo estradal.
 - Reforçar com muros-ala maiores os encontros de pontes, a montante do fluxo, para evitar erosões nas cabeceiras.

Recomendações para projeto de aterros (cont.)

- Construir os aterros em volta dos bueiros com materiais mais argilosos, para evitar a erosão do aterro quando da ocasião de enchentes. Aterros arenosos são facilmente “laváveis” quando a água passa através deles.
- Em regiões com incidências de corridas de detritos, preferir construir pontilhões ao invés de bueiros, para permitir a passagem dos detritos sob o pontilhão.

Ressacas

- As regiões costeiras da região sul-sudeste devem se prevenir para ressaca maiores e mais frequentes. Para isto:
- Nos locais mais críticos, construir muretas com forma apropriada para receber o impacto das ondas sem prejuízo das construções. Semelhante aos muros para receber ondas de tsunamis, no Japão.

Proteção contra ressacas



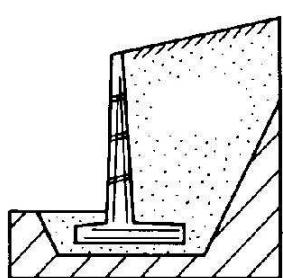
Escorregamentos e áreas de risco

- Medidas preventivas:
- Reflorestamento das cabeceiras das bacias de drenagem;
- Mapeamento de áreas de risco de todos os Municípios do Brasil. Este assunto tem sido abordado pelo Ministério do Interior e pelo Ministério das Cidades.
- Estabelecer áreas de risco muito baixo para construção de moradias populares.

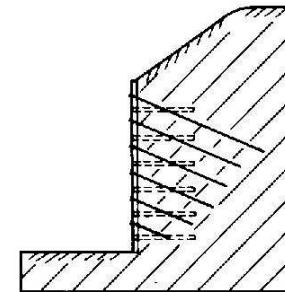
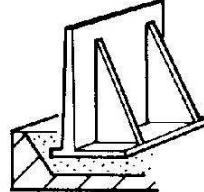
Obras de proteção de deslizamentos

- É possível transformar algumas áreas de risco médio a alto e locais seguros, mediante obras de engenharia. Estes locais geralmente se situam em cidades onde existem muitas casas em áreas de risco médio a alto e seja impraticável sua remoção.

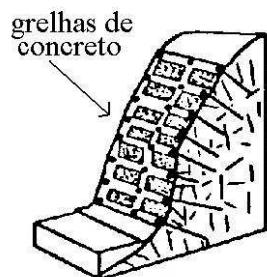
Contenção de taludes



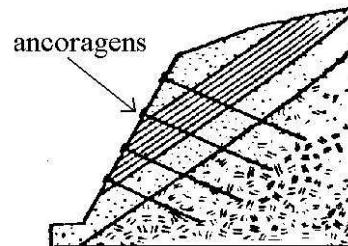
Muros de concreto armado



Cortinas ancoradas



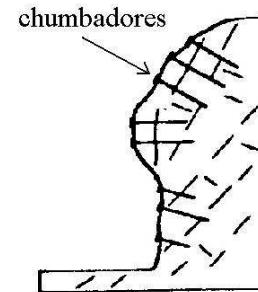
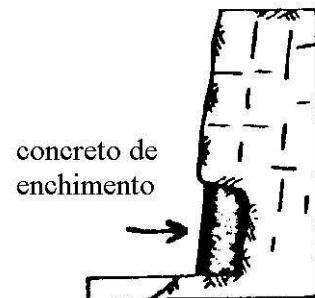
Reforço com chumbadores



reforço com ancoragens

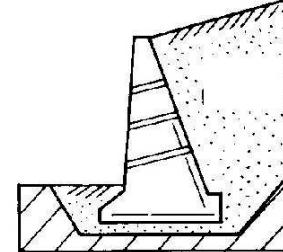
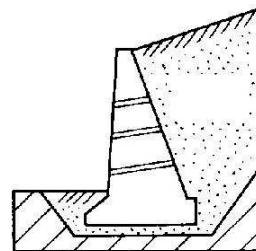
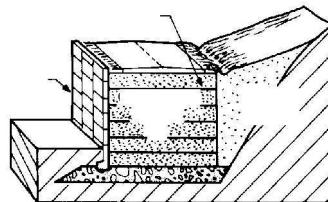
•(b)

Contenção de taludes



Preenchimento sob lascas rochosas instaveis

chumbadores



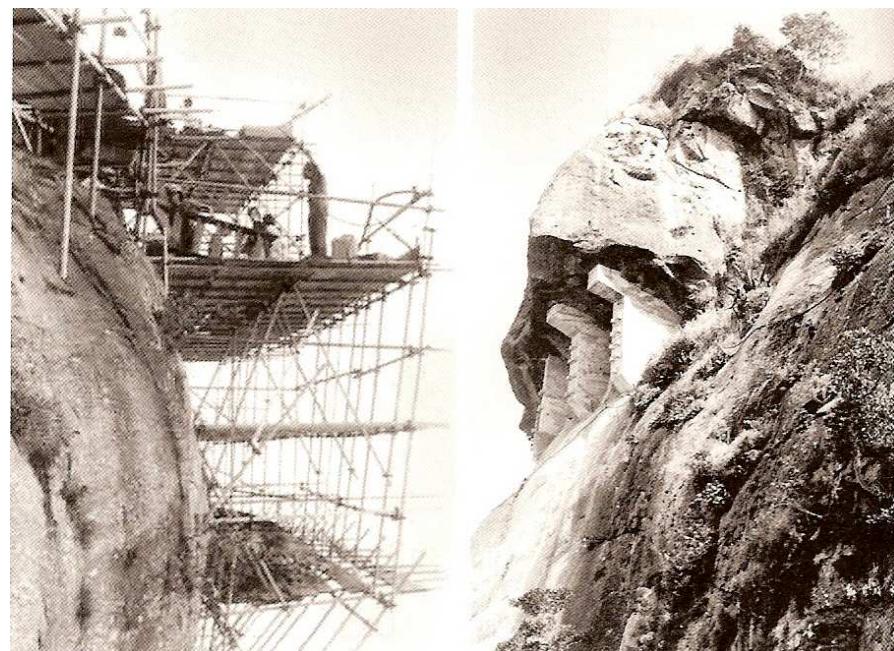
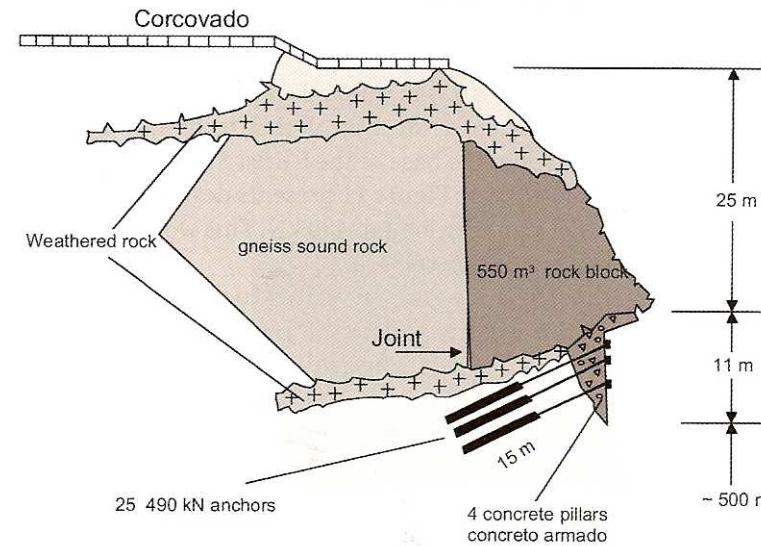
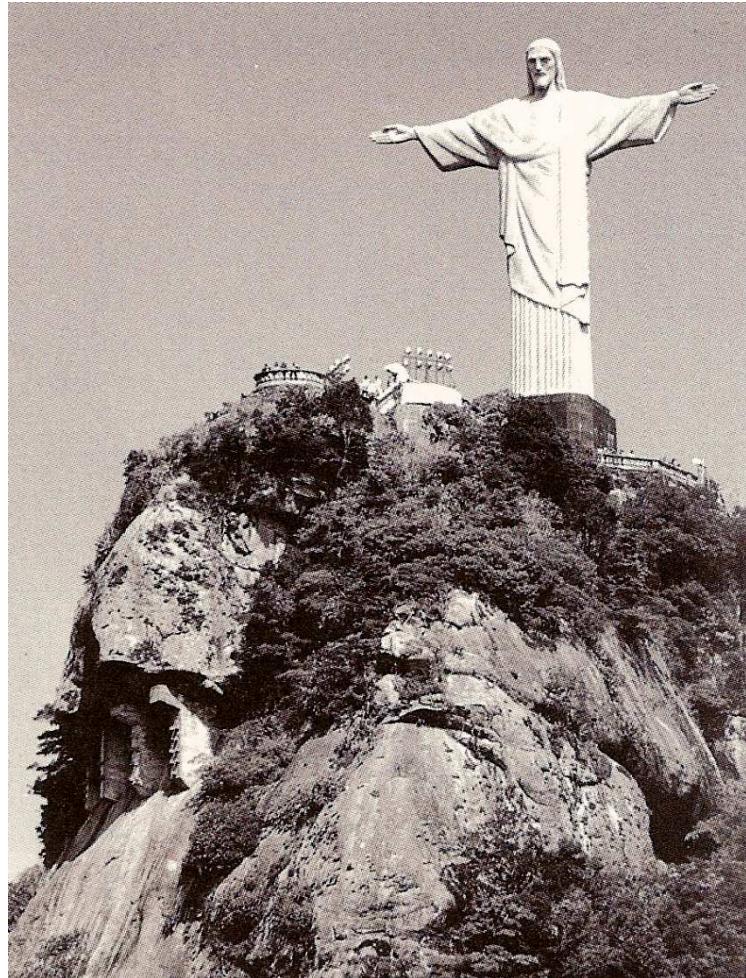
Muros de solo reforçado

Muros de Peso

Exemplos de obras de contenção

Morro do Cantagalo (Rio) com pilares de concreto ancorados





Estabilização do mirante do Corcovado, com gigantes de concreto e ancoragens

Ortigão & Sayao 2004)

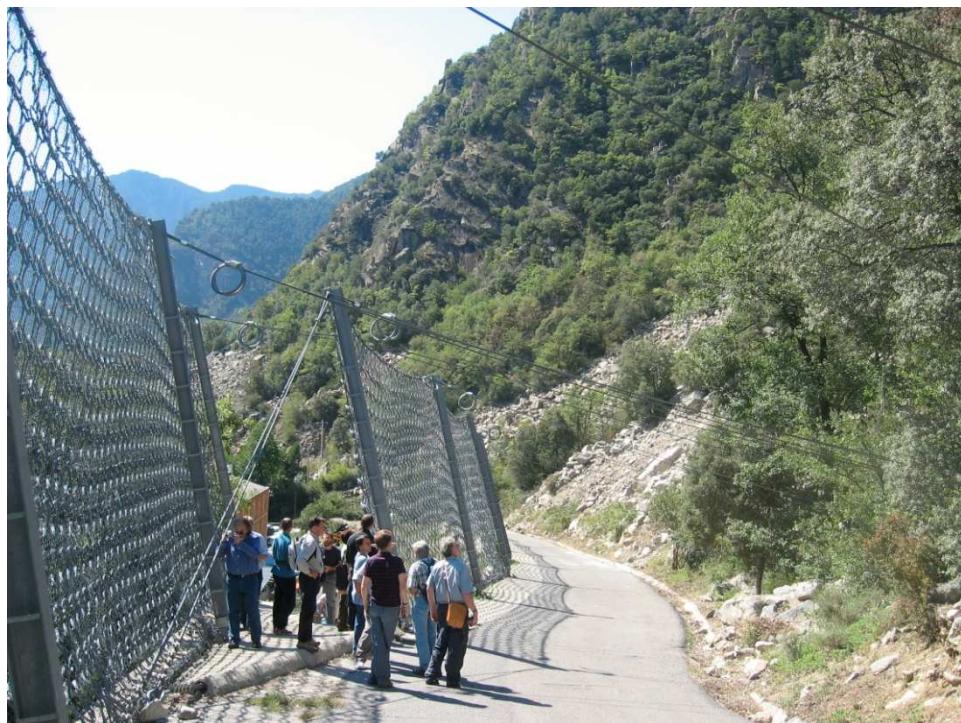


Proteção contra queda de
blocos com pilares
ancorados na rocha
(Praia Vermelha, Rio de
Janeiro)



Exemplos de obras de proteção

- Redes de aço de alta resistência para reter blocos de rocha que rolam de encostas ou de faces verticais rochosas



← Andorra Portugal ↑

Canais para passagem de corridas de detritos



Andorra

Barragens de retenção de corridas de detritos, com passagem para a água

- Barragem
de
retenção na
região de
Nápoles,
Italia



Enchentes

- Diques de proteção das margens de rios com habitações, após cálculos cuidadosos para que a enchente do rio não ultrapasse a cota dos diques.

Um caso curioso no rio Mississippi



Diques de Proteção



- Dique e
piscinão
em São
Paulo

Jardim Romano, Zona Leste

- Agradeço o convite para esta apresentação.