

Risco geotécnico de taludes naturais

Marcelo Fischer Gramani

Palestra apresentada na USP/Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica, para Disciplina PEF3409 – Geotécnica e Recuperação Ambiental, 08/06. 30 slides

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

Risco Geotécnico de Taludes Naturais

PEF3409 – Geotecnia e Recuperação Ambiental

Marcelo Fischer Gramani, Geólogo

Escola Politécnica
15 de junho de 2022



FOTO AÉREA DA REGIÃO AFETADA POR “DEBRIS FLOW” EM MARÇO DE 1994

Bolsista Capes – 1993 e 1994 (argilas – J.V. Valarelli - Vala)

Estagiário IPT – Laboratório de Hidráulica e Mecânica de Rochas: 1995 e 1996

MESTRE em ENGENHARIA CIVIL (POLI-USP): 2001

Dissertação: “Caracterização Geológica-Geotécnica dos Fluxos de Massa (*Debris Flows*) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais”



PP ~ 248mm/24h
60mm/1h

Intensa erosão das margens

- Córrego das Pedras
- Afluente Principal

V ~ 300.000m³
lama/areia/pedregulhos/blocos
de rocha/troncos de árvores
água

Vel. ~ 10m/s





ipt

Atuação Profissional no IPT

- Gestão e análise de riscos naturais e tecnológicos
- Identificação de cenários de risco deflagrados por eventos extremos
- Mapeamentos de áreas de risco
- Investigação de acidentes
- Atendimentos emergenciais e Vistorias em Obras
- Cursos e treinamentos de equipes
- Informações públicas - Publicações
- Outras atividades relacionadas a Geologia de Engenharia e Geotecnia

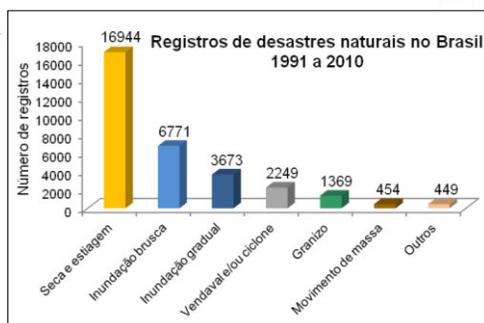
ipt

CONDIÇÕES DE RISCO NO BRASIL

Principais processos no Brasil: natural ou induzidos

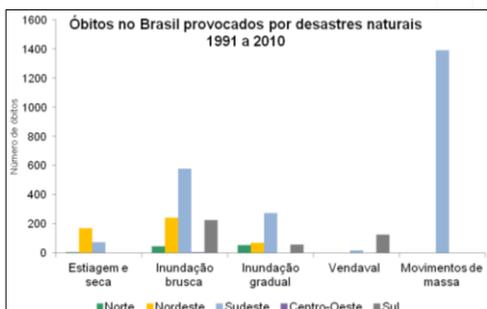
- Deslizamentos (landslides)
- Inundações (floods)
- Erosões (gullies)
- Assoreamento (silting)
- Subsídências e Colapsos (subsidence and collapses)

ipt



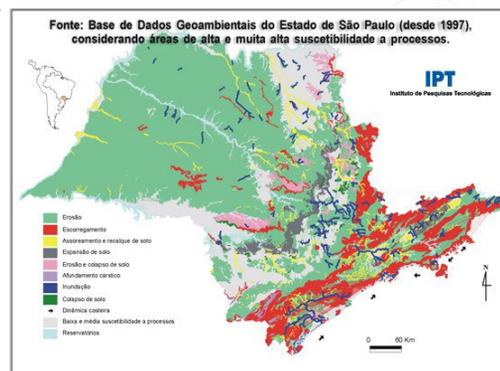
Desastres naturais mais frequentes no Brasil. Fonte: BRASIL (2011)

ipt



Fonte: BRASIL (2011)

ipt



BREVE HISTÓRICO DE ACIDENTES

Cenários de risco: encostas e margens de rios

- Dimensões (tamanho dos processos)
- Volumes mobilizados (quantidades de terra e rocha)
- Raios de alcance (até onde vai??)
- Recorrência dos processos (todo ano tem???)



Santos (1928), SP – Monte Serrat

- Notar raio de alcance da massa



"MARCO" DO MAPEAMENTO DE RISCO COMO ATIVIDADE DO GEÓLOGO

GEÓLOGO OFICIAL CONSIDERA NECESSÁRIA A INTERDIÇÃO DE TODOS OS MORROS DE SANTOS

Reportagem de Hélio CHAGA Foto de Manuel de SOUSA

Geólogo especialista

Uma vez mais, quando se fala em morros de Santos, o assunto é o mesmo: o risco de deslizamentos de terra e o perigo que eles representam para a população que vive nessas áreas. O geólogo oficial da Prefeitura Municipal de Santos, Manuel de Sousa, afirmou que a situação é crítica e que a interdição de todos os morros é necessária para evitar novos acidentes.

Sousa explicou que os morros de Santos são áreas de risco devido à sua composição geológica e à falta de infraestrutura adequada. Ele afirmou que a Prefeitura não tem recursos suficientes para manter essas áreas seguras e que a interdição é a única solução viável.

Sousa também mencionou que a Prefeitura já tentou interdição de alguns morros, mas que isso não resolveu o problema. Ele afirmou que a situação é crítica e que a interdição de todos os morros é necessária para evitar novos acidentes.

O PROBLEMA SOCIAL

Somos vítimas de um dos mais sérios problemas sociais do Brasil. A população dos morros santistas aproxima-se de vinte e cinco mil pessoas. E vivem numa situação que seria impossível de grandes cidades do interior. Os especialistas do Instituto de Pesquisas Econômicas do Estado de São Paulo, que já se encontram em nossa cidade, por ordem do governador paulista, fizeram um estudo sociológico dos morros, dentro de poucos dias darão a palavra final sobre todos os fatos que deverão ser definitivamente levantados. Infortunadamente, tanta vida e população são destinadas, assim, esperando que o número final registrará várias centenas de famílias, milhares e milhares de pessoas.

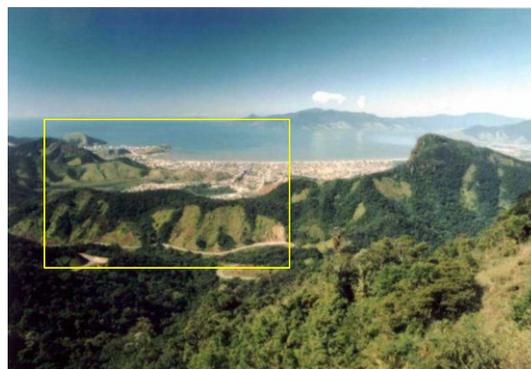
ESCORREGAMENTOS EM SANTOS, MARÇO DE 1956 Folha da Tarde, 28/03/1956 IPT

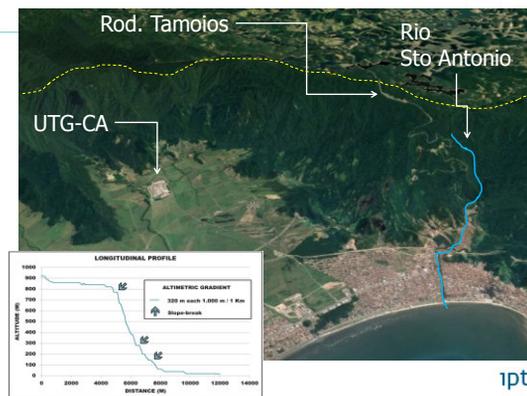
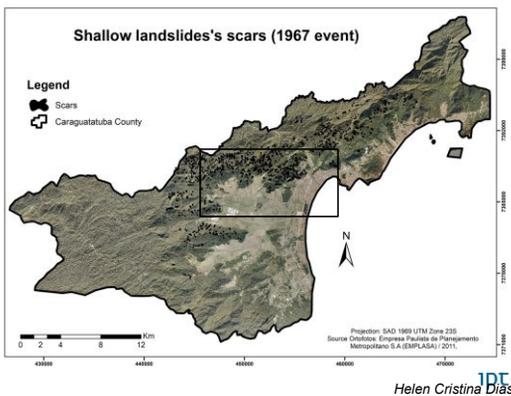


Caraguatatuba (1967), São Paulo

586 mm / 48 h

- Notar quantidade de cicatrizes
- Notar profundidade dos escorregamentos





___ Transporte de materiais



Depósitos de material grosseiro mostrando nítida inversão granulométrica dos materiais

Clastos sustentados

(Cruz, 1974)



Vastas áreas cobertas por deposição de material fino

Pequeno impacto da massa

(Cruz, 1974)



Morro Santo Antônio

15 de março de 2017

~ 180 mm / 2 h

GROTA FUNDA, SM (SP) - 1975/1976



“Gigantesco” escorregamento:
expondo uma área de 300.000m²

proximidades de Paranapiacaba

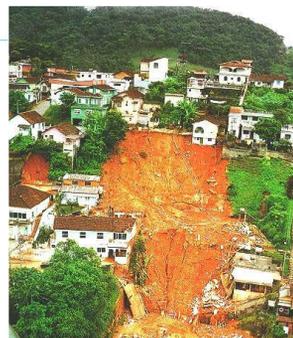
altas declividades: > 45°

Vs ~1 000 000 m³

Vel ~ 8,4m/s

Deflagrado por fortes chuvas (sem registro)

Destruição de muros de proteção e o antigo Viaduto Grota Funda de estrutura metálica



Petrópolis (1988), Rio de Janeiro

• Escorregamentos induzidos pela ocupação

177 vítimas



Campos do Jordão (2000) Bairro do Britador

450 mm / 72 h



Campos do Jordão (2000), São Paulo



São Paulo (2000) Bairro do Campo Limpo





São Bernardo do Campo (2005)



Timbé do Sul (1995) Santa Catarina

500 mm / < 24 h IPT



Bauru, São Paulo

IPT



IPT



IPT



IPT

Outros processos



1pt

1pt



1pt



1pt



1pt



1pt

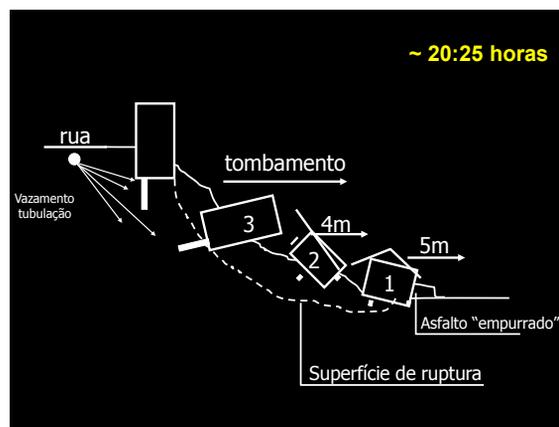
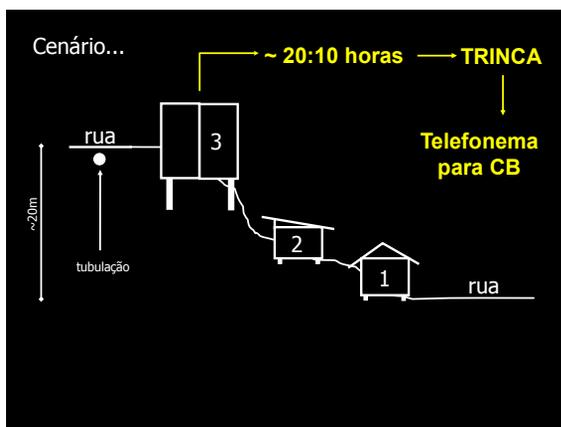


ipt



Chuvas...???

ipt



ipt





ipt



Ilhabela (2000), São Paulo

ipt



Ilhabela (2000), São Paulo

ipt

ANTES



2000

DEPOIS



2005

ipt

FUNDAMENTOS

PREVISÃO

possibilidade de identificação das áreas de risco com a indicação dos locais onde poderão ocorrer acidentes (definição espacial = ONDE), estabelecimento das condições e circunstâncias para a ocorrência dos processos (definição temporal = QUANDO).

PREVENÇÃO

possibilidade de serem adotadas medidas preventivas visando, ou inibir a ocorrência dos processos, ou reduzir suas magnitudes, ou ainda minimizar seus impactos, agindo diretamente sobre edificações e/ou a própria população.

ipt

MODELO DE ABORDAGEM DA UNDR0

UNDR0 - (Office of the United Nations Disasters Relief Co-ordinator)

1. Identificação dos riscos
 2. Análise dos riscos
 3. Medidas de prevenção
 4. Planejamento para situações de emergência
 5. Informações públicas e treinamento
- } Mapeamento

ipt

Experiências recentes em atendimentos emergenciais

ipt

Últimos trabalhos...

- Investigação do acidente no Metro de SP (2007-2008)
- Atendimentos emergenciais em Santa Catarina (2008)
- Mapeamentos de áreas de risco na RMSP (2009-2010)
- Atendimentos em São Luiz do Paraitinga (2010)
- Acidentes na região da Serra do Mar no Paraná (2010)
- Atendimentos Emergenciais no RJ (2011)
- Atendimentos emergenciais na Serra do Mar e Cubatão (2013)
- Mapeamentos de áreas de risco para Defesa Civil – SP (2012 – 13 – 14 - 15)
- Atendimento e investigação do acidente em Itaoca – SP (2014)
- Atendimento de emergência Mairiporã – SP (2015)
- Corrida de massa em Garuva (2017)

ipt

Acidente no Metro de SP



Riscos tecnológicos são intrínsecos aos processos industriais e a obras de engenharia .

A gestão de riscos tecnológicos é fundamental para a prevenção e controle de acidentes.

ipt



Gulp.com.br



ipt

SANTA CATARINA

Eventos extremos de chuva em novembro/2008

Principais municípios atingidos:

Blumenau

Itajaí

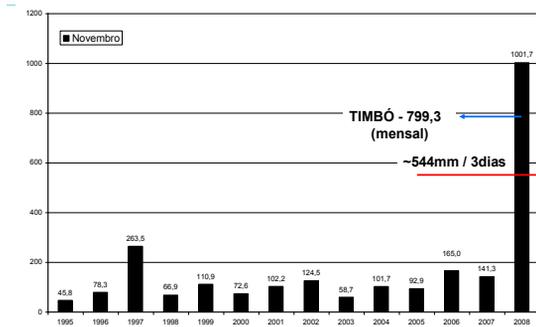
Jaraguá do Sul

Luiz Alves, Ilhota e Gaspar (Complexo do Baú)

ipt



ipt



ipt

Enchente do rio Itajaí-Açu - Blumenau



ipt

Inundação - Itajaí



ipt

Inundação - Vale do Itajaí



ipt

Corridas de massa - Complexo do Baú



ipt

Corridas de massa – Complexo do Baú



ipt

Corridas de massa – Complexo do Baú



ipt



Escorregamento - Blumenau



ipt

Escorregamento - Blumenau



ipt





ipt

Infra-estrutura atingida – Luiz Alves



ipt

Infra-estrutura atingida – Complexo do Baú



Curso d'água barrado - Complexo do Baú



ipt

Assoreamento - Complexo do Baú



ipt

Alagoas - 2010

ipt



ipt



ipt

Paraná - 2010

ipt



Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR

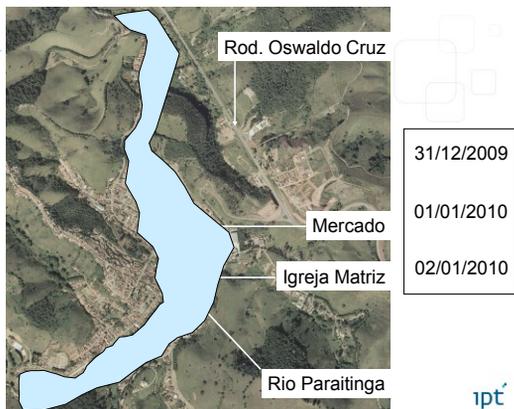


Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR



Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR

AS INUNDAÇÕES EM SÃO LUIZ DO PARAITINGA 2010





ipt



ipt





ipt



ipt



Região Serrana do Rio de Janeiro - 2011



ipt





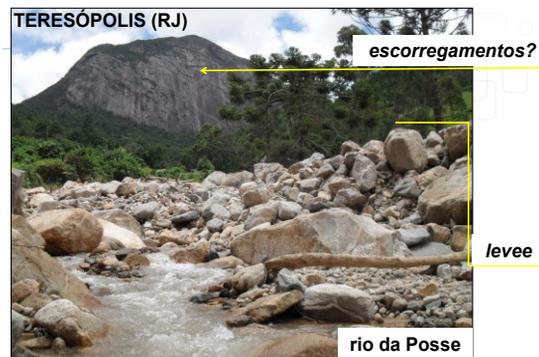
ipt



ipt



PETRÓPOLIS (RJ) Janeiro de 2011



TERESÓPOLIS (RJ)

escorregamentos?

levee

rio da Posse

ipt



TERESÓPOLIS (RJ)

D.F.

rio da Posse

ipt



AREAL (RJ) Janeiro de 2011



ipt



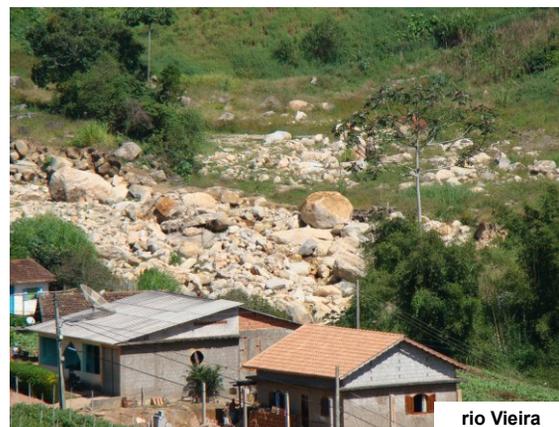
ipt



ipt



ipt

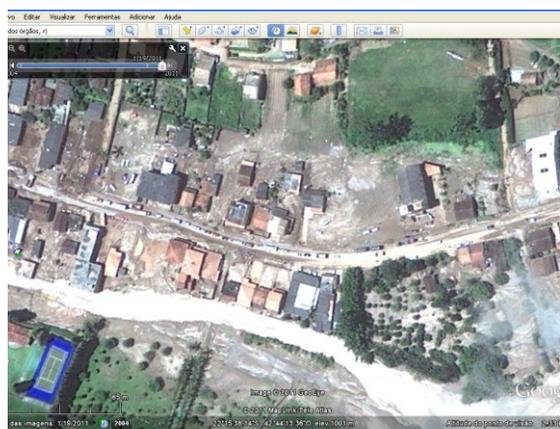
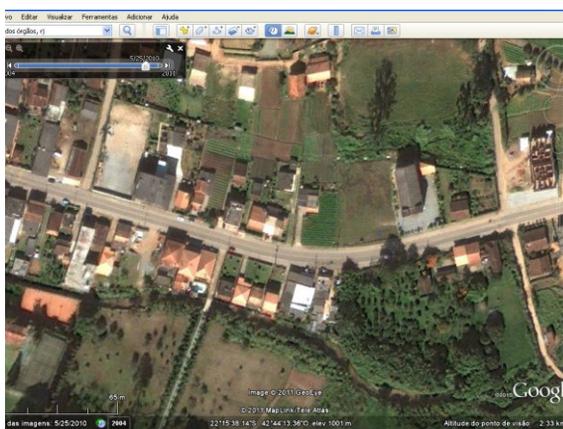




ipt



ipt



Paraná - 2011

ipt



Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR



Everton Passos e Roberto C. Pinto (maio/2012)

Erosão + Deposição



Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR



Fonte: Renato Lima - CENACID-UFPR

Santa Catarina - 2011



Mirim Doce-SC Janeiro 2011 Bairro Serra Velha

Imagem gentilmente cedida por José Henrique Vilela - CEPED/UFSC



Imagem gentilmente cedida por José Henrique Vilela - CEPED/UFSC

Mirim Doce-SC Janeiro 2011

Bairro Serra Velha





Imagem gentilmente cedida por José Henrique Vilela – CEPED/UFSC

Mirim Doce-SC Janeiro 2011

Bairro Serra Velha



Imagem gentilmente cedida por José Henrique Vilela – CEPED/UFSC

Rio do Campo - SC Janeiro 2011

Bairro Rio Azul



Mai/2010

Set/2011

Rio do Sul, Bairro Canta Galo

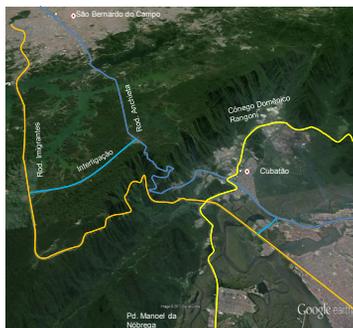
Imagens gentilmente cedida por José Henrique Vilela – CEPED/UFSC



Deslizamentos e Corrida de Lama no Km 52 da Rodovia dos Imigrantes Fevereiro - 2013



LOCALIZAÇÃO – SISTEMA ANCHIETA-IMIGRANTES



Data da ocorrência
22 de Fevereiro
2013



Precipitação em CUBATÃO



CAUSA

Precipitação Medida

107 mm em 1 hora
182 mm em 2 horas

Período de Retorno

282 anos

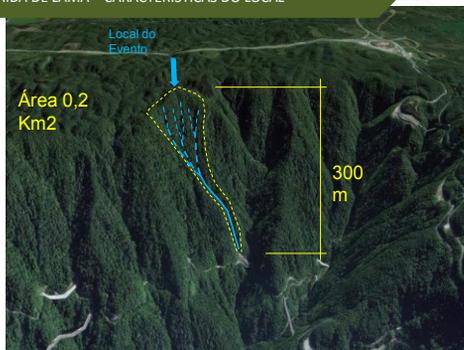
15:30	Início da chuva no Sistema
16:00	20 mm
16:40	90 mm
17:40	181 mm

ocorrência

CORRIDA DE LAMA – CICATRIZES DE ESCORREGAMENTO



CORRIDA DE LAMA – CARACTERÍSTICAS DO LOCAL



CORRIDA DE LAMA – PERCURSO DOS DEBRITOS



EVENTO PLUVIOMÉTRICO – CONSEQUÊNCIAS



- Escorregamentos 72
- Veículos afetados 39
- Vítimas fatais 1

Vista do emboque Santos do túnel TA 10/11



SOLUÇÕES - EMERGENCIAL



Instalação de Barreira Dinâmica

ipt

SERRA DO MAR - 2013

ETA PILÕES

ipt

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



- At ~ 0,55 km²
- Δh ~ 610 m
- Drenagens: 4300 m
- P ~ 5226 m
- A₃₀ ~ 0,26 km² (47%)
- Inclinação média do canal principal ~ 18 °



ipt



IMAGENS 2002

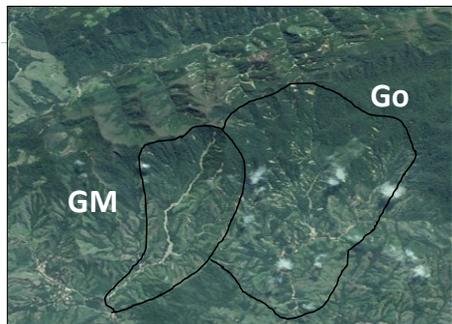


IMAGENS 2013

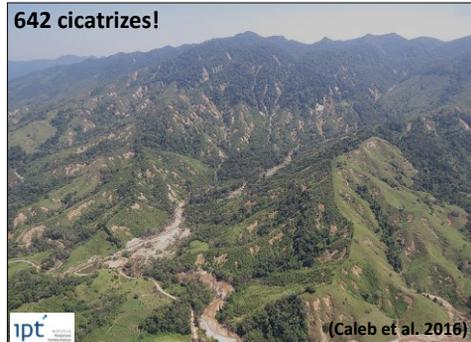


ipt

A Corrida de Detritos (*Debris Flow*) no Córrego Guarda-Mão, Município de Itaoca, Vale do Ribeira, SP

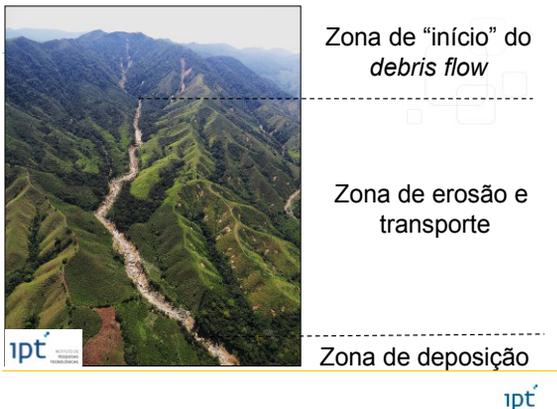


ipt



ipt

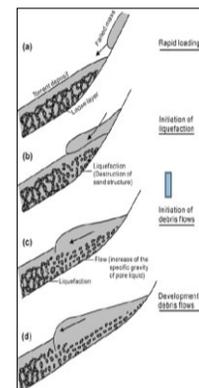




GUARATUBA (PR)

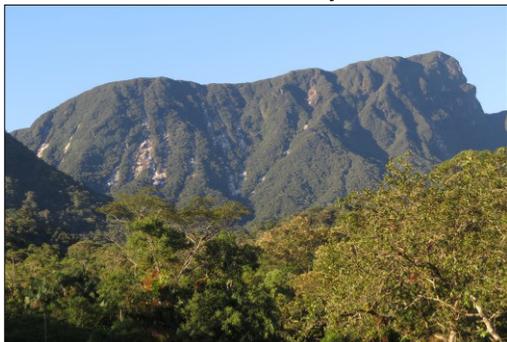
CORRIDA DE DETRITOS
(debris flow)

fevereiro – 2017



___VISTA

Maciço Pedra Branca



___PATAMAR



___HOMOGENEIDADE GRANULOMÉTRICA



___DEPÓSITO RETRABALHADO



CENÁRIO POLÍTICO E SOCIAL

IDENTIFICAÇÃO DO CENÁRIO

- crise econômica e social com solução de longo prazo;
- política habitacional para baixa renda historicamente ineficiente;
- ineficácia dos sistemas de controle do uso e ocupação;
- inexistência de legislação adequada para as áreas suscetíveis;
- inexistência de apoio técnico para as populações;
- cultura popular de "morar no plano".



RESULTADO

AUMENTO DO NÚMERO DE ÁREAS DE RISCO

ipt

SOLUÇÕES

- para REDUZIR/MINIMIZAR os problemas
 - agindo sobre o processo
 - agindo sobre a consequência
- para EVITAR a formação de áreas de risco
 - controle do uso do solo
- para CONVIVER com os problemas
 - planos de contingência

MAPEAMENTO DAS ÁREAS

ipt

EXEMPLO DE MAPEAMENTO



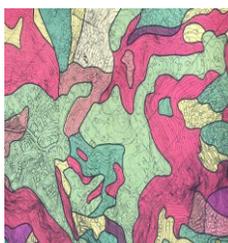
EXEMPLO DE MAPEAMENTO



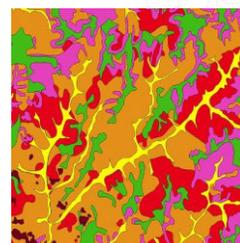
EXEMPLO DE MAPEAMENTO



Alguns exemplos de cartas geotécnicas de planejamento, em âmbito municipal

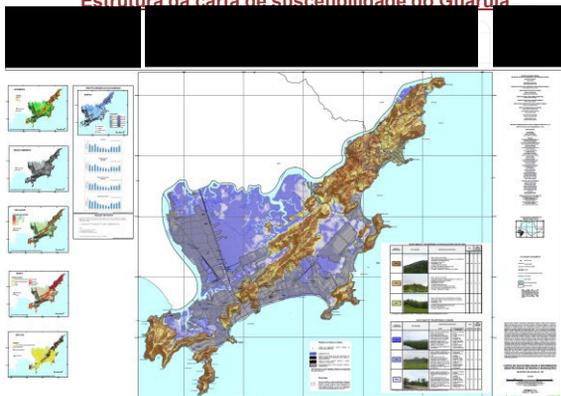


Carta Geotécnica dos morros de Santos e São Vicente, SP (1979). Nota-se a variabilidade geotécnica (indicada pela diversidade de cores) associada à urbanização local.



Carta Geotécnica de Manaus, AM (1998). Cada unidade geotécnica delimitada no território é representada por uma cor, refletindo condições e comportamentos homogêneos em relação ao uso do solo.

Estrutura da carta de suscetibilidade do Guarujá





ipt



ipt



05/10/2014

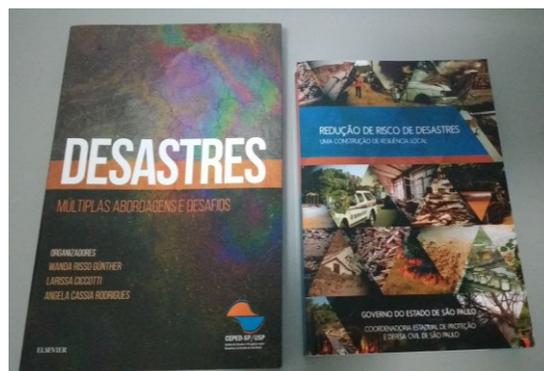
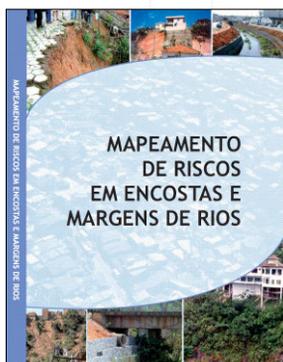


Parte da pedra do Bongue desabou e atingiu veículo em Piracicaba (Foto: Thainara Cabral/G1)

ipt

ipt

OUTRAS ATIVIDADES





Deslizamento de terra mata 15 estudantes na Indonésia



Fotografado e moradores carregam o corpo de uma vítima em Sibolangi (foto: AP/Reuters)

Quatro estudantes que estavam de férias em Sibolangi, centro de turismo ecológico ao norte da ilha de Sumatra (leste da Indonésia), morreram neste domingo em um deslizamento de terra provocado por fortes chuvas, anunciaram as autoridades.

ipt

OBRIGADO!!!



TEL. **3767 4642** FAX **3767 4767**

email: mgramani@ipt.br

www.ipt.br

ipt