



XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Bento Gonçalves – RS / 17 a 22 de novembro de 2013

Mesa Redonda

DESASTRES NATURAIS E PREVENÇÃO



ANÁLISE E MAPEAMENTO DE SUSCETIBILIDADE E RISCO A MOVIMENTOS (GRAVITACIONAIS) DE MASSA: onde e como prevenir?

ANA LUIZA COELHO NETTO,

Professora Titular, DEGEOG-IGEO-UFRJ

Pesquisadora 1A-CNPq e Cientista do Estado-FAPERJ

GEOHECO/Laboratório de Geo-Hidroecologia:

pesquisa integrada de Geomorfologia, Hidrologia e Geoecologia.

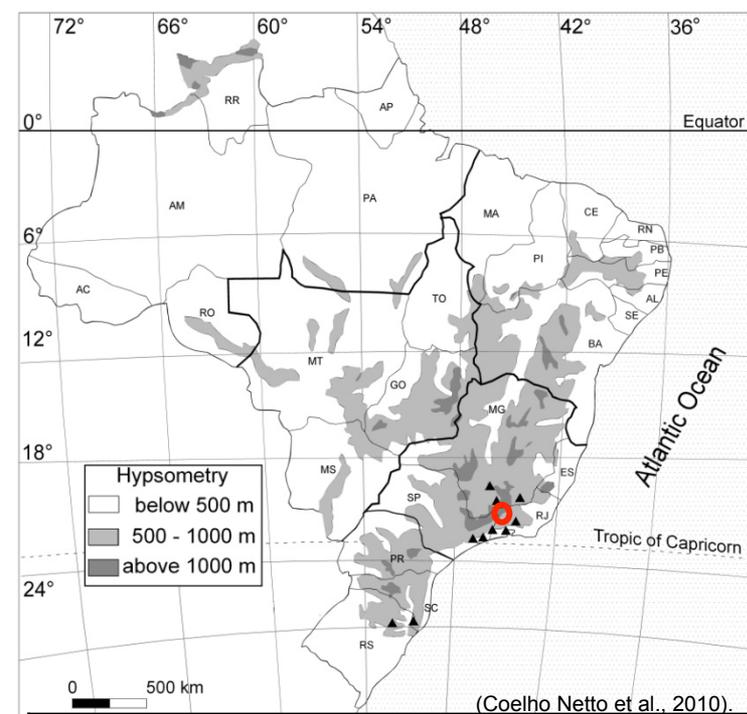


DESLIZAMENTOS NO BRASIL

CONCENTRAÇÃO REGIONAL :

- áreas montanhosas;
- sul e sudeste do Brasil.
- Janeiro, 2011 – o desastre extremo no Brasil.

Regime de chuvas & mecanismos de deslizamentos

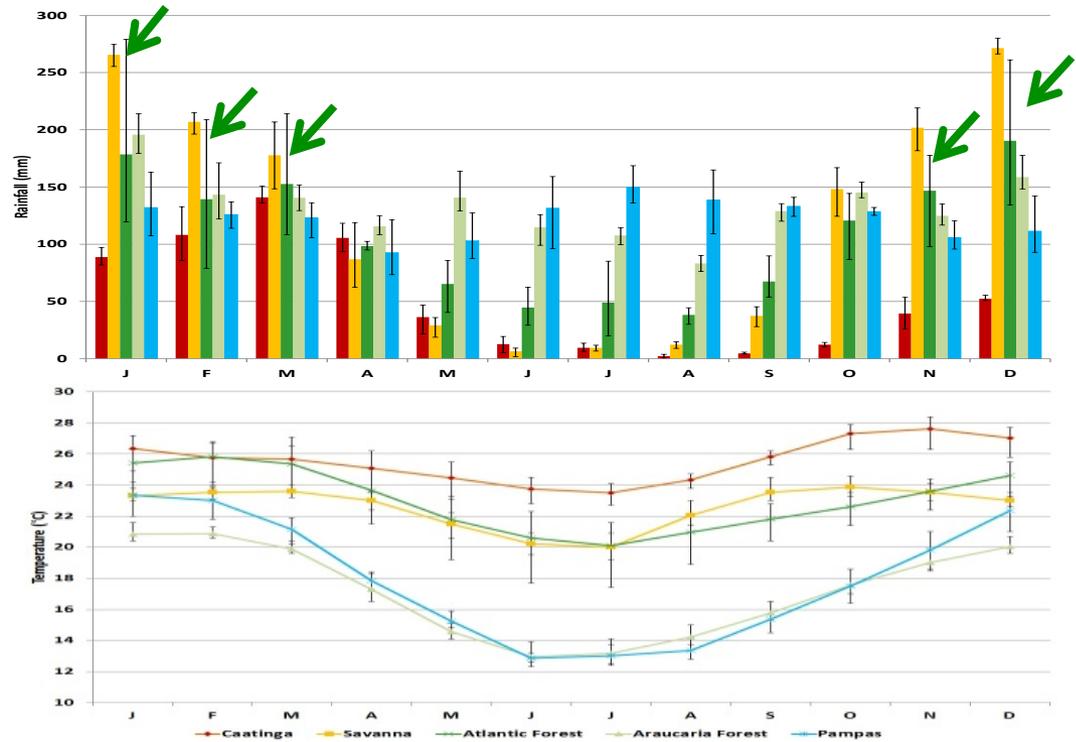


REGIME REGULAR

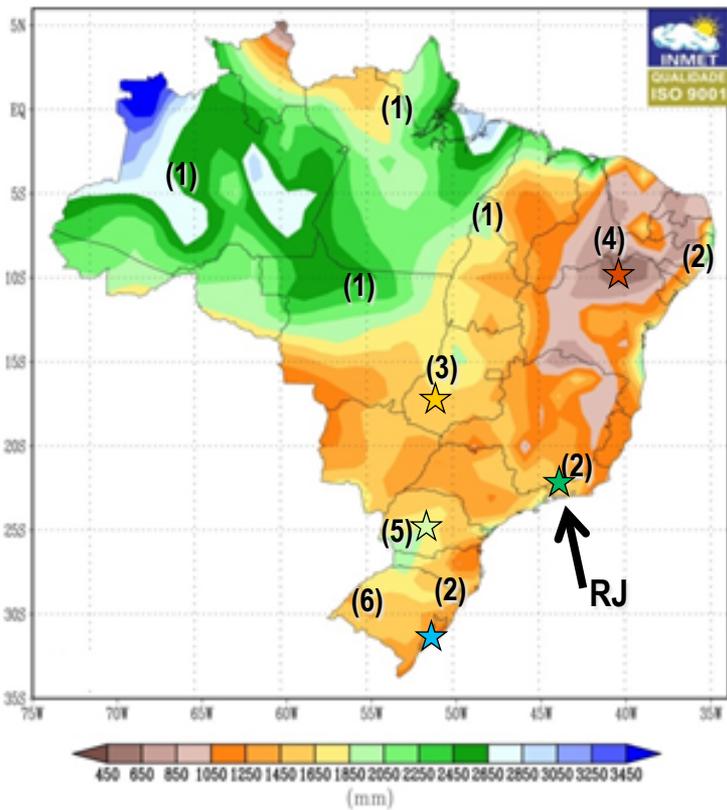
REGIME EXTREMO

REGIME REGULAR		REGIME EXTREMO	
Localização	Tipo de Deslizamento	Localização	Tipo de Deslizamento
Fundo de vale e colúvio espesso	Rastejo	Escarpa rochosa e fraturas	Queda de blocos de rochas
Encosta íngreme & Litosolo	Ruptura translacional	Encosta íngreme e zona de raízes	Deslizamento raso ou ruptura translacional
Margem de canal e corte de estrada	Ruptura rotacional profunda	Encosta íngreme e canais fluviais	Fluxos de detritos e avalanche de detritos com blocos rochosos

REGIONAL CLIMATIC VARIABILITY



Mean Annual Precipitation (1961 - 1990)



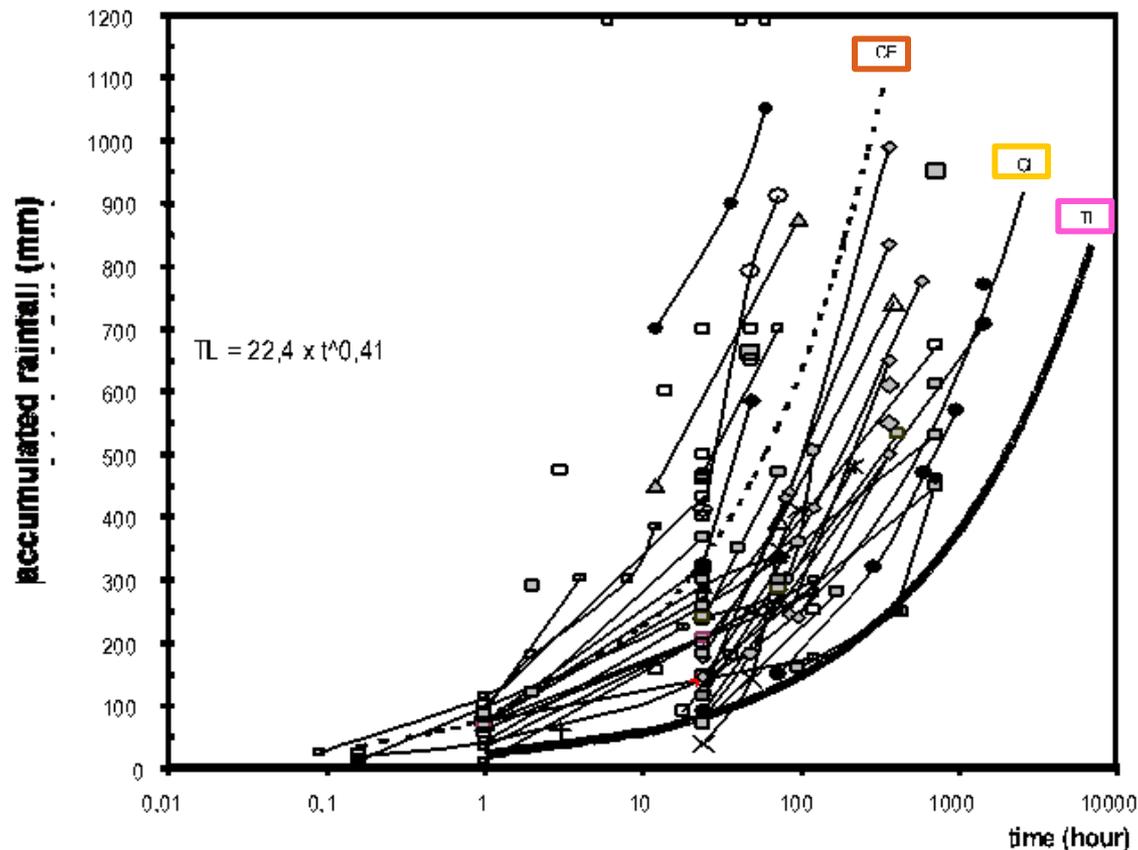
BIOMES

- (1) Amazon Tropical Rainforest
- (2) Atlantic Tropical Rainforest
- (3) Cerrado (Savanna-like)
- (4) Caatinga (Semi-Arid forest)
- (5) Araucaria Forest
- (6) Campos Gerais

DETONADOR



CHUVAS



Kanji et al,
1997, 2002

- Colombia (some cases)
- + Antofagasta91(CHILE)
- ▲ SAraras67(BR)
- ◇ RJaneiro88(BR)
- △ Unauba96(BR)
- × MiQuieto00(BR)
- Other Brazilian Cases
- Critical Curve-Triggering Limit (TL)
- - - Limit Curve of Catastrophic Events (CE)
- Maiquetia99(VEN)
- Caragua67(BR)
- △— Tubarao74(BR)
- Cubatao94(BR)
- *— Via Anchieta99(BR)
- CJordao00(BR)
- Other Internacional Cases
- Limit Curve of Generalized Landslides (GL)

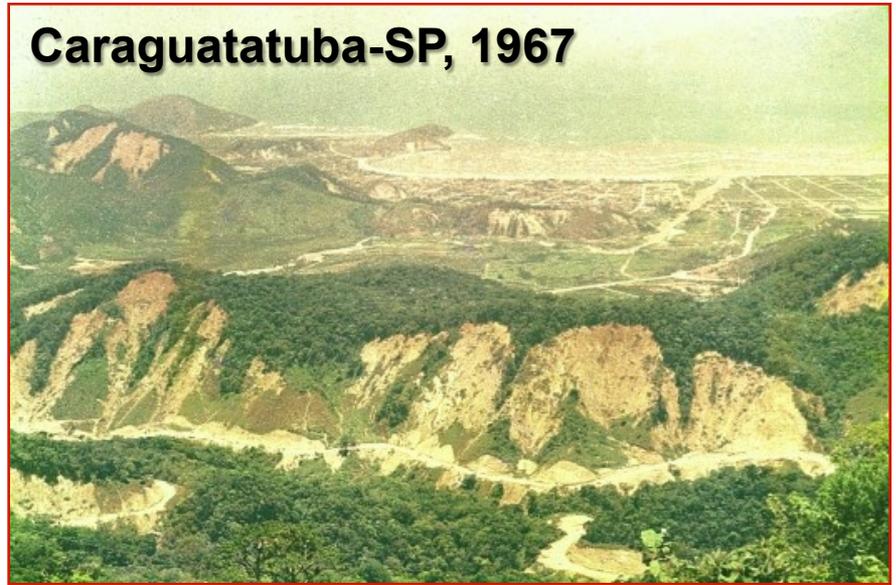
Chuva Acumulada contra o respectivo tempo causador de fluxos detriticos e grandes deslizamentos (modificado de Kanji et al., 1997). **A linha grossa (TL) é a curva limiar para movimentos de massa de encostas.** AS demais curvas (GL, CE) separam as faixas de aumento da severidade .

Serra das Araras-RJ, 1967



~ 200 km²

Caraguatatuba-SP, 1967

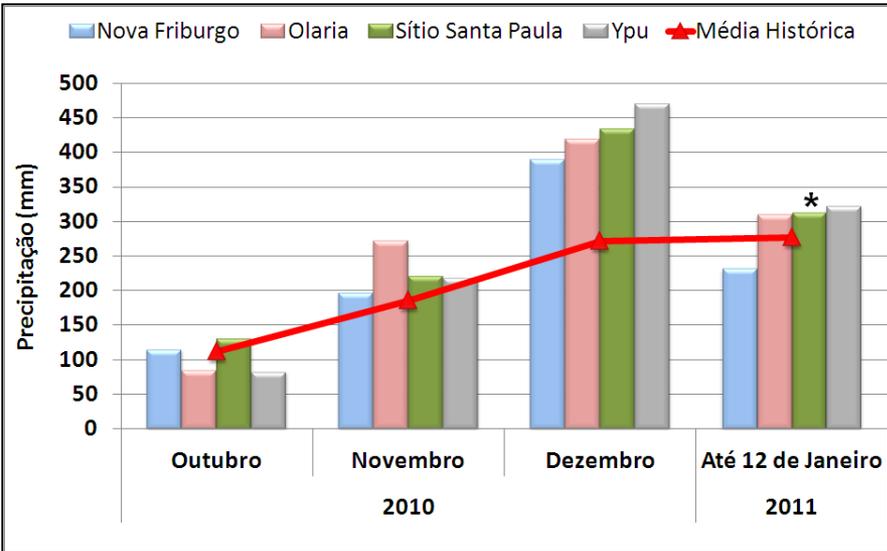


Estado do Rio de Janeiro

- 1966 – Maciço da Tijuca & arredores – *Barata (1969)*
2 eventos: (3 dias chuvosos): Jan 10,11 e 12 (484 mm)
(2 dias chuvosos): Mar 26 e 27 (240mm / 6h; 100mm/h)
- 1967 – Serra das Araras (25 km x 8 km) – *Jones (1967)*
1 evento (3 1/2 hs): Fev 18 (~250 mm; 110 mm/h) – ~ **400 deaths**
+ local landslide, in Rio: Fev 18, em Laranjeiras - **110 deaths**
- 1988 – Serra dos Órgãos - (**171 mortes**)
Rio de Janeiro (**34 mortes**, na Clinica Sta. Genoveva)
1 evento (6 dias chuvosos): Fev 1, 2... 5 e 6 (Feb 2= 220 mm)

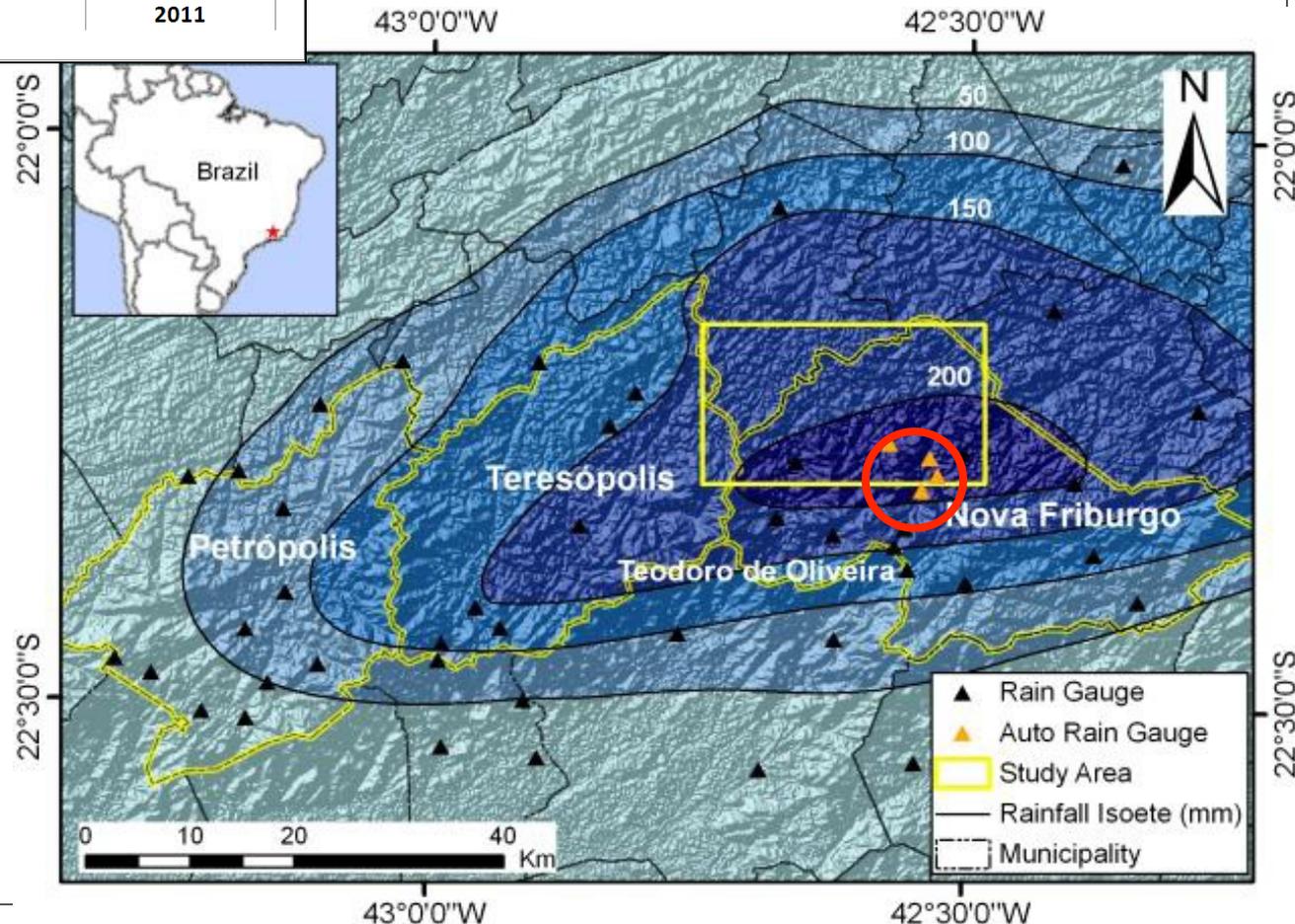
January 12th, 2010

Nova Friburgo



Electrical storm & cloudburst

• starting at 21:00/
January 11th; ending
at 06:30/January 12th



Área Rural...

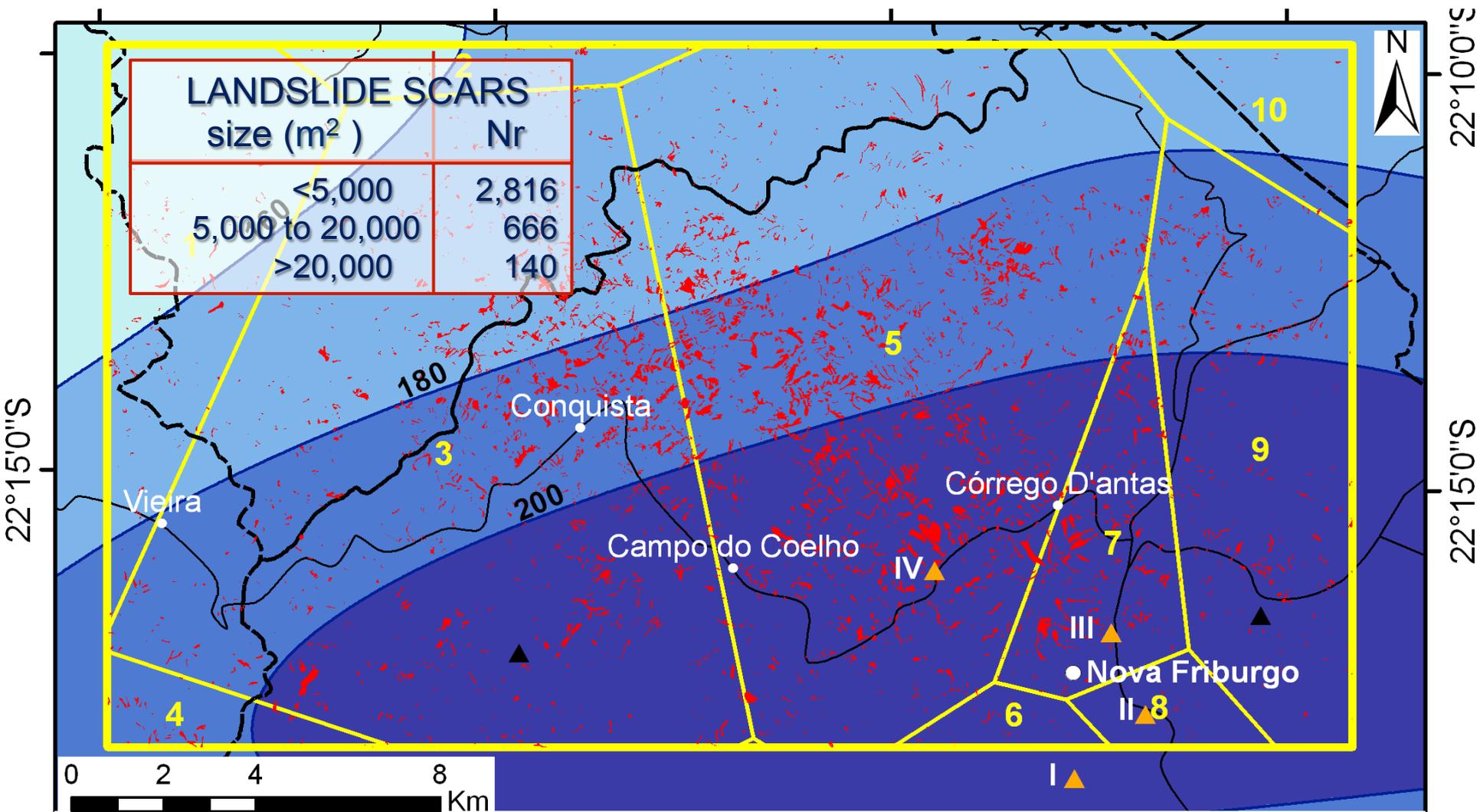


Área Urbana...



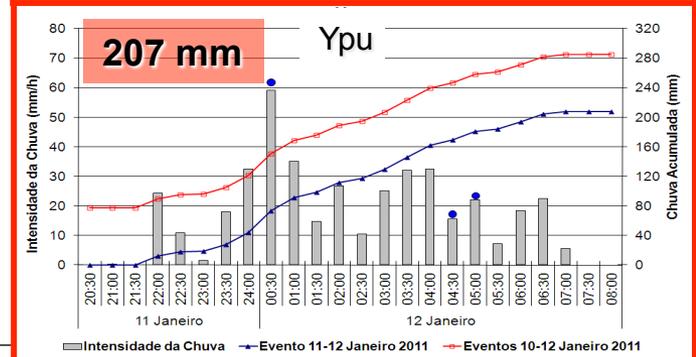
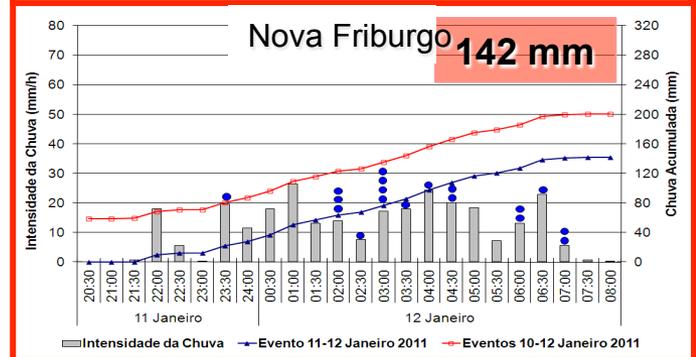
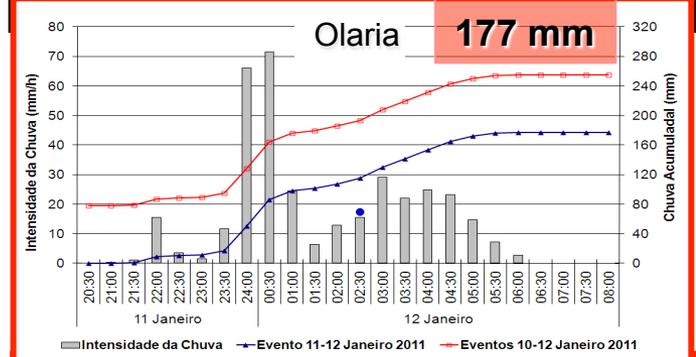
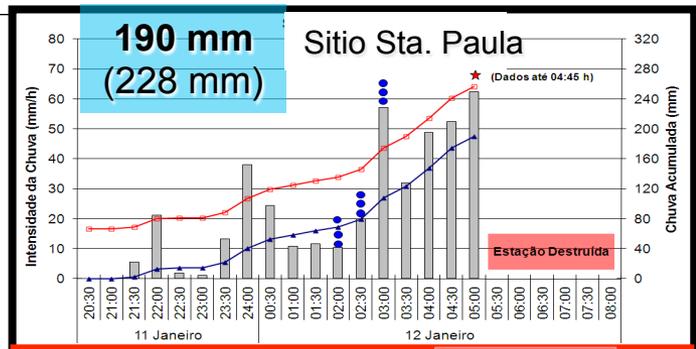
(Coelho Netto et al., 2011) **Thiessen polygons & rainfall gauge stations**

1- Córrego Sujo, 2-Sumidouro, 3-Fazenda Mendes, 4-Friburgo / INMET, **5-Sítio Santa Paula**,
6-Olaria, **7- Nova Friburgo**, **8-Ypu**, 9-Vargem Grande, 10-Bom Jardim.



- ▲ Rain Gauge
- ▲ Auto Rain Gauge
- Location
- Road
- Rainfall Isoete (mm)
- Study Area
- Landslide
- Thiessen Polygon
- Municipality
- I. Olaria Station
- II. Ypu Station
- III. Nova Friburgo Station
- IV. Sítio Santa Paula Station

Thiessen	Isoyete	Nr L. scars	Area (Km ²)	Density Nr/Km ²
1 - Córrego Sujo	140-160	88	23,8	3,7
	160-180	60	11,3	5,3
	180-200	4	1,2	3,4
2 - Sumidouro	140-160	8	3,6	2,2
	160-180	24	4,5	5,3
3 - Fazenda Mendes	140-160	1	2,6	0,4
	160-180	421	51,3	8,2
	180-200	449	46,9	9,6
	200-220	303	43,8	6,9
4 - Friburgo/ INMET	180-200	24	5,0	4,8
	200-220	6	1,6	3,8
5 - Sítio Santa Paula	160-180	310	45,0	6,9
	180-200	559	39,6	14,1
	200-220	689	50,0	13,8
6 - Olaria	200-220	24	4,1	5,9
7 - Nova Friburgo	180-200	14	0,8	16,7
	200-220	236	18,6	12,7
8 - Ypu	200-220	17	5,9	2,9
9 - Vargem Grande	160-180	0	0,4	0,0
	180-200	193	17,1	11,3
	200-220	176	31,2	5,6
10 - Bom Jardim (Coelho Netto et al., 2011)	160-180	7	10,5	0,7
	180-200	9	2,3	3,9

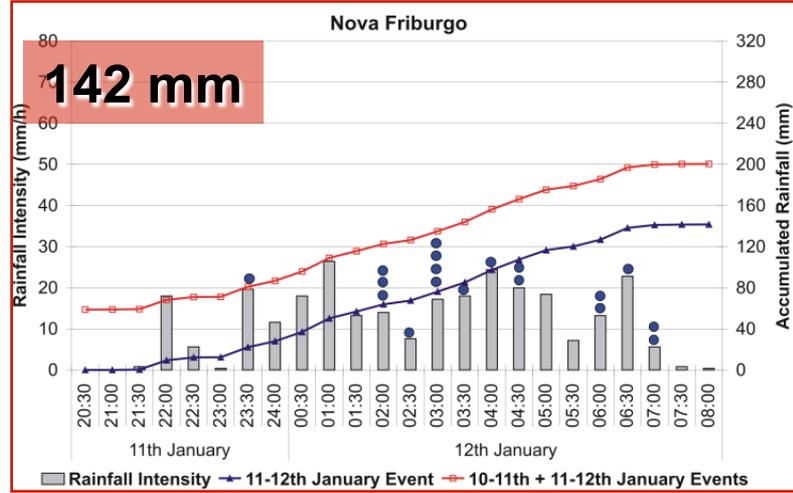


300 421 1 8 6

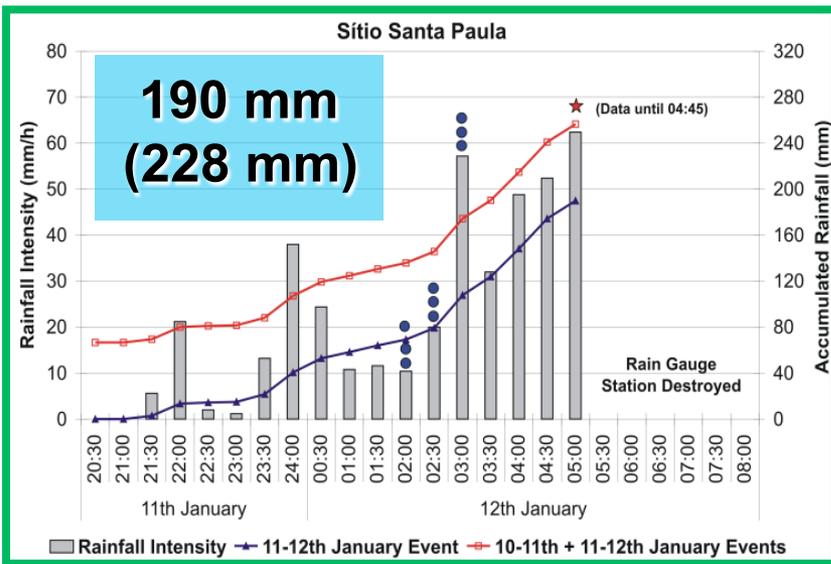
Nova Friburgo



Área Urbana



Área Rural



Landslide (Ls) frequency (nr) & Number of Interviews (lv) (within 1 Km/radius around the rainfall stations).

Rainfall station	Ls (nr)	lv (nr)	R _{mm} Jan 11 th to Jan 12 th	R _{mm} Dec 10 th to Jan 10 th	R _{mm} Nov 10 th to Jan 10 th	R _{mm} Jul 10 th to Jan 10 th
Olaria	1	1	193.4	271.8	418.2	1077.2
Ypu	11	6	258.0	217.8	469.0	1053.8
N Friburgo	41	30	200.4	196.0	314.6	894.9
S.Sta.Paula	36	20	175.0 *	220.6	433.0	936.4

* SSP rainfall station was destroyed at 5:00 am

Olaria: assymmetric valley & spatially non uniform rainfall distribution.



GEOMORPHOLOGY

Nova Friburgo – January 2011

Vegetation & Land Use	Total Area		Area of Landslide		<5000 m ²		5000 to 20000 m ²		>20000 m ²	
	(Km ²)	(%)	Km ²	(%)	Km ²	(%)	Km ²	(%)	Km ²	(%)
Forest / P & D	230,9	54,8	10,2	64,0	2,6	57,9	4,1	65,3	3,5	67,3
Pioneer Forest	10,4	2,5	0,4	2,6	0,1	1,7	0,2	2,7	0,2	3,8
Reforest.	6,2	1,5	0,1	0,8	0,0	1,0	0,1	1,2	0,0	0,0
Cattle grazing	122,6	29,1	3,9	24,7	1,3	30,0	1,6	24,4	1,1	21,1
Agriculture	24,6	5,8	0,4	2,8	0,2	3,9	0,2	2,8	0,1	1,9
Urban	18,5	4,4	0,4	2,3	0,2	4,1	0,2	1,9	0,0	0,0
Bedrock	7,9	1,9	0,5	2,9	0,1	1,4	0,1	1,5	0,3	5,7
Total	421,1		15,9		4,4		6,3		5,2	

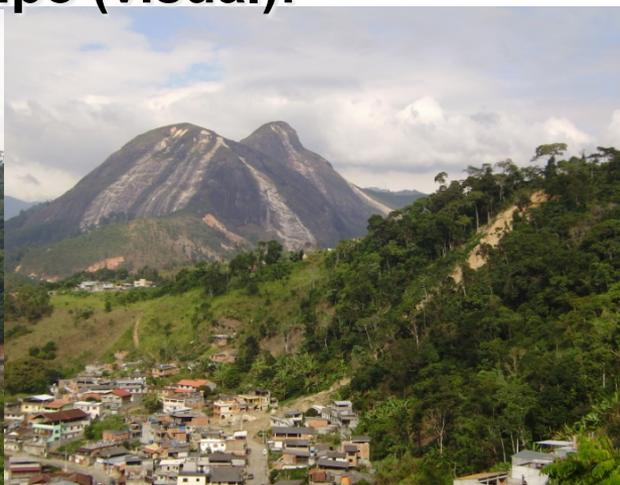
Fonte: Mapa de Uso e Cobertura Vegetal (ZEE-RJ, Madureira et al., 2009)

Escola - 1:50 000

+ Observações de campo (visual):

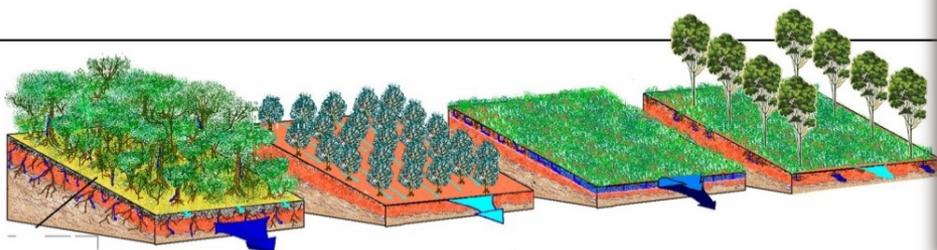
P = aparent. preservada

D = degradada



Since XIX century:

agriculture based on land rotation & fire

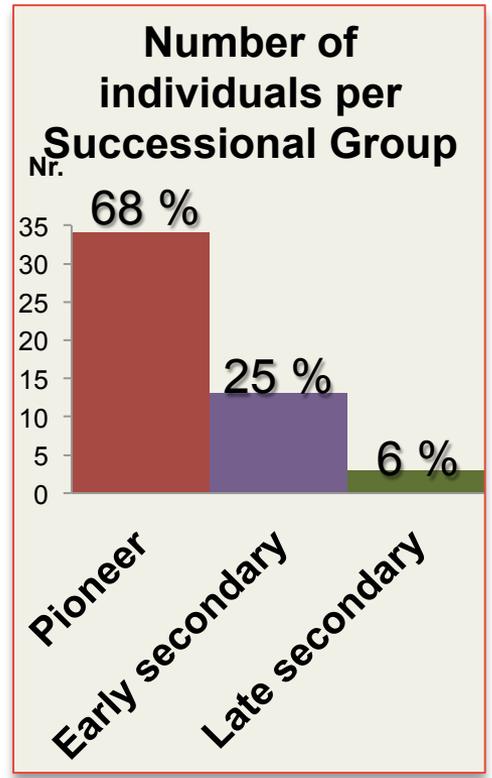


Tropical rainforest (mid- XIX century) + Agriculture (late XX century) + Cattle grazing (early XXI century) + Eucaliptus (patches)

Type / location	sample area (ha)	Nr. of species	Density (ind./ha)	Basal Area (m ² /ha)	Maximum Diameter	Maximum Height
Secondary Forest (NF, ~50 y) ¹	0,06	38	2200	30,5	30	24
Secondary Forest (MC, ~30 y) ²	1	155	2217	27,95	60	30
Late Secondary Forest (MC >50 y) ³	1	189	2091	37,09	63	38
Late Secondary Forest (IG >50 y) ⁴	1,02	225	1811	43,4	87	45

¹FRAGA, unpublished ; ²PESSOA *et al.*, 1997 ; ³GUEDES-BRUNI *et al.*, 1997 ; ⁴ROSA, 2012

NF = Nova Friburgo; **MC** = Macaé de Cima; **IG** = Ilha Grande (Big Island).

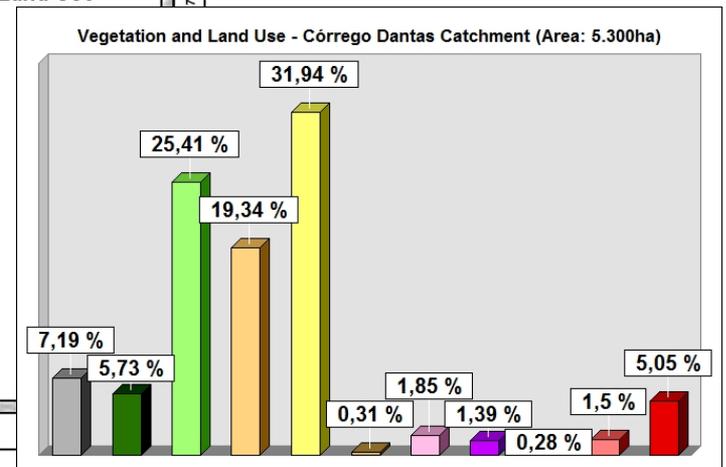
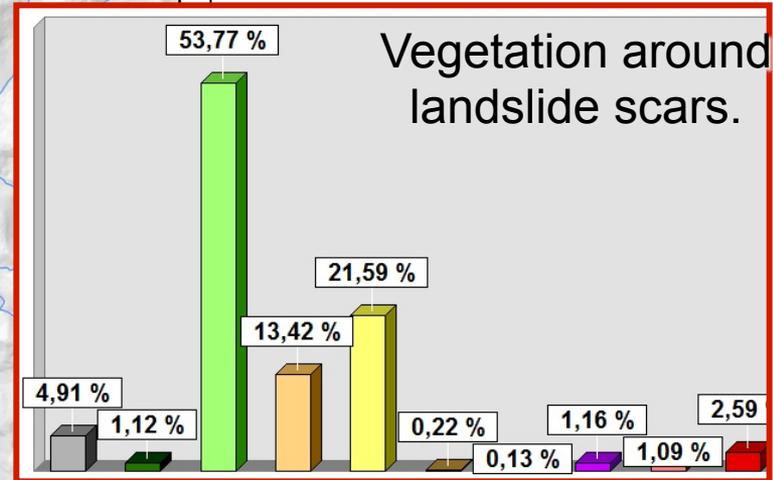
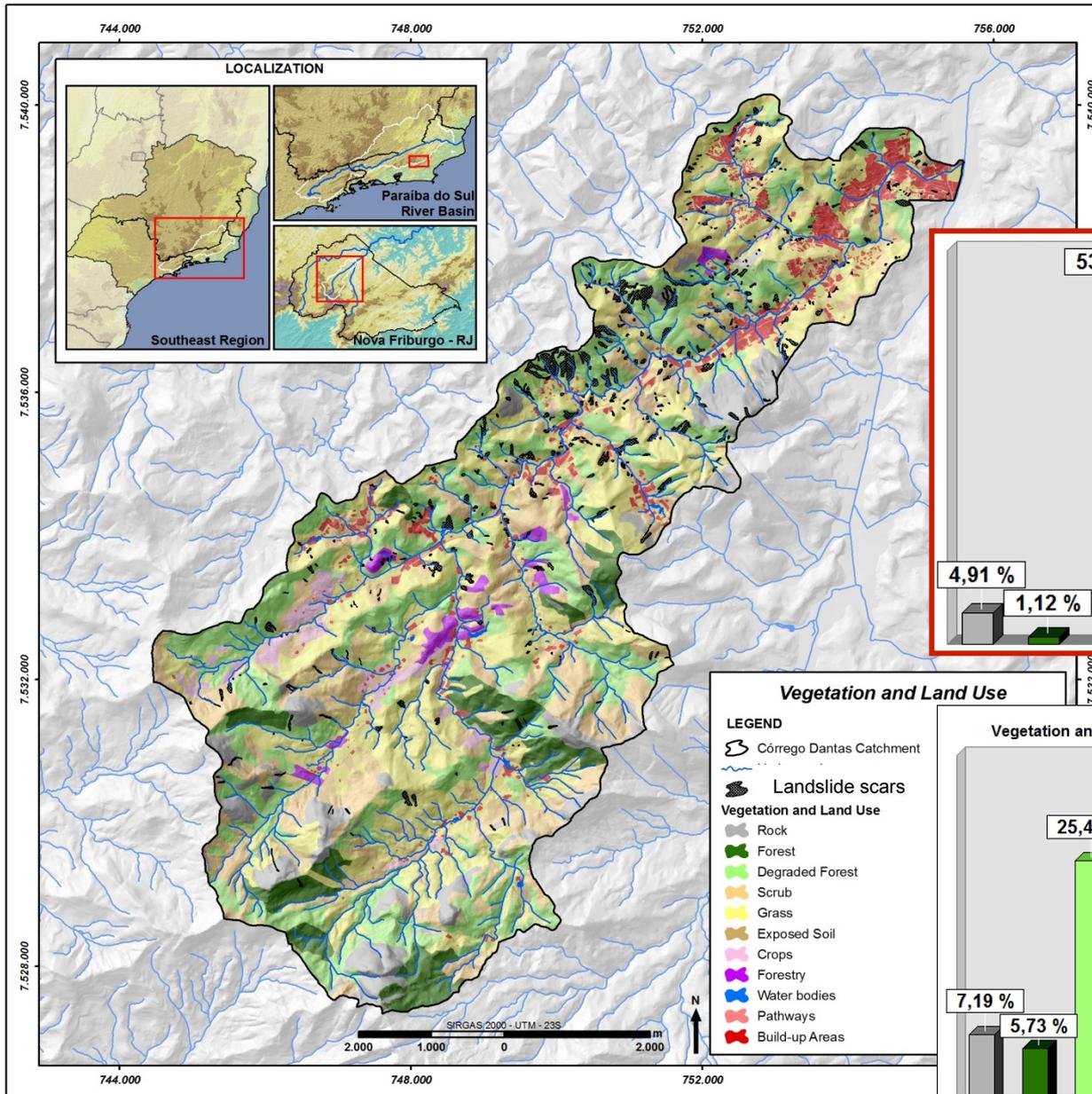


(Stingel, J. et al., unpubl.)

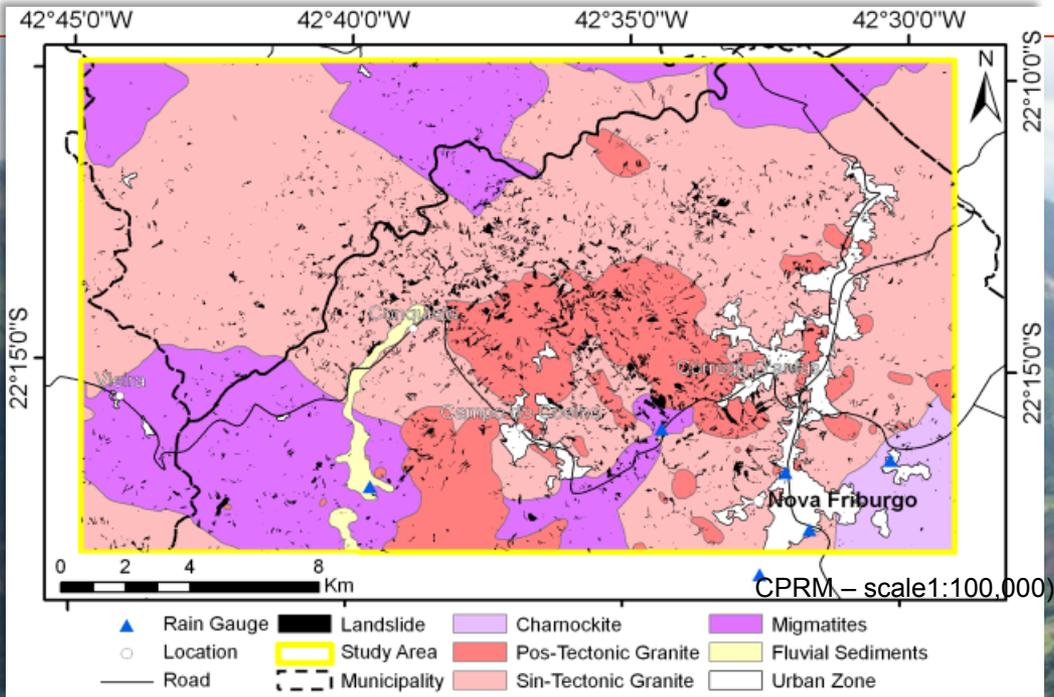
**Dead roots = soil piping
(turbulent pipe flow = soil instability)**



Dantas Creek, Nova Friburgo.



(Coutinho et al., unpubl.)

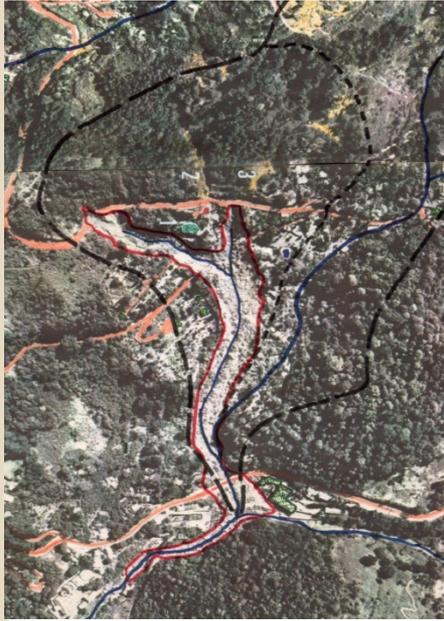
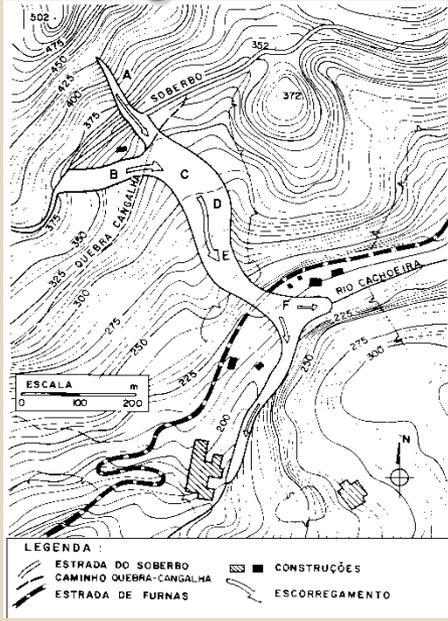


Geology & Urban area	Area (Km ²)	Frequency of Landsl. (Nr)	L _A (Km ²)	L _D (N/Km ²)
Charnockite	11,6	55	0,1	4,7
Pos-Tect. Granite	54,1	644	4,3	11,9
Sin-Tect. Granite	235,6	2235	9,4	9,5
Migmatites	97,5	523	1,9	5,4
Fluvial Sediment	3,9	24	0,1	6,2
Urban Area	18,5	141	0,2	7,6
TOTAL	421,1	3622	16,0	8,6

resópolis

(photo: A.L.Coelho Netto, Janu

Geological controls for landslides: Feb. 1988, 1967...

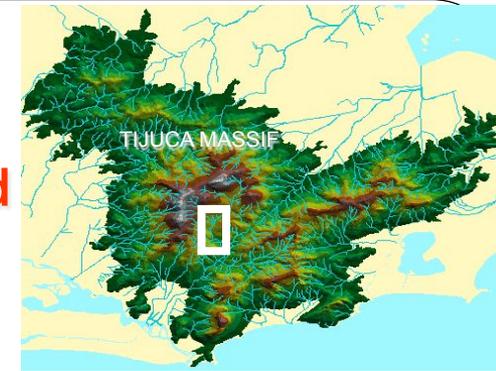


SOBERBO slope Structurally controlled (recurrent) landslides

Schilling & Lacerda (1992)

Lacerda (1997)

Avelar (2003)



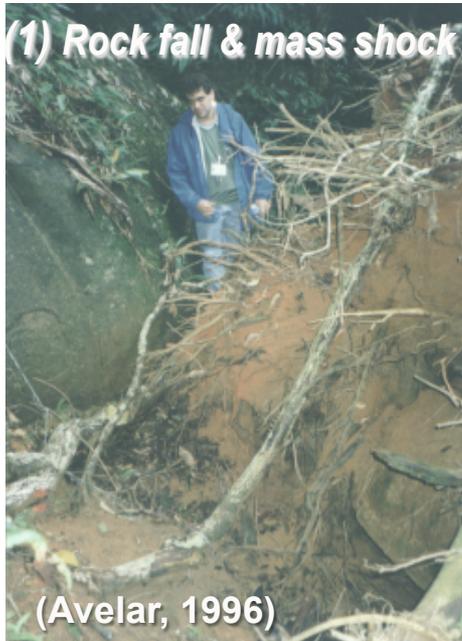
Topographic hollow = 17°

Geology: diorite & diabase dikes

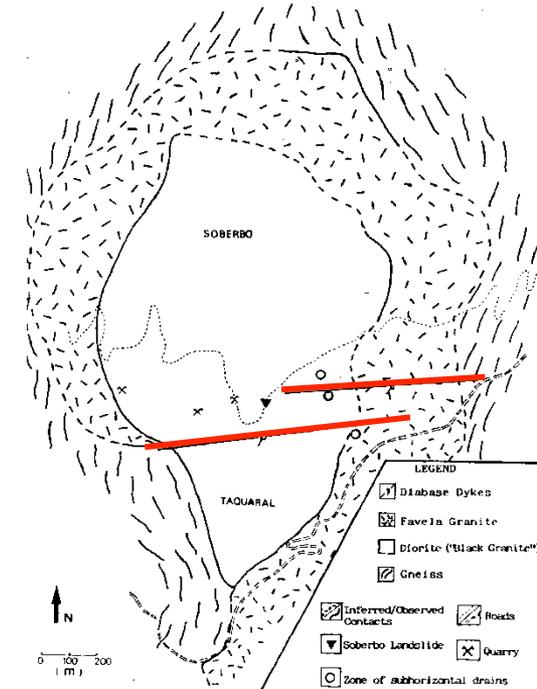
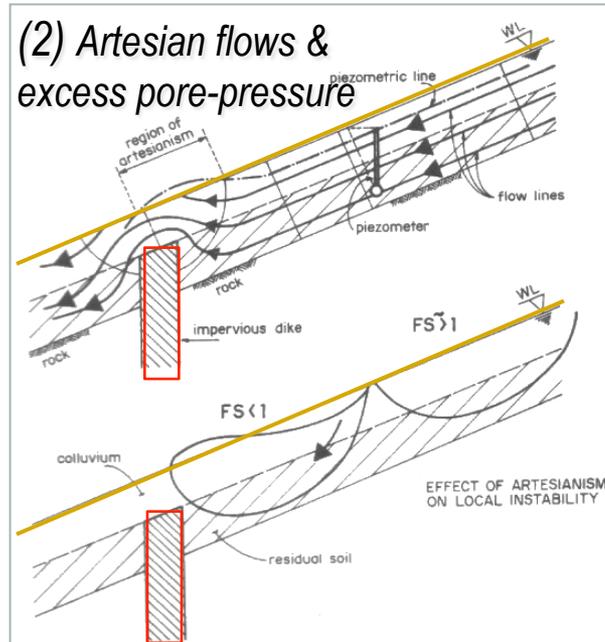
Saprolite: $e = 1.0$; $f' = 26^\circ$; $C' = 22$ kPa

Coluvium: $e = 1.8$ a 2.4 ; $f' = 30^\circ$; $C' = 3$ a 10 kPa

(1) Rock fall & mass shock



(2) Artesian flows & excess pore-pressure



RECURRENT LANDSLIDE (late generation : January 2011)

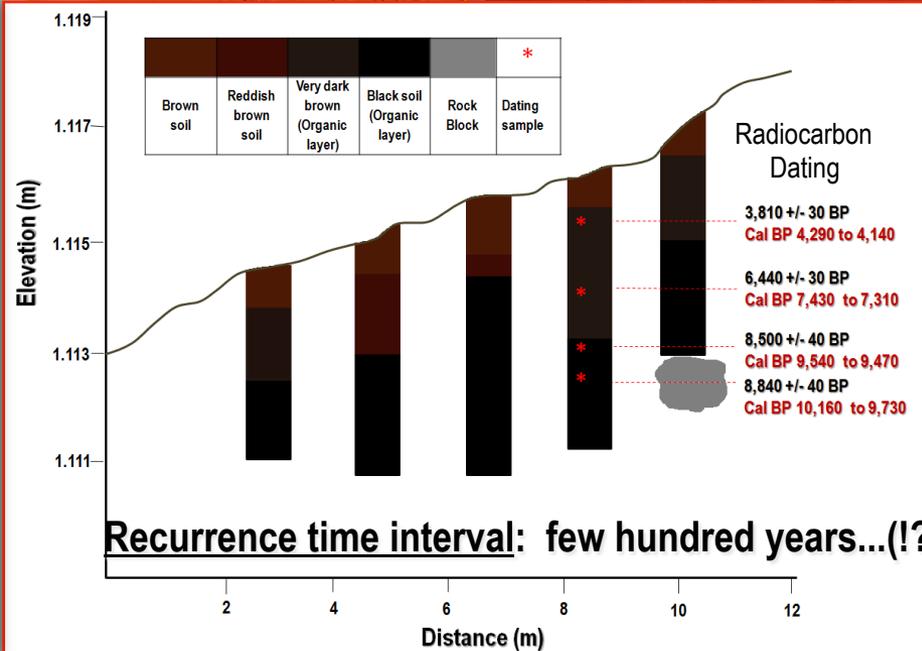
shaping a shallow, concave up topographic hollow



(K) Injection Slug test
Hvorslev (1951)



Piezometer & Well



- ü Hillslopes sediments are driven toward to the adjacent channels;
- ü Highly dense & viscous, turbulent water flow spreads along the low order valley bottoms: gradient > 0.07 (m/m);
- ü Exhumation of older bloc-rich deposits in the valley bottom.



Onde e como prevenir?

- Onde estão os terrenos mais suscetíveis, ou seja, com **potencial de ocorrência dos movimentos de massa** relacionados a determinados mecanismos...
- **Prevenir** = evitar locais mais suscetíveis e com alto risco
- **Prevenir** = promover a mitigação e/ou adaptação em áreas com suscetibilidade e riscos médios.
- **Prevenir** = ocupar áreas não-suscetíveis ou de baixa suscetibilidade (com adaptações).

Metodologia para classificação e mapeamento de suscetibilidade e riscos.

(RJ) LEI ESTADUAL Nº 6442, DE 02 DE MAIO DE 2013.

Art. 1º Os municípios fluminenses, observadas as diretrizes estabelecidas na Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012 e respeitada a autonomia municipal, **deverão incorporar nos seus Planos Diretores e demais instrumentos reguladores da ocupação e uso do solo em suas bases territoriais, os documentos oficiais do Estado do Rio de Janeiro sobre estudos e mapeamentos de áreas de risco.**

...

Art. 2º Para os fins desta Lei, consideram-se documentos oficiais, além dos estudos realizados diretamente pelo poder público estadual, aqueles que, realizados por instituições ou técnicos especializados, venham a receber a chancela do Estado.

§ 1º Os estudos referidos no caput deste Artigo têm por objeto a **identificação de ameaças, suscetibilidade e vulnerabilidades a escorregamentos, o mapeamento de áreas de risco e a identificação de ameaças, suscetibilidades e vulnerabilidades a inundações.**

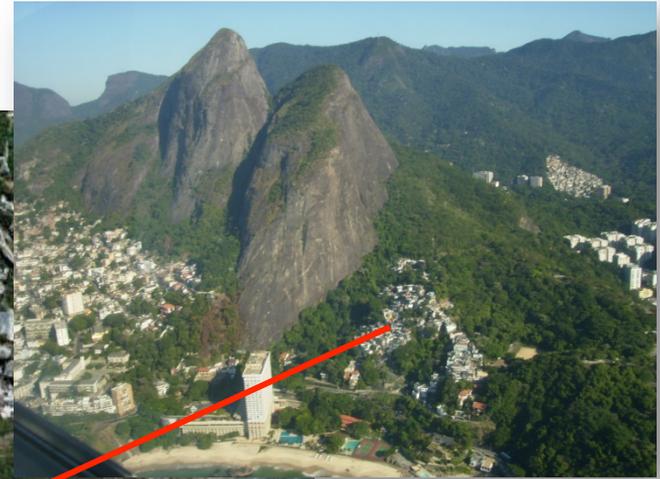
§ 2º Cabe aos municípios, detentores da competência para regular e exercer as atividades previstas no caput deste artigo, adequar seus respectivos procedimentos administrativos aos ditames da presente lei

...

Art. 7º O Poder Executivo divulgará nos sítios do Instituto Estadual do Ambiente INEA e do Departamento de Recursos Minerais – DRM o mapeamento das áreas de riscos existentes.

GEORIO: Mapeamento de Risco (Iminente)

- somente em áreas de favelas ;
- com evidencias pontuais de instabilidade (?);
- critério dos limites (?).



Escalas de mapeamento de zoneamento de deslizamentos e aplicação.

Descrição da Escala	Variação Indicativa das Escalas	Exemplos da Aplicação do Zoneamento	Área Típica de Zoneamento
Pequena	<1:100.000	Inventários de deslizamentos e susceptibilidade <u>para informar tomadores de decisões e público em geral</u>	>10.000 quilômetros quadrados
Média	1:100.000 a 1:25.000	Inventário de deslizamento e zoneamento de susceptibilidade <u>para construções regionais, ou projetos de engenharia de grande porte.</u> Mapeamento de perigo de nível preliminar para áreas locais.	1.000 - 10.000 quilômetros quadrados
Grande	1:25.000 a 1:5.000	Inventário de deslizamentos, zoneamento de perigo e susceptibilidade <u>para áreas locais, zoneamento de perigo de nível intermediário e avançado para obras de desenvolvimento regional. Zoneamento de risco de nível preliminar a intermediário para áreas locais e estágios avançados de planejamento de projetos de engenharia de grande porte, estradas e ferrovias.</u>	10 - 1.000 quilômetros quadrados
Detalhada	>5.000	<u>Zoneamento de perigo e risco de nível intermediário e avançado para áreas locais e sítios específicos</u> e para a fase de design da construção de estruturas de engenharia de grande porte, estradas e ferrovias.	Muitos hectares ou dezenas de quilômetros quadrados

(Fell et al., 2008)

Susceptibility Descriptors	Rock Falls	Small Landslides on Natural Slopes	Large Landslides on Natural Slopes
----------------------------	------------	------------------------------------	------------------------------------

(a) Quantitative susceptibility descriptors

Relative	Geomechanical ratings (SMR, RMS)	Scores of contributing factors obtained from data treatment techniques	(Fell et al.,2008)
	<u>Factor of safety</u> values from stability models	Factor of safety values from stability models	Factor of safety values from stability models
Absolute			

(b) Qualitative susceptibility descriptors

Field geomorphological analysis	Presence of absence of potential instability factors (cracks, dipping, joints) (<i>observação de campo</i>)	# of landslides per square kilometer (<i>Inventário</i>)	Presence or absence of landslides and their degree of preservation (<i>Inventário</i>)
	Density of scars on a rock slope (<i>Mapeamento</i>)	% of area covered by landslide deposits (<i>Mapeamento</i>)	Presence or absence of activity indicators (<i>Risco iminente</i>)

Index map or parameter map — **Overlapping of index maps with or without weighting**



PROJETO: MAPEAMENTO (escala 1:5 000) DE ÁREAS DE RISCOS, FRENTE AOS DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS NO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS, RJ.

GOVERNADOR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Sergio de Oliveira Cabral Santos Filho

VICE-GOVERNADOR

Luiz Fernando de Souza (Pezão)

SECRETÁRIA DE ESTADO DO AMBIENTE (2010): Marilene de Oliveira Ramos Múrias dos Santos

ASSESSORIA TÉCNICA : Ecio Ribeiro

INEA - INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (2011): Marilene de Oliveira Ramos Múrias dos Santos

ASSESSORIA TÉCNICA : Ecio Ribeiro

INTERVENIENTE: COPPETEC - Fundação Coordenação de Projetos,
Pesquisas e Estudos Tecnológicos-

DIRETOR EXECUTIVO: Segen Farid Estefen

Contrato nº 030/2010

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCOS, FRENTE AOS DESLIZAMENTOS DE ENCOSTAS OCORRIDOS NO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS – RJ, QUE ENTRE SI CELEBRAM O ESTADO DO RIO DE JANEIRO, POR INTERMÉDIO DA SECRETARIA DE ESTADO DO AMBIENTE, E A FUNDAÇÃO COORDENAÇÃO DE PROJETOS, PESQUISAS E ESTUDOS TECNOLÓGICOS COPPETEC.

COORDENAÇÃO GERAL:

Professor Emérito Willy Alvarenga Lacerda.

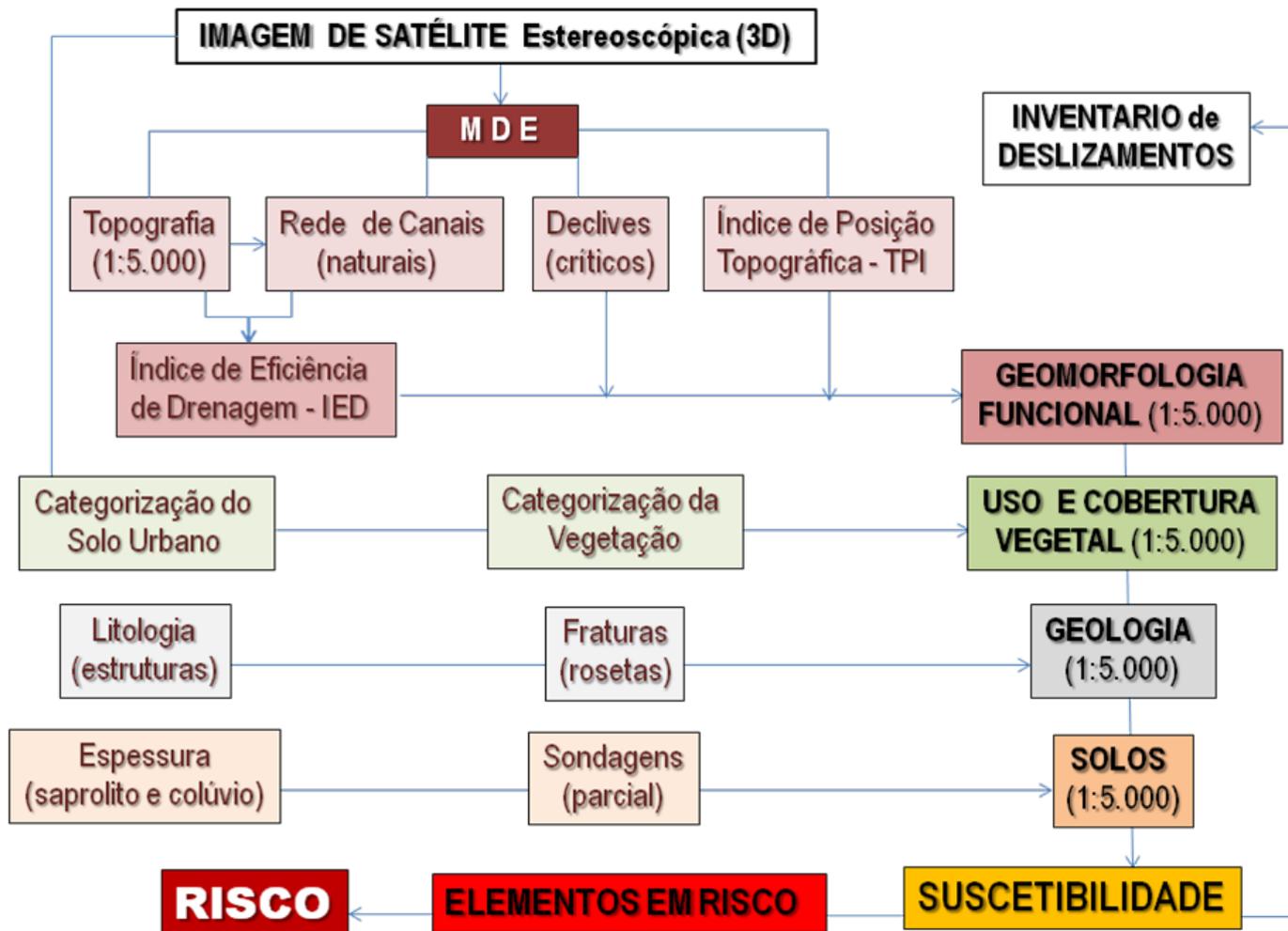
COORDENAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA:

Ana Luiza Coelho Netto, GEOHECO-IGEO-UFRJ, **Parte 1** – Análise e Mapeamentos de Susceptibilidade e Riscos (1:5 000).

Mauricio Ehrlich, PEC-COPPE-UFRJ, **Parte 2** – Intervenções de Engenharia Geotécnica.

COORDENAÇÃO EXECUTIVA: Andre de Souza Avelar, GEOHECO-IGEO-UFRJ

Estrutura metodológica básica para construção do Mapa de Zoneamento de Riscos frente aos Deslizamentos.

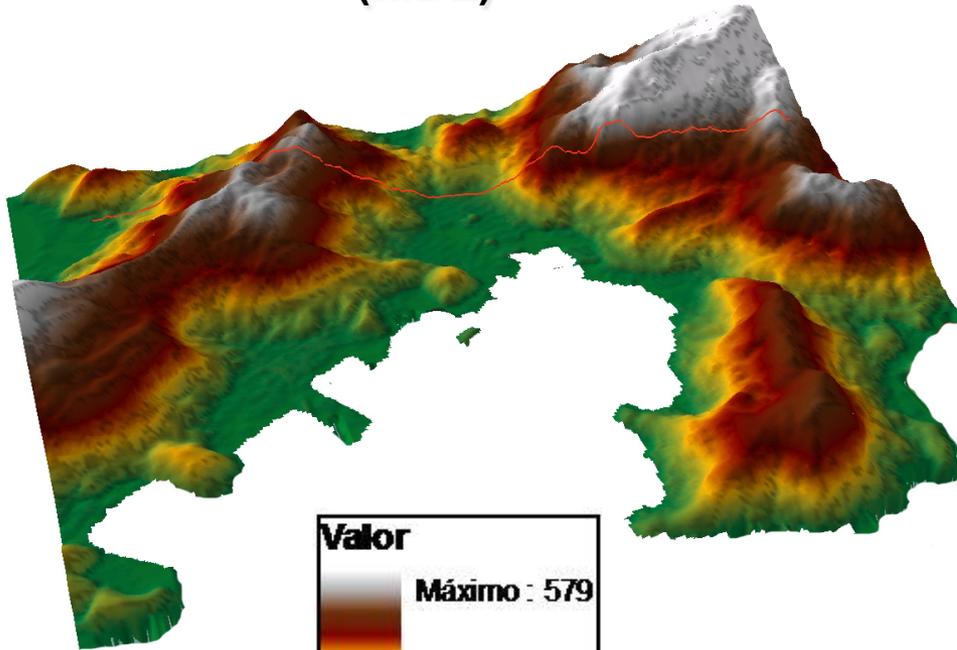


- Adaptação para escala 1:5 000 da metodologia desenvolvida (em 1:10 000) pelo GEOHECO / Laboratório de Geo-Hidroecologia, Depto. de Geografia - IGEO/UFRJ

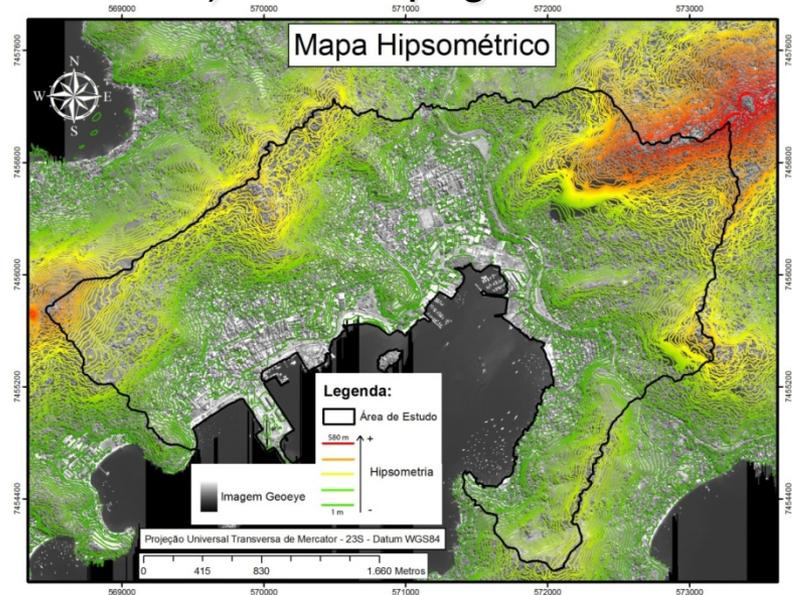
Referencias: SMAC-RJ/GEOHECO-UFRJ (2000); Avelar et al. (2004); Coelho Netto et al., 2007)

Imagem GEOEYE 3-D:

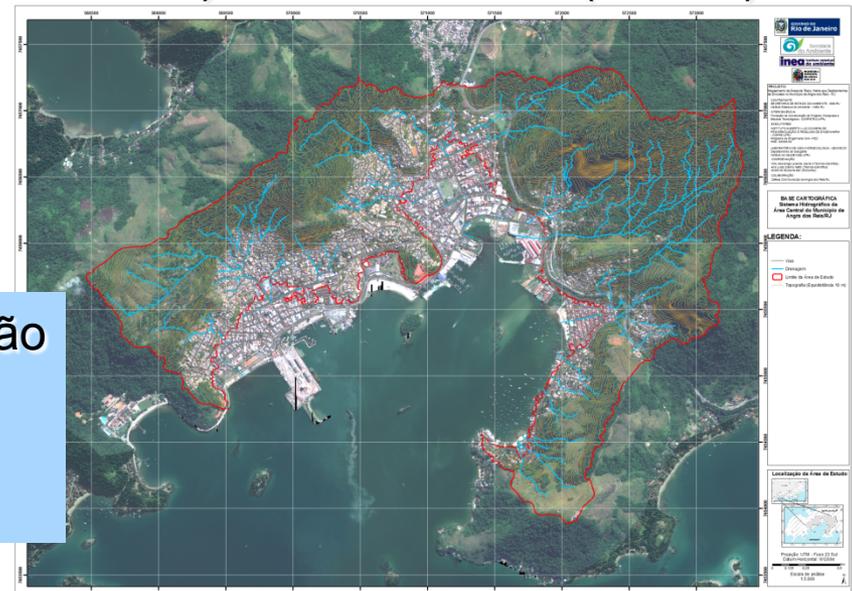
a) Modelo Digital de Elevação (MDE)



b) Carta topográfica



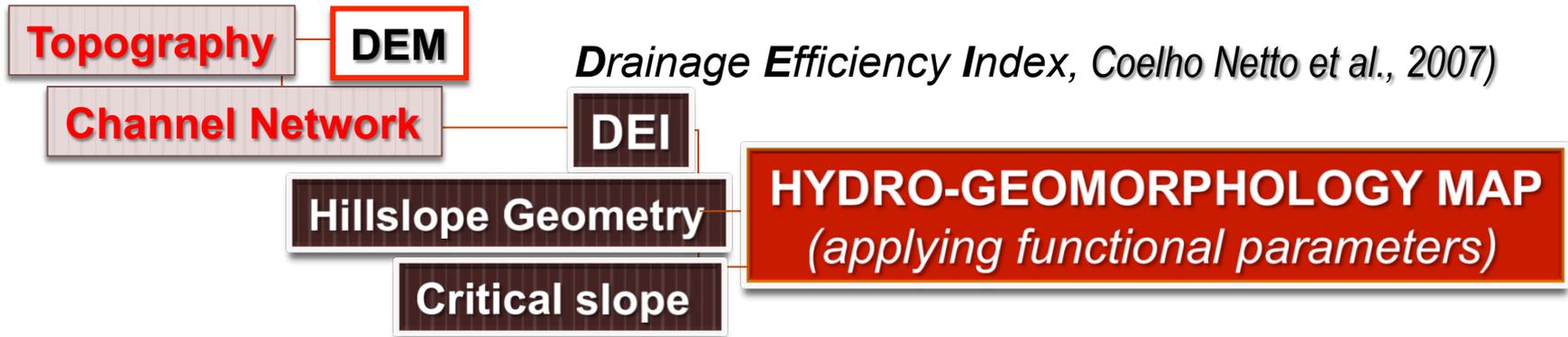
c) Rede de canais (natural)



Aplicação do modelo *ArchHydro* (extensão do software *ArcGIS*), com base no Modelo Digital de Elevação – MDE (*Digital Elevation Model*).

FUNCTIONAL GEOMORPHOLOGICAL MAP

(geo-indicators for potential landslide initiation & propagation)



SCIENTIFIC BACKGROUND:

1 – THE DRAINAGE EFFICIENCY INDEX (DEI)

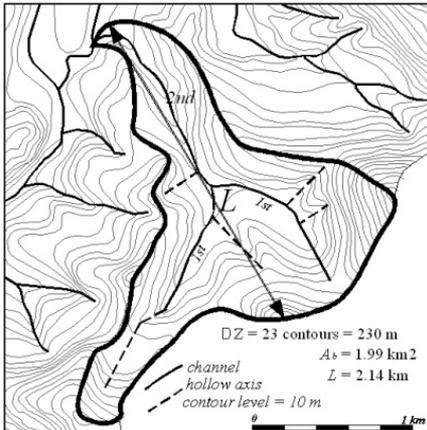
- **Topographic hollows control of shallow subsurface flow paths in the hillslope domain** (Hack, 1960; Anderson & Burt, 1978; Coelho Netto, 1985; Dietrich et al., 1986; Fernandes et al, 1994)
- **Headwater zones - minor hollows would tend to feed a major one, so that both surface and subsurface water flow paths will tend to converge to the lower end of the hollow axis enhancing the drainage efficiency** (Coelho Netto et al., 1988)
- **As hollow density increases the drainage efficiency, it provides favorable conditions for channel incision and its headward growth throughout the valley heads so that it may trigger landslides by positive feedback mechanisms** (Coelho Netto & Fernandes, 1989)

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA DE DRENAGEM (IED)

Coelho Netto et al., 2007 – LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY IN A MOUNTAINOUS GEOECOSYSTEM, TIJUCA MASSIF, RJ: the role of morphometric subdivision of the terrain; GEOMORPHOLOGY.

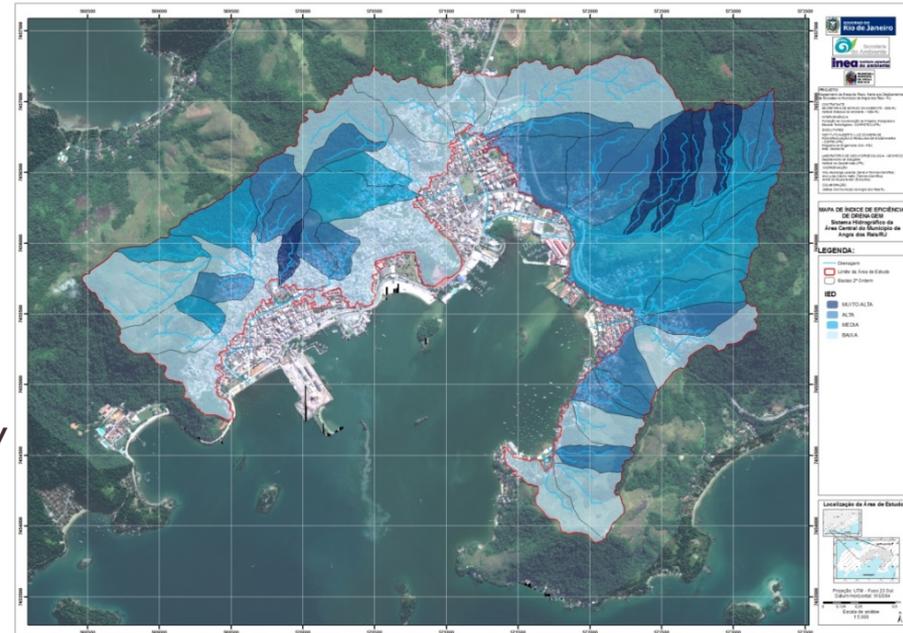
O IED expressa o tempo e a magnitude da concentração de chuvas nos canais de 2ª ordem (Coelho Netto et al., 2007),

$$DEI = HDd \times G = \frac{\sum_{i=1}^n Lh + \sum_{i=1}^n Lc}{A_b} \times \frac{\Delta Z}{L}$$



G - basin gradient (adimensional)
Lh - total length of hollow axis
Lc - total length of channels
DZ - basin elevation

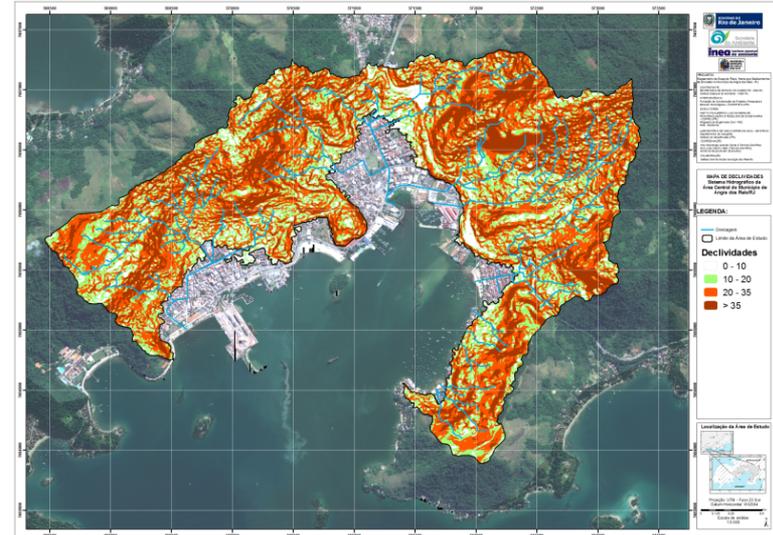
L - basin length a
A_b - basin area



Quatro classes de IED nas bacias de 2ª ordem : Baixo (< 0,00181), Médio (0,00182 – 0,00278), Alto (0,00279 – 0,00375) e Muito Alto (> 0,00376). As classes de IED foram extrapoladas para as áreas vizinhas.

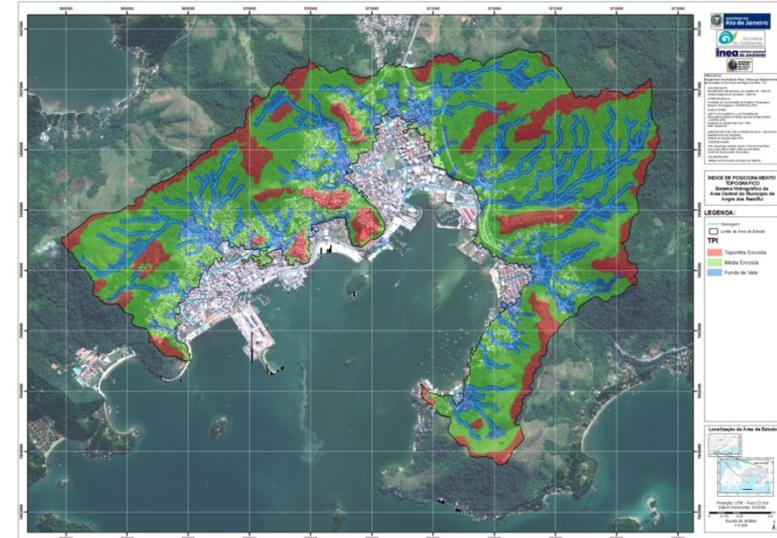
DECLIVIDADE (software ArcGIS)

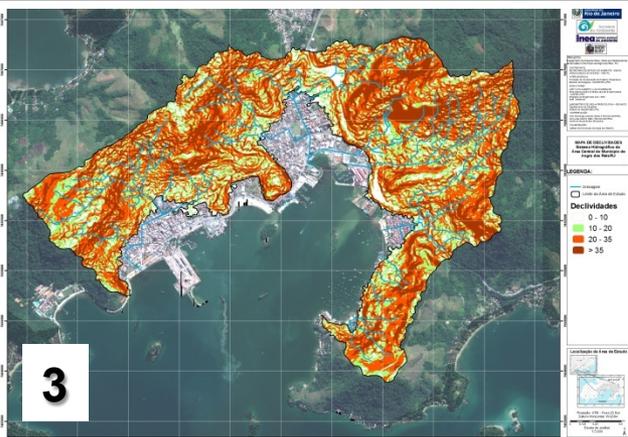
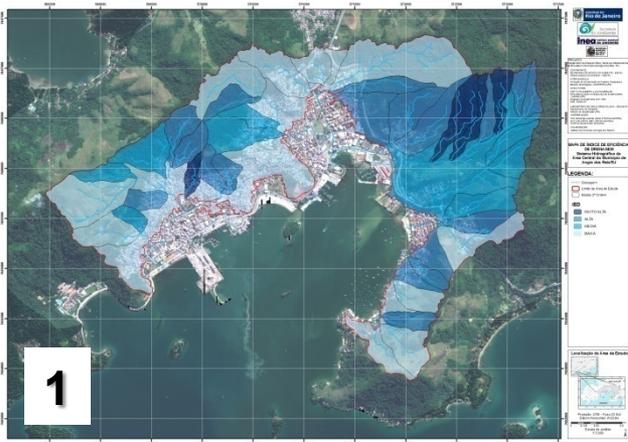
4 classes (0° – 10°, 10° - 20°, 20° - 35° , > 35°)



ÍNDICE DE POSICIONAMENTO TOPOGRÁFICO - TPI, Jenness (2000). (software ArcGIS)

- As oito classes geradas pela classificação (*ridge, upper slope, middle slope, lower slope, flat slope e valley*) foram agrupadas em três classes: **topo/alta encosta** (*ridge, upper slope*), **meia encosta** (*middle slope, lower slope*) e **fundo de vale** (*flat slope e valley*).

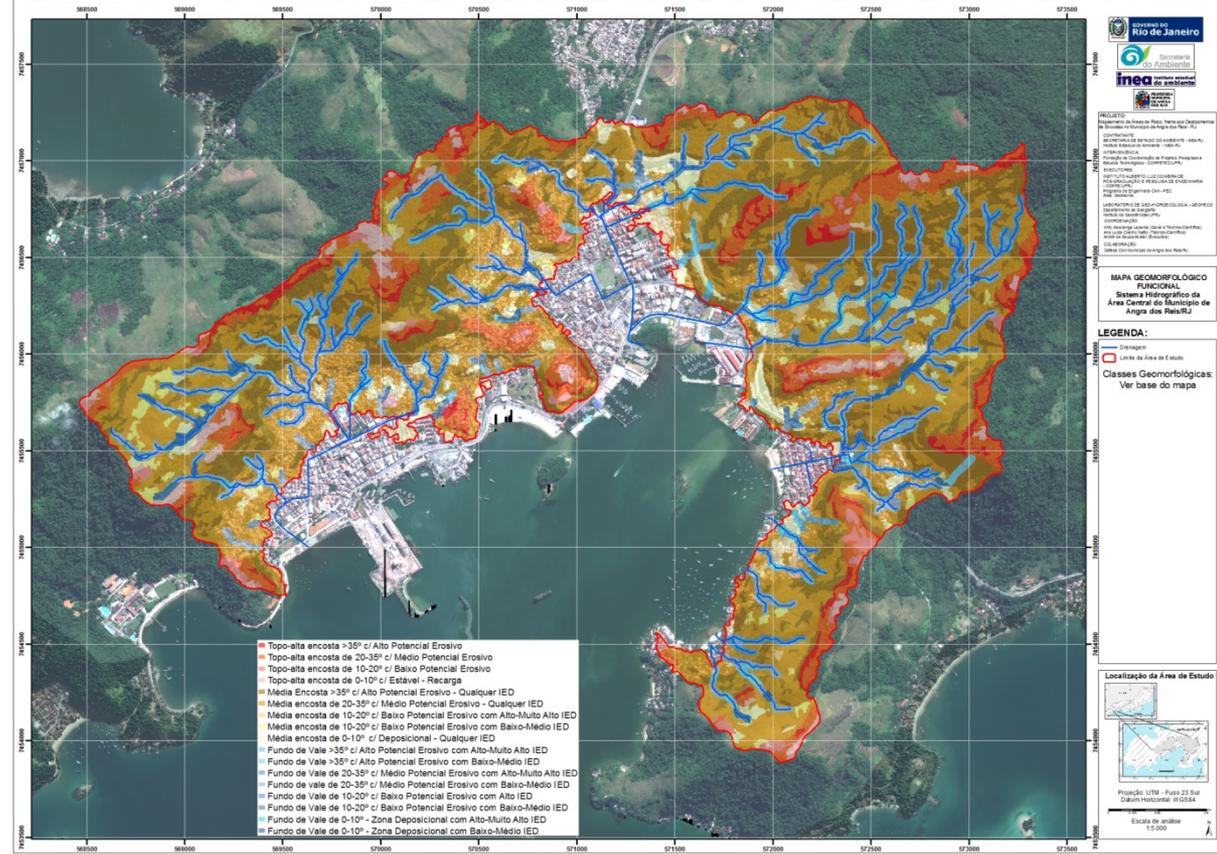




Classificação p/cruzamento de:

1. Índice de Eficiência de Drenagem (IED) Coelho Netto et al., 2000, 2007
2. Índice de Posicionamento Topográfico (TPI) Jenness, 2000
3. Declividade (ângulos críticos) Lacerda, 1997; Lacerda e Avelar, 2003

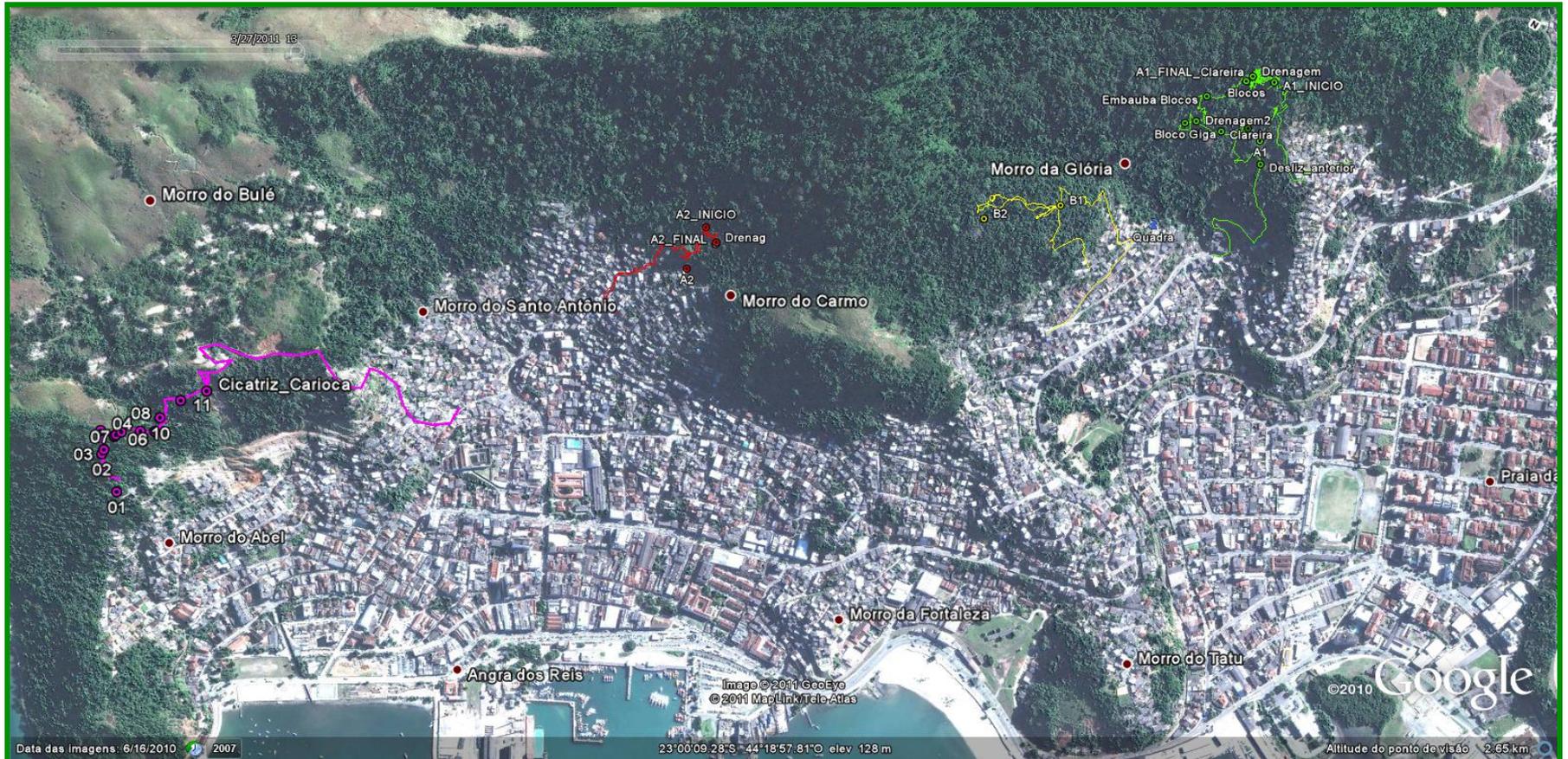
CARTA HIDRO-GEOMORFOLÓGICA

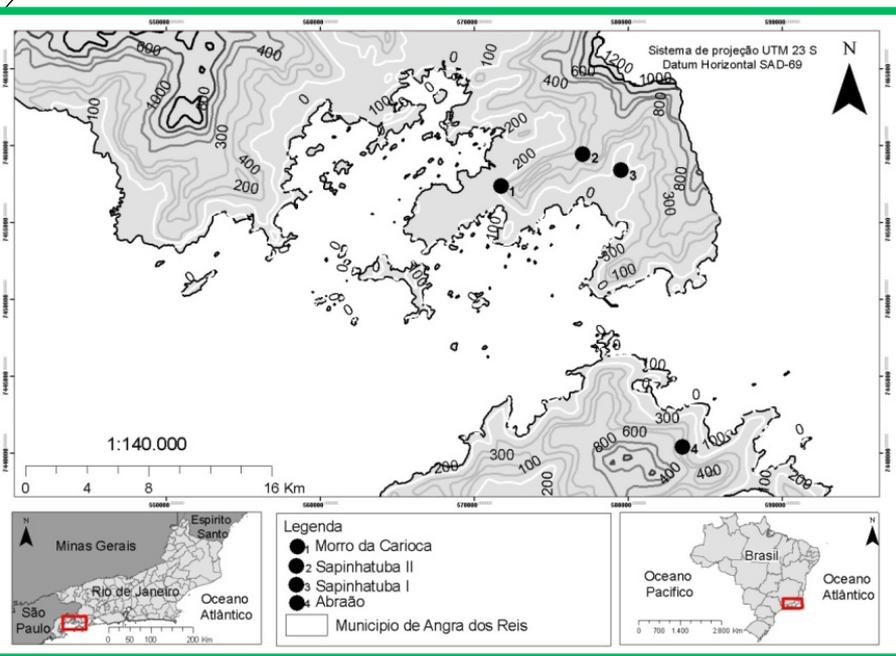


Classificação da Vegetação Florestal

(protocolo de campo – SMAC-RJ/GEOHECO-RJ, 2000 – adaptado para escala 1:5 000)

- estrutura e espécies indicadoras do estágio sucessional e do estado de degradação da vegetação.



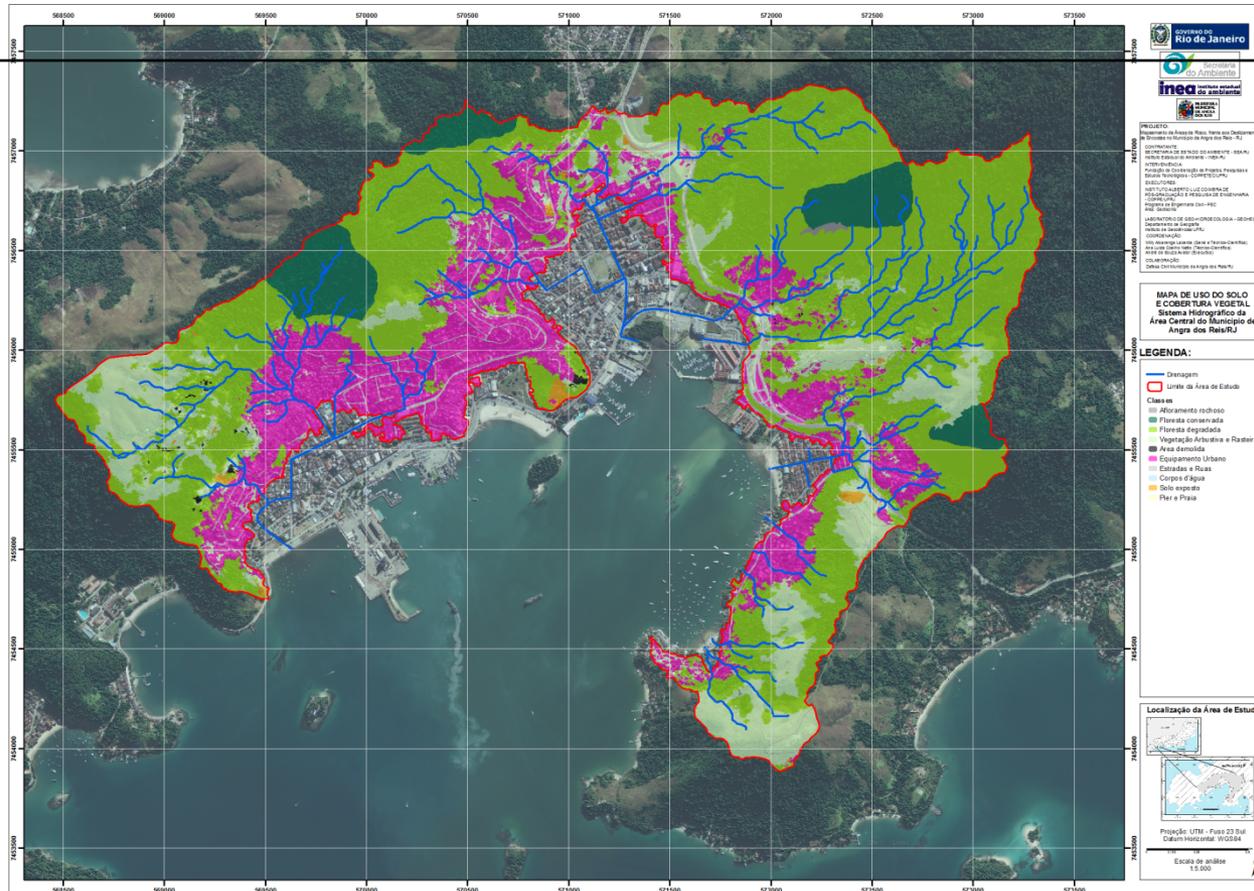


USO E COBERTURA VEGETAL ANGRA DOS REIS

1. Observações de campo - avaliar a condição das florestas localizadas nas encostas do entorno da área do Centro da cidade;
2. Levantamentos em transectos, para determinar parâmetros afins a classificação do estagio sucessional e estado de conservação.
3. Como forma de comparação foi estudado um trecho de floresta com características primárias situada na **bacia da praia do Abraão**.
4. Definição das classes relevantes de vegetação e calibragem do mapeamento conduzido por sensoriamento remoto;

Tabela: Descritores da estrutura vegetação das florestas urbanas de Angra dos Reis.

Local	densidade (ind.ha ⁻¹)	área basal (m ² .ha ⁻¹)	diâmetro médio (cm)	coef. var. diâmetros	% árvores mortas	madeira morta (m ³ .ha ⁻¹)
. Sapinhatuba I	860	11,4	14,1	80,5	7,0	16,8
. Sapinhatuba II	1.180	26,5	15,6	73,5	13,3	31,6
. Glória	780	22,1	15,1	82,9	9,1	32,2
. Ilha Grande (Floresta Conservada)	1.996	57,9	12,0	121,0	1,5	n/disp.

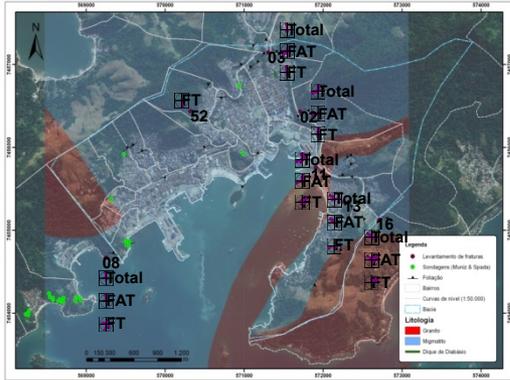
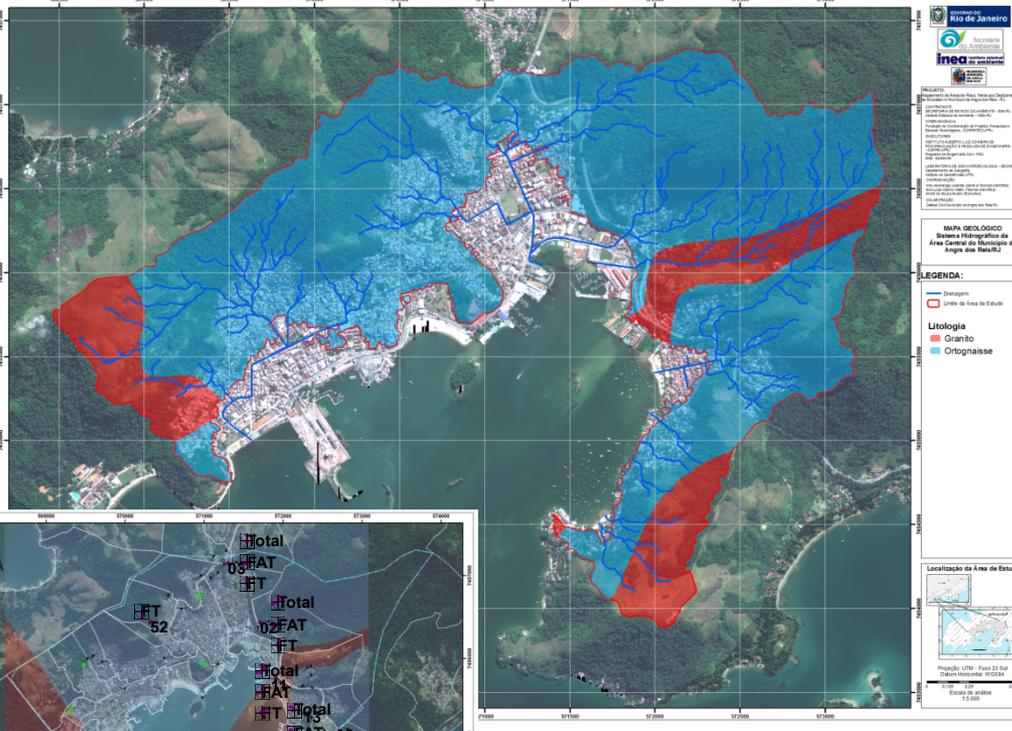


GEOLOGIA

. mapeamento de campo

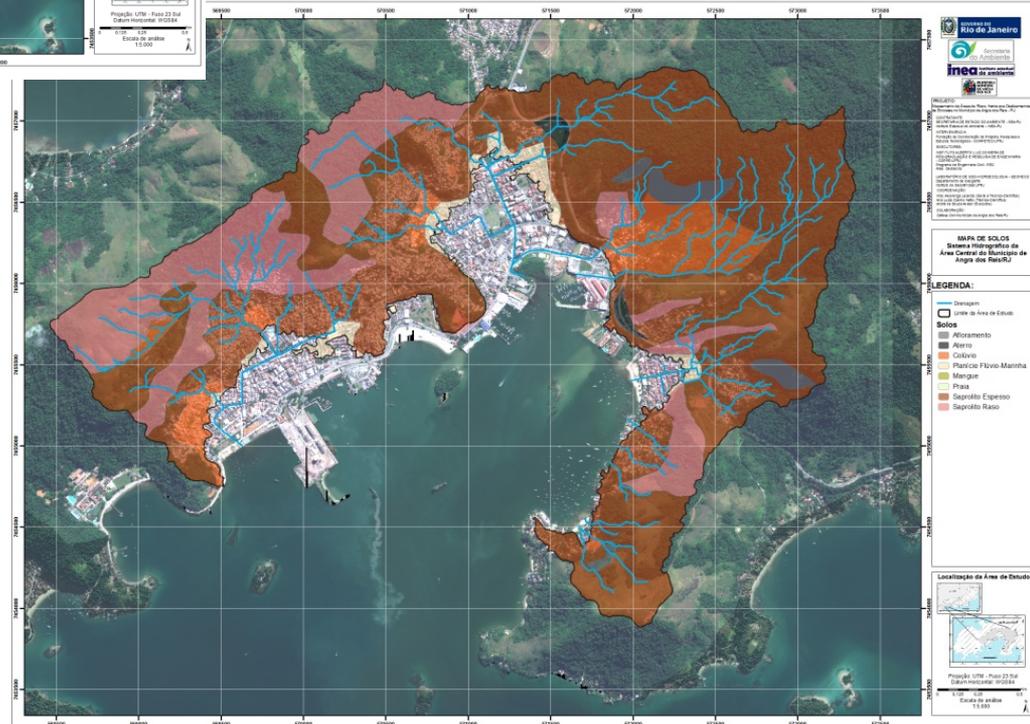
Estruturas relevantes:

- rosetas de fraturas;
- perfis de sondagem (Muniz & Spada)
- perfis de sondagens (este estudo)



SOLOS (base geotécnica)

. formação (saprolitos raso e espesso, colúvios, depósitos flúvio-marinho, aterro, rocha sã) e espessura



SUPLEMENTO 1

ADEQUAÇÃO E ESTADO DE CONSERVAÇÃO

- escadas de acesso
- calhas de chuvas
 - esgoto
 - água servida
- vazamento de caixa d' água

(Pontos de adição de água
OU
drenagem artificial)

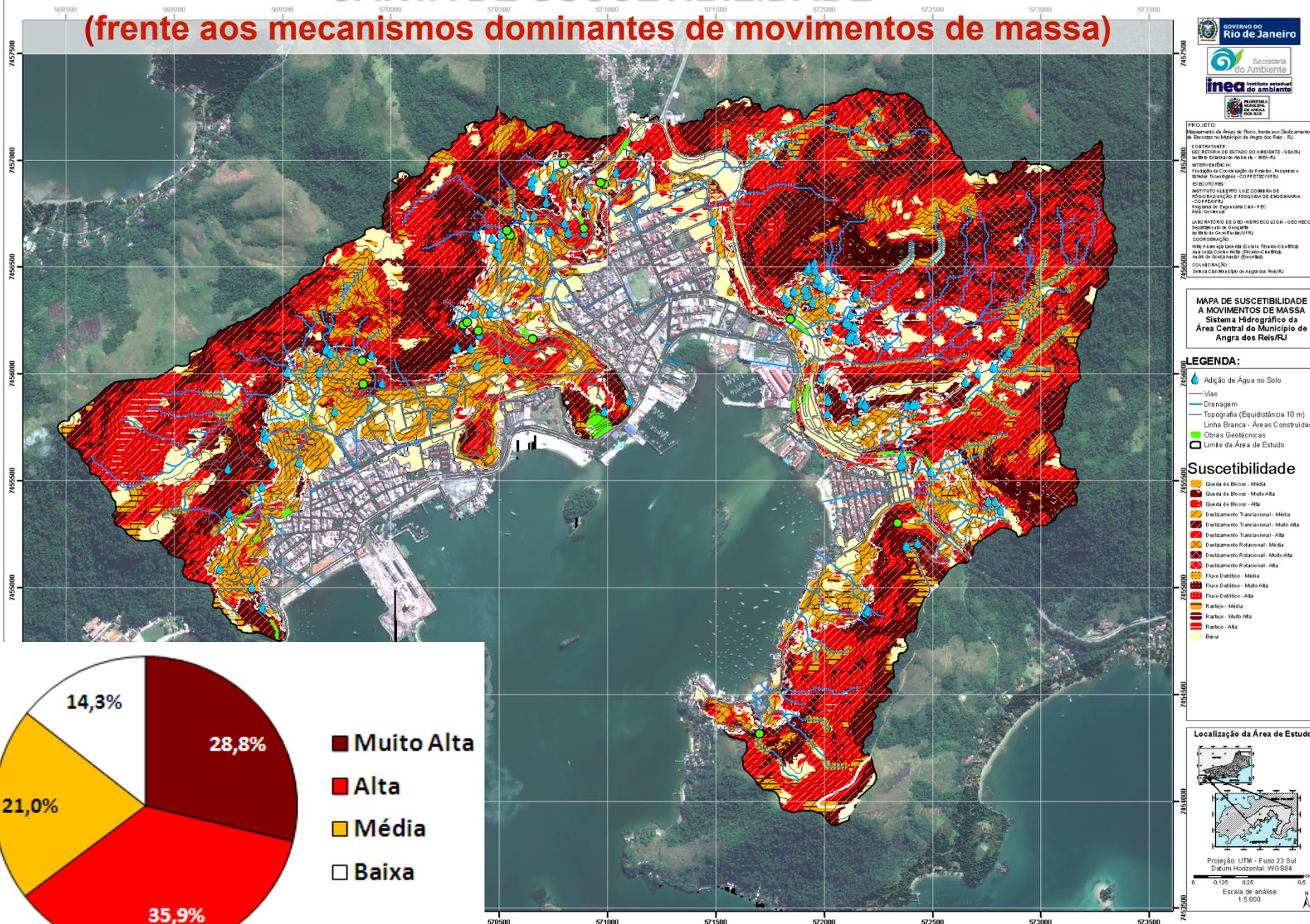


SUPLEMENTO 2

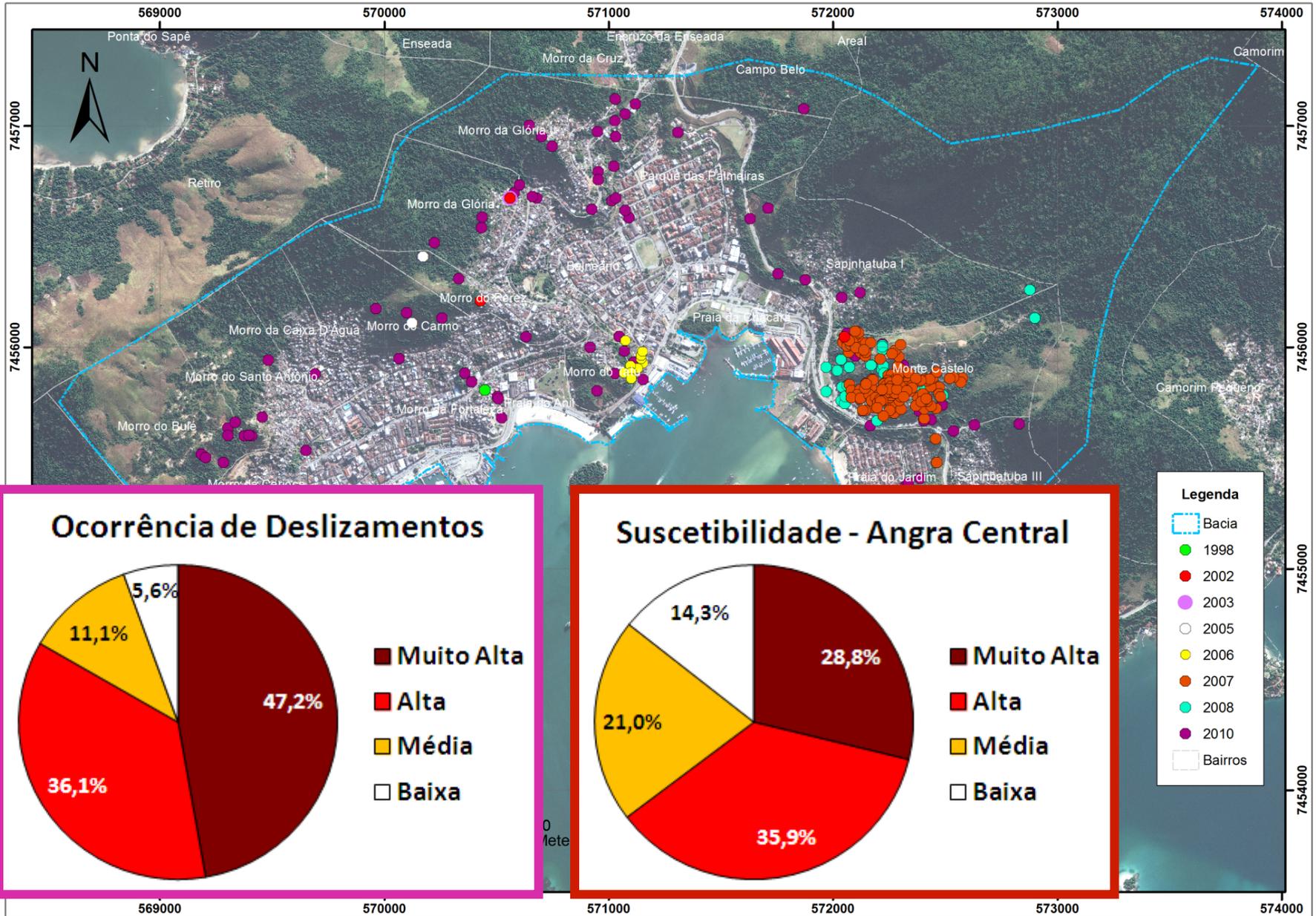
OBRAS DE ENGENHARIA

CARTA DE SUSCETIBILIDADE

(frente aos mecanismos dominantes de movimentos de massa)



AMEAÇA ou PERIGO – Frequência de deslizamentos pretéritos



RISCO

. Cruzamento do **grau de suscetibilidade aos movimentos de massa** e dos **elementos sob risco** (numero de habitantes e domicílios).

1. Dados dos setores censitários do IBGE referentes ao Censo 2010: concentrados na classe “área urbana” do mapeamento de uso e cobertura através da *ferramenta Intersect da caixa Analysis Tools → Overlay*;

2. A área urbana de cada setor censitário foi calculada acima da cota de 10 m utilizando a *ferramenta Clip da caixa Analysis Tools → Extract*,

3. O cálculo do número de pessoas e domicílios foi baseado na seguinte fórmula:

$$\text{No de pessoas} = \frac{\text{Área urbana analisada}}{\text{Área urbana do setor censitario}} \times \text{No. Pessoas}$$

$$\text{No de domicilios} = \frac{\text{Área urbana analisada}}{\text{Área urbana do setor censitario}} \times \text{No. Domicilios}$$

sendo:

Pessoas Computadas_i = número de pessoas computadas do setor censitário i

Área Urbana Analisada_i = área urbana analisada do setor censitário i (hectares)

Área Urbana do Setor Censitário_i = área urbana total do setor censitário i

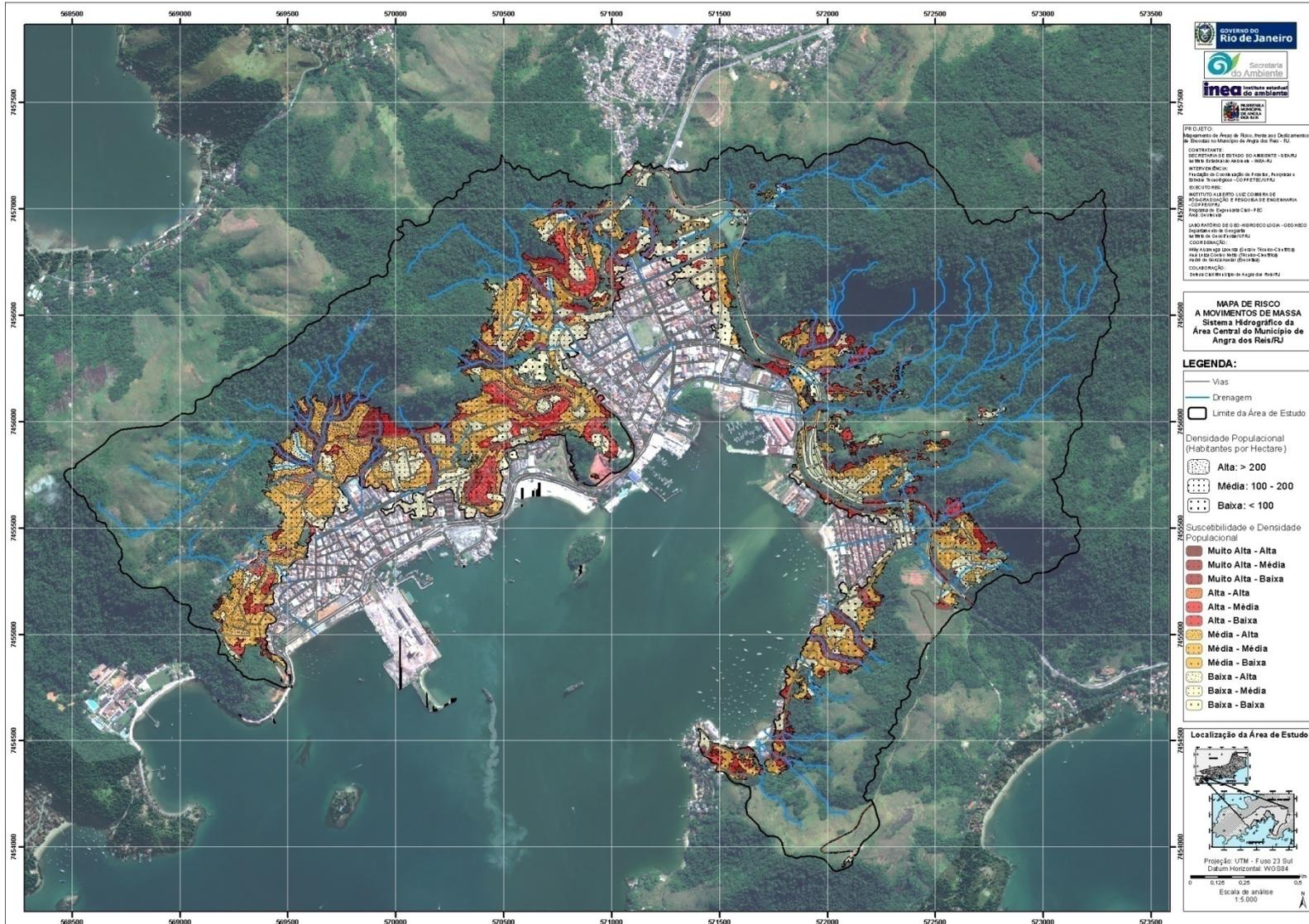
Pessoas_i = número de pessoas do setor censitário i (Censo 2010 - IBGE)

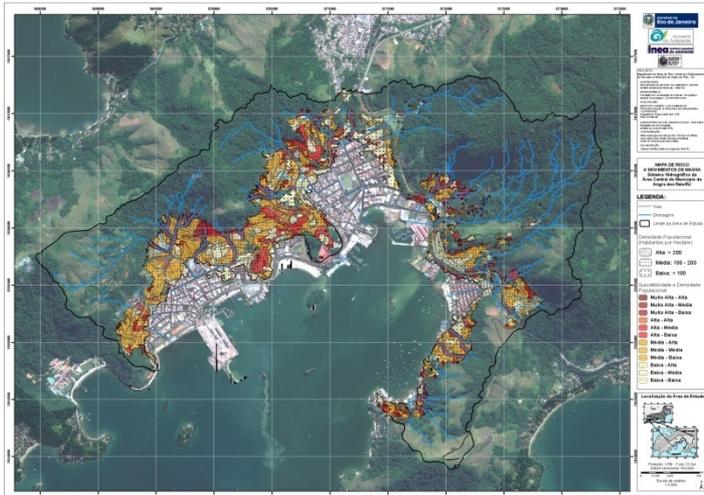
Domicílios_i = número de domicílios do setor censitário i (Censo 2010 - IBGE)

Densidade populacional = $\text{Pessoas Computadas } i / \text{Área Urbana Analisada } i$.

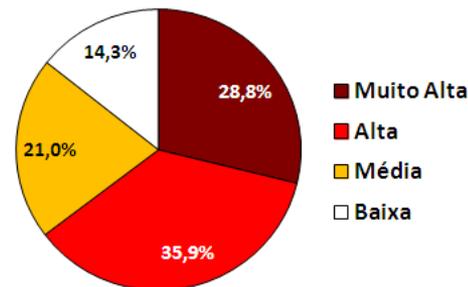
Ø **três classes**: baixa densidade (< 100 pessoas/hectare), média densidade (100 – 200 pessoas/hectare) e alta densidade (200 pessoas/hectare).

- v O grau de **RISCO** foi determinado pelo cruzamento do arquivo de dados populacionais/domiciliares (03 classes) e o de grau de suscetibilidade (04 classes) através da ferramenta Intersect da caixa Analysis Tools → Overlay → 12 (doze) classes de risco.





Suscetibilidade - Angra Central



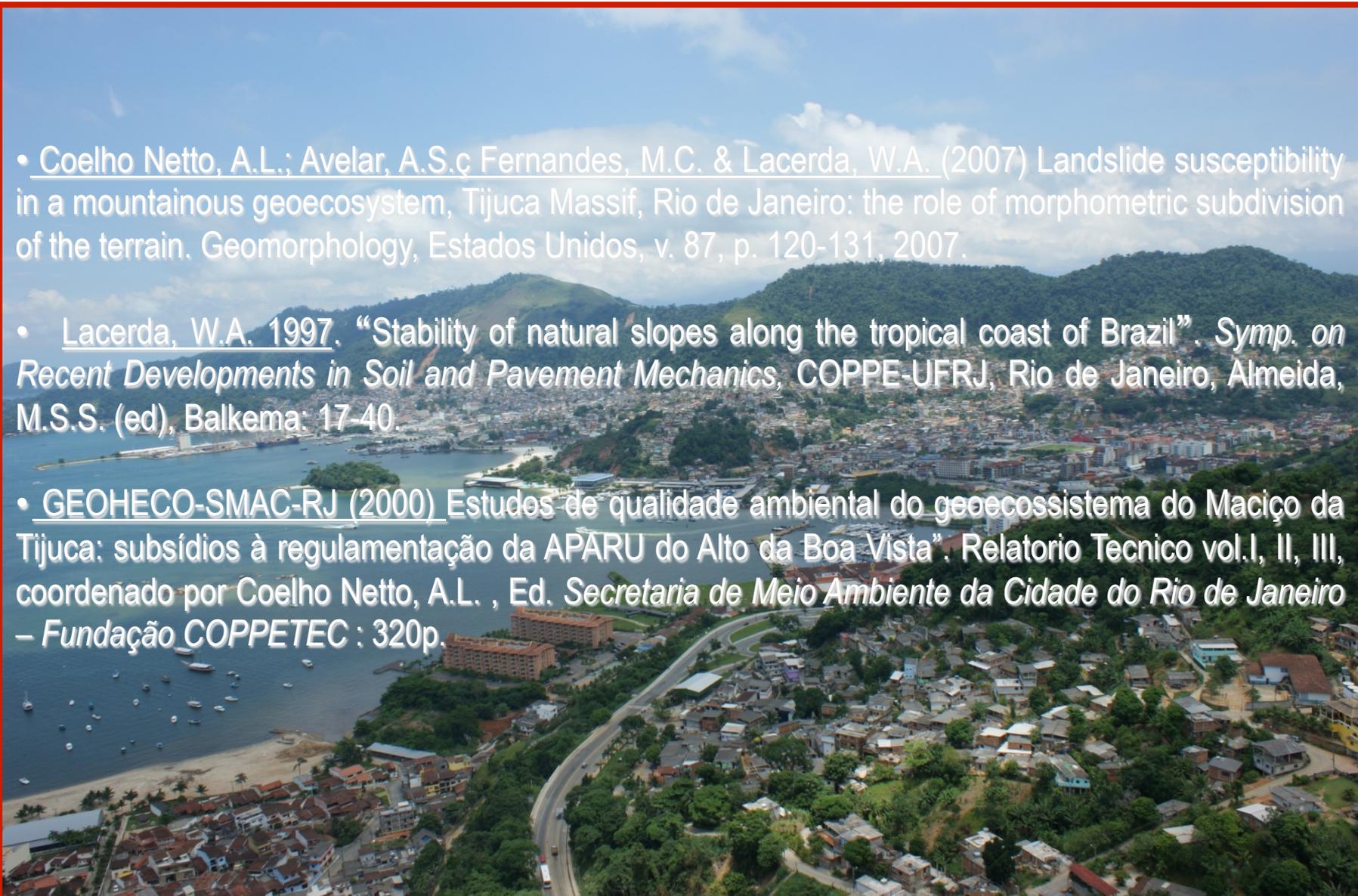
CLASSIFICAÇÃO DE RISCO (Centro de Angra dos Reis)

No de pessoas por classe de suscetibilidade e densidade populacional .

Suscetibilidade	Alta	Média	Baixa	Soma	%
	Dens. Pop.	Dens. Pop.	Dens. Pop.		
Muito Alta	1.854	1.429	607	3.890	14,9
Alta	1.419	2.516	734	4.669	17,9
Média	4.395	5.711	1.510	11.616	44,5
Baixa	1.143	2.957	1.827	5.927	22,7
Soma	8.811	12.613	4.678	26.102	100,0

No de domicílios por classe de suscetibilidade e densidade populacional nas 4 áreas.

Suscetibilidade	Alta	Média	Baixa	Soma	%
	Dens. Pop.	Dens. Pop.	Dens. Pop.		
Muito Alta	579	456	210	1.245	14,7
Alta	473	788	258	1.519	17,9
Média	1.407	1.803	530	3.740	44,0
Baixa	379	942	667	1.988	23,4
Soma	2.838	3.989	1.665	8.492	100,0

- 
- Coelho Netto, A.L.; Avelar, A.S.ç Fernandes, M.C. & Lacerda, W.A. (2007) Landslide susceptibility in a mountainous geocosystem, Tijuca Massif, Rio de Janeiro: the role of morphometric subdivision of the terrain. *Geomorphology, Estados Unidos*, v. 87, p. 120-131, 2007.
 - Lacerda, W.A. 1997. “Stability of natural slopes along the tropical coast of Brazil”. *Symp. on Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics*, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, Almeida, M.S.S. (ed), Balkema: 17-40.
 - GEOHECO-SMAC-RJ (2000) Estudos de qualidade ambiental do geocosistema do Maciço da Tijuca: subsídios à regulamentação da APÁRU do Alto da Boa Vista”. Relatório Técnico vol.I, II, III, coordenado por Coelho Netto, A.L. , Ed. *Secretaria de Meio Ambiente da Cidade do Rio de Janeiro – Fundação COPPETEC* : 320p.

Obrigado pela atenção !