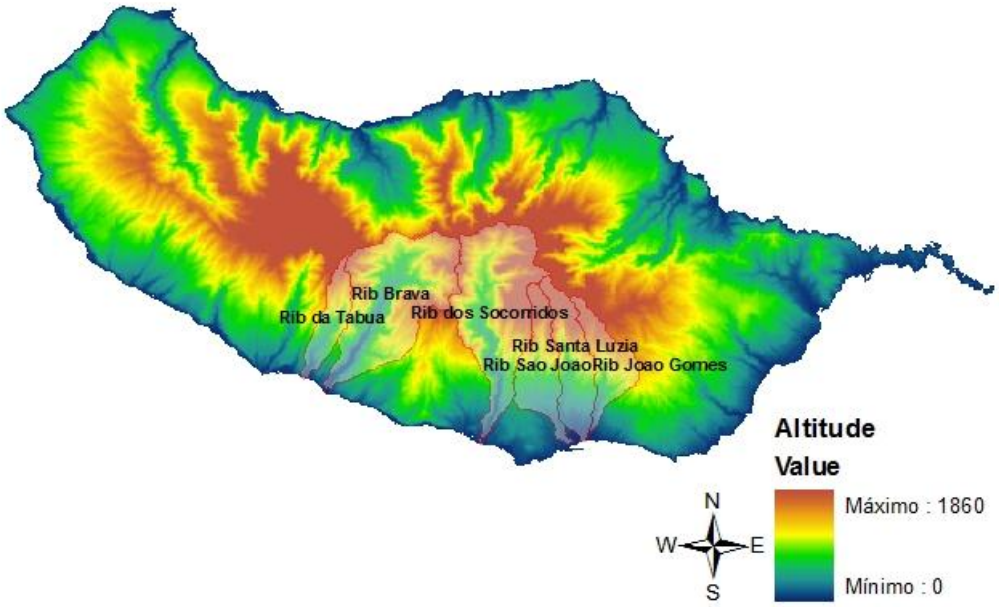
O evento de 20/02/2010 na Ilha da Madeira: Caracterização dos deslizamentos e da sua contribuição para o transporte de sedimentos

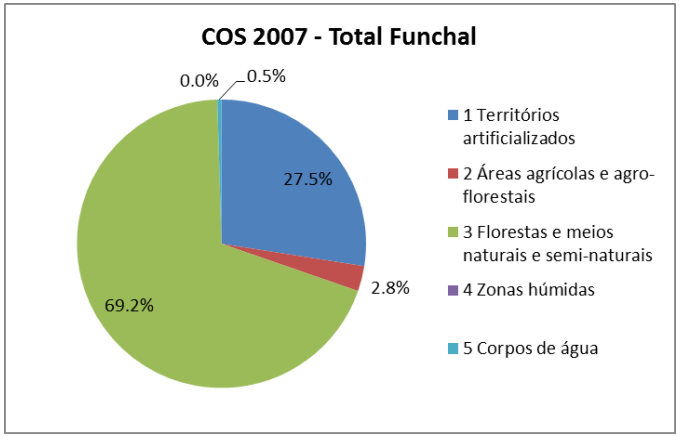
Maria João Pereira

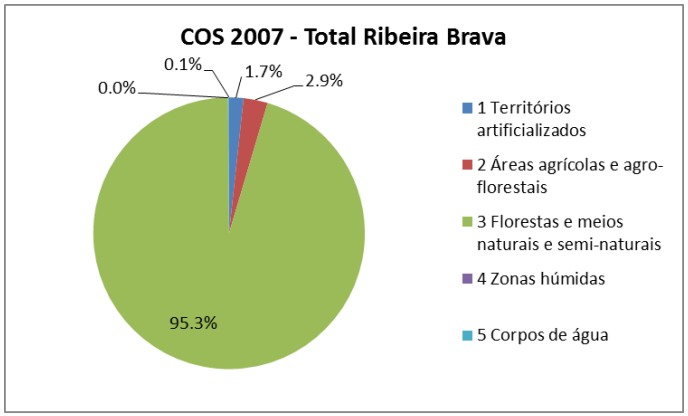
maria.pereira@ist.utl.pt

Caso de estudo

- Evento de precipitação intensa a 20/02/2010 na Ilha da Madeira





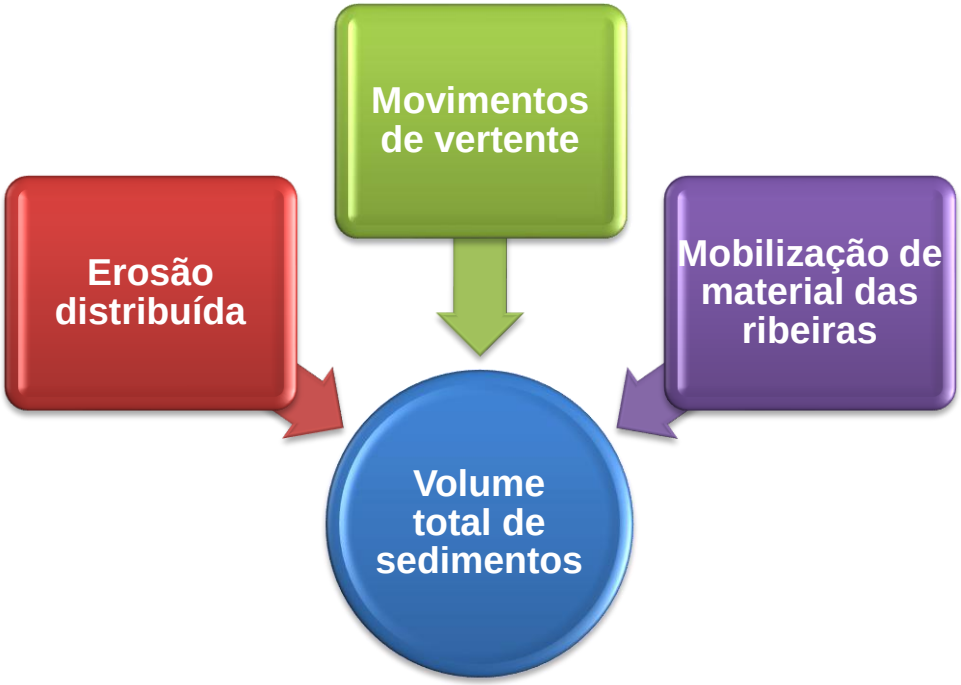


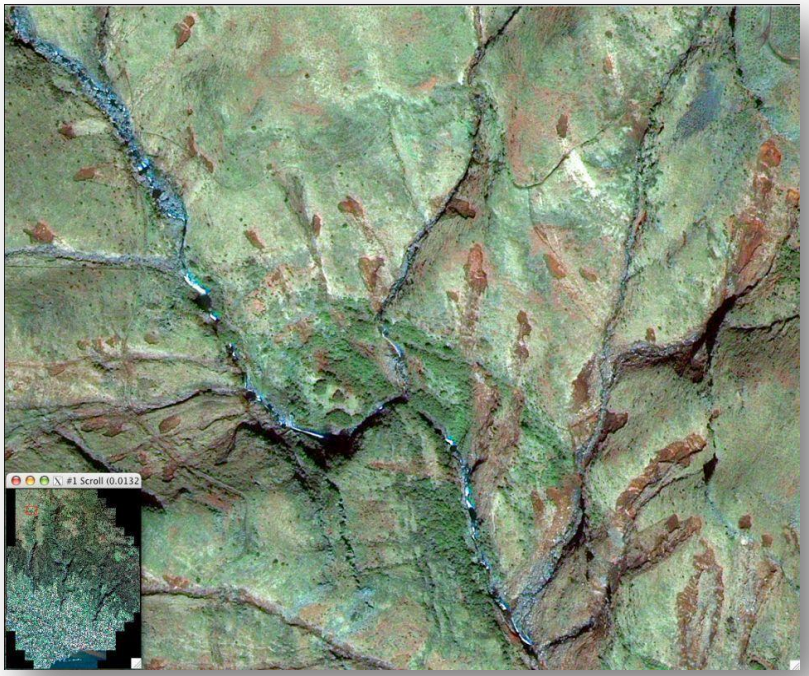
Objectivos

1. Mapeamento e caracterização dos deslizamentos de terras ocorridos nas principais bacias dos Concelhos do Funchal e da Ribeira Brava

Objectivos

2. Estimação dos volumes de sedimentos produzidos durante o evento.





Ensaios in-situ e laboratorais

- Solos de elevada porosidade, com matéria orgânica e elevada percentagem de finos (silte ou argila)
- Influência da sucção na resistência

Caracterização do solo

Depósitos de cobertura

Local	Fracções granulométricas*			% Matéria Orgânica**
	% Finos	% Areia	% Cascalho	
Trapiche/ Sto. António	68	20	12	14.6
Cabeceira 1/Sta Luzia	26	12	62	31.2
Cabeceira 2/Sta Luzia	16	36	48	12.1
Parque Ecológico	43	13	44	25.6
Ameixieira/Ribeira Brava	49	23	28	30.7
Fajã da Égua 1/Ribeira Brava	31	27	42	28.8
Fajã da Égua 2/Ribeira Brava	32	44	24	18.5
Serra da Tabua	43	15	42	31
Tabua	46	21	33	6.6

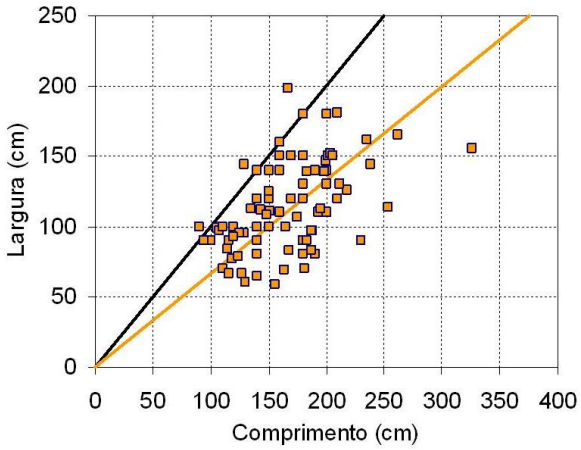
* fracções granulométricas segundo a norma ASTM D2487-00
** determinação do teor em matéria orgânica segundo a norma ASTM D2974-07a

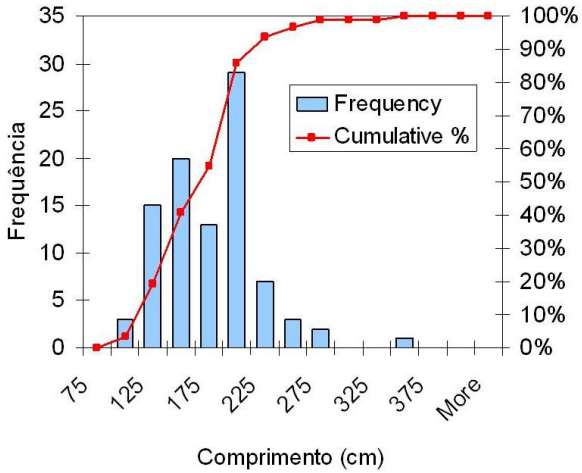
Caracterização do solo

Depósitos de vertente

Materiais depositados nos leitos das ribeiras

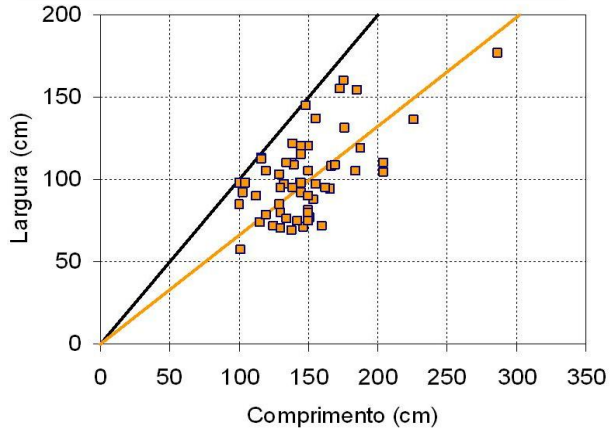
Ribeira de São João/Santo António

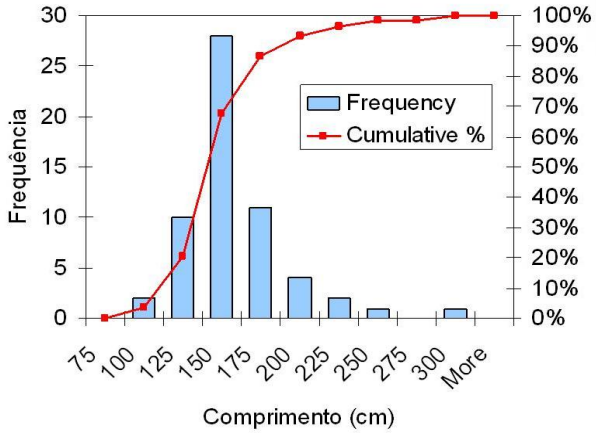




C/L médio ≈ 1.5

Ribeira de Santa Luzia





Erosão hídrica distribuída

Equação Universal de Perda de Solo (Revista)

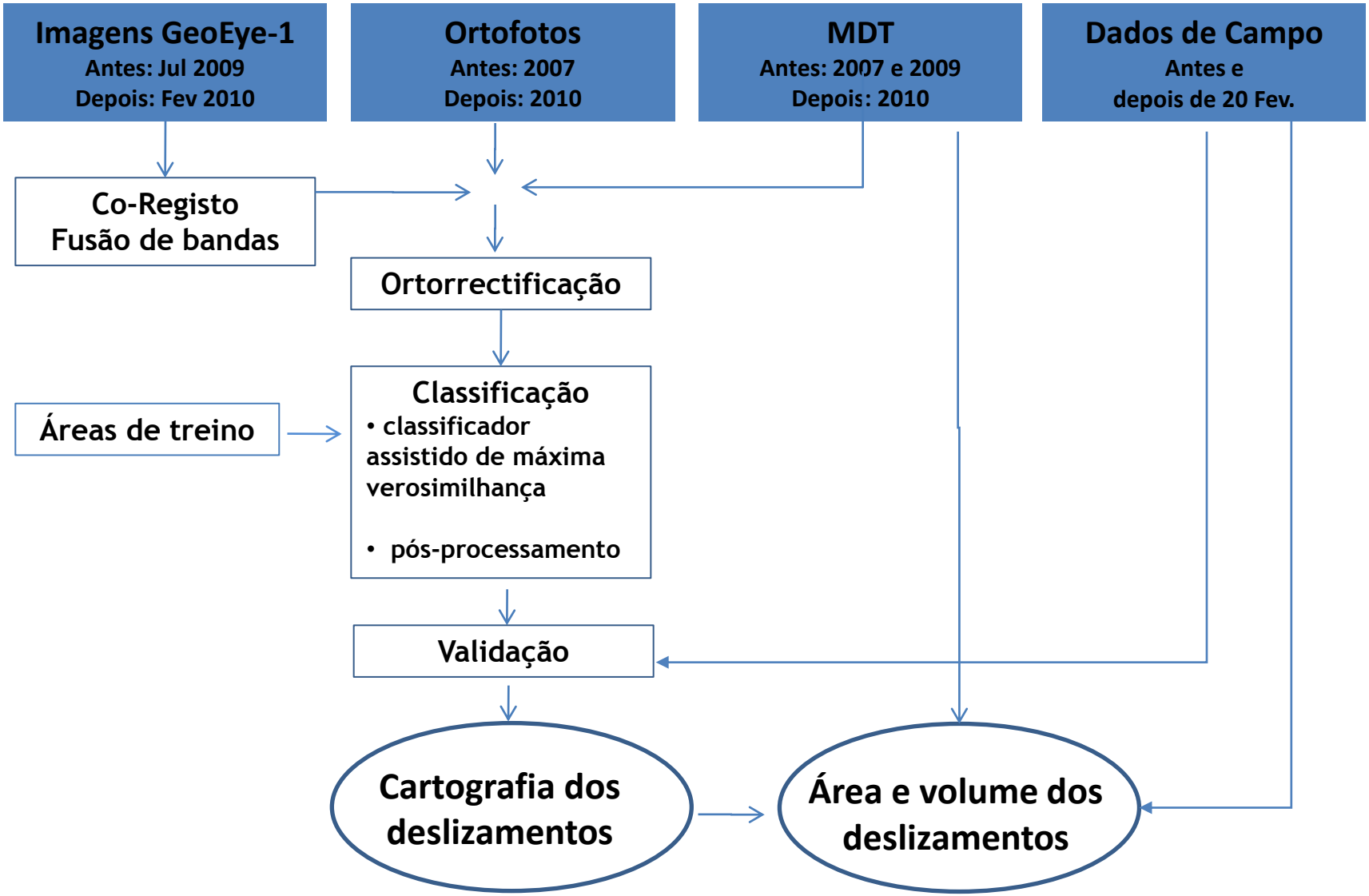
$$E = R \times K \times LS \times C \times P$$

- E - Perda de solo estimada
- R – Erosividade da precipitação (2800 MJ.mm.ha^{-1})
- K – Erodibilidade dos solos (0.020 t.h.MJ^{-1}mm^{-1})
- LS – factor fisiográfico (15)
- CP – Factor de cultura e de uso e prática agrícola (0.08)

Ribeiras do Funchal → **Volume de Sedimentos Produzidos por erosão hídrica**

145 000 m^3

Metodologia para a cartografia e estimação de volumes

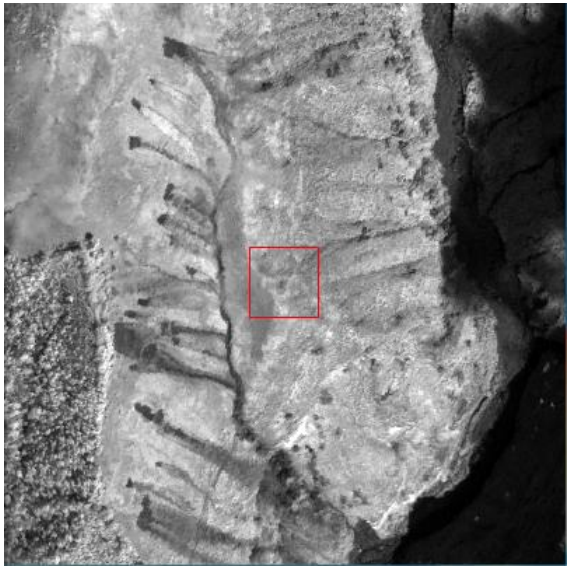


Imagens Geoeye-1

Banda R

Banda G

Banda B

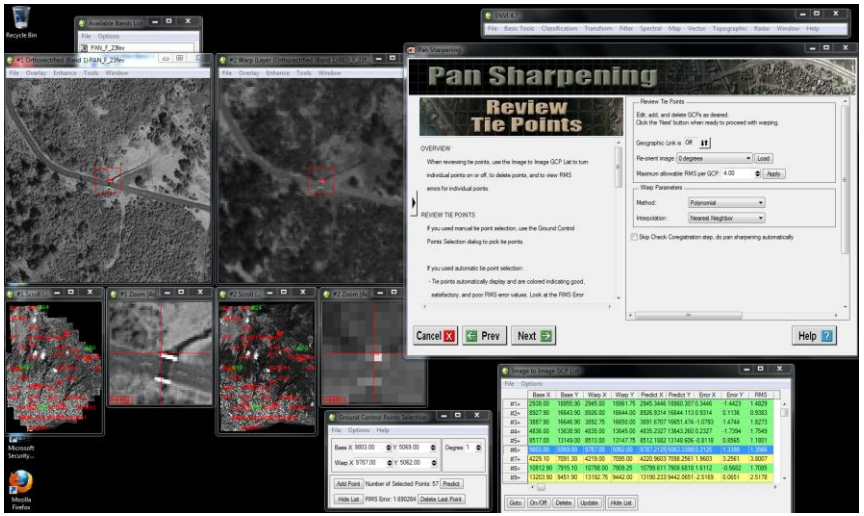


Banda NIR

Pré-processamento das imagens

Co-registo das imagens

Fusão das imagens



Ortorrectificação das imagens

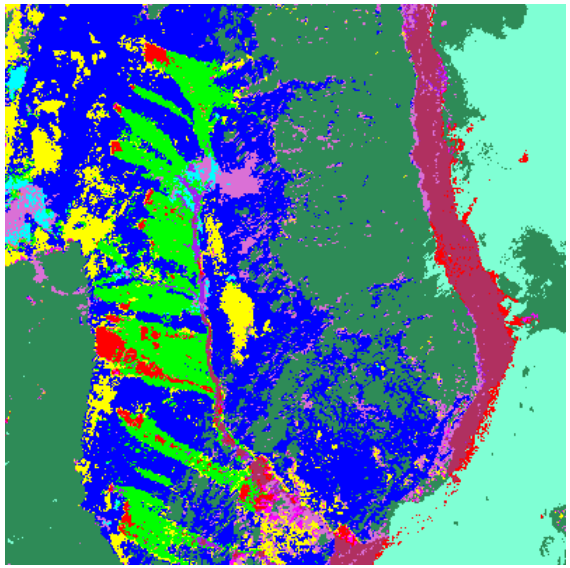
Classificação

Ribeira de Sto António

RGB (21 de Julho)

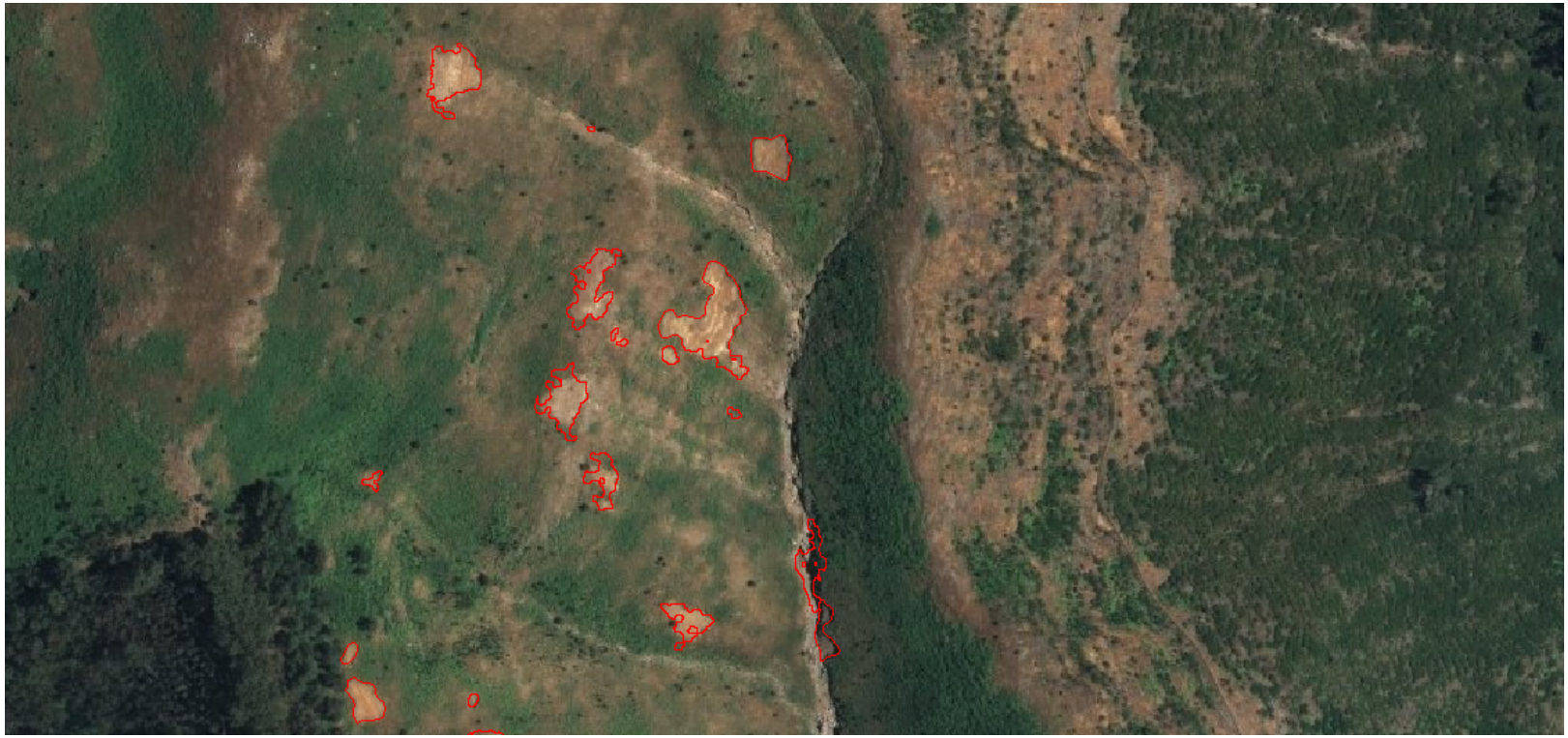
RGB (23 de Fevereiro)

Algoritmo da Máxima Verosimilhança



- Cicatriz
- Rasto
- Vegetação rasteira
- Solo nu
- Nuvens
- Cicatrizes antigas
- Cascalheira
- Árvores
- Equipamentos
- Telhados
- Sombra
- Cimento

Pós-processamento pericial

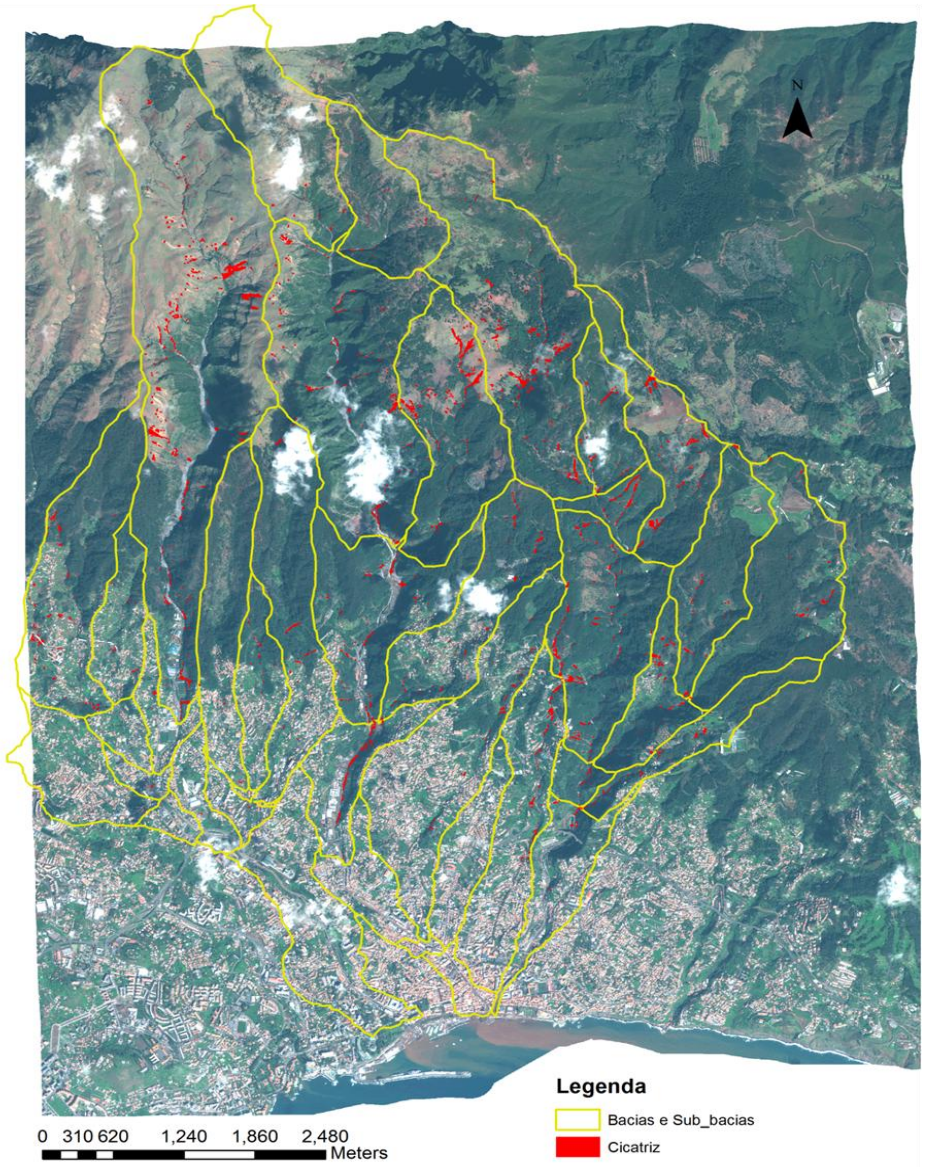


Classe 1 - cicatrizes novas, sem margem para dúvidas;

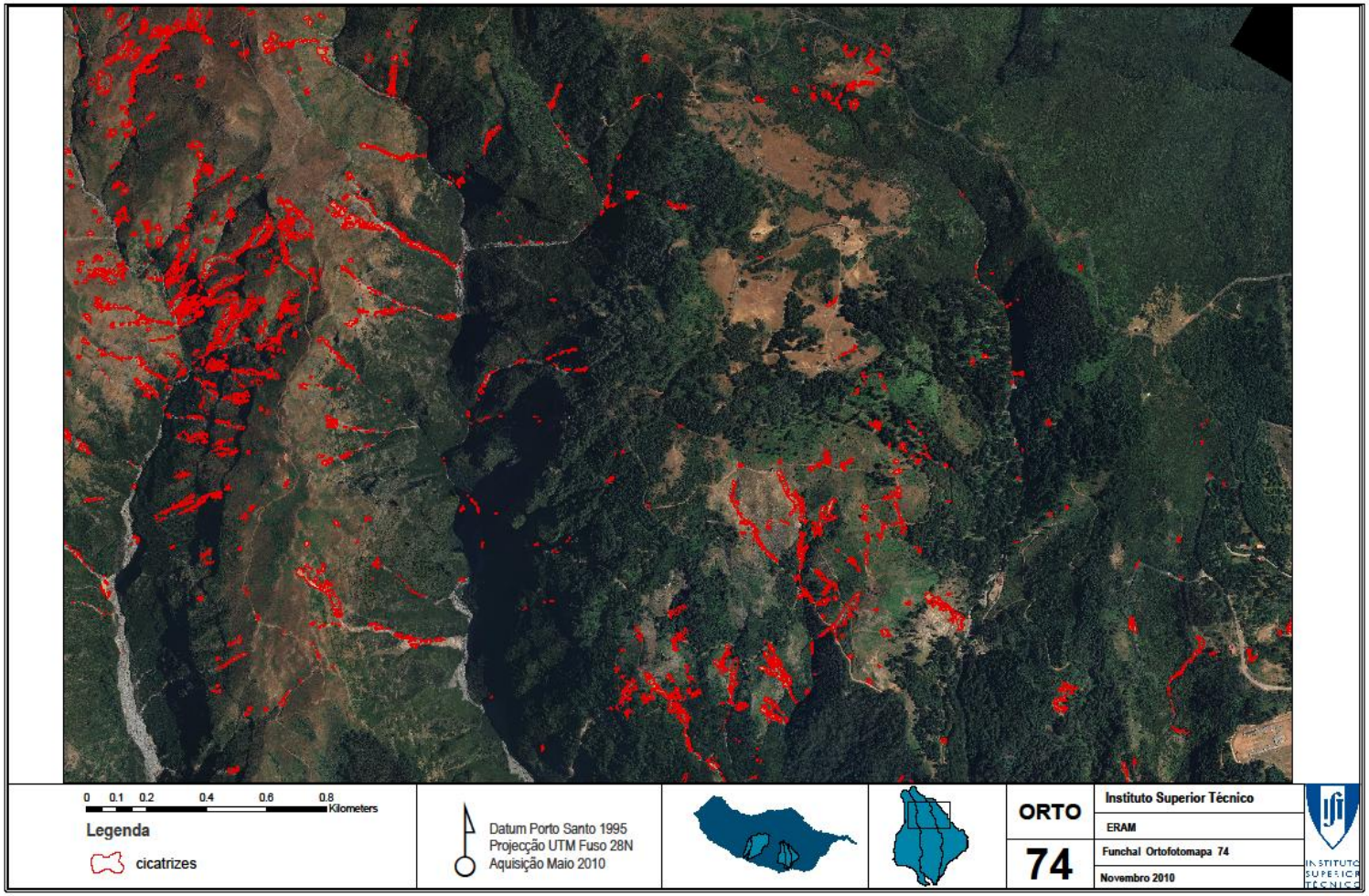
Classe 2 - cicatrizes antigas em que a totalidade da seu contorno já existia nos ortofotomapas antigos, embora pareçam ter sido reactivadas;

Classe 3 – Na sua maioria aparentam ser superficiais

Cartografia dos deslizamentos



Cartografia dos deslizamentos



Validação da cartografia

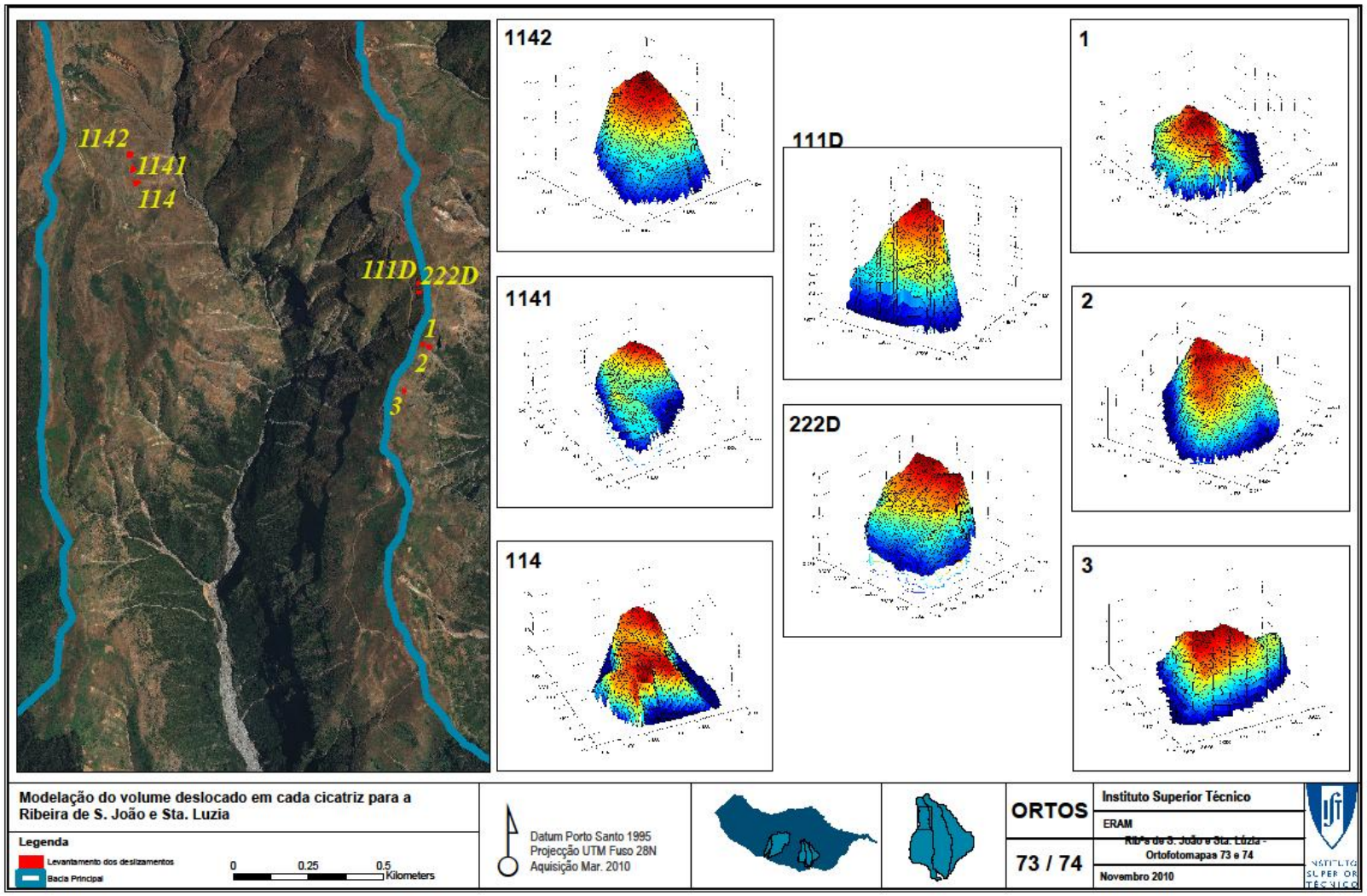
Dados de campo

- Serviço Regional das Florestas
- Equipa de geologia do projecto
- Levantamentos topográficos

Bacias do Funchal	Nº total de cicatrizes identificadas	Nº total de amostras de campo	% de cicatrizes visitadas	Cicatrizes correctamente classificadas		Cicatrizes não identificadas	
				Nº	%	Nº	%
João Gomes	708	21	3.0	20	95.2	1	4.8
Santa Luzia	1039	29	2.8	28	96.6	1	3.4
São João	1544	73	4.7	70	95.9	3	4.1
Total	3291	123	3.7	118	95.9	5	4.1

Bacias da Ribeira Brava	Nº total de cicatrizes identificadas	Nº total de amostras de campo	% de cicatrizes visitadas	Cicatrizes correctamente classificadas		Cicatrizes não identificadas	
				Nº	%	Nº	%
Ribeira Brava	4583	95	2.1	76	80.0	19	20.0
Tabua	591	15	2.5	13	86.7	2	13.3
Total	5174	110	2.1	89	80.9	21	19.1

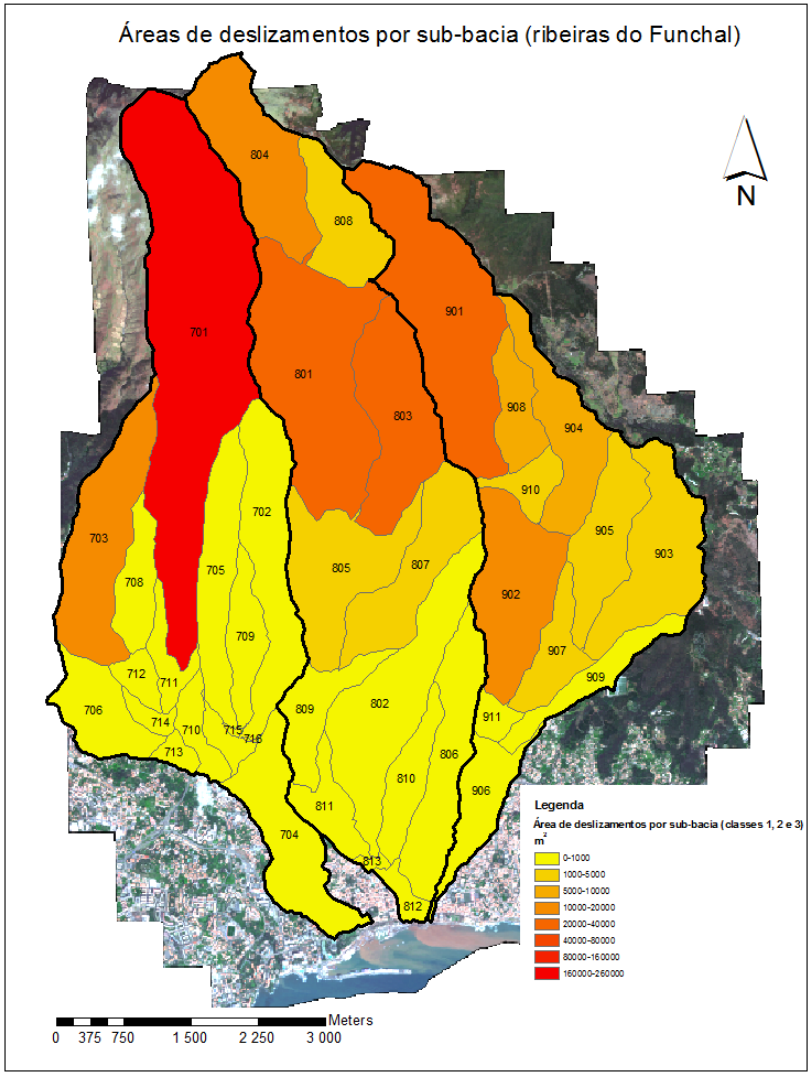
Validação da cartografia



Volumes dos deslizamentos

FUNCHAL

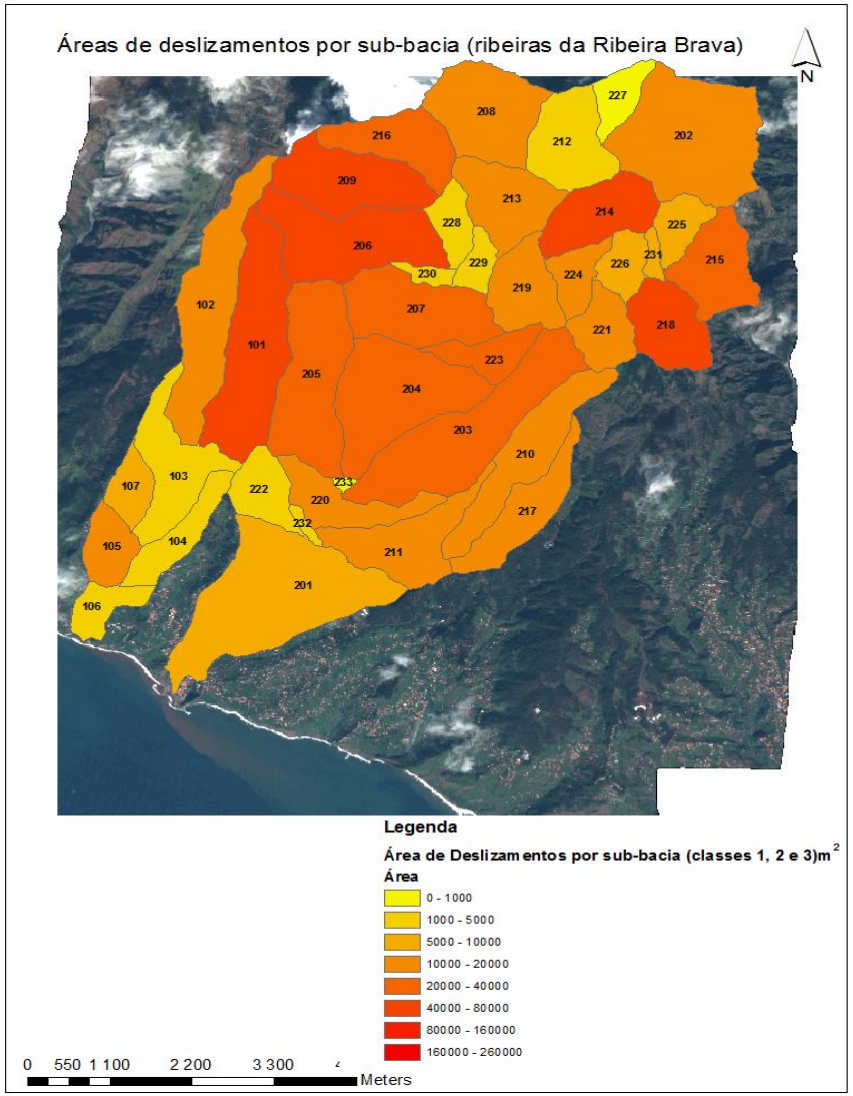
Tipo de cicatriz	Área (m^2)	Vol. Min. (m^3) (h=0.6 m)	Vol. Max. (m^3) (h=1.5m)
Novas	151661	90997	227492
Reactivadas	108300	64980	162450
Superficiais	100946	60568	151419
Total	**360907**	**216544**	**541361**



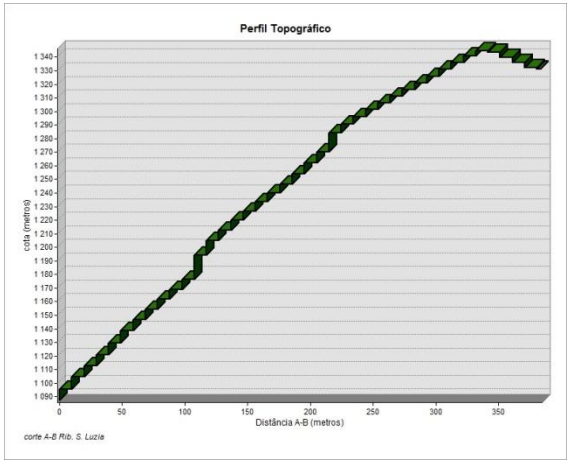
Volumes dos deslizamentos

RIBEIRA BRAVA

Tipo de cicatriz	Área (m^2)	Vol. Min. (m^3) (h=0.6 m)	Vol. Max. (m^3) (h=1.5m)
Novas	292236	175342	438354
Reactivadas	10345	6207	15518
Superficiais	385009	231005	577514
Total	**687590**	**412554**	**1031385**

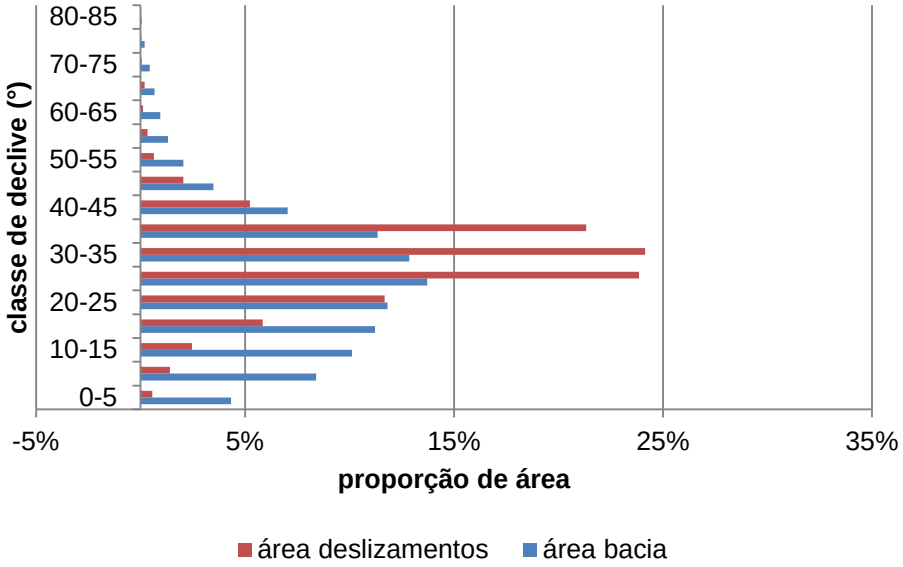


Análise espacial

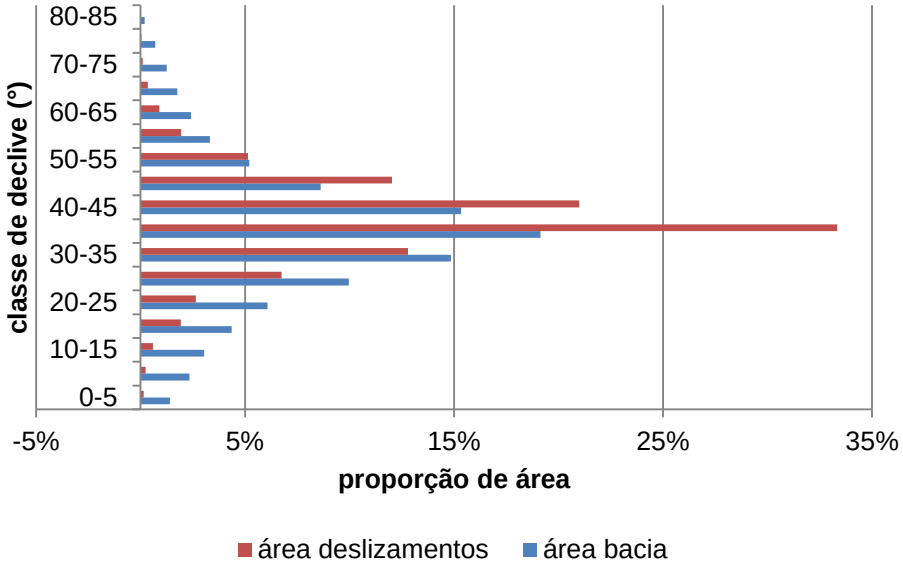


declives

Funchal



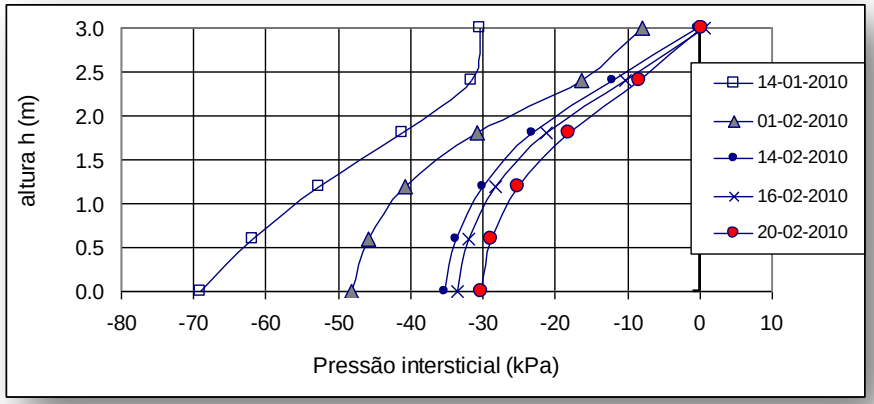
Ribeira Brava



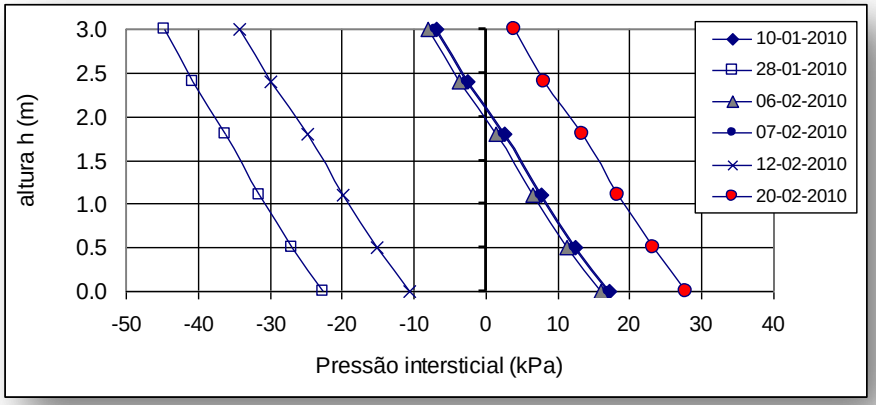
Simulação Numérica

Declives de 30º

Solo pouco permeável

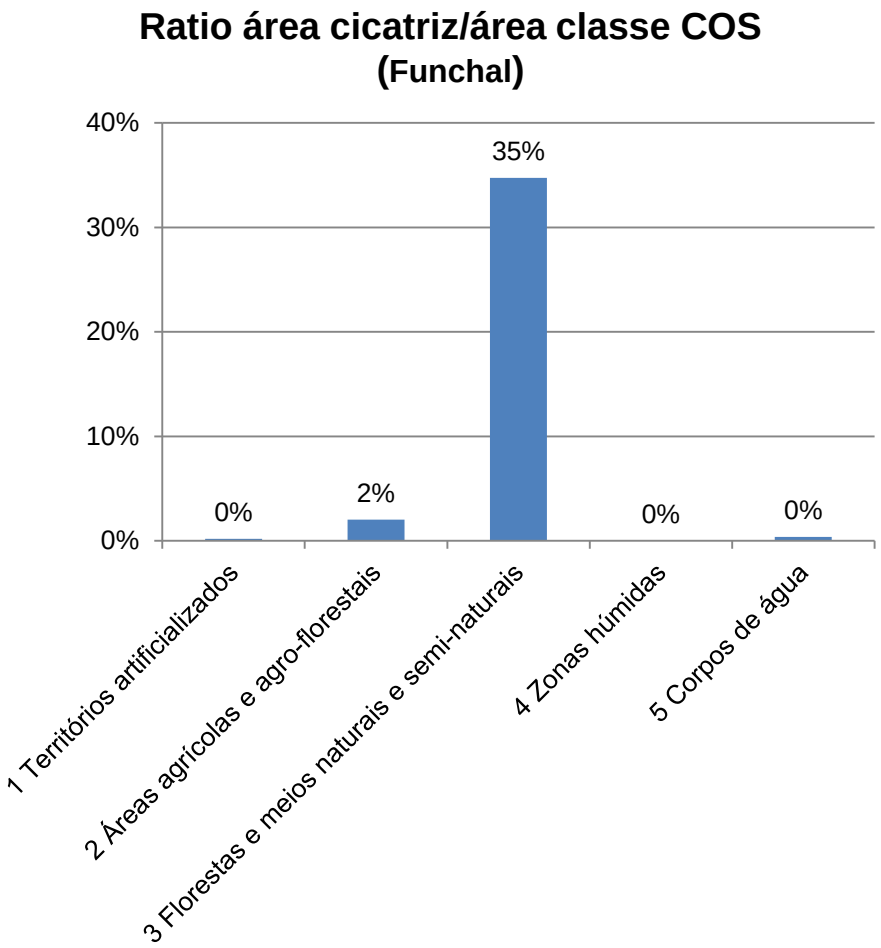


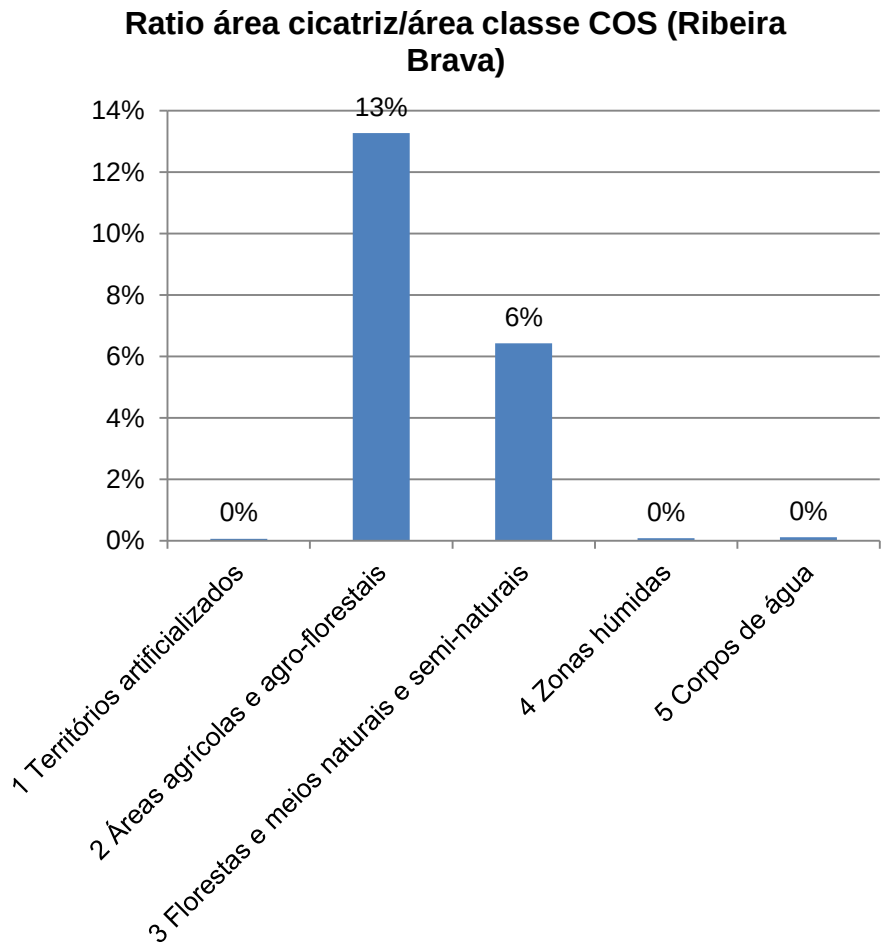
Solo mais permeável



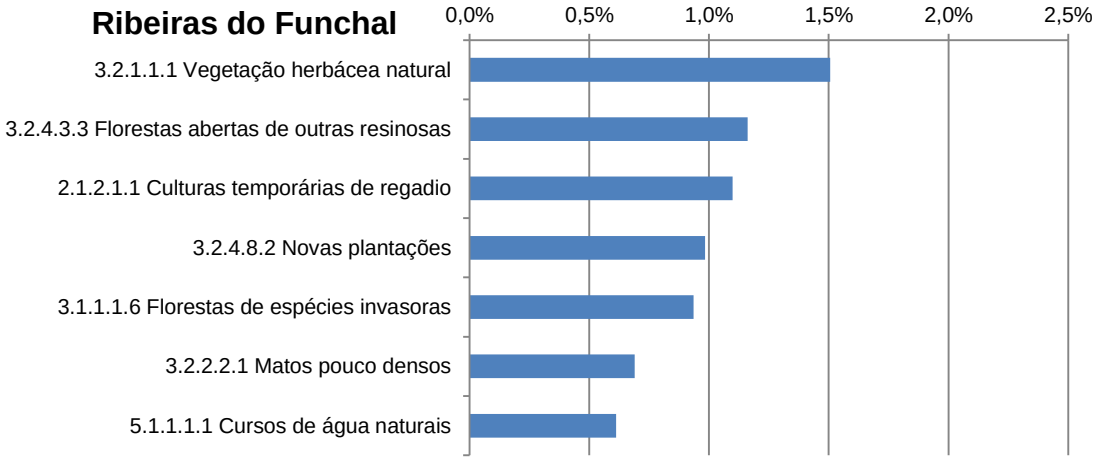
deslizamentos pouco profundos

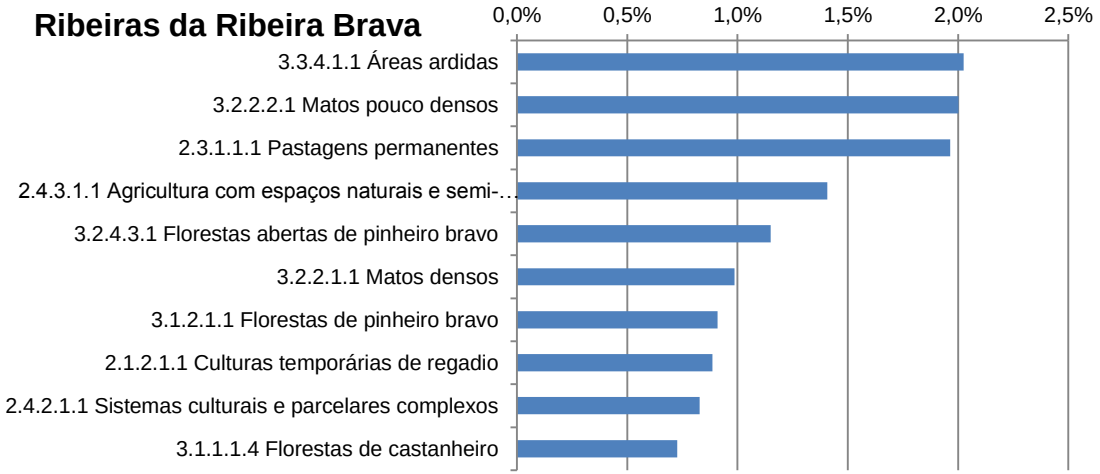
Classes de ocupação do solo (COS 2007, nível 1)



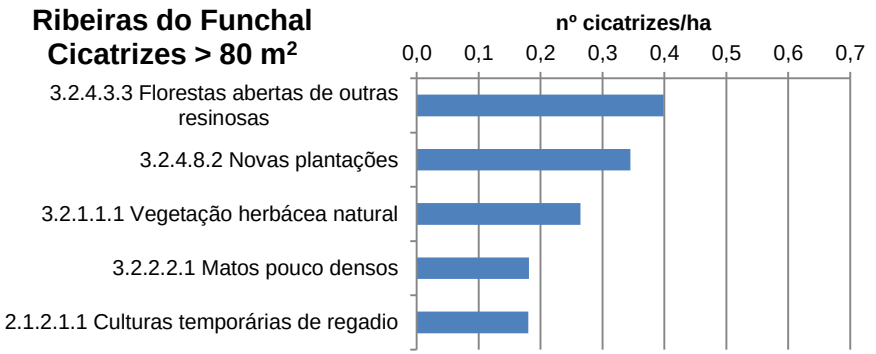


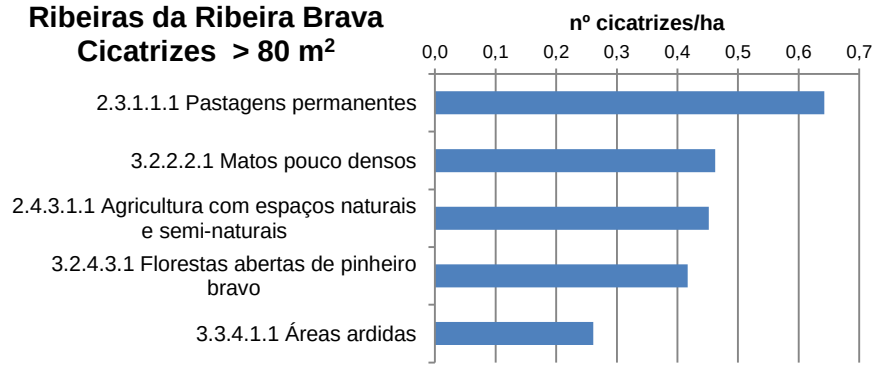
Classes de ocupação do solo (COS 2007, nível 5)





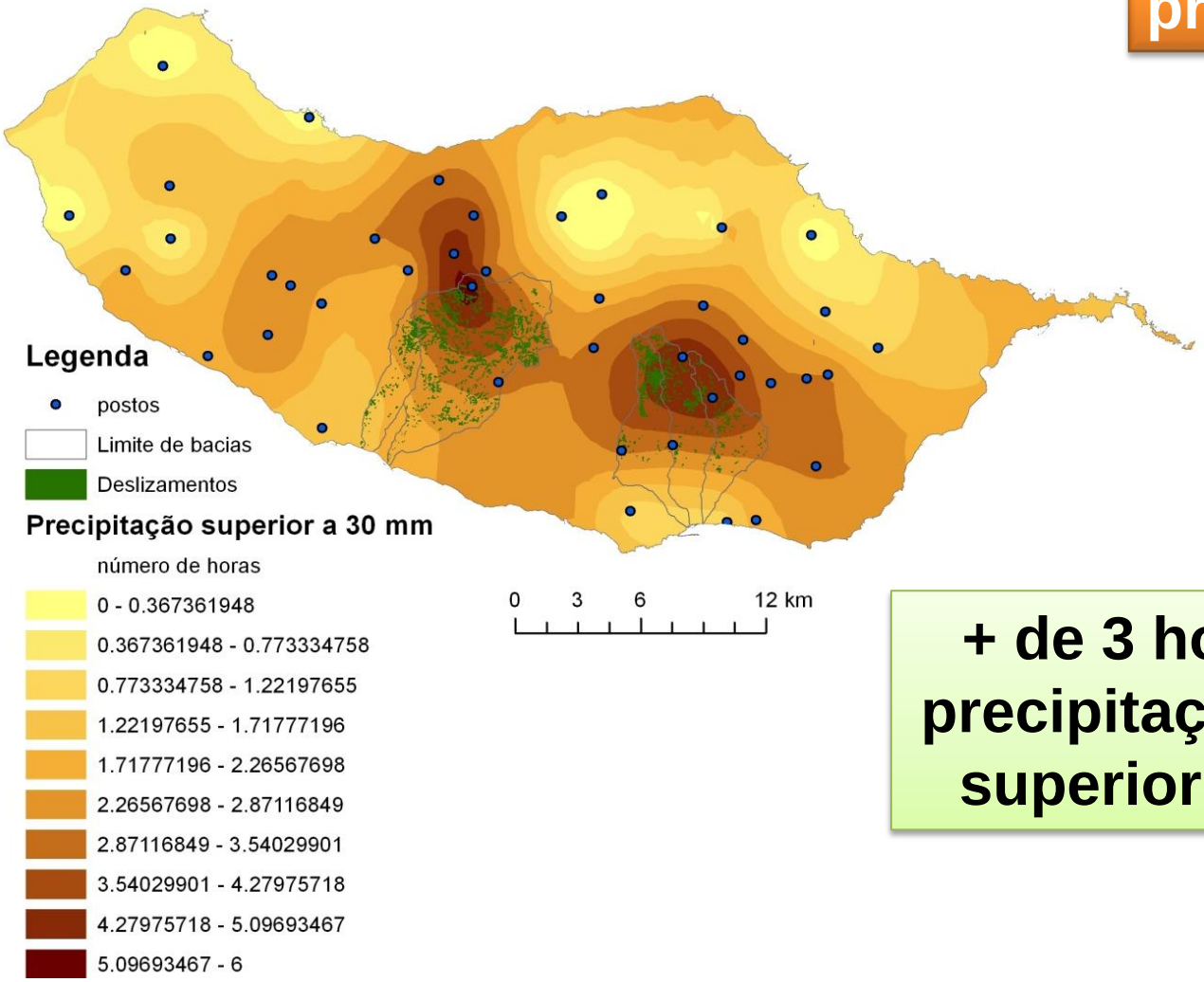
Classes de ocupação do solo (COS 2007, nível 5)





Análise espacial

precipitação



+ de 3 horas com precipitação horária superior a 30 mm

Comentários finais

- A metodologia baseada na classificação de imagens de satélite de muita alta resolução permitiu obter uma cartografia das cicatrizes dos deslizamentos em tempo útil

- Os modelos numéricos permitem prever as condições em que ocorre a instabilidade dos taludes de solos com diferentes propriedades

- As estimativas de volumes de material sólido transportado por sub-bacia são importantes parâmetros de projecto para as obras hidráulicas

- A cartografia das cicatrizes é fundamental para a identificação dos factores promotores e/ou condicionantes dos deslizamentos, tendo em vista o zonamento do risco e a implementação de medidas preventivas ou de mitigação do risco.