



***Universidade Estadual Paulista - UNESP
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG
Campus de Guaratinguetá
Departamento de Engenharia Civil***

Suscetibilidade e vulnerabilidade a escorregamento de terras

Estudo de caso: Bacia do Rio Bengalas, 2011

***Dr. Luiz Tadeu da Silva
Irving Rodrigues de Souza
Débora Luisa Silva Teixeira***

02/09/2019

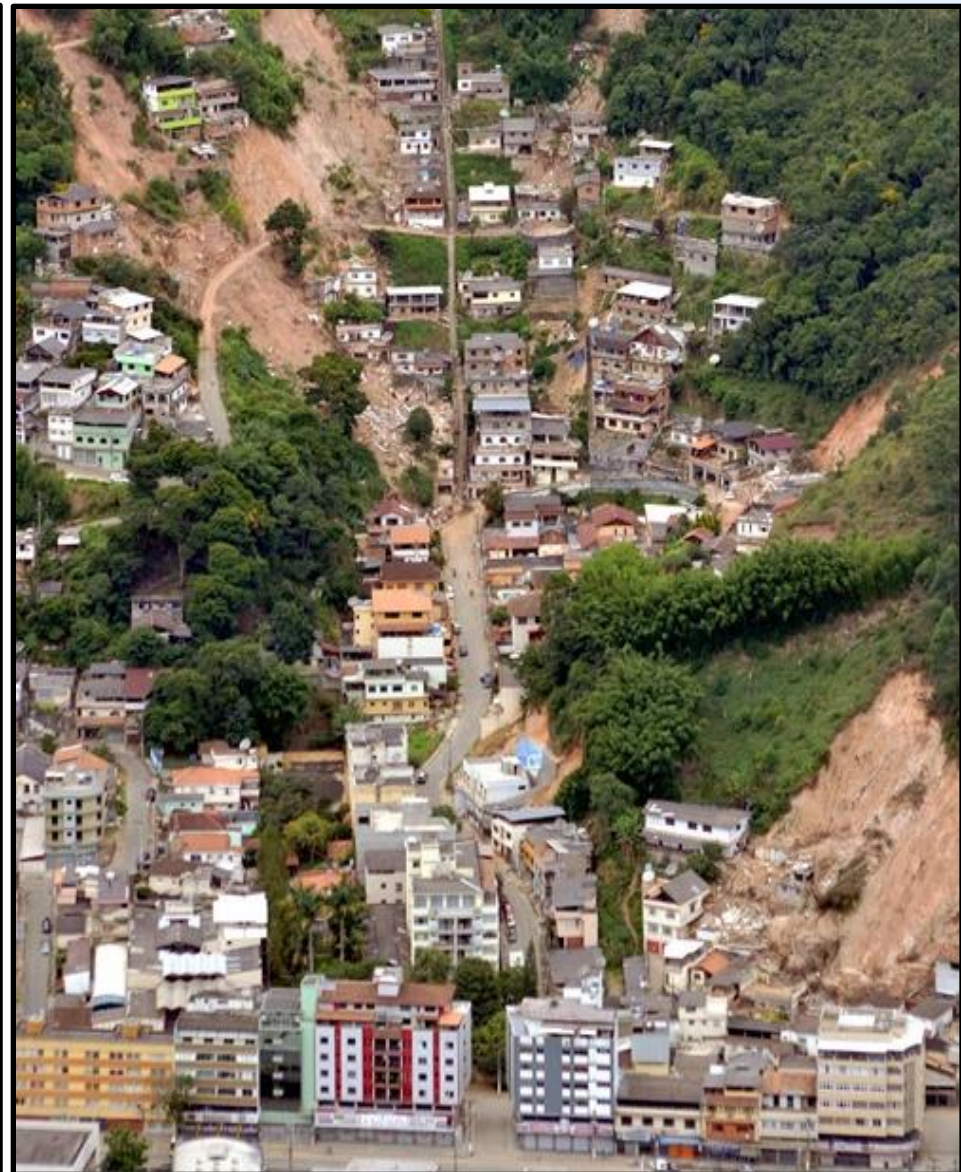
Nova Friburgo/RJ
Jan/2011



Nova Friburgo/RJ
Jan/2011



***Antes e depois dos escorregamentos
de terra ocorridos em Nova Friburgo - RJ em janeiro/2011***



Fotos: Osmar de Castro - Nova Friburgo - Brasil

<http://acervonovafriburgo.blogspot.pt/2011/03/morro-da-vilage-antes-e-depois-da.html>

***Suscetibilidade e Vulnerabilidade
a escorregamento de terras***

Conceitos

Suscetibilidade a escorregamentos de terra

É a disposição, a tendência ou a sensibilidade que uma determinada área geográfica tem em sofrer este tipo de desastre (SILVA, 2014).

Vulnerabilidade a escorregamentos de terra

Risco que uma determinada área geográfica tem em sofrer tais desastres, a partir de expressiva ocorrência de precipitação de chuvas nesta área. (SILVA, 2014).

Objetivo

Desenvolver novas metodologias (modelagens) para calcular a suscetibilidade e a vulnerabilidade a escorregamentos de terra, utilizando dados ambientais e de precipitação de chuvas.

Área de Estudo

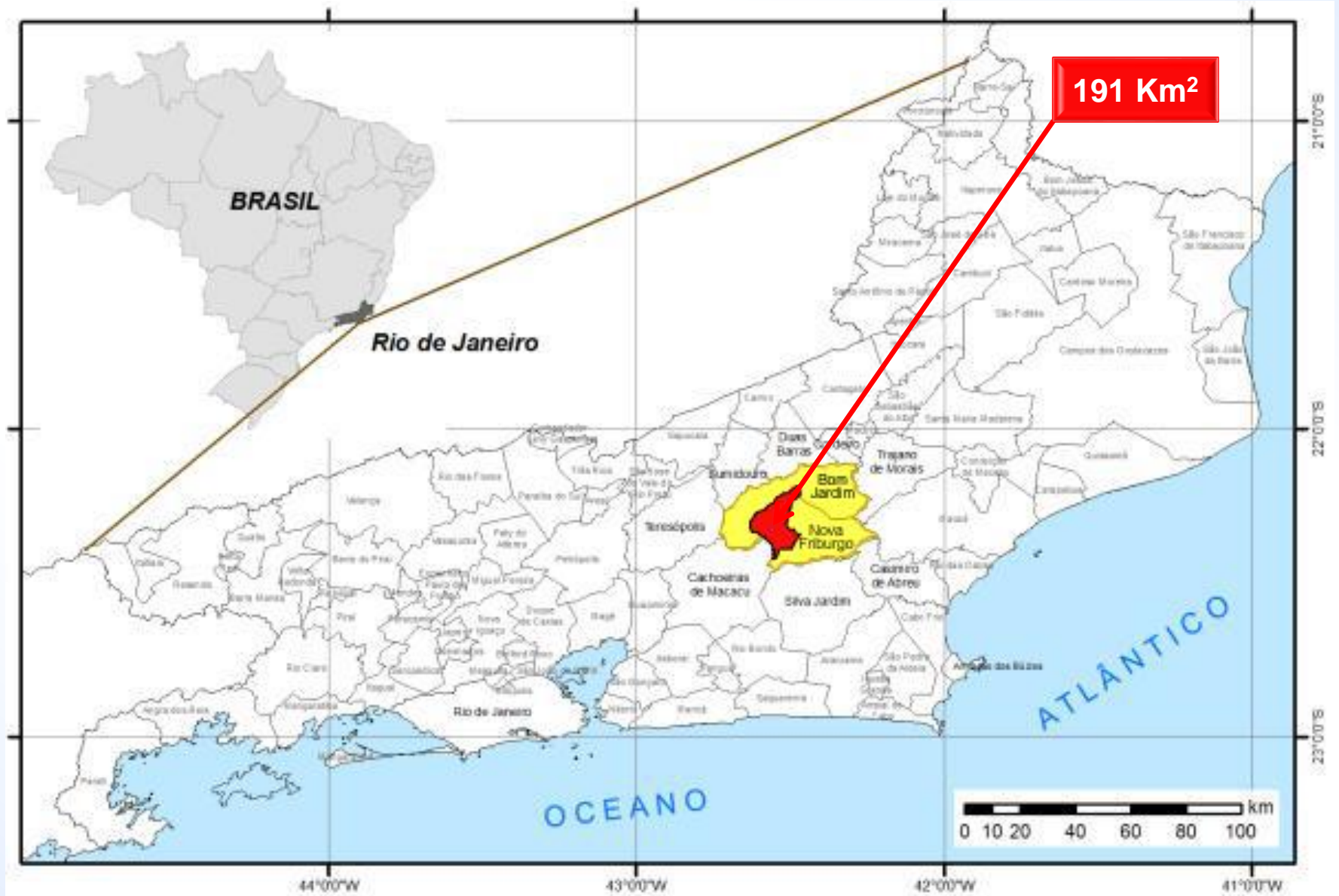
Bacia do Rio Bengalas

Município de Nova Friburgo

Região Serrana do Estado do RJ

Brasil

Área de Estudo

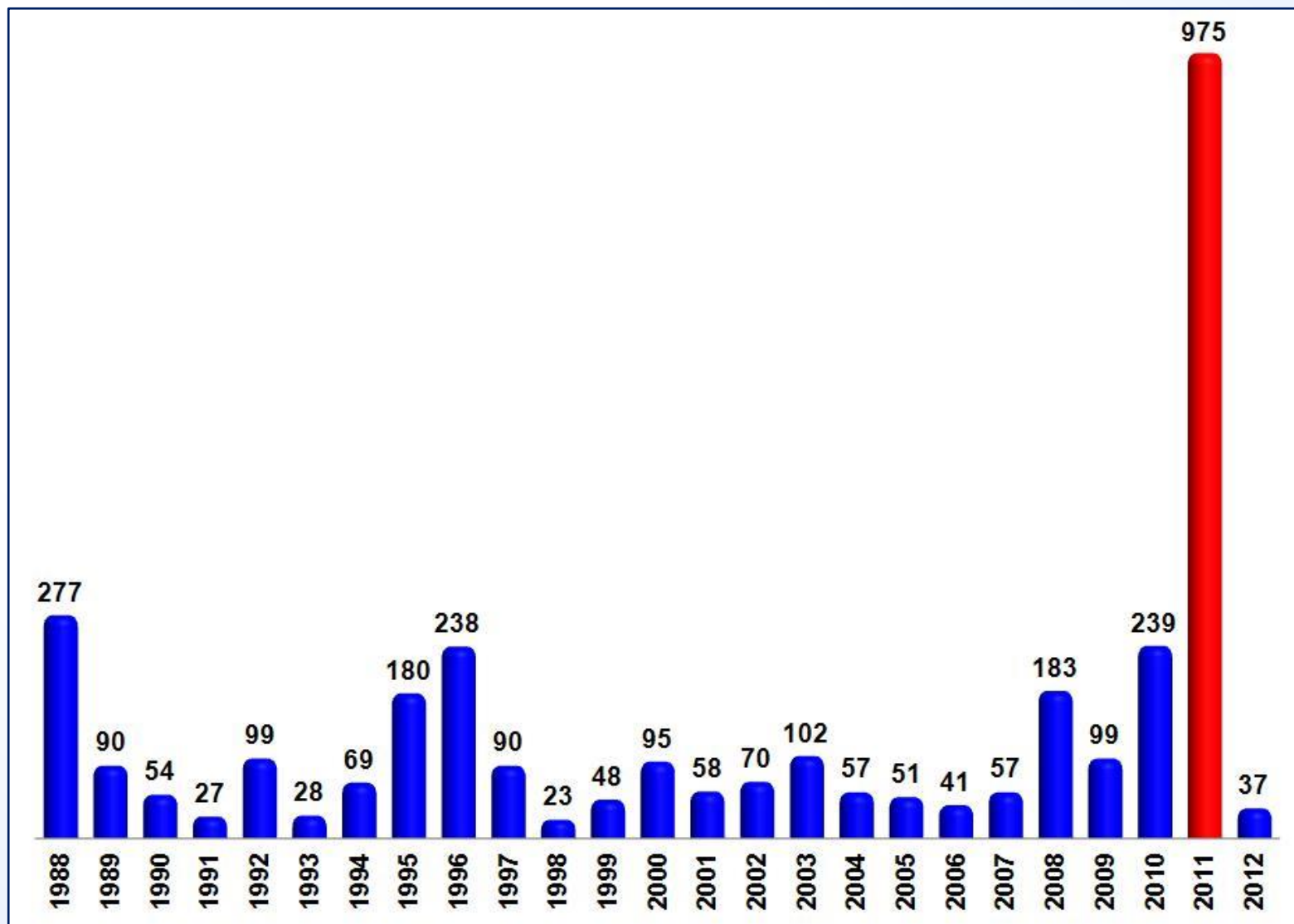


Fonte: IBGE (2011b), adaptada pelo Autor.

Justificativas

Justificativas

Distribuição anual do número de mortes por escorregamentos de terra no Brasil



Fonte: IPT (2017). Dados compilados e organizados pelos Autores.

Justificativas

- ✓ **Constatou-se na área de Estudo (BBC-Brasil 2012)**
 - **429 óbitos (44% de todo o Brasil em 2011)**
 - **789 desabrigados (amparados pelo Governo)**
 - **4.528 desalojados (amparados pelas famílias)**
 - **183 escorregamentos de terra**
- ✓ **Município: Prejuízo de US\$ 882 milhões**
- ✓ **Indústria: Prejuízo de US\$ 412 milhões**
- ✓ **20% das empresas foram destruídas, deixando de arrecadar/mês US\$ 11,7 milhões aos cofres públicos (R7 NOTÍCIAS, 2011a).**

Justificativas

✓ Entre o dia 11 e 12/janeiro/2011, um forte temporal atingiu o Município de Nova Friburgo, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil,

com uma precipitação de chuva na ordem de

- 83,73 mm: 11/janeiro
 - 136,03 mm: 12/janeiro
- } **Σ 219,76 mm**
- 84,98 mm: Acumulada 5 dias (07 a 11/janeiro)
 - 219,94 mm: Acumulada 5 dias (08 a 12/janeiro).

Segundo as Normais Climatológicas as chuvas esperadas para o Município para o mês de janeiro é de 232,1 mm (INMET, 2009).

Perguntas

- Porque ocorreram 183 escorregamentos de terra?***
- Porque os centros de P&D e de monitoramento não conseguiram prever?***

Metodologia/Modelagem da vulnerabilidade a escorregamentos de terra disponível na literatura antes de 2014

$$V = \frac{G + R + S + Vg + C}{5}$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

G = vulnerabilidade para Geologia

R = vulnerabilidade para Geomorfologia (dissecação, altimetria e declividade)

S = vulnerabilidade para Solos

Vg = vulnerabilidade para Vegetação

C = vulnerabilidade para Clima

***Desenvolvimento de novas
metodologias/modelagens***

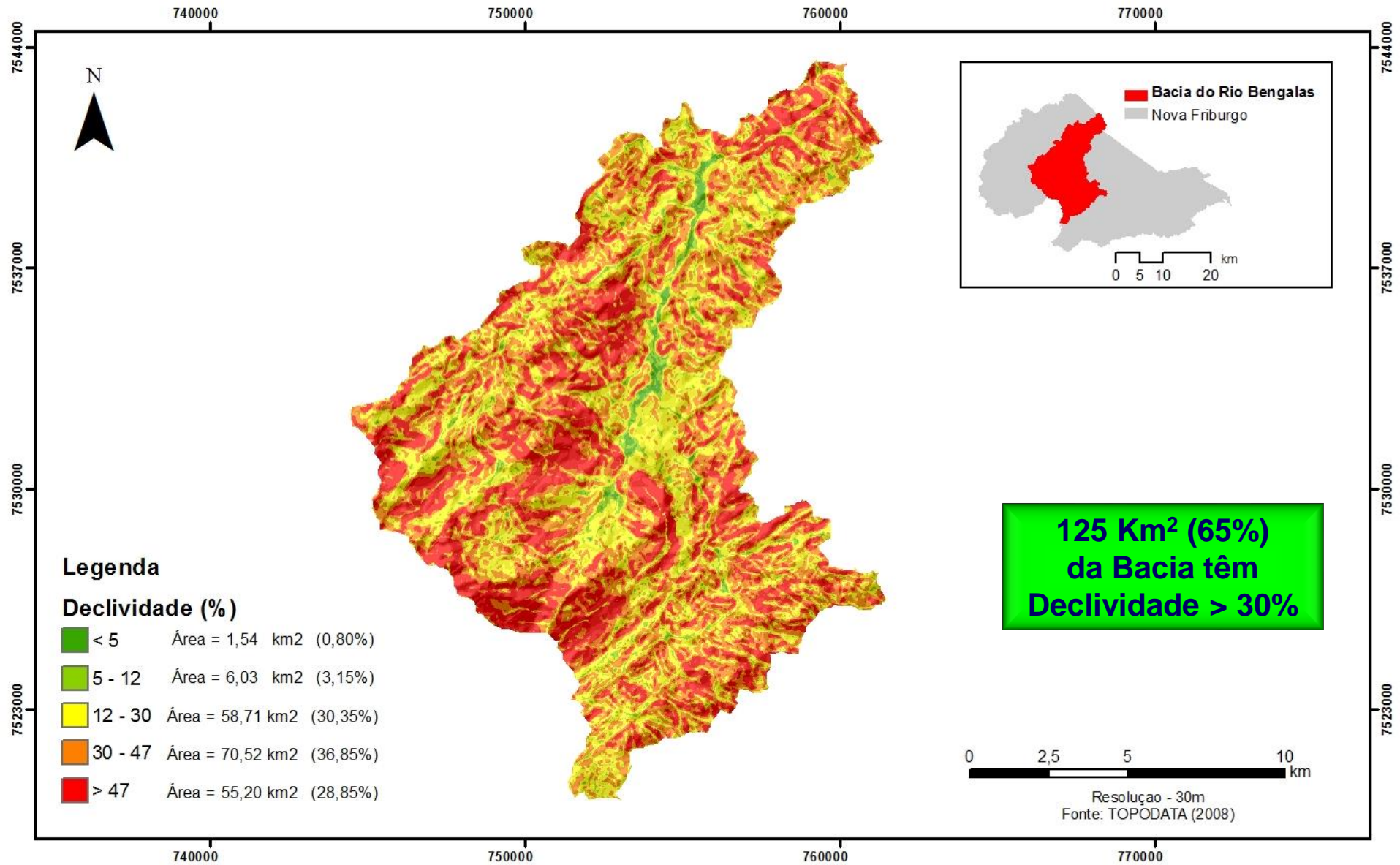
Critérios de observação e análise adotadas de cada variável ambiental da área de estudo

<i>Declividade.....</i>	<i>(ângulo do terreno)</i>
<i>Pedologia.....</i>	<i>(tipos de solos)</i>
<i>Uso e cobertura do solo...</i>	<i>(superfície do terreno)</i>
<i>Litologia.....</i>	<i>(descrição de rochas)</i>
<i>Curvatura vertical.....</i>	<i>(formas do terreno)</i>
<i>Curvatura horizontal.....</i>	<i>(formas do terreno)</i>

Pesos adotados para cada variável ambiental

***Pesos que variam de “0,00” a “1,00”,
calculados proporcionalmente ao n° de
escorregamentos de terra ocorridos na área de
estudo, foram atribuídos às classes das variáveis
“declividade, pedologia, litologia, uso e cobertura
do solo, curvatura vertical e curvatura horizontal”.***

Área de Estudo: Declividade

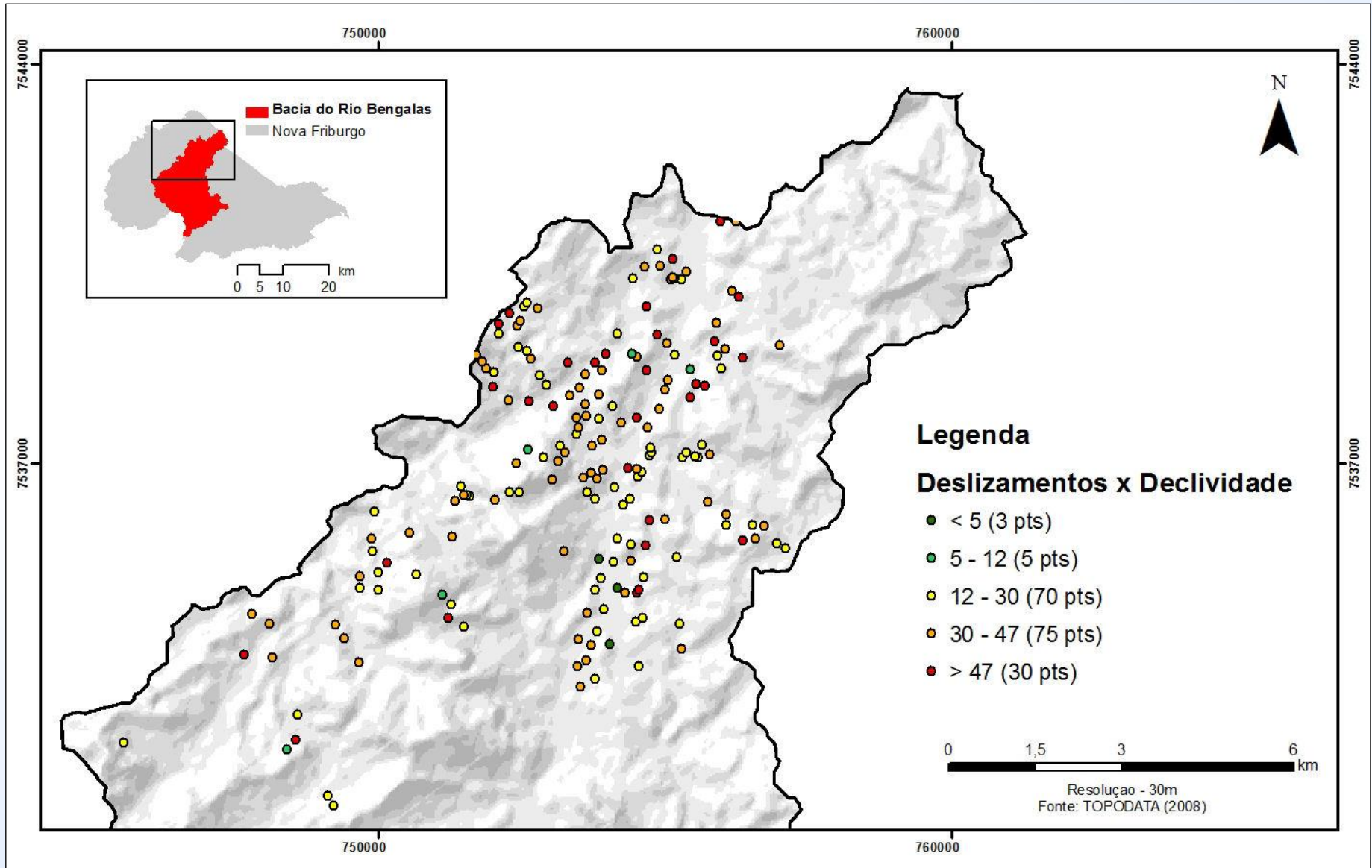


Fonte: Própria, dados provenientes do TOPODATA (2008).

Pesos de adotados para a Declividade

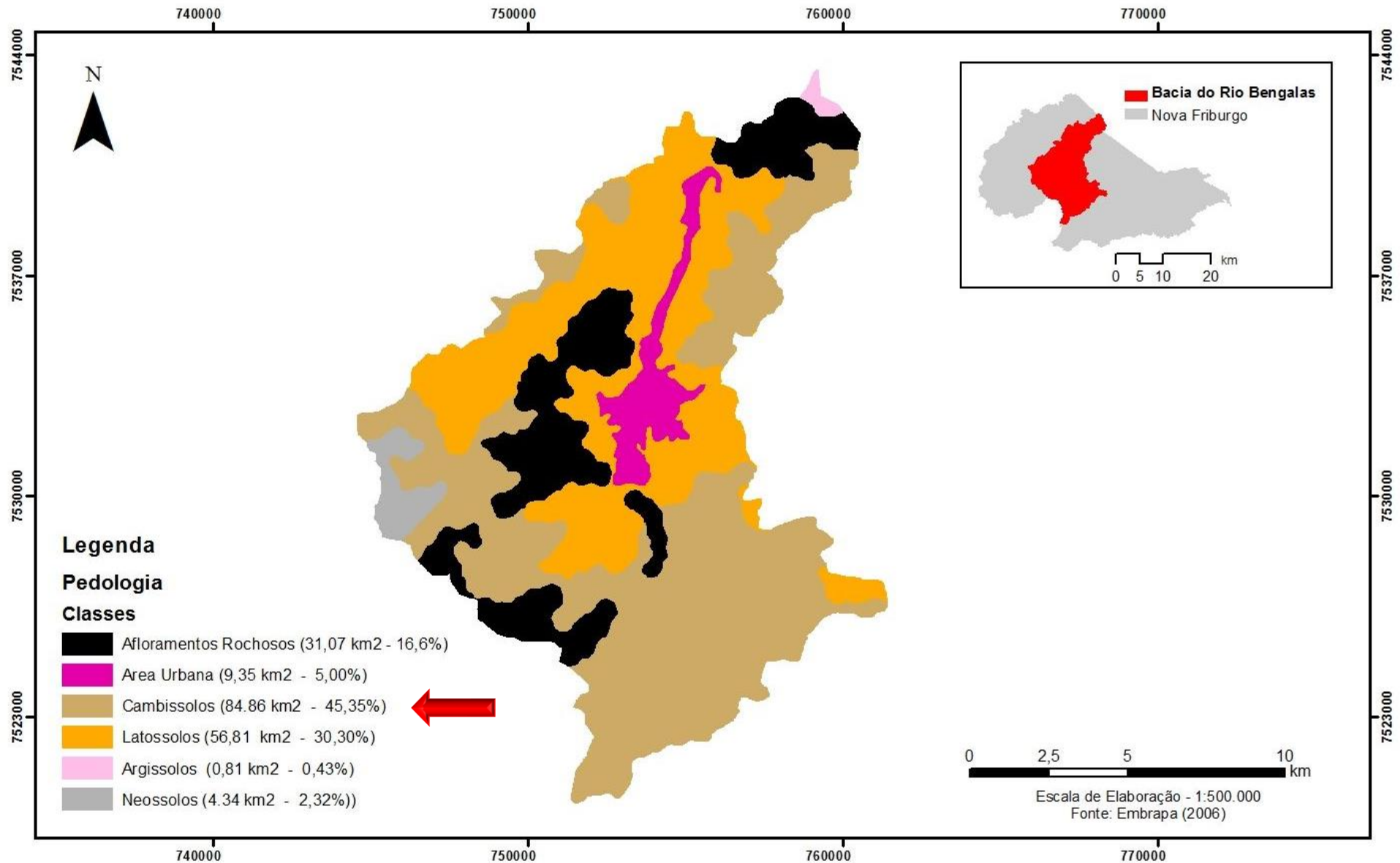
Declividade	
< 5%	0,02
5 a 12%	0,03
12 a 30%	0,38
30 a 47%	0,41
> 47%	0,16
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Declividade



Fonte: Própria, dados provenientes do TOPODATA (2008)

Área de Estudo: Pedologia

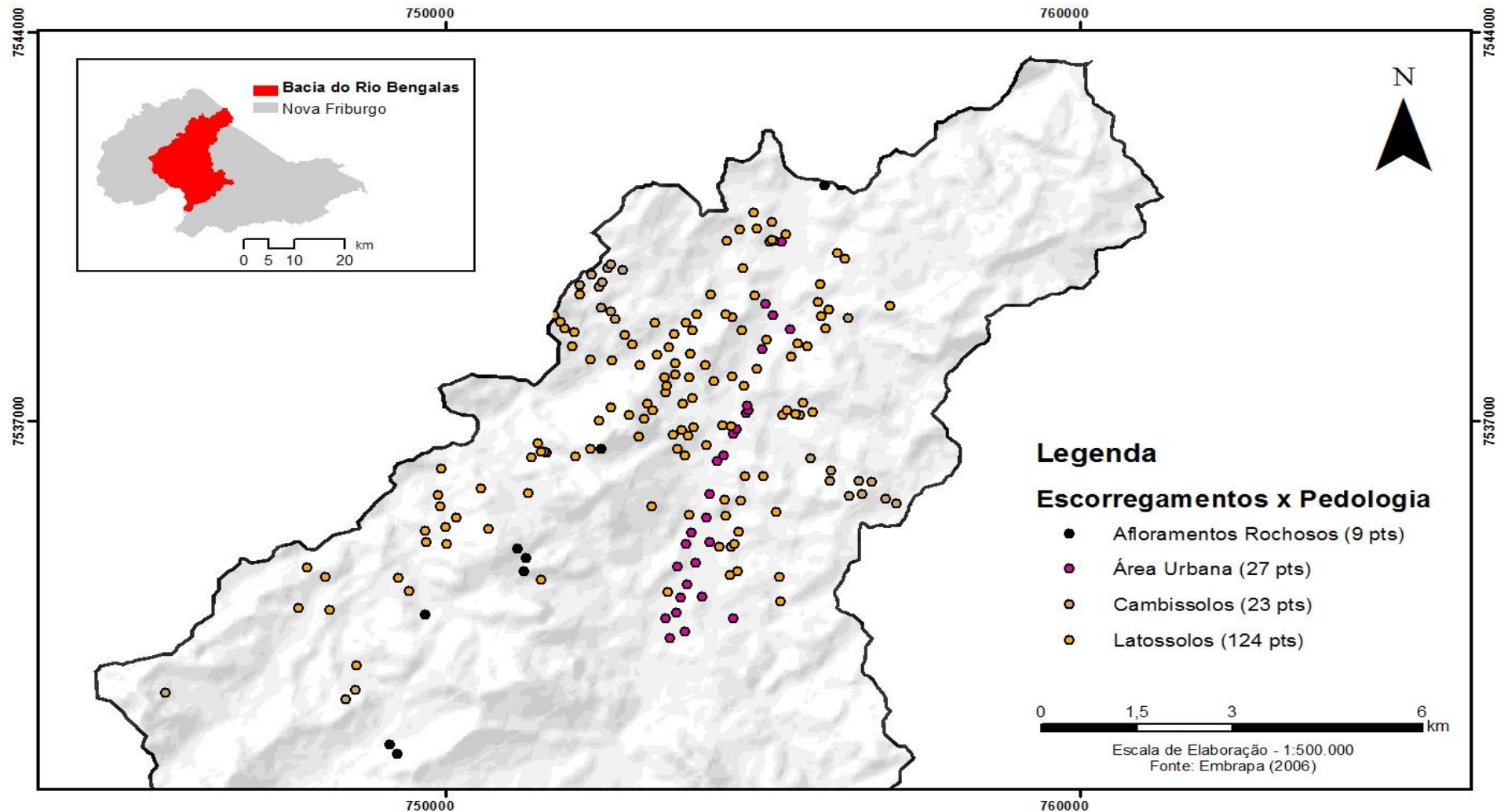


Fonte: Própria, dados provenientes da EMBRAPA (2006).

Pesos de adotados para a Pedologia

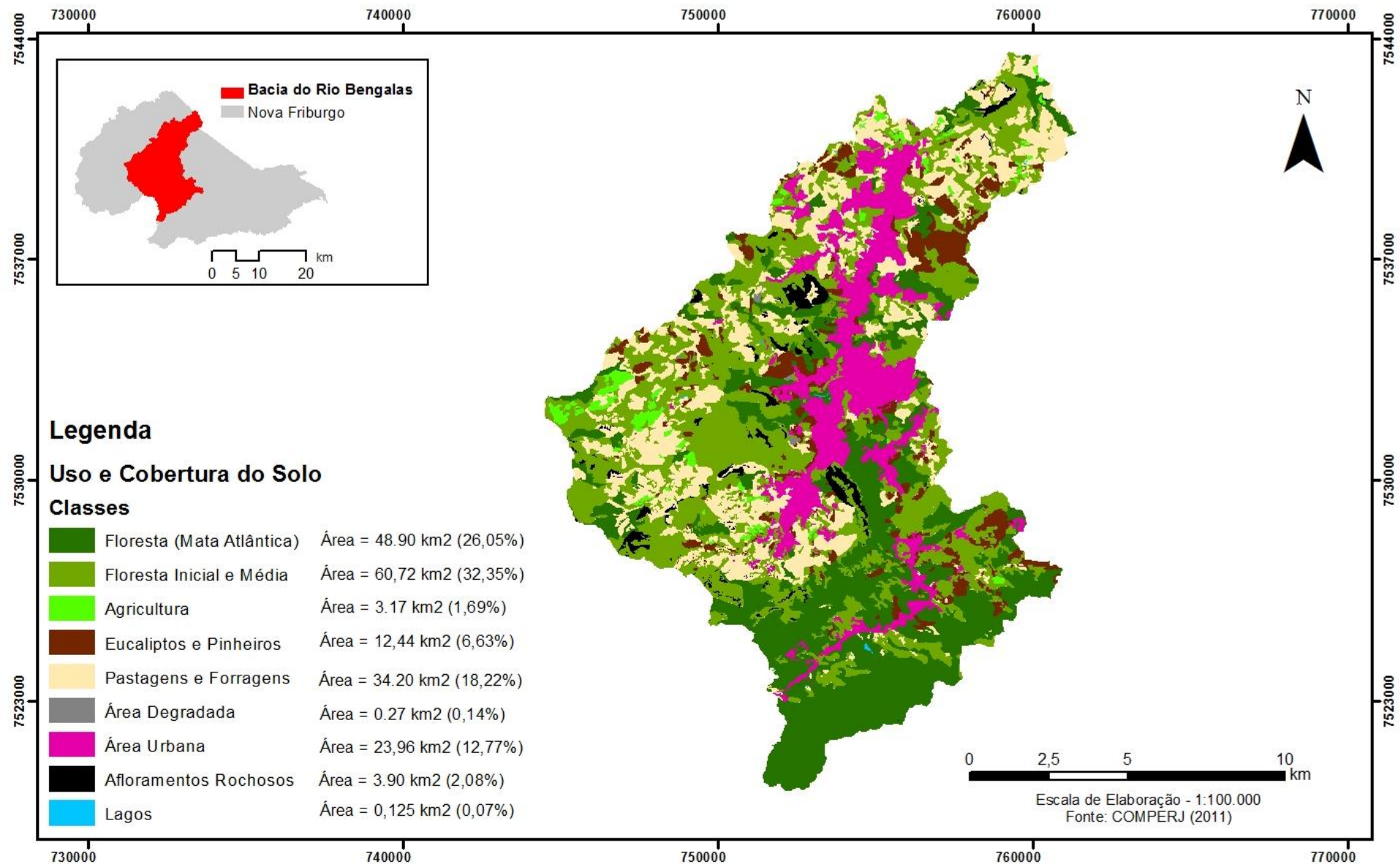
Pedologia	
Cambissolos	0,13
Área Urbana	0,20
Latossolos	0,68
Afloramentos Rochosos	0,00
Argissolos	0,00
Neossolos	0,00
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Pedologia



Fonte: Própria, dados provenientes do TOPODATA (2008)

Área de Estudo: Uso e Cobertura do Solo

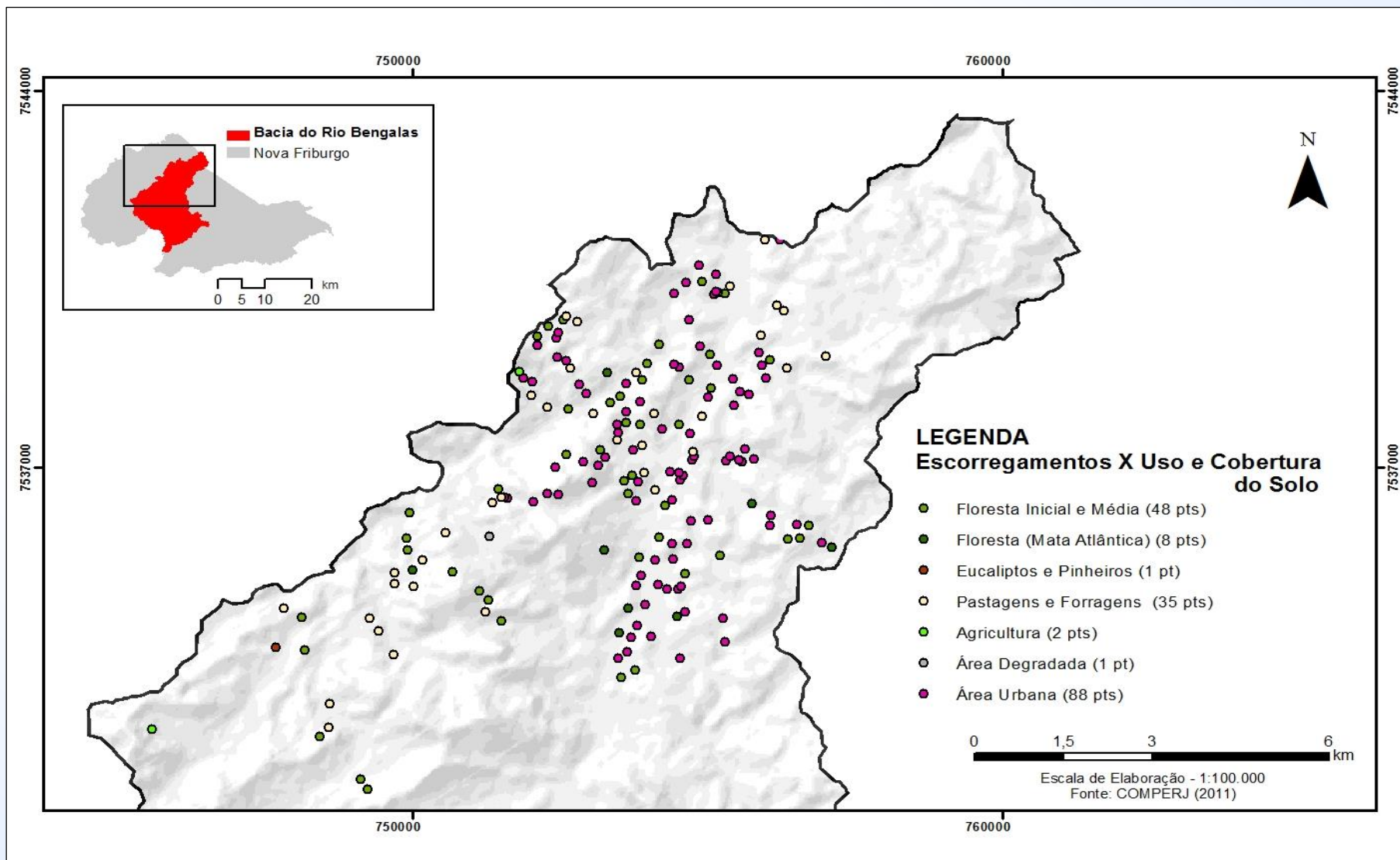


Fonte: Própria, dados provenientes do COMPERJ (2011).

Pesos de adotados para Uso e Cobertura do Solo

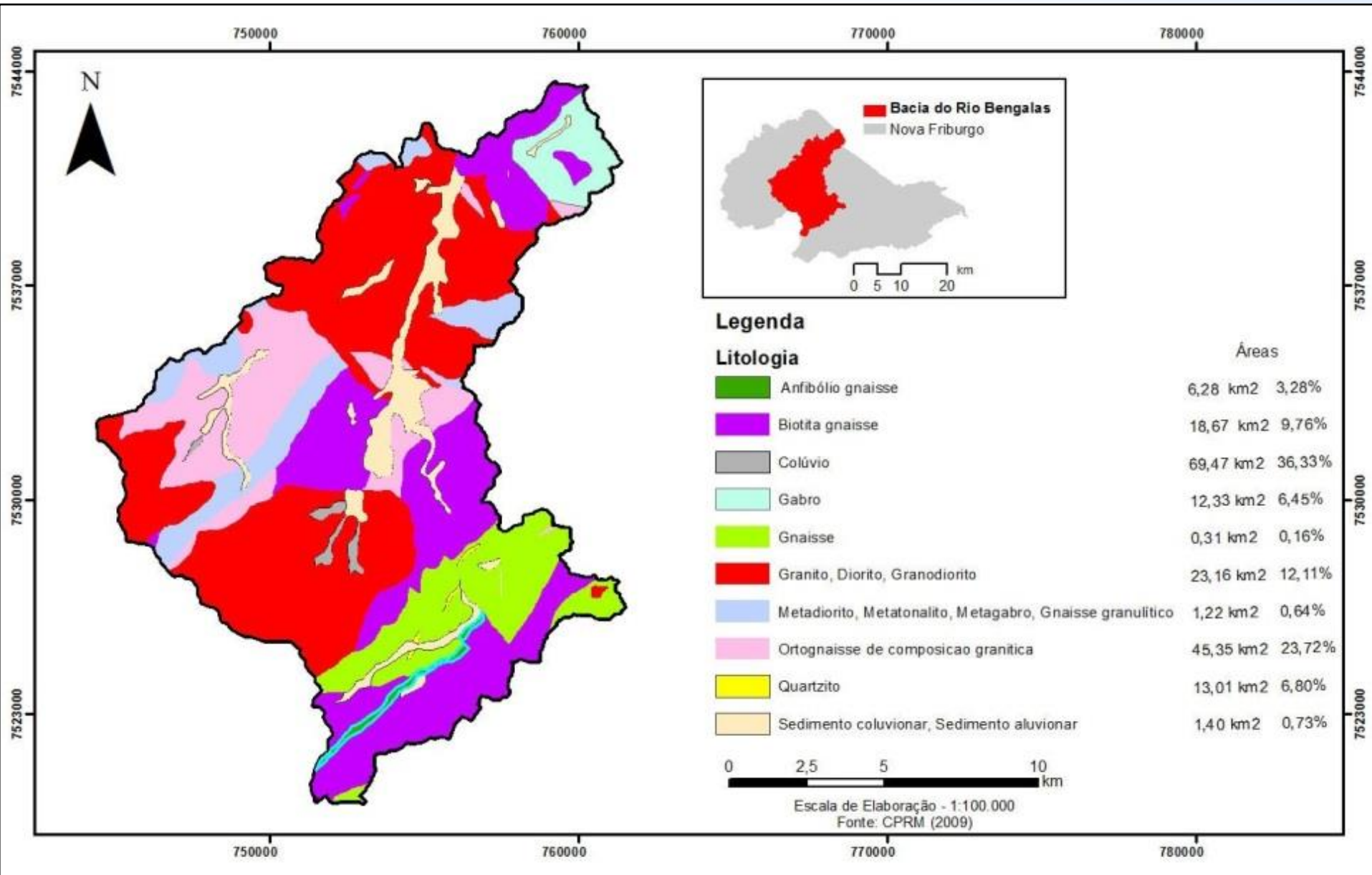
Uso e Cobertura do Solo	
Lagos	0,00
Floresta (Mata Atlântica)	0,04
Eucaliptos e Pinheiros	0,01
Floresta Inicial e Média	0,26
Pastagens e Forragens	0,19
Agricultura	0,01
Área Degradada	0,01
Afloramentos Rochosos	0,00
Área Urbana	0,48
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Uso e Cobertura do Solo



Fonte: Própria, dados provenientes do COMPERJ (2011).

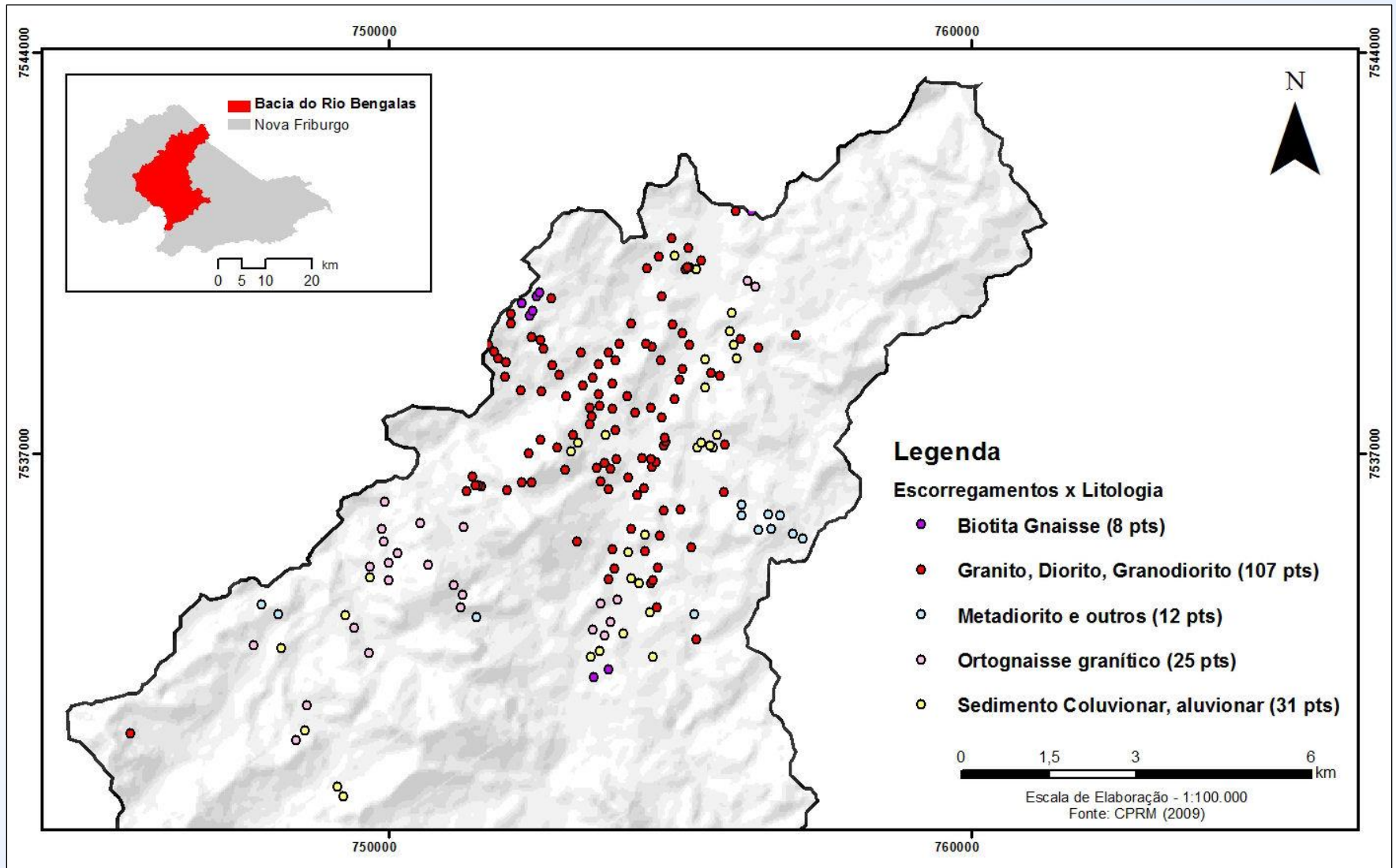
Área de Estudo: Litologia



Pesos de adotados para Litologia

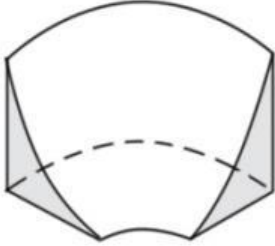
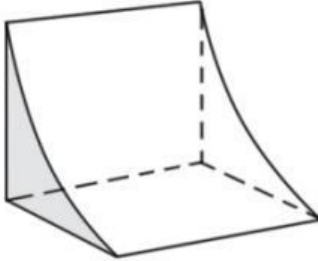
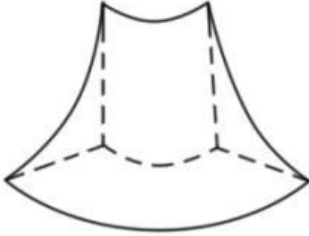
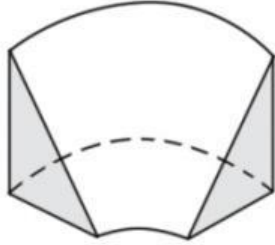
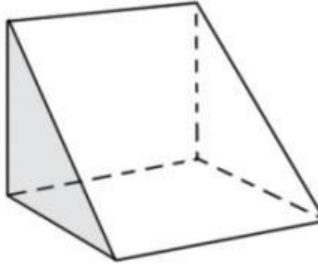
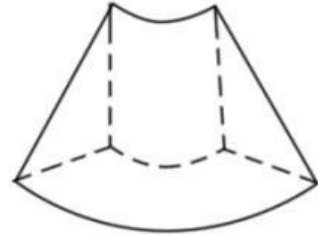
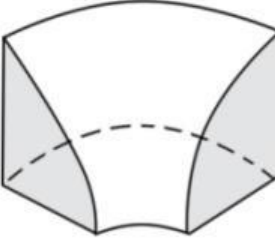
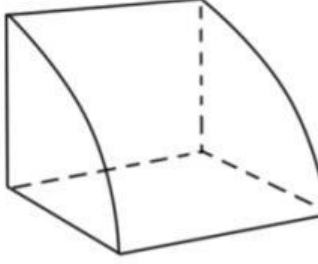
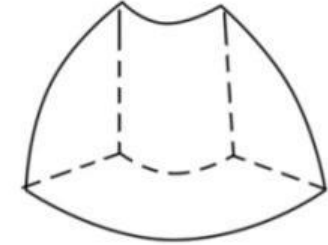
Litologia	
Rochas Ígneas	
Gabro	0,00
Gnaisse	0,00
Granito, diorito e granodiorito; e Metadiorito, metatonalito, metagabro e gnaisse granulítico.	0,65
Quartzito	0,00
Ortognaisse de composição granítica.	0,14
Rochas Metamórficas	
Anfibólio gnaisse	0,00
Biotita gnaisse	0,04
Rochas Sedimentares	
Colúvio; e Sedimentos aluvionar e coluvionar.	0,17
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Litologia

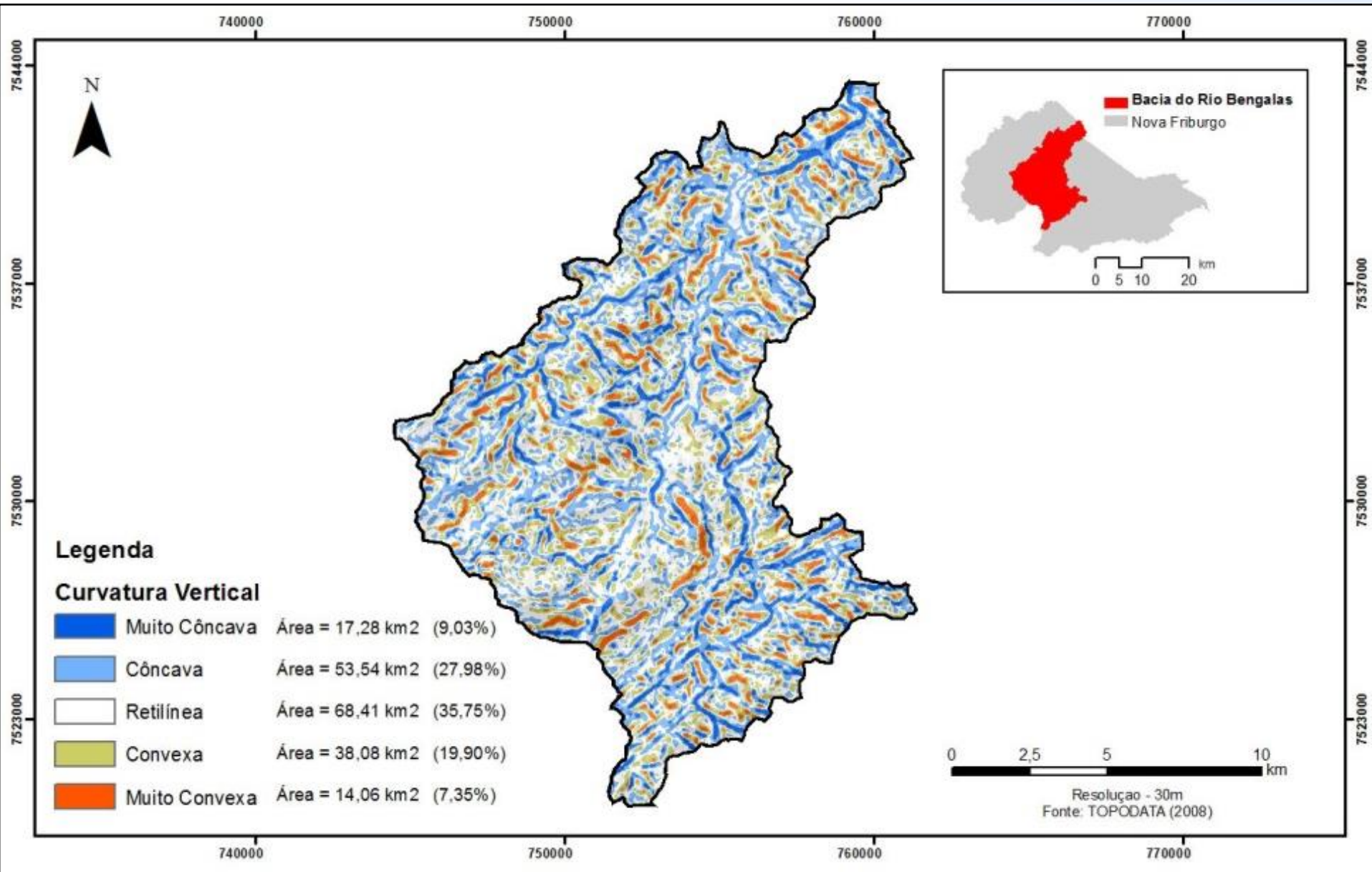


Fonte: Própria, dados provenientes do CPRM (2009).

Curvaturas Vertical e Horizontal

		Curvatura horizontal		
		convergente	planar	divergente
Curvatura vertical	côncava			
	retilínea			
	convexa			

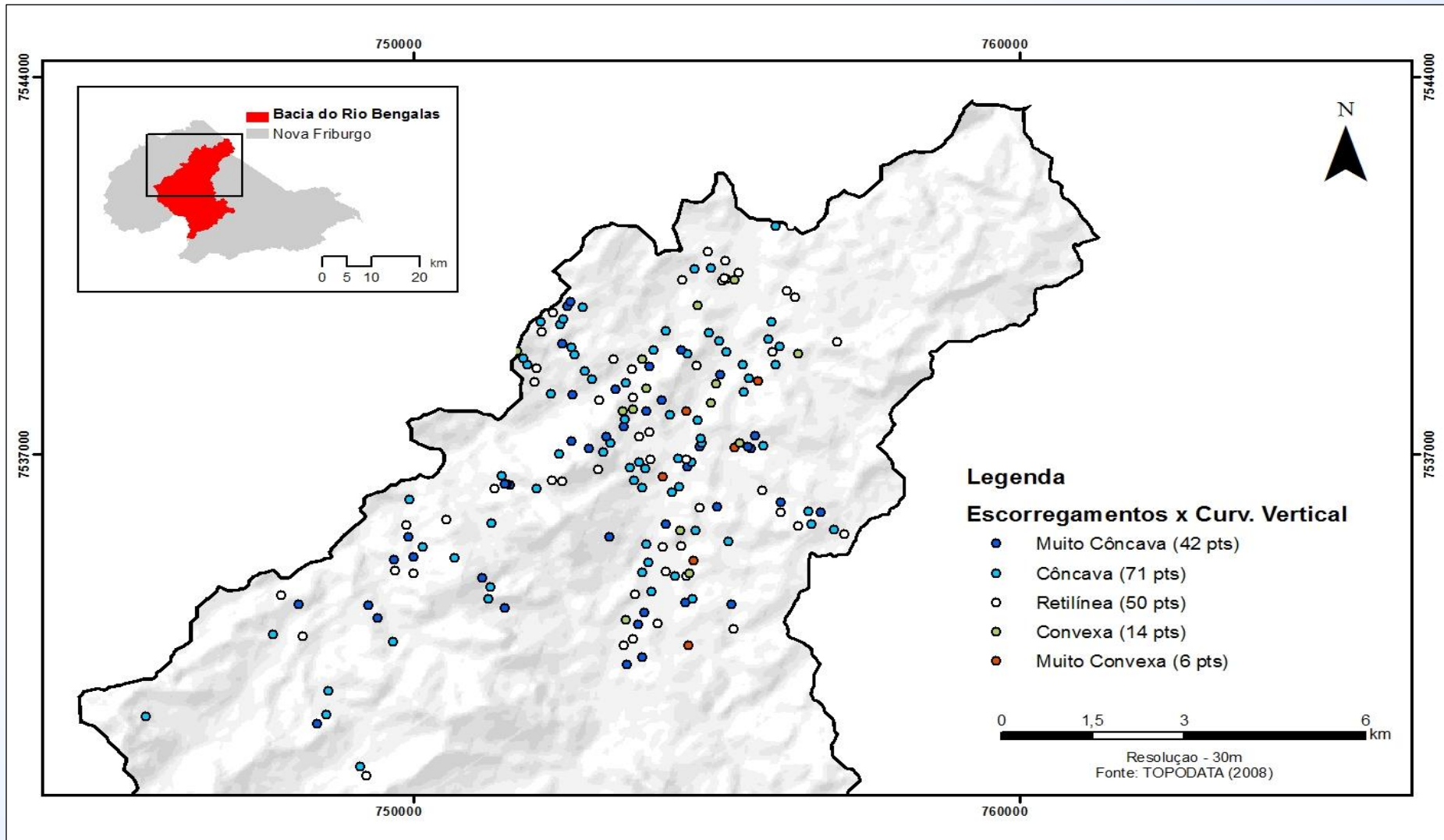
Área de Estudo: Curvatura Vertical



Pesos de adotados para a Curvatura Vertical

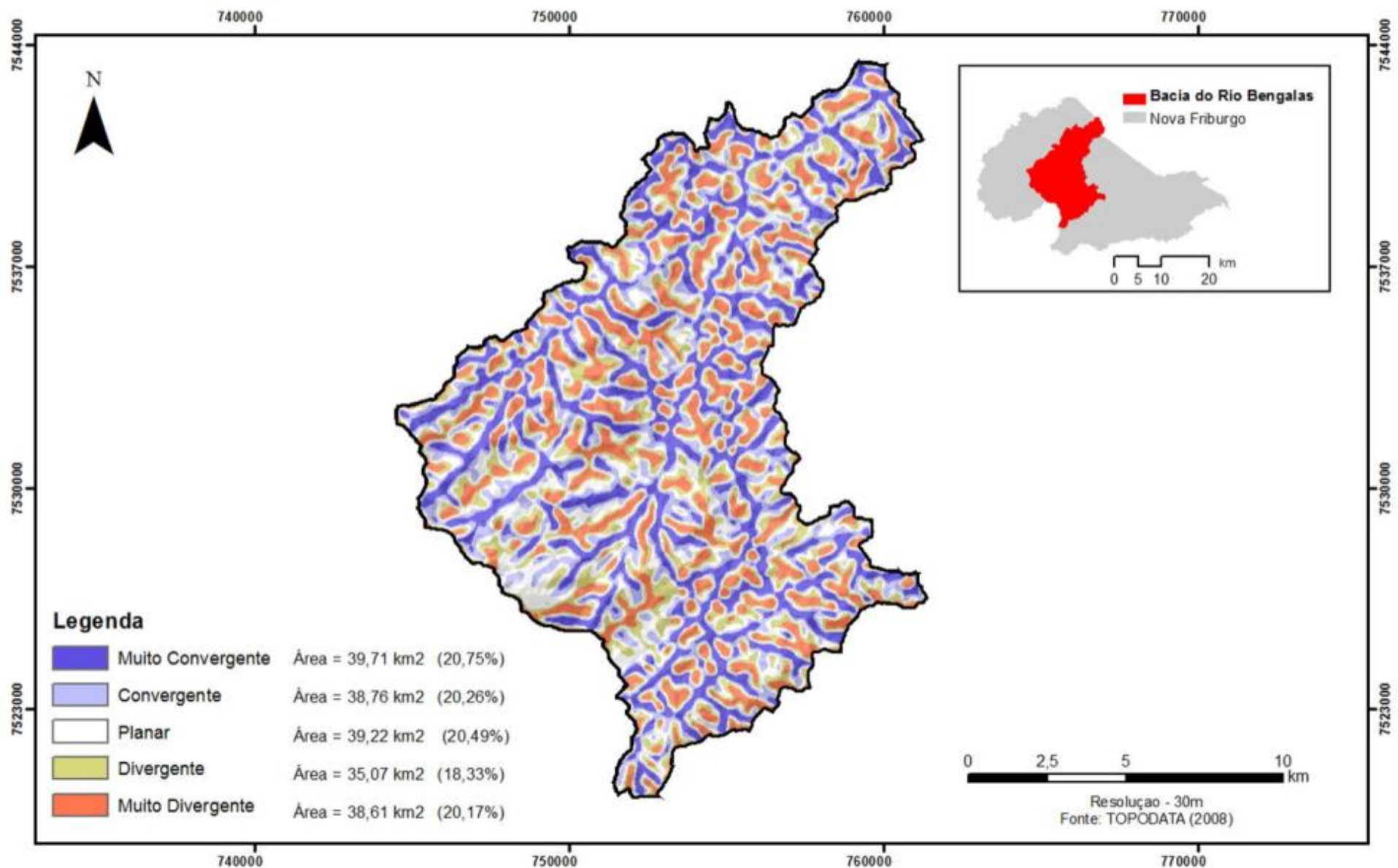
Curvatura Vertical	
Muito Convexa	0,03
Convexa	0,08
Retilínea	0,27
Côncava	0,39
Muito Côncava	0,23
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Curvatura Vertical



Fonte: Própria, dados provenientes do TOPODATA (2008)

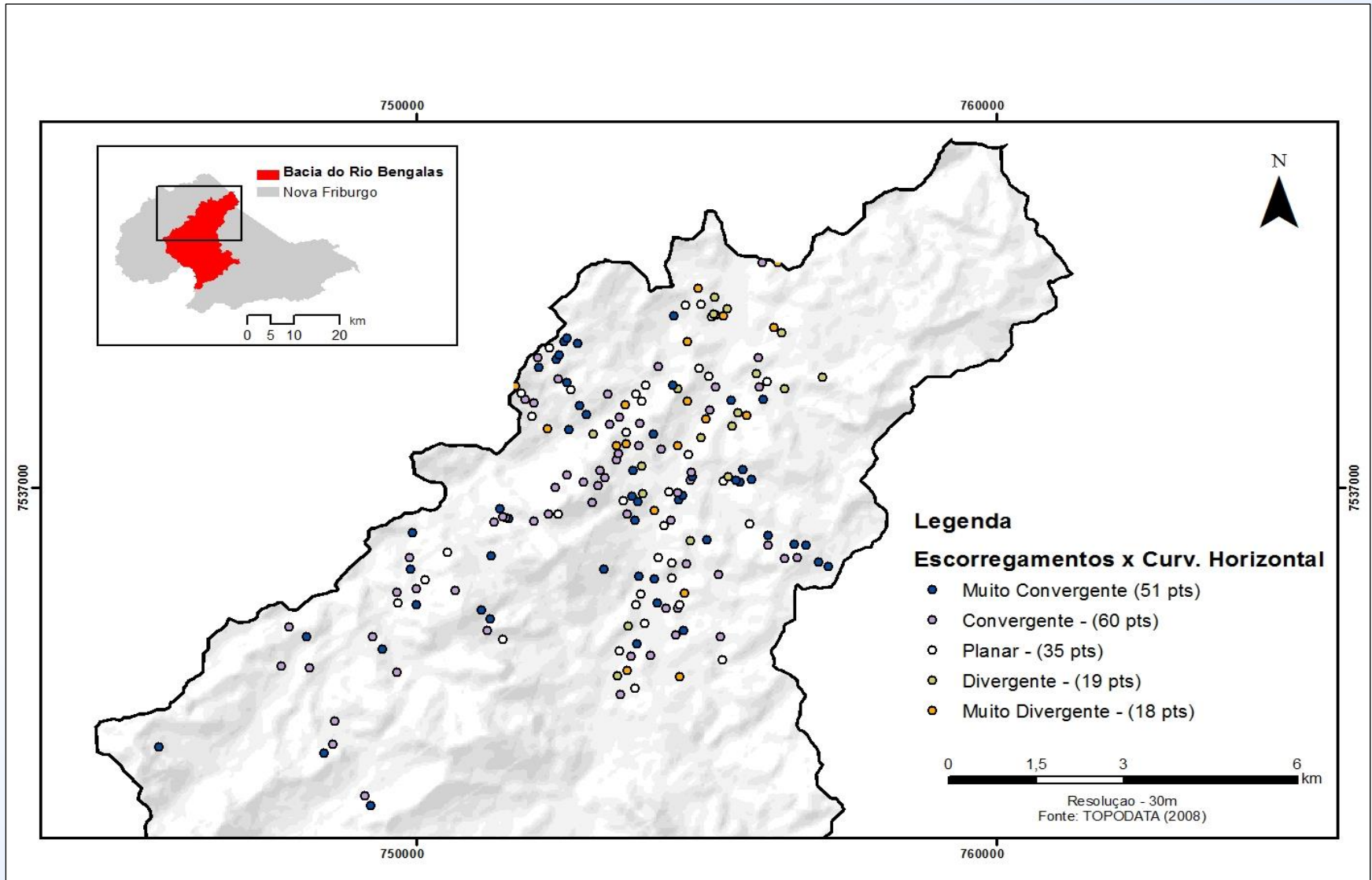
Área de Estudo: Curvatura Horizontal



Pesos de adotados para a Curvatura Horizontal

Curvatura Horizontal	
Muito Divergente	0,10
Divergente	0,10
Planar	0,19
Convergente	0,33
Muito Convergente	0,28
Total	1,00

Pontos de Escorregamentos X Curvatura Horizontal



Fonte: Própria, dados provenientes do TOPODATA (2008)

***Novas
Metodologias/Modelagens
desenvolvidas para
calcular a Suscetibilidade
e a Vulnerabilidade a
escorregamentos de terra***

Suscetibilidade (S) a escorregamentos de terra

Como calcular?

Termo 1

$$S = \left(\frac{\sqrt{V_{dc}} + \sqrt{V_{pd}} + \sqrt{V_{li}} + \sqrt{V_{us}} + \sqrt{V_{cv}} + \sqrt{V_{ch}}}{NVA} \right)$$

S	: Suscetibilidade
$\sqrt{V_{dc}}$: Raiz Quadrada da Variável Declividade
$\sqrt{V_{pd}}$: Raiz Quadrada da Variável Pedologia
$\sqrt{V_{li}}$: Raiz Quadrada da Variável Litologia
$\sqrt{V_{us}}$: Raiz Quadrada da Variável Uso e Cobertura do Solo
$\sqrt{V_{cv}}$: Raiz Quadrada da Variável Curvatura Vertical
$\sqrt{V_{ch}}$: Raiz Quadrada da Variável Curvatura Horizontal
NVA	: Número de Variáveis (6)

Vulnerabilidade (V) a escorregamentos de terra

Como calcular?

Termo 1
Suscetibilidade

Termo 2
Precipitação

$$V = \frac{\left(\sqrt{V_{dc}} + \sqrt{V_{pd}} + \sqrt{V_{li}} + \sqrt{V_{us}} + \sqrt{V_{cv}} + \sqrt{V_{ch}} \right)}{NVA} + \sqrt{\left[\frac{\left(\frac{PD}{CPC} \right) + \left(\frac{PA5}{MAXPA5} \right)}{2} \right]}$$

Termo 2 Precipitação

$$\sqrt{\left[\frac{\left(\frac{PD}{CPC} \right) + \left(\frac{PA5}{MAXPA5} \right)}{2} \right]}$$

PD : Precipitação Diária

CPC : Coeficiente de Precipitação Crítica (70 mm/24 horas)

PA5 : Precipitação Acumulada de 5 dias

MAXPA5 : Máxima Precipitação Acumulada 5 dias (01/01/1995 a 19/03/2013)

O índice resultante do termo 2 da equação foi classificado de acordo com os pesos pré-definidos a seguir:

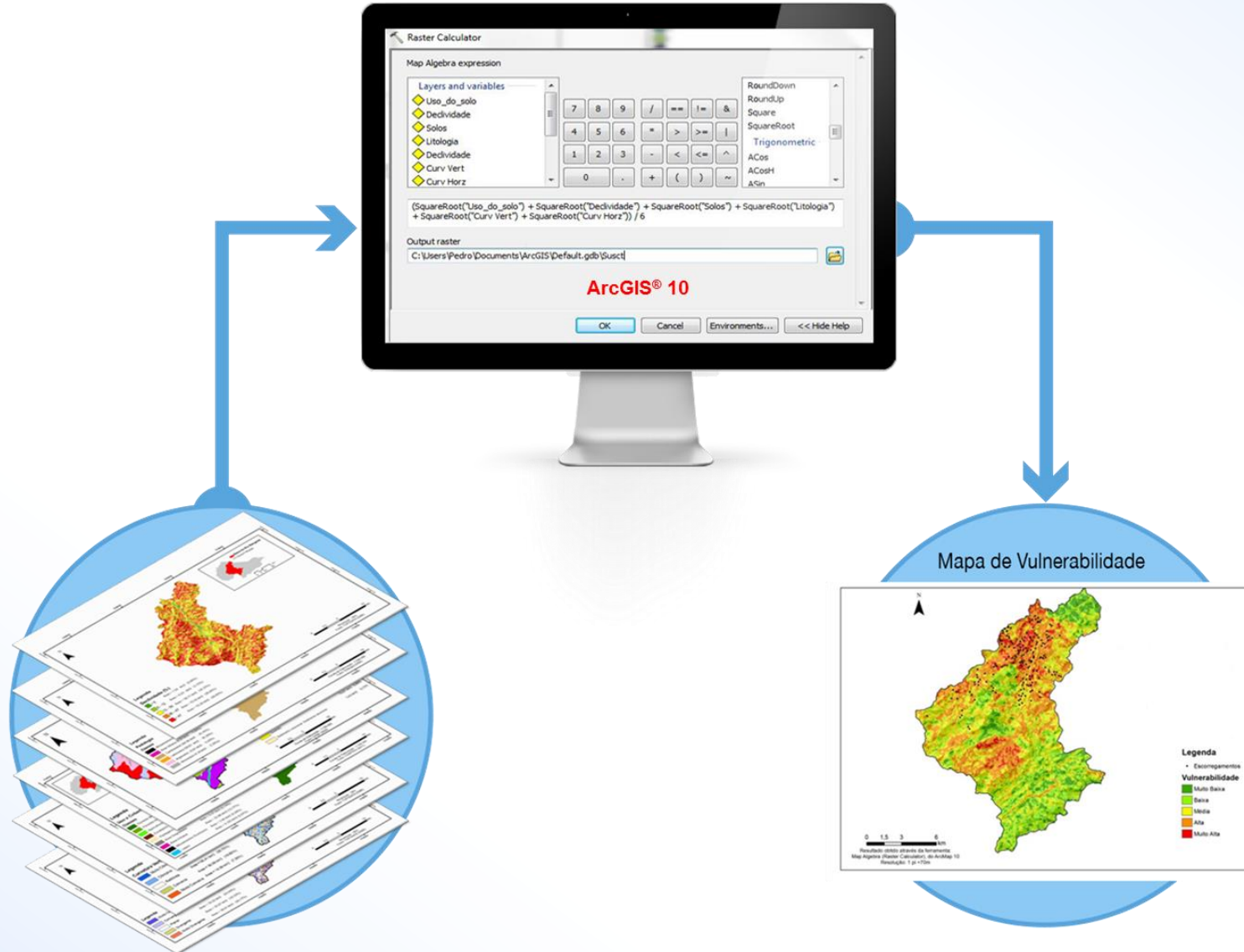
Índice resultante do 2º termo da equação		Pesos
De	A	
0,00	0,19	0,00
0,20	0,39	0,20
0,40	0,59	0,40
0,60	0,69	0,60
≥ a 0,70		1,00

***Índices adotados para a
classificação da suscetibilidade e da vulnerabilidade***

Classes da Suscetibilidade / Vulnerabilidade	
Classes	Índices Adotados
Muito Baixa	0,00 a 0,19
Baixa	0,20 a 0,39
Média	0,40 a 0,59
Alta	0,60 a 0,69
Muito Alta	\geq a 0,70

Resultados

Os mapas de suscetibilidade e de vulnerabilidade foram gerados por meio...

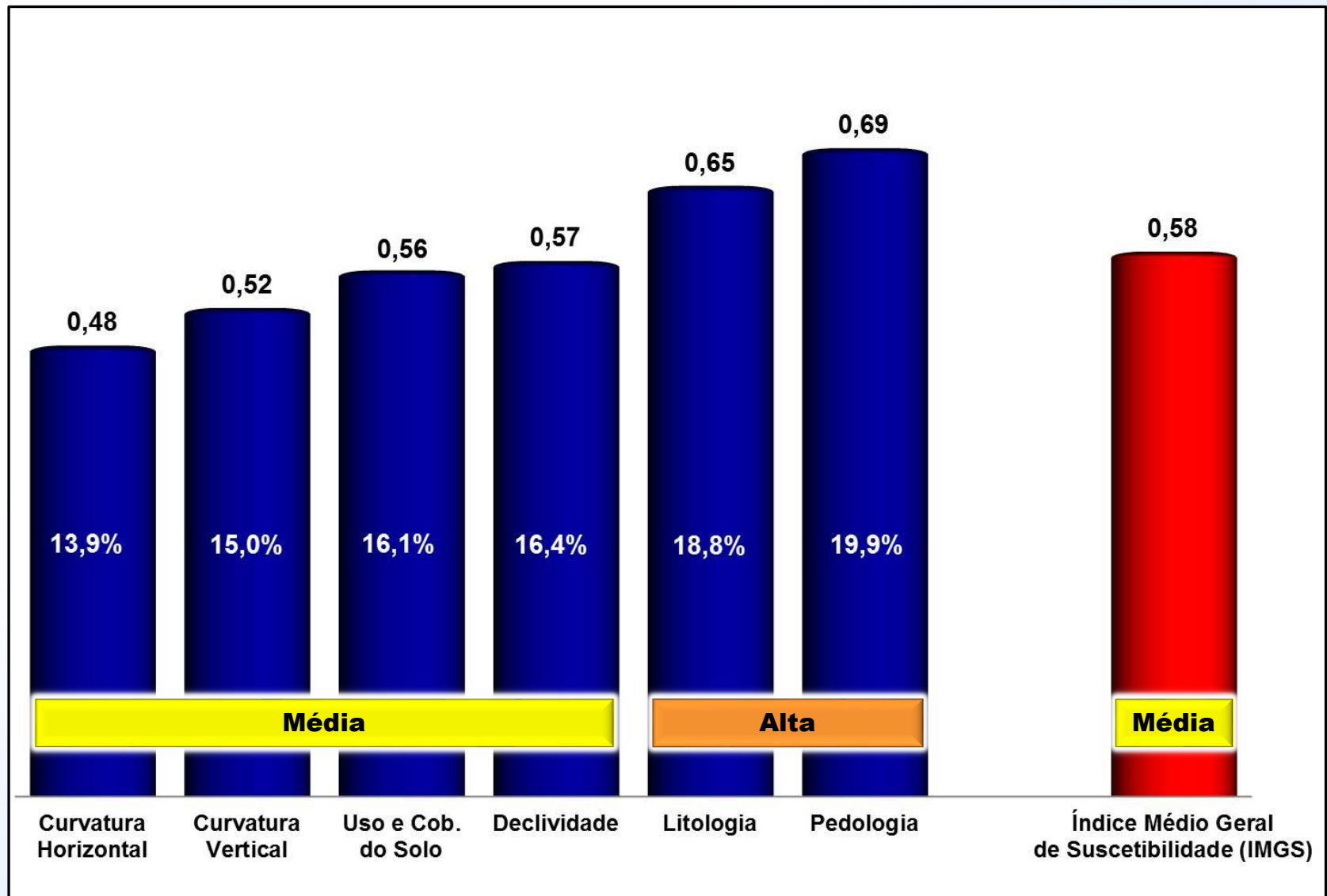


SUSCETIBILIDADE

a escorregamentos de terra

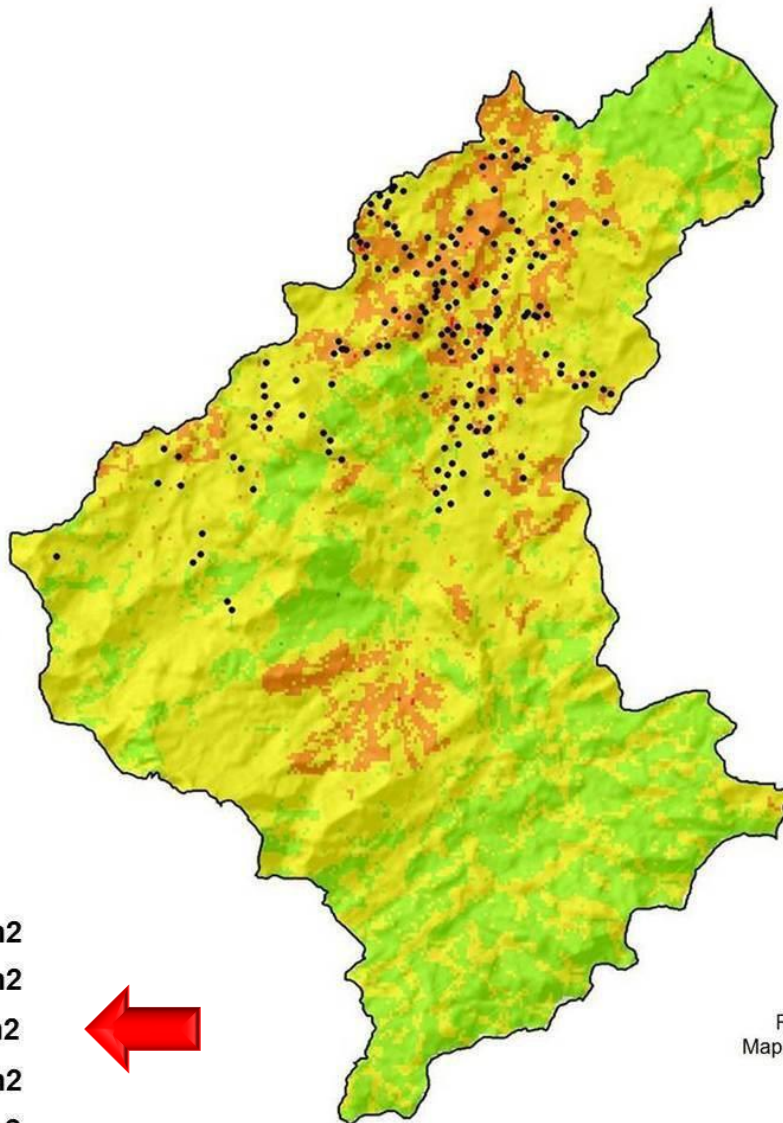
$$S = \left(\frac{\sqrt{V_{dc}} + \sqrt{V_{pd}} + \sqrt{V_{li}} + \sqrt{V_{us}} + \sqrt{V_{cv}} + \sqrt{V_{ch}}}{NVA} \right)$$

IMSV & IMGS



IMSV: Índice Médio de Suscetibilidade da Variável
IMGS: Índice Médio Geral de Suscetibilidade


Mapa de Suscetibilidade



Legenda

- Escorregamentos

Suscetibilidade

	0,00 - 0,19	1,15 Km ²
	0,20 - 0,39	52,72 Km ²
	0,40 - 0,59	114,22 Km ²
	0,60 - 0,69	22,73 Km ²
	≥ 0,70	0,19 Km ²



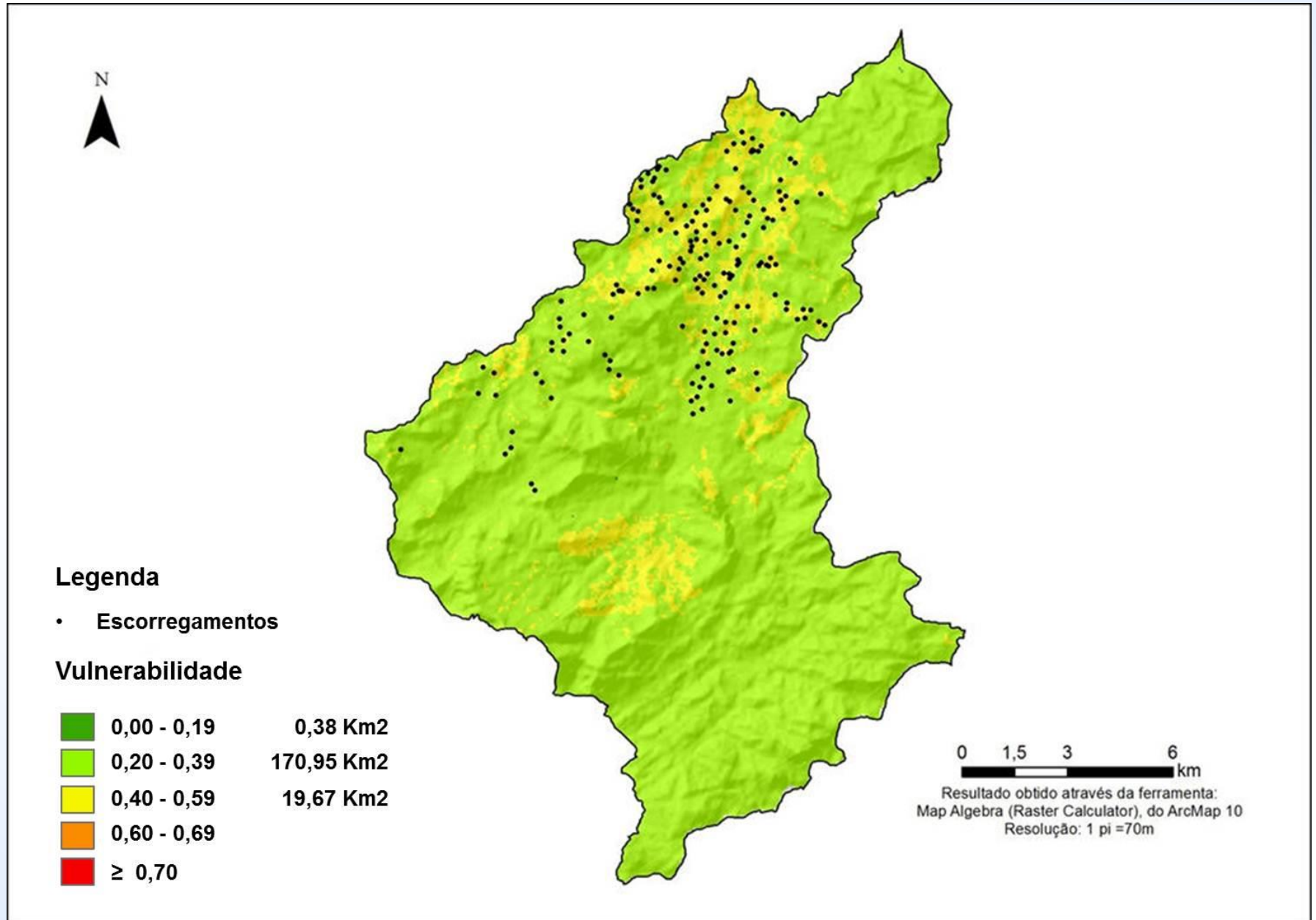
Resultado obtido através da ferramenta:
Map Algebra (Raster Calculator), do ArcMap 10
Resolução: 1 pi =70m

VULNERABILIDADE

a escorregamentos de terra

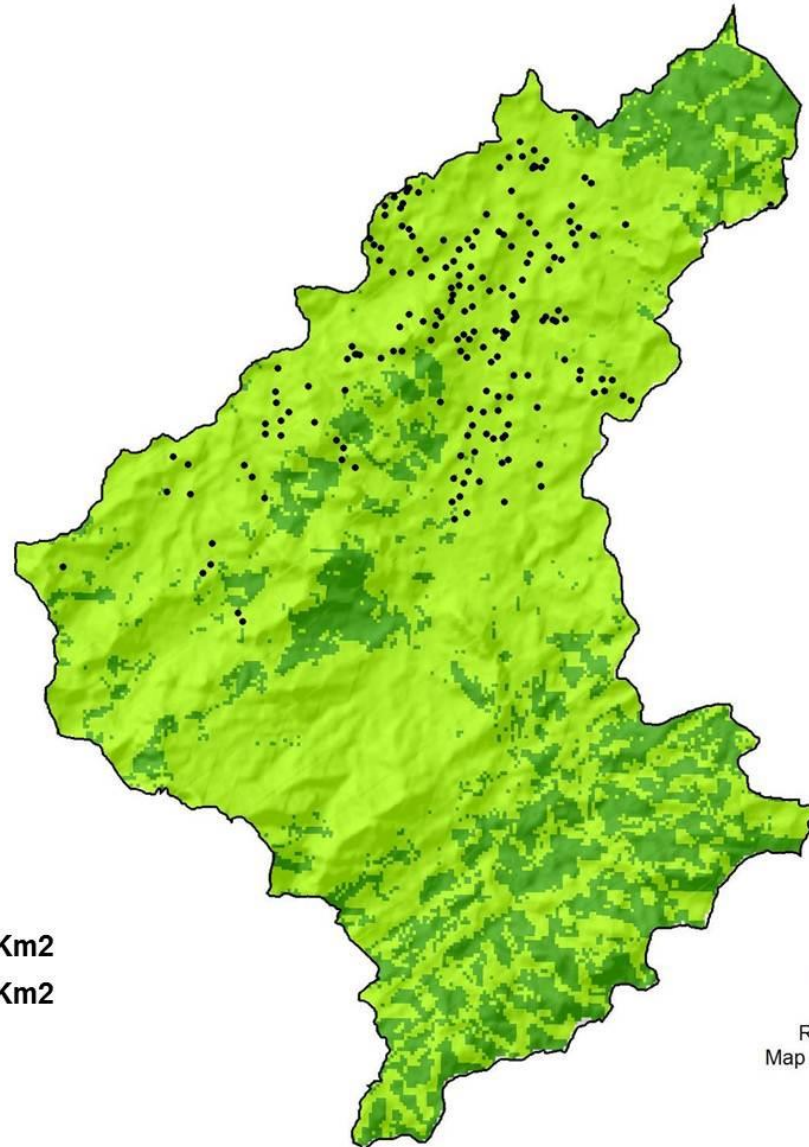
$$V = \frac{\left(\sqrt{V_{dc}} + \sqrt{V_{pd}} + \sqrt{V_{li}} + \sqrt{V_{us}} + \sqrt{V_{cv}} + \sqrt{V_{ch}} \right)}{NVA} + \sqrt{\left[\frac{\left(\frac{PD}{CPC} \right) + \left(\frac{PA5}{MAXPA5} \right)}{2} \right]}$$

Vulnerabilidade para os dias 07, 08 e 09/01/2011 (respectivamente o 5º, 4º e 3º dia antes do dia do evento)



Vulnerabilidade para o dia 10/01/2011






(2º dia antes do dia do evento)



Legenda

- Escorregamentos

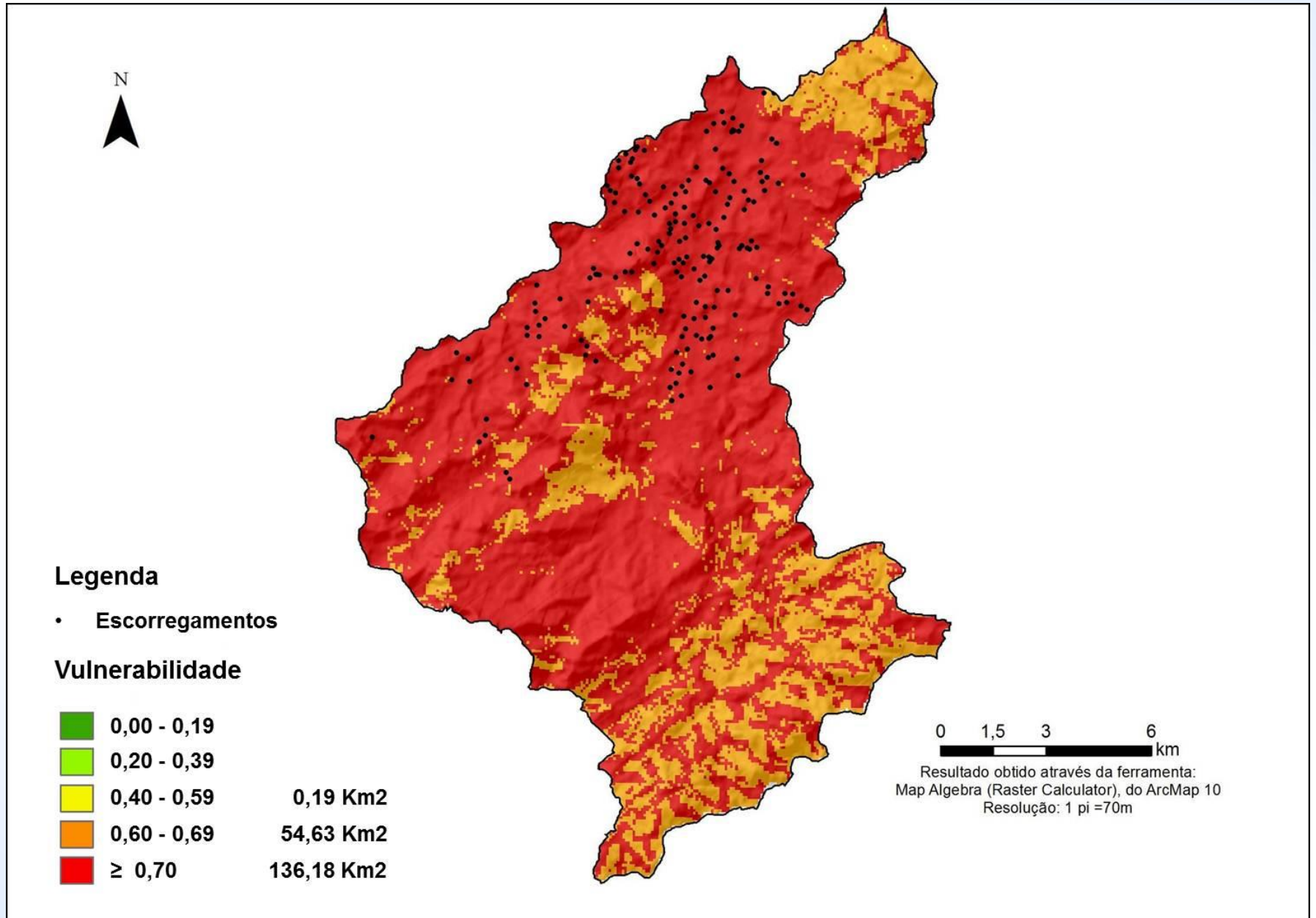
Vulnerabilidade

	0,00 - 0,19	55,58 Km2
	0,20 - 0,39	135,42 Km2
	0,40 - 0,59	
	0,60 - 0,69	
	≥ 0,70	

0 1,5 3 6 km

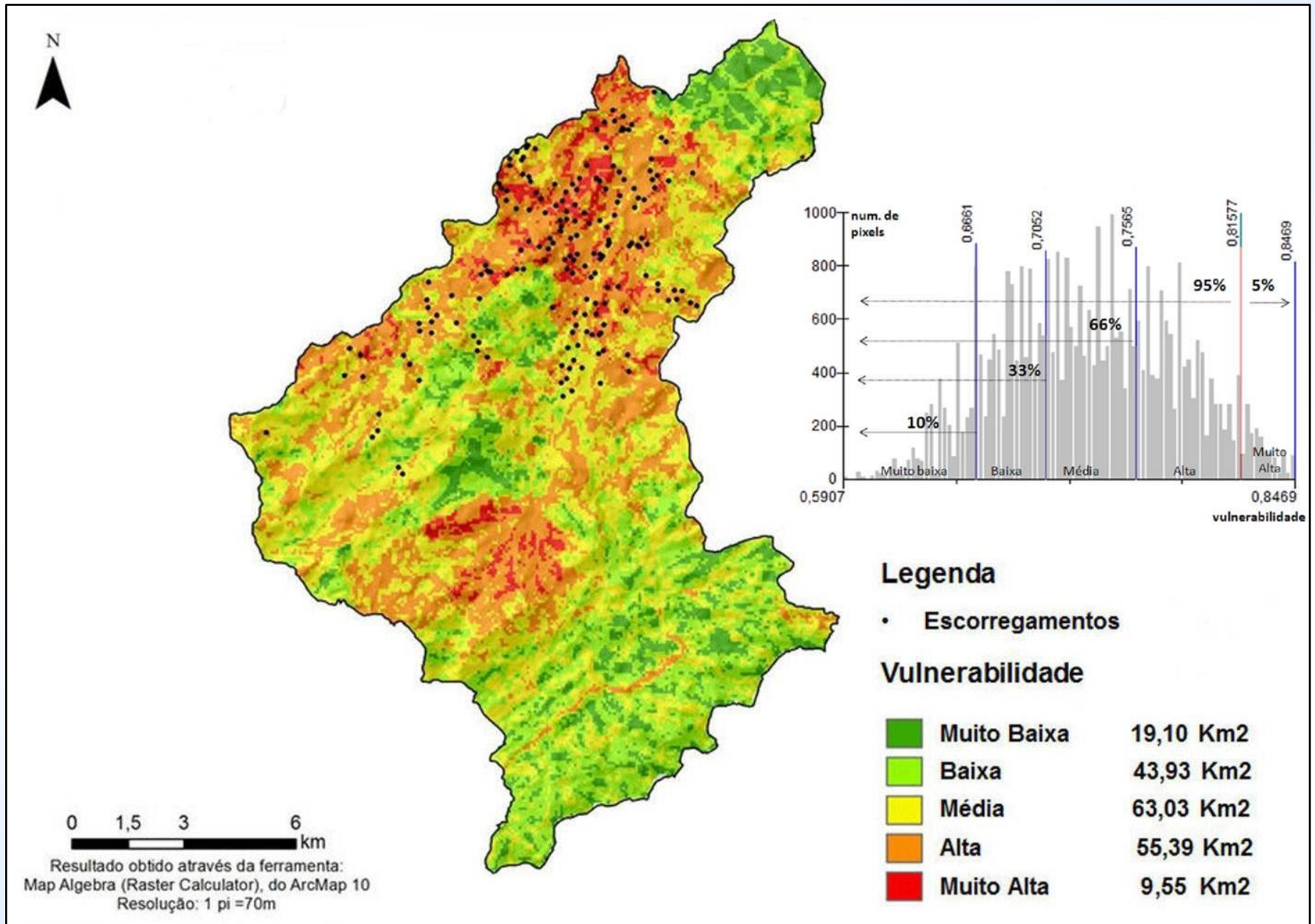
Resultado obtido através da ferramenta:
Map Algebra (Raster Calculator), do ArcMap 10
Resolução: 1 pi = 70m

Vulnerabilidade para os dias 11 e 12/01/2011 (1º dia antes do dia do evento e para o dia do evento)



- ✓ **A primeira impressão é de que praticamente toda a área de estudo apresenta a mesma característica, porém a técnica de álgebra de mapas aplicada permite outras formas de categorização das áreas mais críticas da Bacia.**
- ✓ **Na literatura existem diversos estudos validados que indicam que a classe mais crítica de vulnerabilidade ocupa, normalmente, entre 3,5% e 8,0% das bacias analisadas (KAYASTHA et al., 2013; BAI et al., 2009; AYALEW et al., 2004).**

Vulnerabilidade para os dias 11 e 12/01/2011 (1º dia antes do dia do evento e para o dia do evento)



**Ausência de pixels na cor vermelha (classe muito alta)
próximos a pontos de escorregamentos no mapa de
vulnerabilidade para os dias 11 e 12/01/2011
(1º dia antes do dia do evento e para o dia do evento)**

- ✓ **Cada pixel tem uma resolução de 70 metros (resolução muito baixa para uma Bacia de 191 km²);**
- ✓ **É praticamente impossível de ser visualizado em uma figura (mapa) com 2.729 pixels (total de pixels do mapa de vulnerabilidade da Bacia); e**
- ✓ **Tal questão também foi muito discutida com orientadores de Portugal e do Brasil, mas infelizmente inovações relacionadas ao assunto andam a passos lentos.**

Validação

Vulnerabilidade

Na **validação** da nova metodologia usou-se dados de:

- Precipitação acumulada de chuvas para 5 dias (PA5) para medir a magnitude dos eventos.
- A série histórica escolhida para a análise foi de 01/01/1995 a 19/03/2013 (13 anos e 3 meses).
- Os dias 19/01/2005, 04/01/2007, 12/01/2011 e 18/03/2013 tiveram seus dados separados **para análise e validação**.
- Nestes dias foi registrada na área de estudo uma precipitação diária de chuva superior a 80 mm, **com a ocorrência de escorregamentos de terra nos dias 04/01/2007 e 12/01/2011**.

Índice Médio da Vulnerabilidade Diária (IMVD)

19/01/2005	Nº de Escorregamentos	Cinco (5) dias que antecedem o dia do evento					Dia do Evento
		5º dia	4º dia	3º dia	2º dia	1º dia	
			14/01/2005	15/01/2005	16/01/2005	17/01/2005	18/01/2005
	0	0,49	0,39	0,39	0,49	0,39	0,79

04/01/2007	Nº de Escorregamentos	Cinco (5) dias que antecedem o dia do evento					Dia do Evento
		5º dia	4º dia	3º dia	2º dia	1º dia	
			30/12/2006	31/12/2006	01/01/2007	02/01/2007	03/01/2007
	350	0,39	0,39	0,39	0,49	0,79	0,79

12/01/2011	Nº de Escorregamentos	Cinco (5) dias que antecedem o dia do evento					Dia do Evento
		5º dia	4º dia	3º dia	2º dia	1º dia	
			07/01/2011	08/01/2011	09/01/2011	10/01/2011	11/01/2011
	800	0,39	0,39	0,39	0,29	0,79	0,79

18/03/2013	Nº de Escorregamentos	Cinco (5) dias que antecedem o dia do evento					Dia do Evento
		5º dia	4º dia	3º dia	2º dia	1º dia	
			13/03/2013	14/03/2013	15/03/2013	16/03/2013	17/03/2013
	0	0,39	0,49	0,39	0,39	0,39	0,79

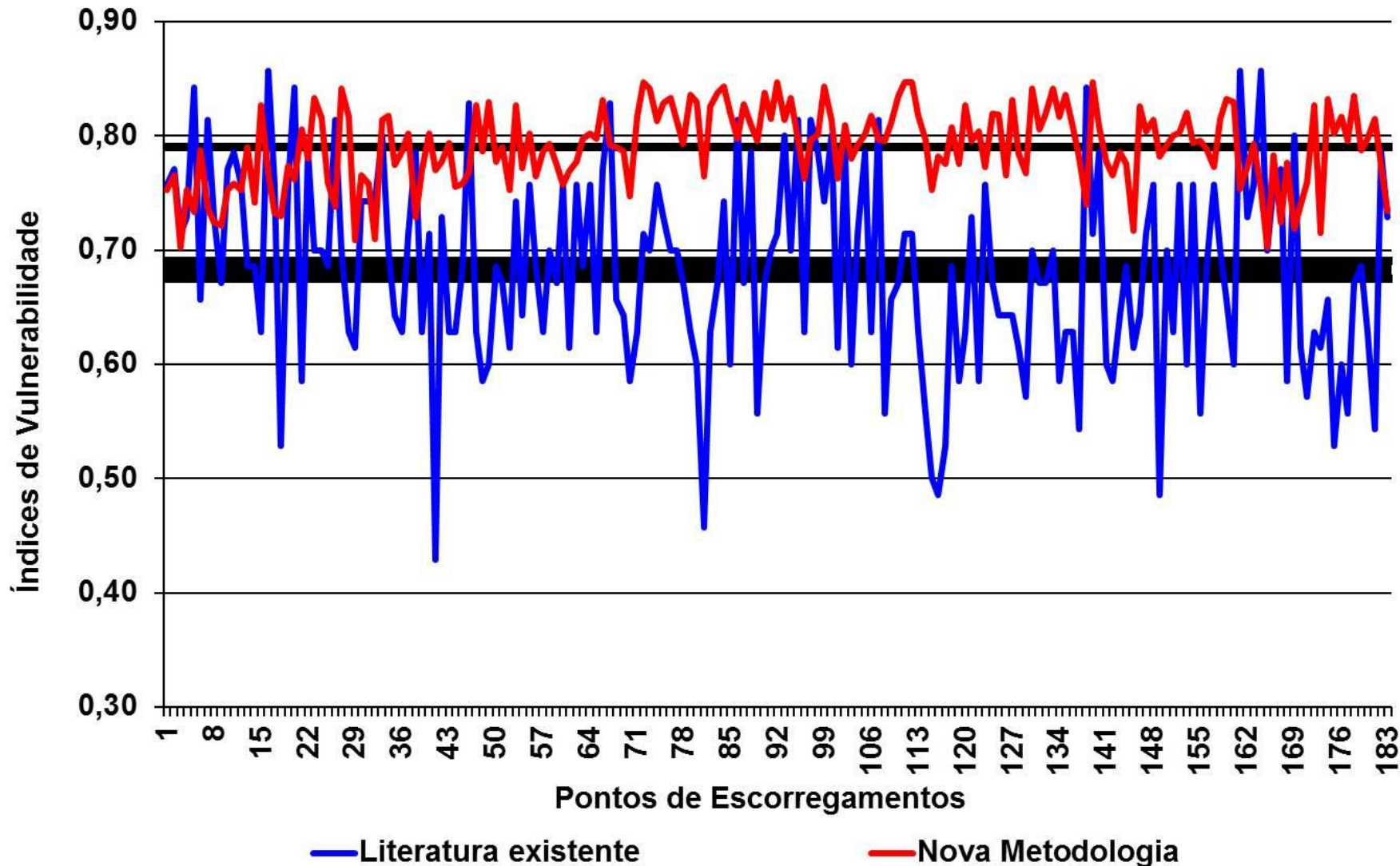
Comparando os Índices de Vulnerabilidade

*Metodologia
existente
na Literatura*

X

*Metodologia
proposta
neste Trabalho*

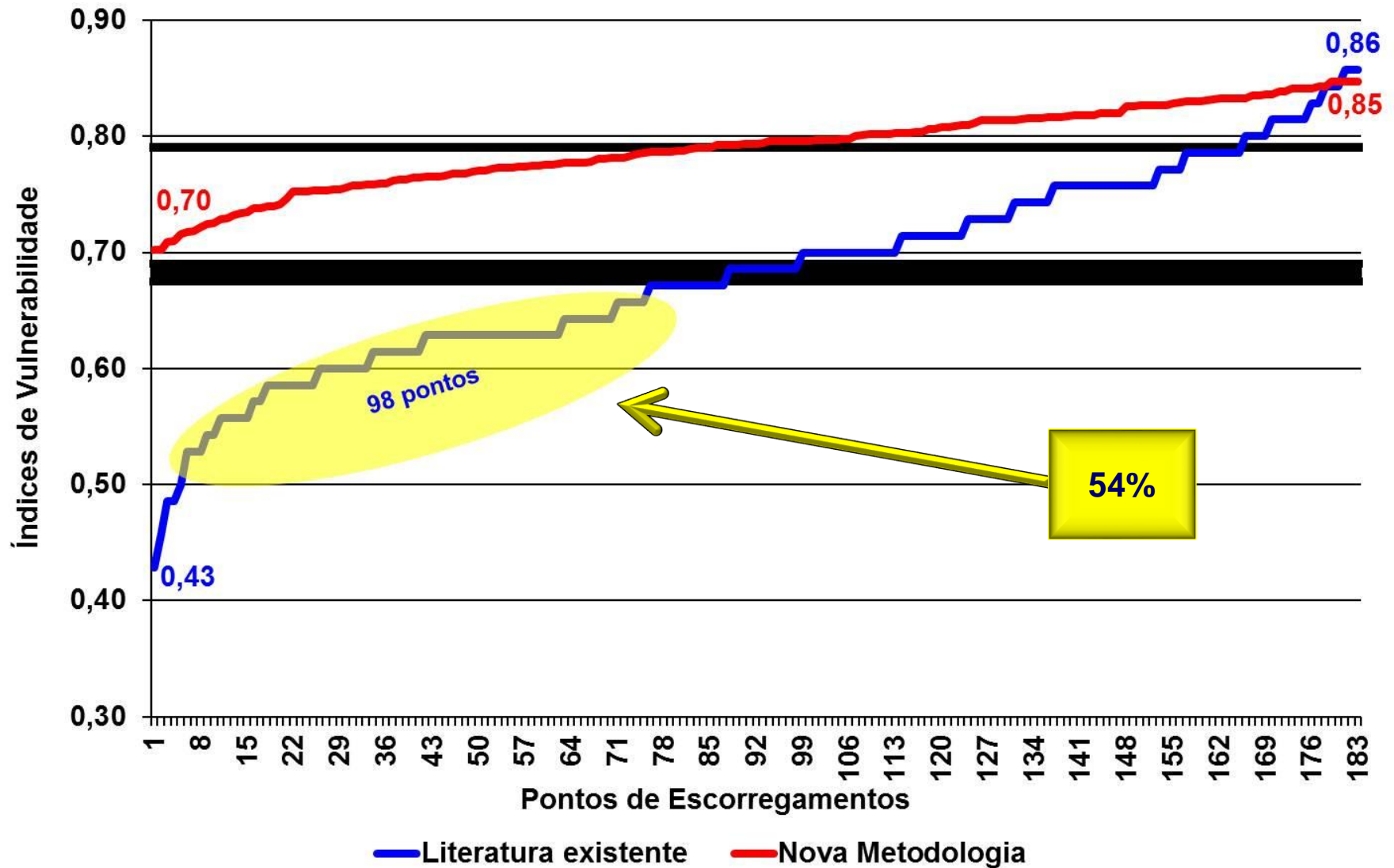
Comparando os Índices de Vulnerabilidade X Metodologias



Literatura existente: índice mínimo de 0,43 e máximo de 0,86 (média simples: 0,68; desvio padrão: 0,09)

Nova metodologia: índice mínimo de 0,70 e máximo de 0,85 (média simples: 0,79; desvio padrão: 0,03)

Índices de Vulnerabilidade na ordem crescente



Literatura existente: índice mínimo de 0,43 e máximo de 0,86 (média simples: 0,68; desvio padrão: 0,09)
Nova metodologia: índice mínimo de 0,70 e máximo de 0,85 (média simples: 0,79; desvio padrão: 0,03)

Conclusões

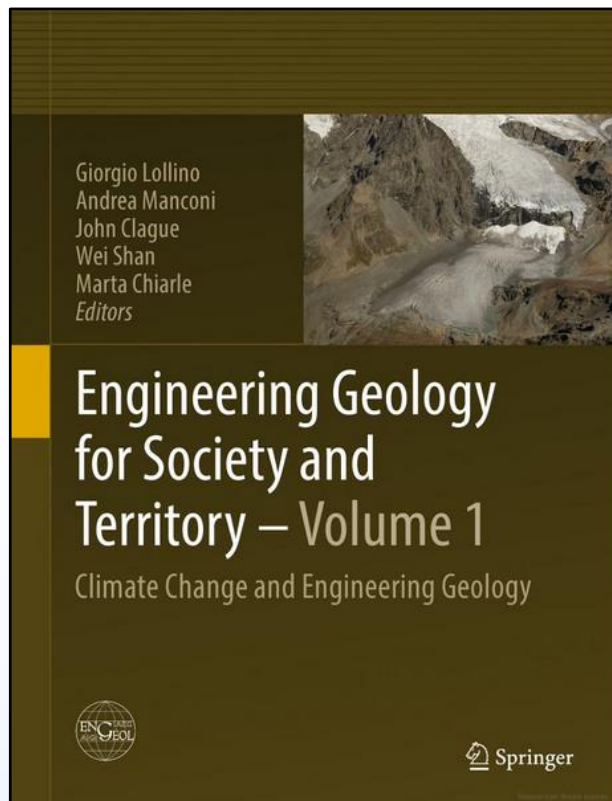
Conclusões

- Na VALIDAÇÃO a metodologia proposta foi eficiente para os 4 eventos de alta precipitação ocorridos na área de estudo, 2 com e 2 sem escorregamentos.
- Se mostrou eficaz, pois foi capaz de registrar todos os 183 escorregamentos, enquanto que a metodologia existente da literatura deixou de apontar 98 (54%) destes desastres.
- Observou-se que quando o índice de vulnerabilidade for $\geq 0,70$ (limiar crítico) para dois 2 dias consecutivos, a incidência destes tipos de desastres é “muito alta”.

Conclusões

- **Destaca-se a importância de se analisar a Precipitação Acumulada de 5 dias (PA5) de no mínimo dois (2) dias.**
- **Poderá ser utilizada universalmente na prevenção, monitoramento e previsão de escorregamentos de terra por:**
 - **Centros e Institutos de Pesquisas;**
 - **Governos (Federal, Estaduais e Municipais); e**
 - **Gestores públicos e profissionais envolvidos no parcelamento, uso e ocupação do solo.**

Tese de Doutorado com Artigo publicado em livro da Springer International Publishing



The screenshot displays the SpringerLink interface for a specific article. At the top, there is a search bar and navigation links for 'Sign up / Log in', 'English', and 'Academic edition'. The Springer logo is prominently displayed on the right. Below the search bar, there are navigation options: 'Home' and 'Contact Us'. The main content area features a blue header with 'Look Inside' and 'Get Access' buttons. The article title is 'Susceptibility and Vulnerability to Landslides—Case Study: Basin of River Bengalas—City of Nova Friburgo—Brazil'. The authors listed are L. T. Silva, E. P. F. M. Sampaio, J. A. M. Corte-Real, D. A. Rodriguez, F. Carnauba Medeiros, B. E. Moraes, and D. G. M. França. The article is part of the 'Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1' series, pages 539-546, published on August 24, 2014. Pricing options are shown for 'Buy chapter' (\$29.95 / €24.95 / £19.95) and 'Buy eBook' (\$279.00 / €208.24 / £179.50). A 'Get Access' button is also present. The DOI is 10.1007/978-3-319-09300-0_101. An abstract follows, discussing landslides in the River Bengalas Basin, Nova Friburgo, Brazil, and the impact of heavy rains in January 2011. On the right side, there are sections for 'Chapter Metrics' (29 downloads), 'Reference tools' (Export citation, Add to Papers), 'Other actions' (About this Book, Reprints and Permissions), and 'Share' (Facebook, Twitter, LinkedIn).

<https://www.springer.com/gp/book/9783319092997>

Metodologías aprobadas para presentación oral

IAEG XII CONGRESS
Torino, Italy
September/2014



IAEG XII CONGRESS

XVI SELPER
Medellín, Colombia
Octubre/2014



Revista Brasileira de Cartografia - Edição Especial de Desastres Naturais

sob as projeções de mudanças climáticas do ETA-HADGEM-ES RCP 4.5 (Res. 20 km)

Período: 01/01/2016 a 30/12/2040



REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

CAPA SOBRE ACESSO CADASTRO PESQUISA ATUAL ANTERIORES NOTÍCIAS

Capa > v. 68, n. 9 (2016) > Silva

A VULNERABILIDADE A ESCORREGAMENTOS DE TERRA DA BACIA DO RIO BENGALAS - NOVA FRIBURGO - BRASIL SOB AS PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS DO ETA-HADGEM-ES RCP 4.5 / THE VULNERABILITY TO LANDSLIDES IN THE BASIN OF THE BENGALAS RIVER - NOVA FRIBURGO - BRAZIL REGARDING THE CLIMATE CHANGE PROJECTION OF THE ETA-HADGEM-ES RCP 4.5

Luiz Tadeu da Silva, Daniel Andres Rodriguez, José Marcio da Silva Brito, José Lázaro de Siqueira Junior, Elsa Paula Figueira Ferreira Morgado de Sampaio, João Alexandre Medina Corte-Real, Pedro Ivo Mioni Camarinho

RESUMO

O documento final da Conferência Mundial para a Redução de Desastres ocorrida em Kobe - Japão, no ano de 2005, chama a atenção para a necessidade de desenvolver sistemas de indicadores de risco e vulnerabilidade a níveis nacional e subnacional como forma de permitir aos tomadores de decisão um melhor diagnóstico das situações de risco e vulnerabilidade. Áreas urbanas em sua expansão avançam para áreas geologicamente instáveis e topograficamente inclinadas, como é o caso da Bacia do Rio Bengalas, localizada no Município de Nova Friburgo, Brasil. Em janeiro de 2011, com a ocorrência de fortes chuvas na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, foram registrados 183 escorregamentos de terra somente na Bacia do Rio Bengalas, causando perdas humanas, econômicas e ambientais. Sob o efeito das mudanças climáticas são esperadas mudanças na frequência e magnitude dos eventos de precipitação extrema que afetam a vulnerabilidade a desastres e podem se tornar preocupantes à condição de vida das populações que vivem principalmente em áreas de riscos a escorregamentos de terra. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo estudar a vulnerabilidade a escorregamentos de terra da Bacia do Rio Bengalas para o período de 01/01/2016 a 30/12/2040, utilizando índices de vulnerabilidade a escorregamentos de terra que se mostraram eficazes na prevenção, monitoramento e previsão a estes tipos de desastres. Os índices indicam apenas a ocorrência de um evento de vulnerabilidade escorregamentos na Bacia, associado com a ocorrência de um evento de alta intensidade de precipitação. Este resultado está de acordo com a diminuição das precipitações médias e extremas na região associadas com as projeções Eta-HadGEM-ES RCP 4.5 e relatadas na literatura científica.

TEXTO COMPLETO:

PDF

Arquivo em PDF para baixar gratuitamente

A Tese de Doutorado de Luiz Tadeu da Silva - “Vulnerabilidade ao escorregamento de terras - Estudo de caso: Bacia do Rio Bengalas, 2011” foi publicada no Brasil pelo INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, e o arquivo em PDF pode ser baixado a partir de:

<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/02.24.18.39/doc/publicacao.pdf?metadatarepository=sid.inpe.br/mtc-m21b/2014/02.24.18.39.47&mirror=sid.inpe.br/mtc-m21b/2013/09.26.14.25.22>



**Agradecimentos ao
Prof. Dr. Paulo Valladares Soares pelo convite.**

Dr. Luiz Tadeu da Silva

CCST/INPE

(12) 31869522 e (12) 98828-2678

luiz.tadeu@inpe.br