



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS AOS PROCESSOS EROSIVOS NA REGIÃO DO VALE DO PARAÍBA

**Cibele Teixeira Pinto**

Trabalho da disciplina Introdução ao Geoprocessamento – SER300

INPE

São José dos Campos – 7 de Junho de 2013

# Roteiro

- ✓ Introdução
- ✓ Área de Estudo
- ✓ Susceptibilidade à Erosão
- ✓ Metodologia
- ✓ Resultados e Discussão
- ✓ Conclusões

# Introdução

A erosão é o processo pelo qual ocorre a desagregação e o arraste das partículas que constituem o solo



A erosão acelerada dos solos, pelas águas e pelo vento, é responsável por 56% e 28%, respectivamente, da degradação dos solos no mundo.

A união de técnicas de geoprocessamento com os SIGs tornou-se uma grande ferramenta em estudos que envolvem problemas ambientais

# Introdução

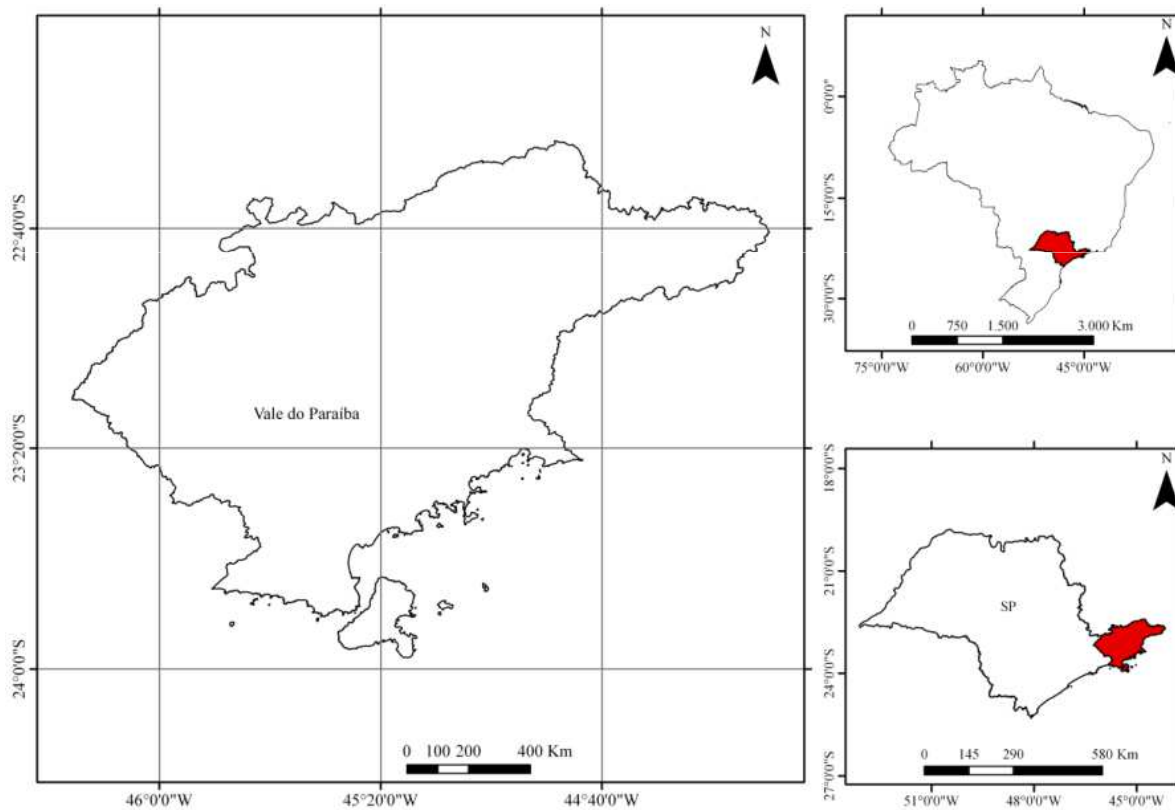
## **Objetivo:**

Localizar áreas susceptíveis aos processos erosivos na região do Vale do Paraíba, utilizando técnicas de geoprocessamento, visando tomadas de decisão para minimizar a perda de solo pelos processos erosivos.



# Área de Estudo

## Vale do Paraíba



Região leste  
do estado SP

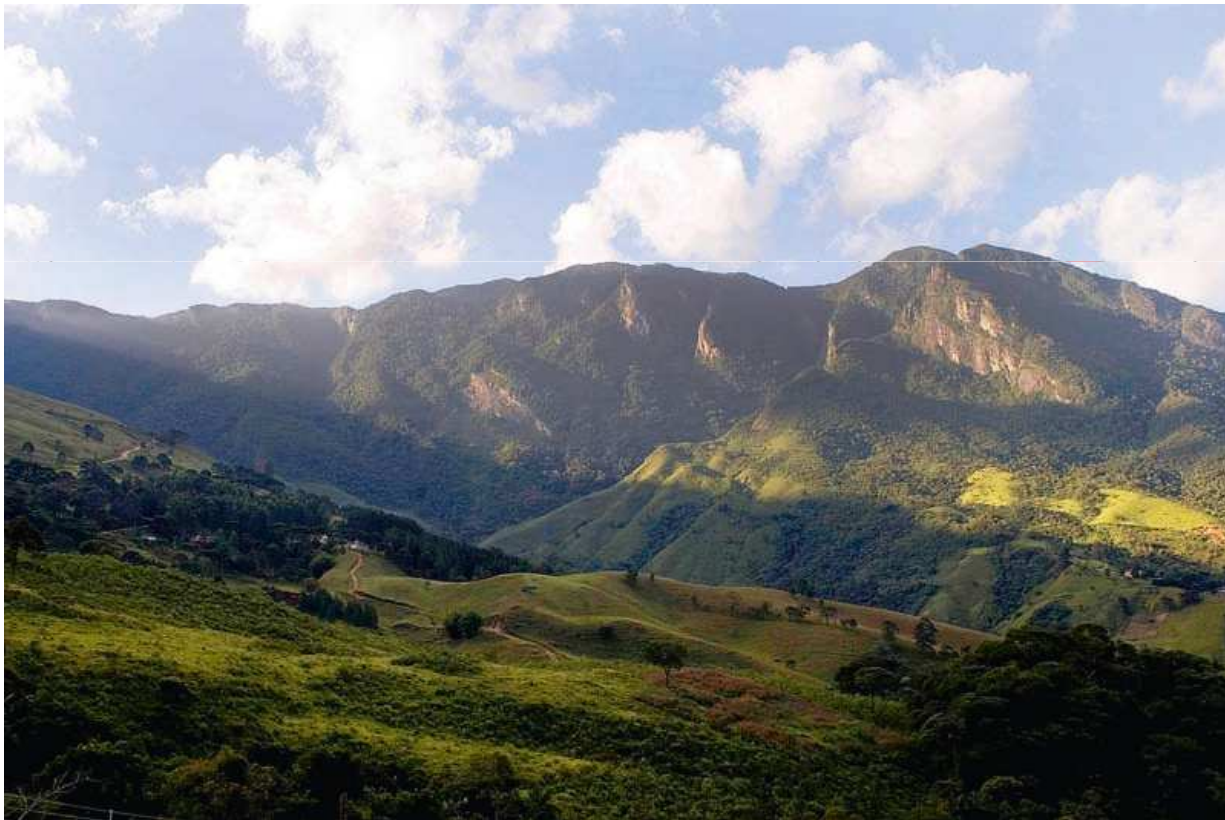
Constituído por  
39 municípios

Serras da  
Mantiqueira  
e do Mar

**16.179,947 Km<sup>2</sup>**

# Área de Estudo

## Vale do Paraíba



**16.179,947 Km<sup>2</sup>**

Região leste  
do estado SP

Constituído por  
39 municípios

Serras da  
Mantiqueira  
e do Mar

# Susceptibilidade à Erosão

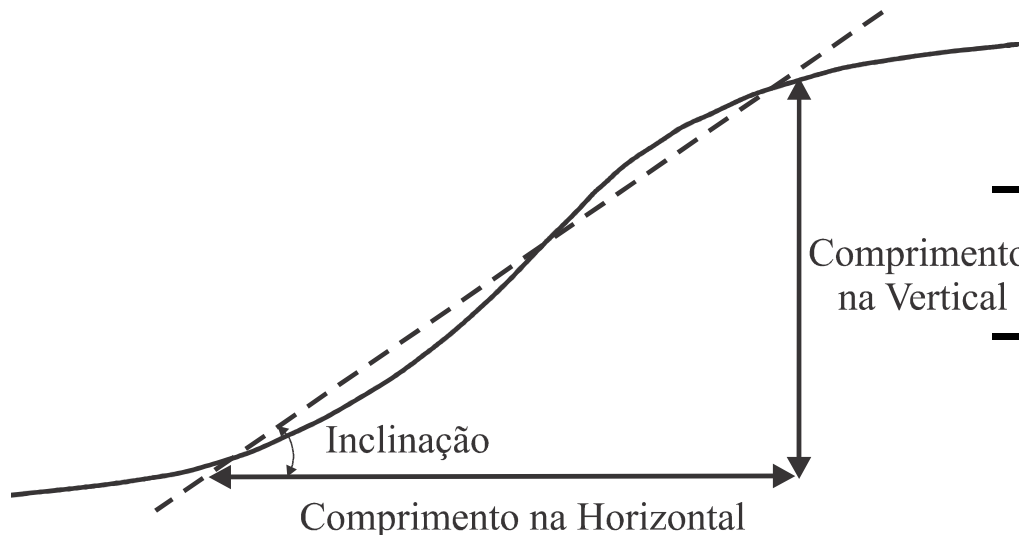
Algumas características naturais da região exercem forte influência sobre a erosão

- ✓ Declividade
- ✓ Tipo de Solo
- ✓ Cobertura Vegetal

# Susceptibilidade à Erosão

## Declividade

A declividade tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética



Unidade:  
Graus ou Porcentagem

Declividade (%)	Valores de Vulnerabilidade
< 2	1,0
2 – 6	1,5
6 – 20	2,0
20 – 50	2,5
> 50	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2001)



# Susceptibilidade à Erosão

## Tipo de Solo

Propriedades físicas dos solos: textura, estrutura, permeabilidade, densidade e suas propriedades químicas, biológicas e mineralógicas

Classe de Solo	Valores de Vulnerabilidade
Latossolos	1,0
Argissolos	2
Espodossolos	2
Cambissolos	2,5
Gleissolos	3,0
Organossolos	3,0

Fonte: Crepani *et al.* (2001)



# Susceptibilidade à Erosão

## Cobertura Vegetal

Índice de vegetação da diferença normalizada

A cobertura vegetal determina o grau de proteção do solo

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

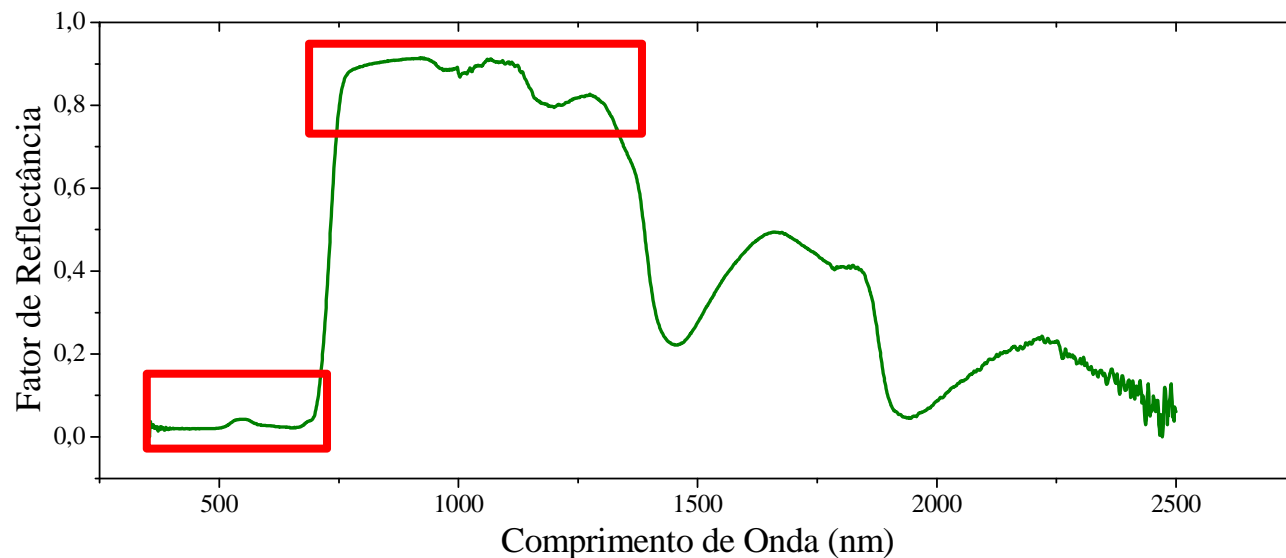
# Susceptibilidade à Erosão

## Cobertura Vegetal

Índice de vegetação da diferença normalizada

A cobertura vegetal determina o grau de proteção do solo

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$



# Susceptibilidade à Erosão

## Cobertura Vegetal

Índice de vegetação da diferença normalizada

A cobertura vegetal determina o grau de proteção do solo

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

NDVI	Cobertura Vegetal	Valores de Vulnerabilidade
0,5 – 1	Vegetação Densa	1,0
0,4 – 0,5	Vegetação Esparsa	2,0
0,3 – 0,4	Vegetação Rala	2,5
(-0,05) – 0,3	Solo exposto/Área Urbana	3,0
-1 – (-0,05)	Copos d'água	-

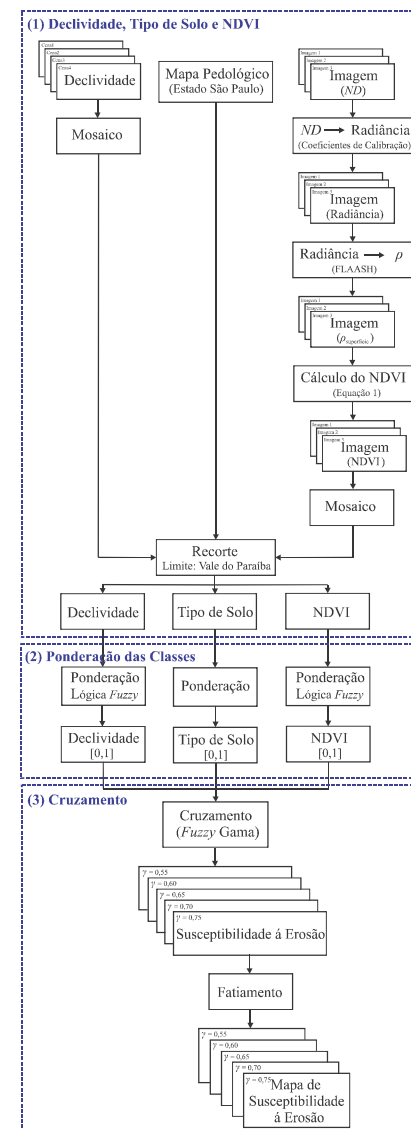
# Metodologia

Os três fatores (declividade, tipo de solo e cobertura vegetal) não agem isoladamente, mas sim combinados.

Técnicas de geoprocessamento, para identificar as áreas críticas e com maior risco à ocorrência da erosão

SPRING, TerraView e ENVI

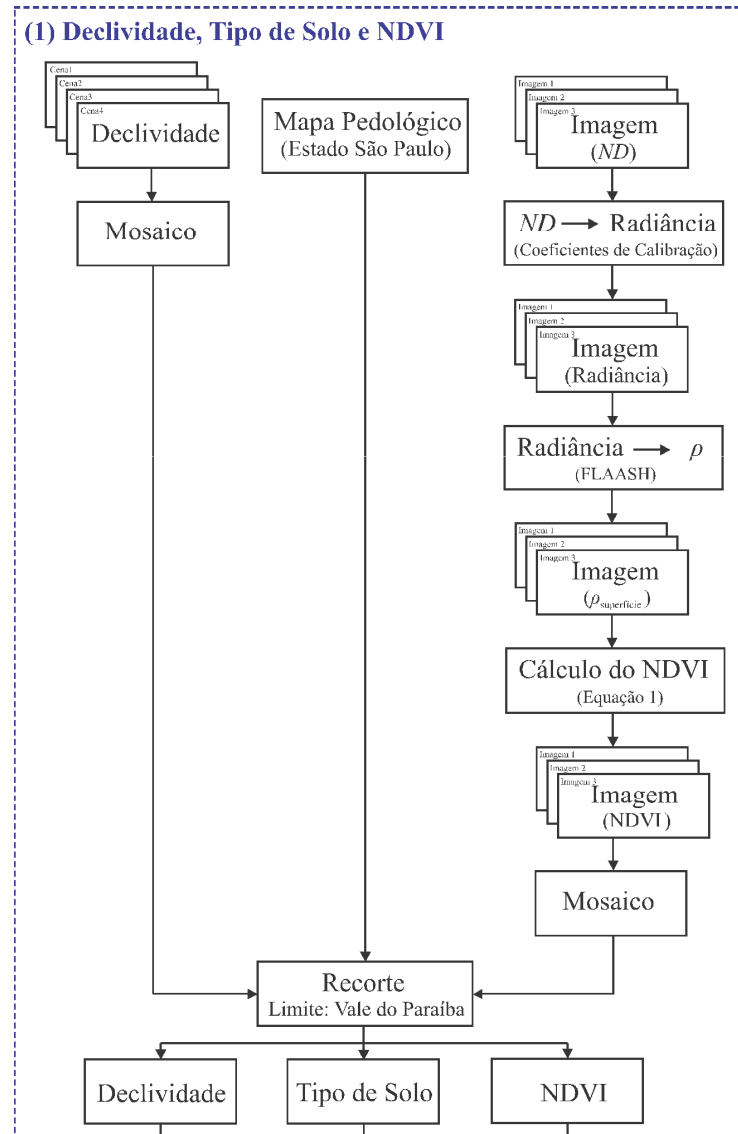
Fluxograma da metodologia do trabalho: **Três etapas**



# Metodologia

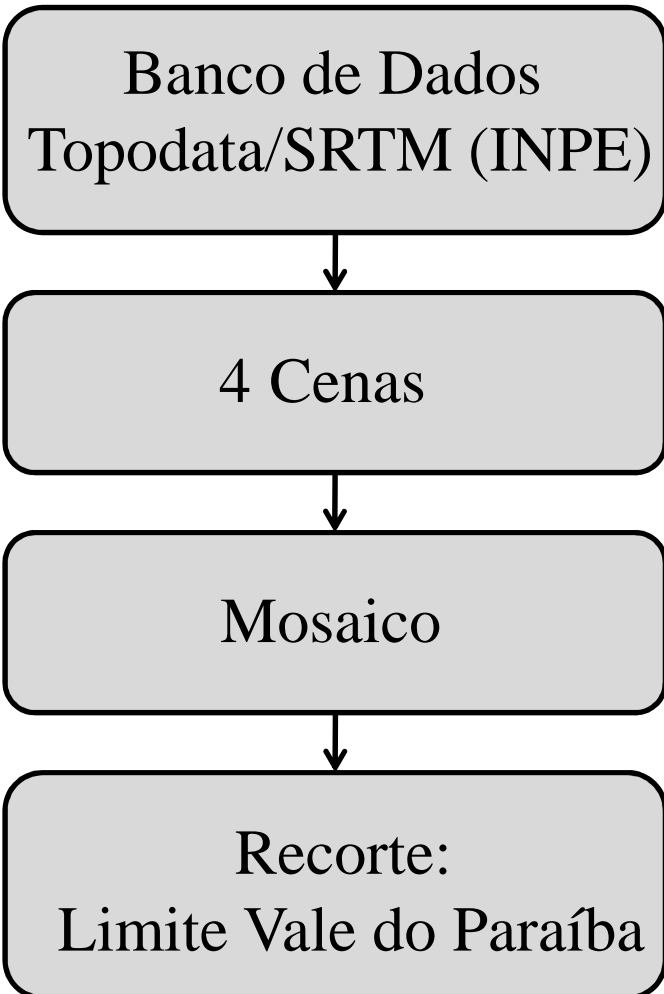
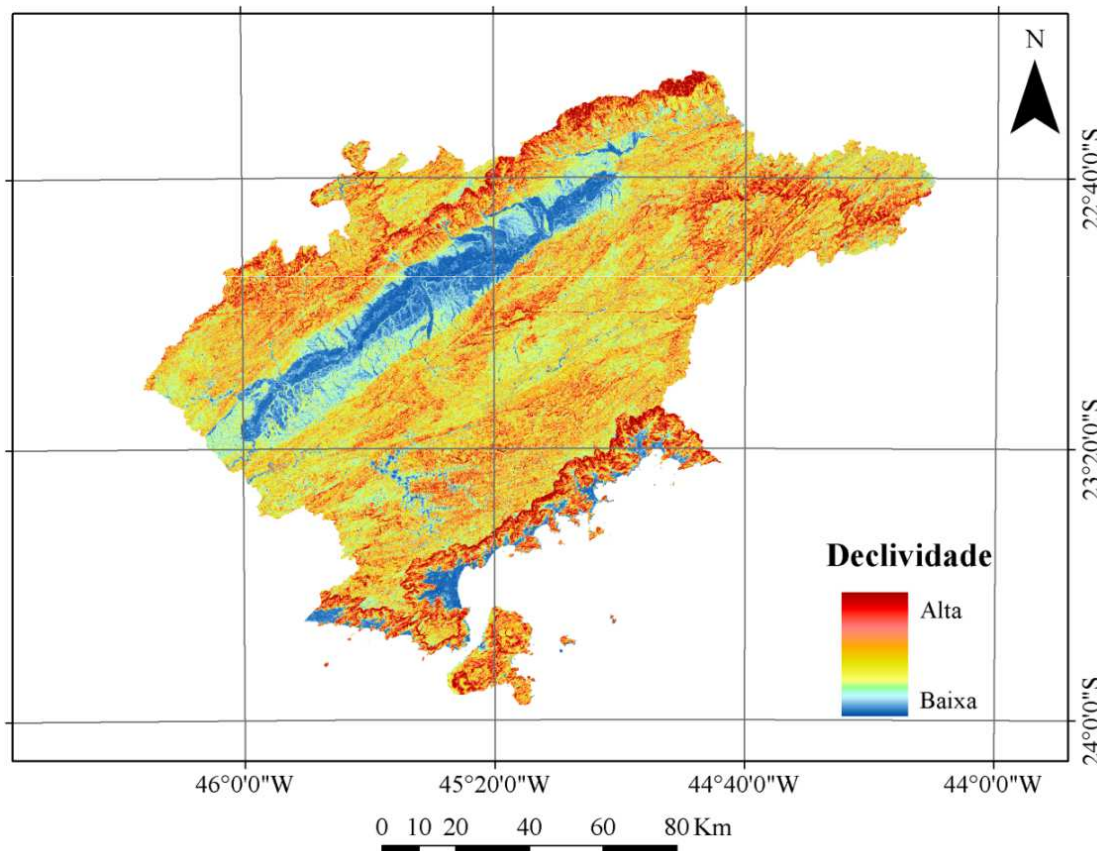
## Primeira Etapa

- ✓ Declividade
- ✓ Tipo de solo
- ✓ NDVI



# Metodologia

## Declividade



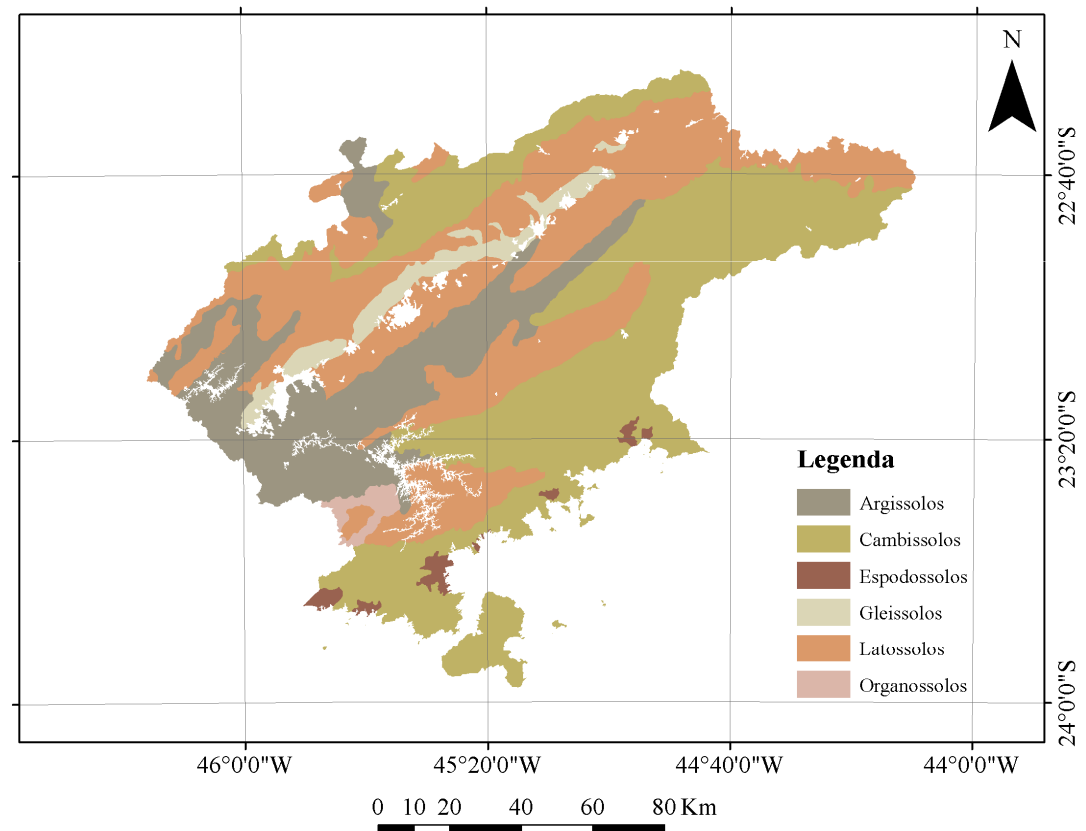
# Metodologia

## Tipo de Solo

Oliveira *et al.* (1999)

Mapa Pedológico do  
Estado de São Paulo

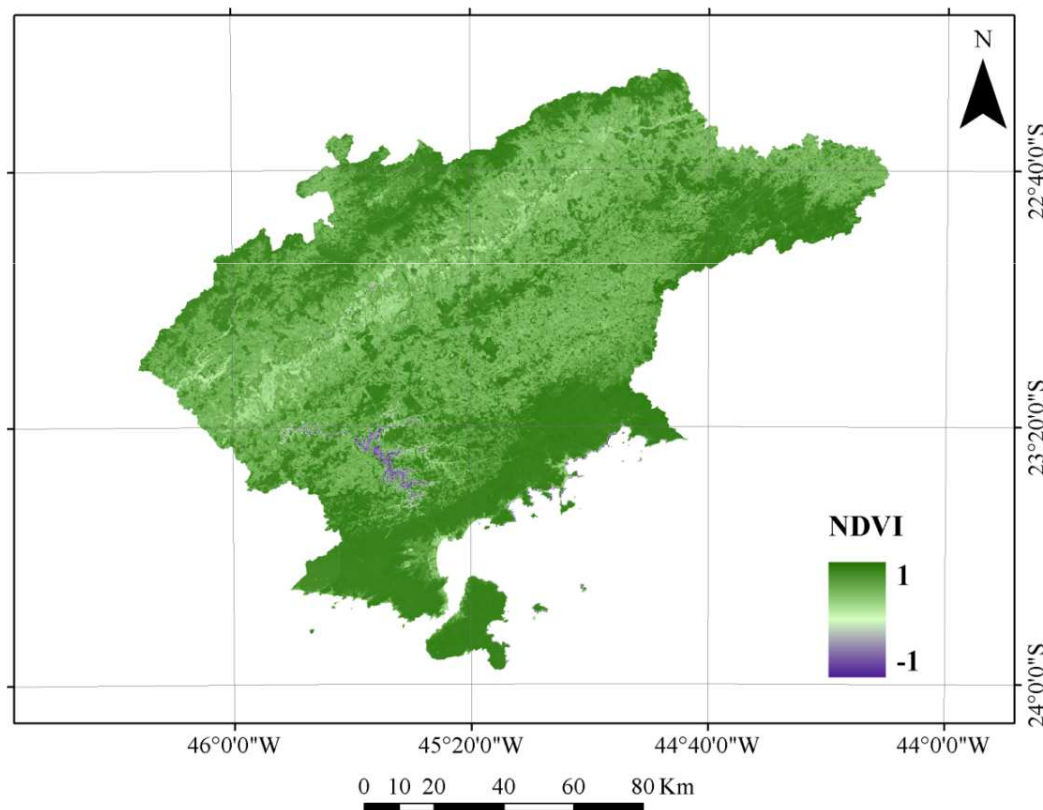
Recorte:  
Limite Vale do Paraíba





# Metodologia

## NDVI – Cobertura Vegetal



GloVis: 3 Cenas TM/L5

ND → Radiância  
(Coeficiente de Calibração)

Radiância →  $\rho_{\text{superfície}}$   
(FLAASH - ENVI)

Mosaico e  
Cálculo do NDVI

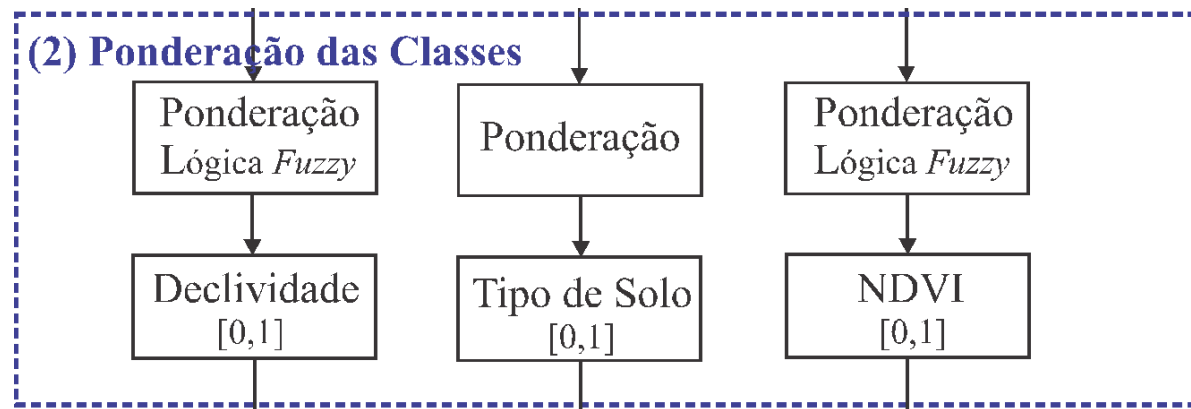
Recorte:  
Limite Vale do Paraíba

# Metodologia

## Segunda Etapa

Atribuir peso relativo à sua vulnerabilidade

- ✓ Declividade
- ✓ Tipo de solo
- ✓ NDVI



# Metodologia

## Tipo de Solo

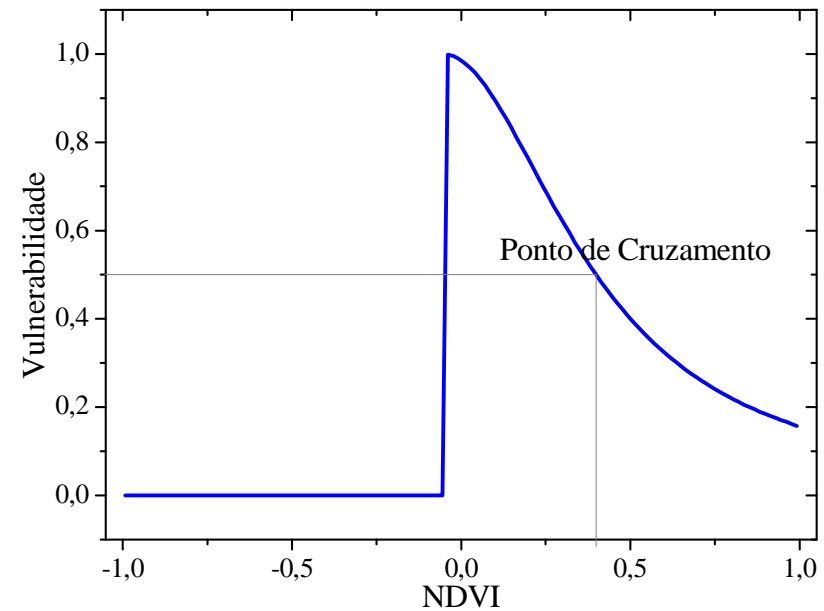
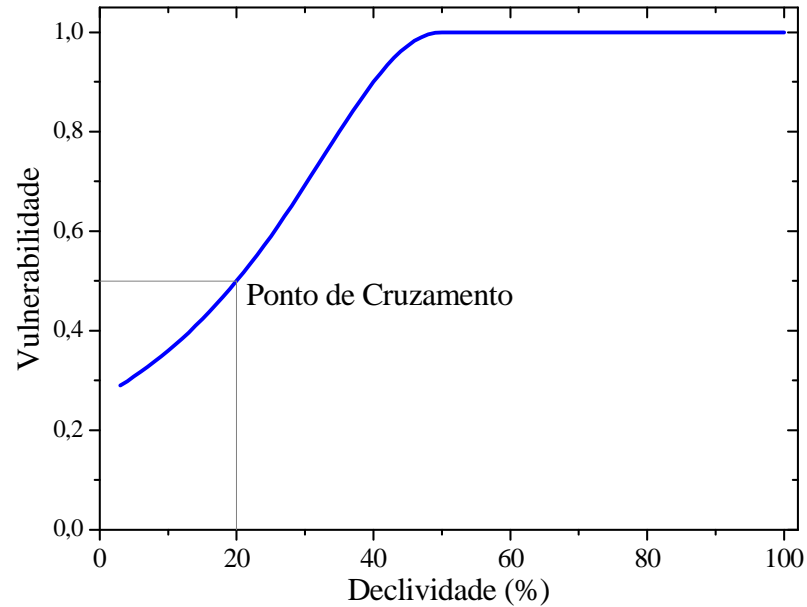
Os valores recomendada por Crepani *et al.* (2001) foram convertidos linearmente para escala de 0 a 1 para obter o mapa Tipo de Solo ponderado.

<b>Classe de Solo</b>	<b>Valores de Vulnerabilidade</b>
Latossolos	1 → 0
Argissolos	2 → 0,5
Espodossolos	2 → 0,5
Cambissolos	2,5 → 0,75
Gleissolos	3 → 1,0
Organossolos	3 → 1,0

# Metodologia

## Declividade e NDVI

Os valores recomendada por Crepani *et al.* (2001) foram convertidos para a escala de 0 a 1 através da lógica *fuzzy*



# Metodologia

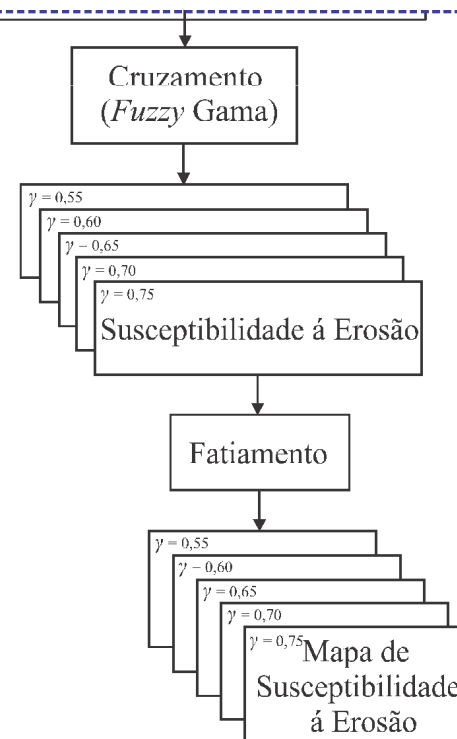
## Terceira Etapa

- ✓ Se o valor de apenas uma classe é 0 o resultado será sempre zero;
- ✓ Para contornar este “problema”, as classes que tinham o valor 0 de vulnerabilidade foram substituídas pelo valor 0,1;
- ✓ 5 cenários distintos,  $\gamma$ : 0,55, 0,60, 0,65, 0,70 e ,0,75;

**Fuzzy Gama:**

$$\mu_{Gama} = \left( 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^{\gamma} \times \left( \prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma}$$

(3) Cruzamento

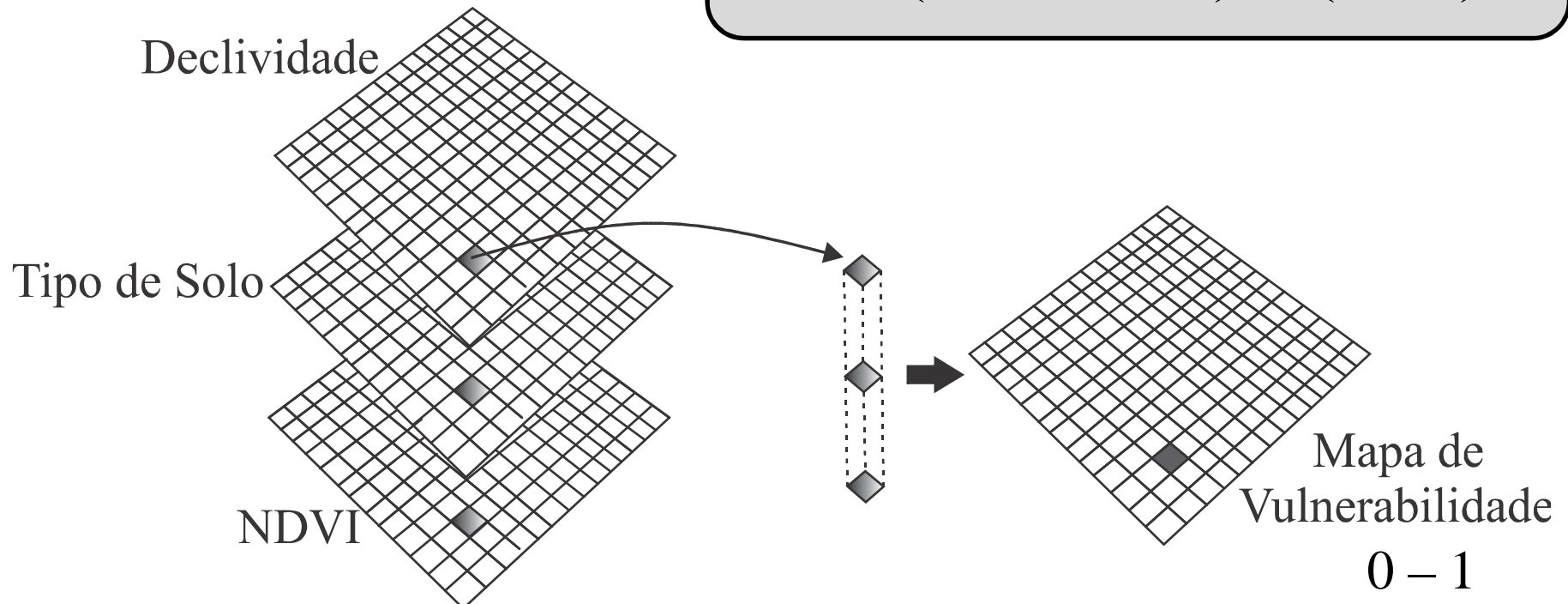


# Metodologia

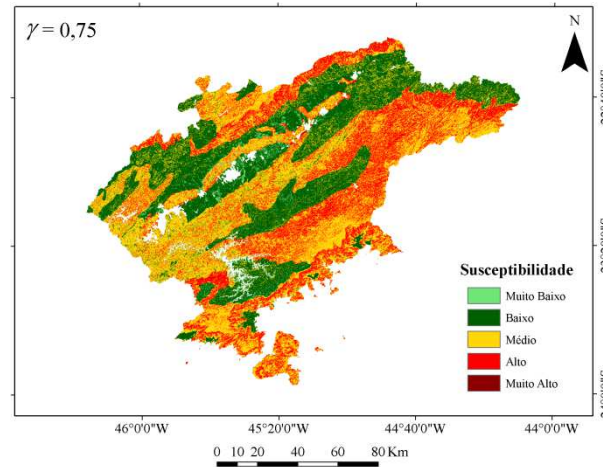
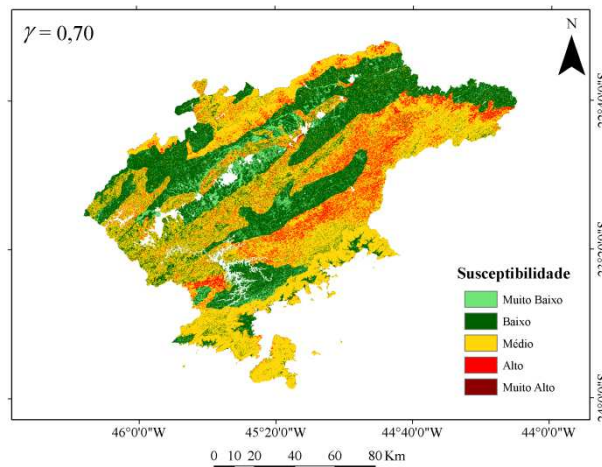
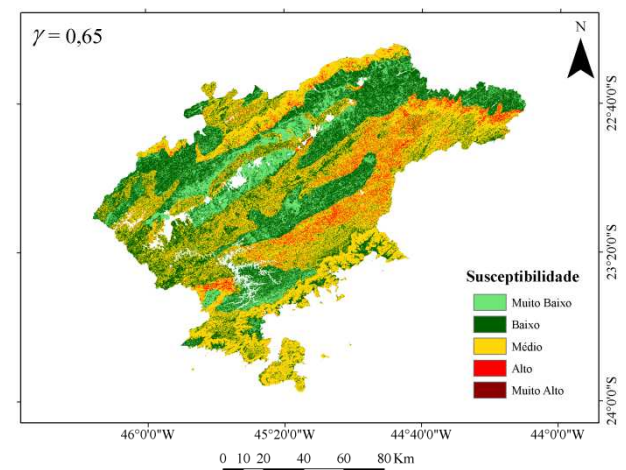
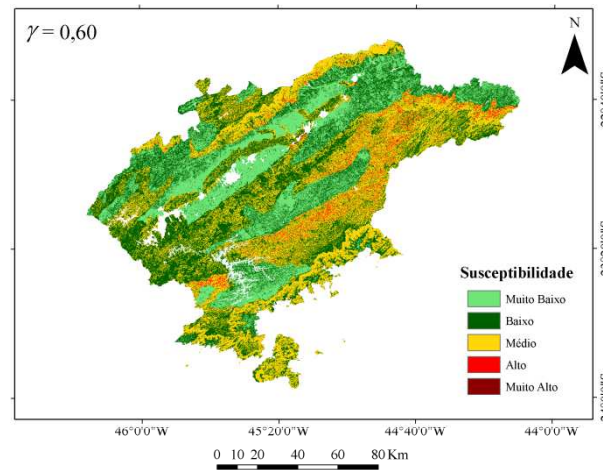
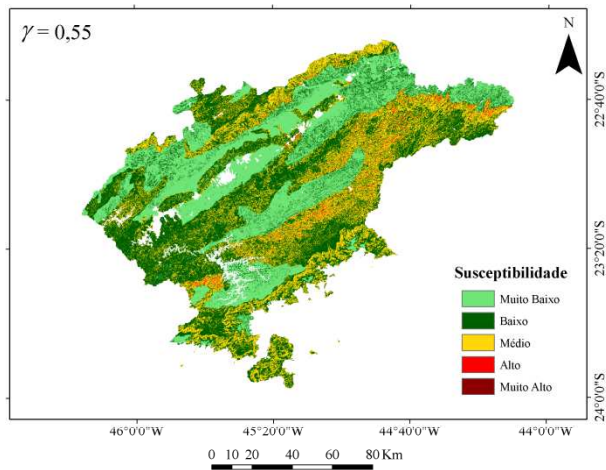
## Terceira Etapa

*Fuzzy Gama:*

$$\mu_{Gama} = \left( 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \right)^{\gamma} \times \left( \prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma}$$

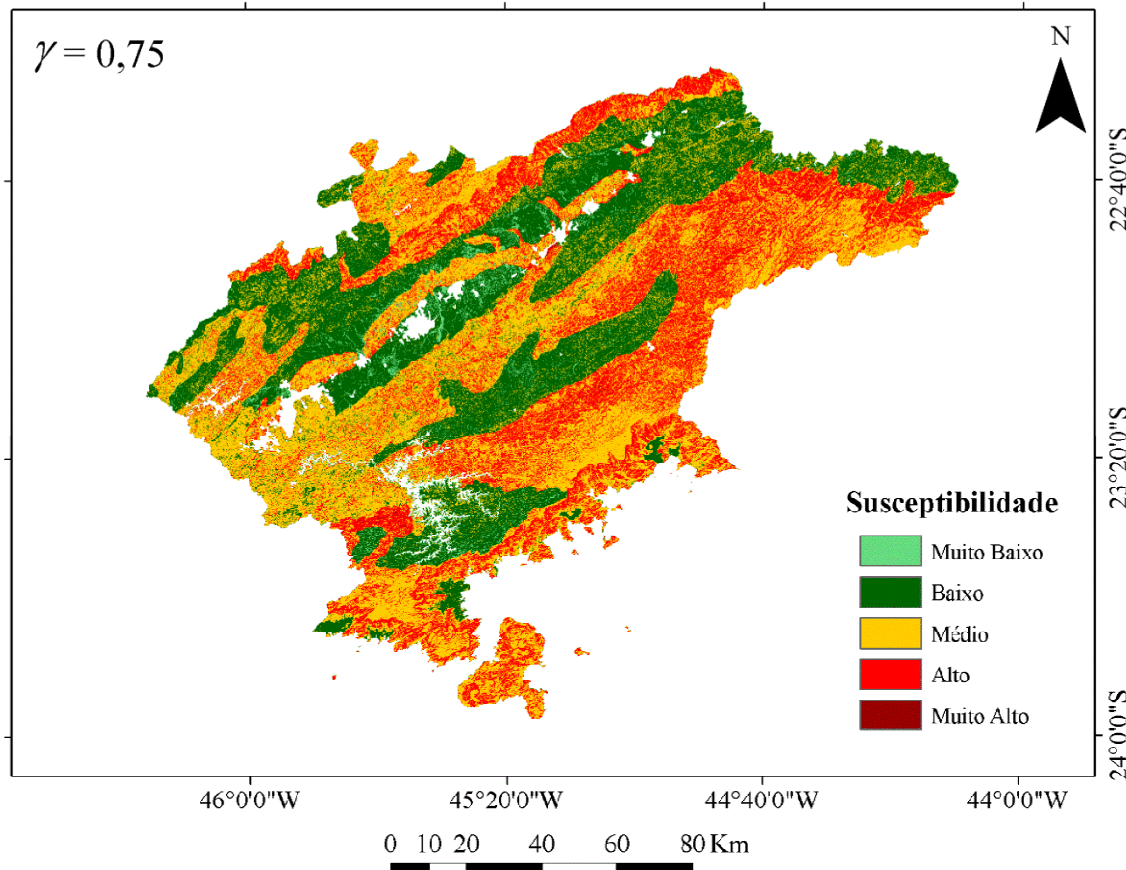


# Resultados e Discussão



- ✓ Muito Baixo: 0 a 0,2
- ✓ Baixo: 0,2 a 0,4
- ✓ Médio: 0,4 a 0,6
- ✓ Alto: 0,6 a 0,8
- ✓ Muito Alto: 0,8 a 1

# Resultados e Discussão



A inferência *fuzzy* gama possibilitou **flexibilidade** na identificação de áreas potenciais para a ocorrência dos processos erosivos.

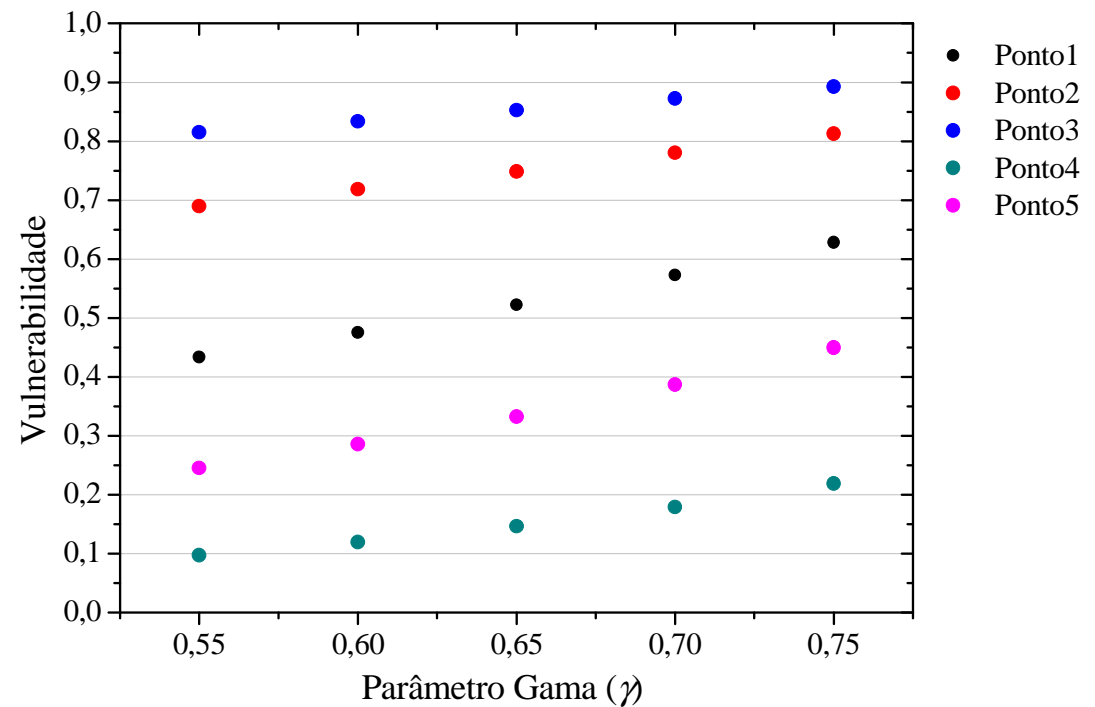
O resultado mostrou que o aumento do  $\gamma$  aumenta os valores de vulnerabilidade a ocorrência de erosão

Limites Rígidos → Mapa Pedológico



# Resultados e Discussão

O aumento do  $\gamma$  aumenta os valores de vulnerabilidade a ocorrência de erosão, ou seja, gerou cenários mais favoráveis à ocorrência de erosão



# Resultados e Discussão

## Quantificação das áreas de riscos

	Área	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Total
$\gamma = 0,55$	Km <sup>2</sup>	4761,727	6649,472	3903,732	204,5808	0,8334	15520,35
	%	30,68055	42,84358	25,15235	1,318146	0,00537	100
$\gamma = 0,60$	Km <sup>2</sup>	3586,073	6189,055	5344,266	399,6387	1,3131	15520,35
	%	23,10562	39,87705	34,43394	2,574934	0,008461	100
$\gamma = 0,65$	Km <sup>2</sup>	2325,377	5775,874	6675,113	741,5586	2,4228	15520,35
	%	14,98276	37,21486	43,00879	4,777977	0,01561	100
$\gamma = 0,70$	Km <sup>2</sup>	1162,751	5444,656	7514,969	1391,707	6,2622	15520,35
	%	7,491782	35,08077	48,42012	8,966984	0,040348	100
$\gamma = 0,75$	Km <sup>2</sup>	378,7146	4724,406	6639,539	3749,025	28,6614	15520,35
	%	2,440117	30,44008	42,77958	24,15555	0,18467	100

Baixa ocorrência de susceptibilidade na classe “Muito Alto”

Predominaram as áreas classificadas como “Baixo” e “Médio”

# Resultados e Discussão

## Quantificação das áreas de riscos

	Área	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto	Total
$\gamma = 0,55$	Km <sup>2</sup>	4761,727	6649,472	3903,732	204,5808	0,8334	15520,35
	%	30,68055	42,84358	25,15235	68%	0,00537	100
$\gamma = 0,60$	Km <sup>2</sup>	3586,073	6189,055	5344,266	399,6387	1,3131	15520,35
	%	23,10562	39,87705	34,43394	74%	0,008461	100
$\gamma = 0,65$	Km <sup>2</sup>	2325,377	5775,874	6675,113	77,5586	2,4228	15520,35
	%	14,98276	37,21486	43,00879	80%	0,01561	100
$\gamma = 0,70$	Km <sup>2</sup>	1162,751	5444,656	7514,969	1391,707	6,2622	15520,35
	%	7,491782	35,08077	48,42012	83%	0,040348	100
$\gamma = 0,75$	Km <sup>2</sup>	378,7146	4724,406	6639,539	5749,025	28,6614	15520,35
	%	2,440117	30,44008	42,77958	73%	0,18467	100

Baixa ocorrência de susceptibilidade na classe “Muito Alto”

Predominaram as áreas classificadas como “Baixo” e “Médio”

# Conclusões

- ✓ As técnicas de geoprocessamento foram fundamentais para a localização das áreas susceptíveis aos processos erosivos no Vale do Paraíba;
- ✓ O operador *fuzzy* Gama, gerou diferentes cenários que vão do mais favorável ao mais desfavorável a ocorrência da erosão, portanto, demonstrou ser flexível;
- ✓ A classificação quanto ao risco de erosão (Muito Baixo, baixo, médio, alto e Muito Alto) é uma indicação de orientação de áreas prioritárias para ações de conscientização e fiscalização;
- ✓ Vale ressaltar que embora a erosão possa ser explicada em parte pela associação dos três fatores considerados neste trabalho (cobertura vegetal, tipo de solo e declividade), outras variáveis podem e devem ser consideradas para melhorar o desenvolvimento de um modelo de espacialização da fragilidade do solo a ocorrência de erosão.

# Referências

AN, P.; MOON, W. M.; RENCZ, A. Application of fuzzy set theory to integrated mineral exploration. **Canadian Journal of Exploration Geophysics**, vol. 27, n.1, p. 1-11, 1991.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001 (INPE-8454-RPQ/722). 103 p. Disponível em:  
<<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2013.

EMPLASA. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria de Desenvolvimento Metropolitano. **Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte**. 132 p. Disponível em:  
<[http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/conselhos/ValeParaiba/textos/livro\\_vale.pdf](http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/conselhos/ValeParaiba/textos/livro_vale.pdf)>. Acesso em: 22 maio 2013.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: UNIDERP, 2007. 908 p.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

**Muito Obrigada!**

**Cibele Teixeira Pinto**  
**cibele@dsr.inpe.br**

INPE  
São José dos Campos – 7 de Junho de 2013