

Universidade Federal de Itajubá

Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos

# **Monitoramento e alerta de inundação no município de Itajubá (MG) através de modelos matemáticos**

---

**João Bosco Coura dos Reis**

Orientadora: Profa. Dra. Nívea Adriana Dias Pons

Coorientador: Dr. Eymar Silva Sampaio Lopes

Defesa de Dissertação de Mestrado

21/02/2014 - Itajubá (MG)

## **INTRODUÇÃO**

Objetivos

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

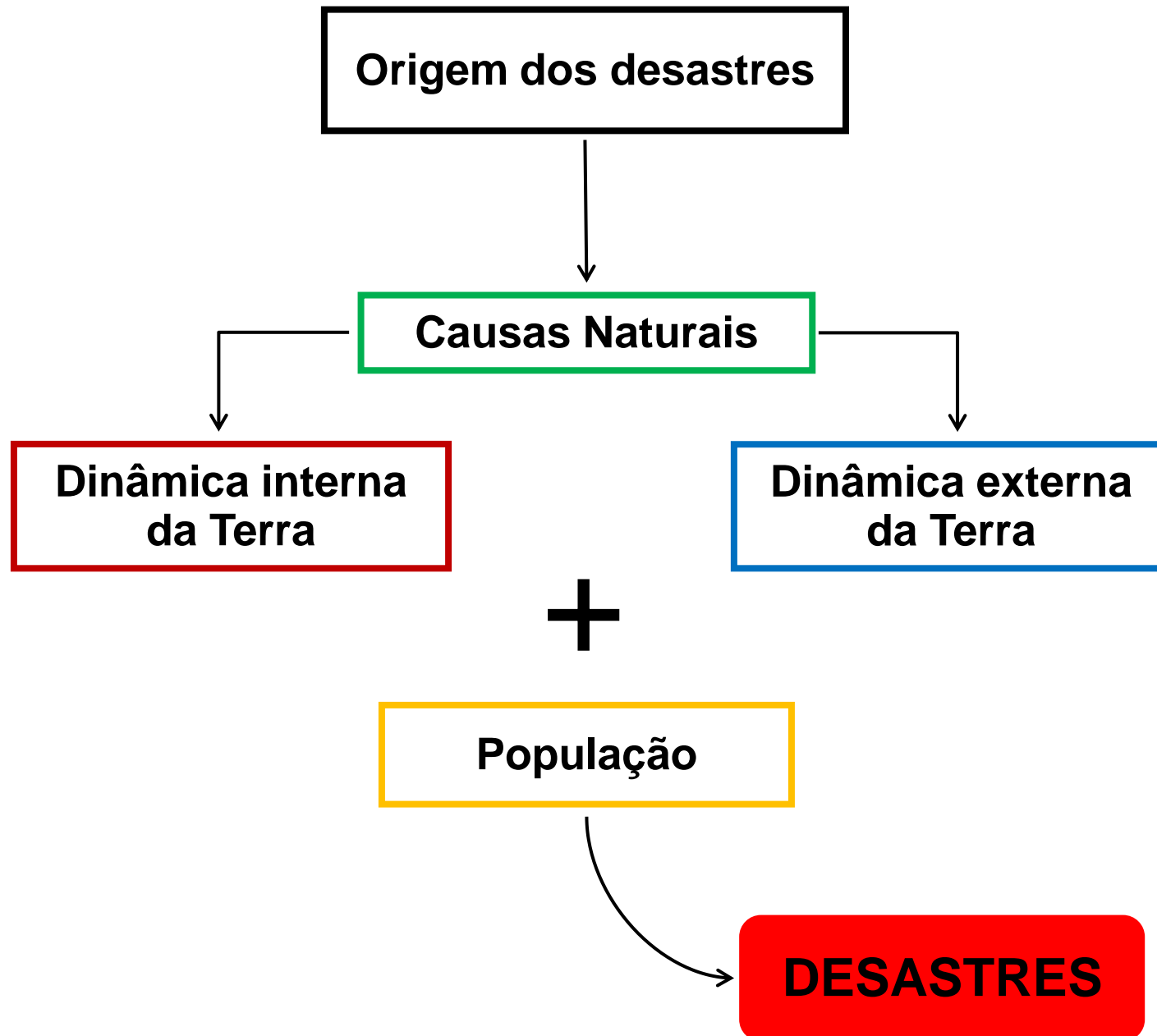
## **MATERIAL E MÉTODOS**

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

## **CONCLUSÕES**

## **REFERÊNCIAS**

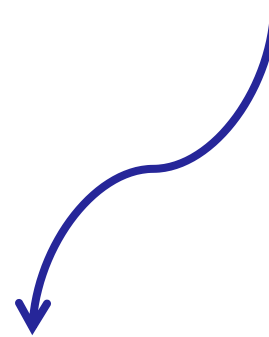
# INTRODUÇÃO



**Brasil**



Eventos ou perigos  
hidrometeorológicos



- Inundações e enchentes
- Movimentos de massa



# INTRODUÇÃO

Prevenção e Mitigação

```
graph TD; A[Prevenção e Mitigação] --> B[Medidas estruturais]; A --> C[Medidas não estruturais]; C --> D[Uso de geotecnologias];
```

Medidas estruturais

Medidas não estruturais

**Uso de geotecnologias**

**Brasil**

- A falta de dados limita o uso de modelos hidrológicos
- Limitação do governo

# Objetivos

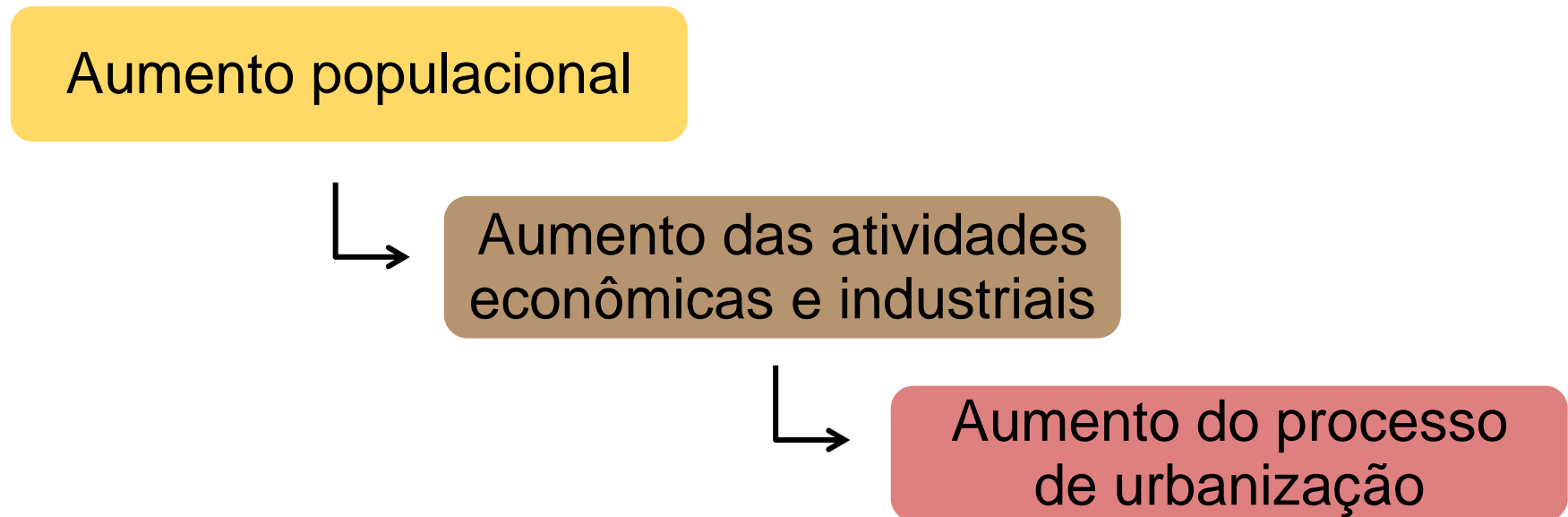
O objetivo desta pesquisa é criar um sistema de monitoramento e alerta com antecedência para o município de Itajubá, utilizando somente dados de nível fluviométrico.

1. Selecionar e analisar séries históricas de dados de nível do rio;
2. Ajustar modelos de regressão polinomial;
3. Extrair a rede de drenagem do trecho do Alto Sapucaí;
4. Delimitar as sub-bacias do trecho do Alto Sapucaí;
5. Desenvolver o Sistema de Monitoramento e Alerta na plataforma tecnológica TerraMA<sup>2</sup>.

Inundações ocorrem quando a precipitação é intensa ao ponto de que a quantidade de água que chega ao canal é superior a sua capacidade de drenagem (TUCCI, 2002).



# Mudanças climáticas e população



- As atividades antrópicas assumem responsabilidade nas mudanças vistas no sistema terrestre (STEFFEN *et al.*, 2005).
- Mudanças na composição da atmosfera faz com que o ciclo da água fique mais intenso, com um conseqüente aumento de risco de grandes inundações (Milly *et al.*, 2002).



# Mudanças climáticas e população

Países com maior número de mortalidade por desastres em 2011.

Country	Disaster distribution	No. of deaths
Japan		19 975
Philippines		1 933
Brazil		978
Thailand		896
India		852
United States		809
China P Rep		746
Turkey		655
Pakistan		511
Colombia		313

Países com maior número de vítimas por desastres em 2011.

Country	Disaster distribution	No.victims (millions)
China P Rep		159.3
India		12.8
Philippines		11.7
Thailand		11.2
Pakistan		5.4
Ethiopia		4.8
Kenya		4.4
Somalia		4.0
Brazil		3.7
Mexico		3.7

■ Climatological   
 ■ Geophysical   
 ■ Hydrological   
 ■ Meteorological

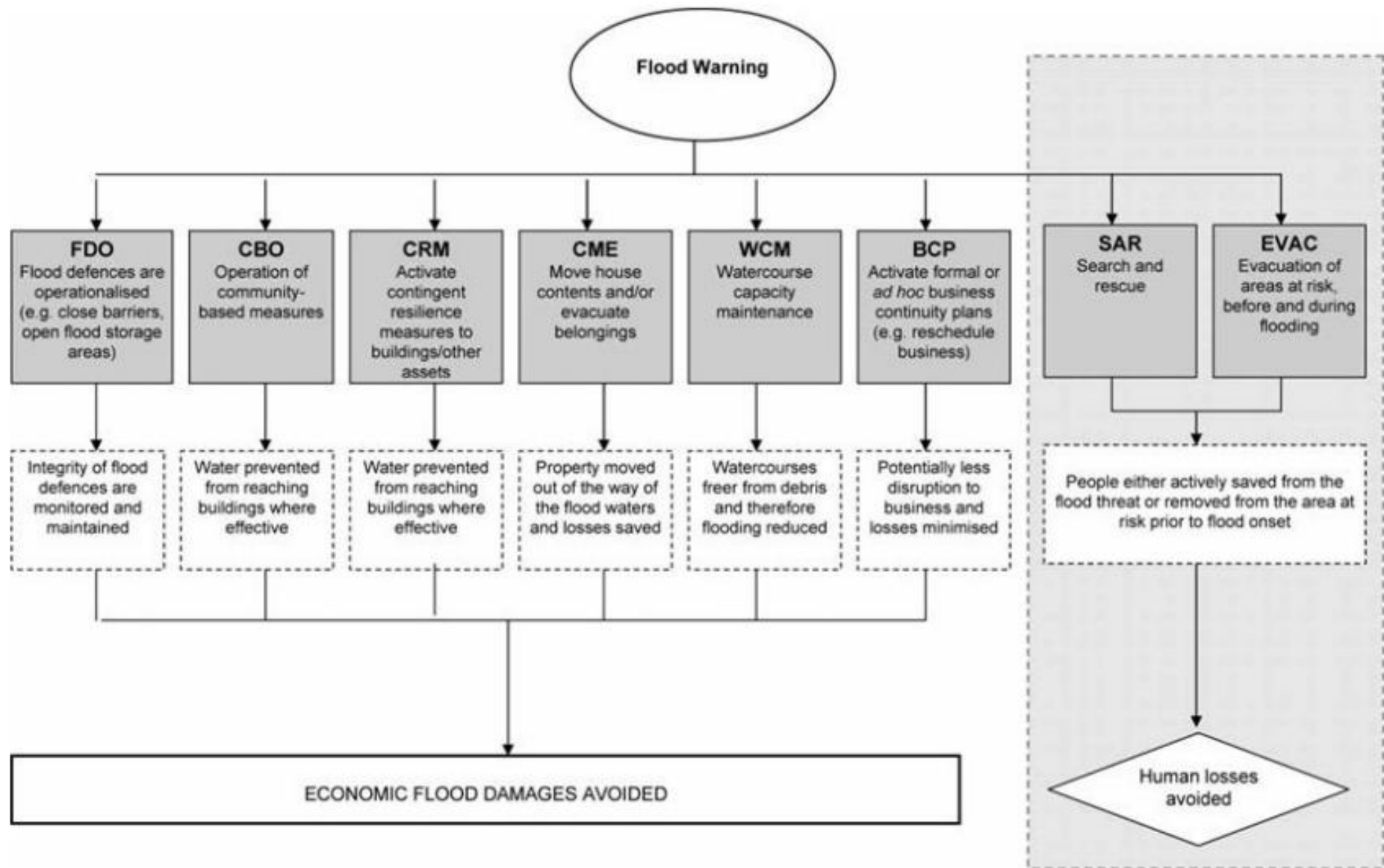
# Prevenção e mitigação dos efeitos das inundações

As medidas não estruturais podem minimizar significativamente os prejuízos com custo menor (TUCCI, 2002, p. 629).

**Os sistemas de monitoramento e alerta com antecedência são fundamentais para a redução dos riscos** (UN-ISDR, 2004).

Adoção de medidas não estruturais, exemplo: **ampliação do sistema de monitoramento hidrológico** (KOBIYAMA *et al.*, 2001; KOBIYAMA *et al.*, 2006; GIGLIO e KOBIYAMA, 2011).

# Prevenção e mitigação dos efeitos das inundações



**FIGURE 1** Flood warning response benefits pathway model.

O Vale do Rio Taquari, no Rio Grande do Sul, conta com o **Sistema de Previsão e Alerta de Enchentes (SPAEE)** (FERREIRA *et al.*, 2007).

O **Sistema de Monitoramento de Enchentes (SME)** monitora e faz a previsão de cheias em um trecho da bacia hidrográfica do Rio Sapucaí, no sul do Estado de Minas Gerais (LIH, 2013).

Servem para **simular e representar o movimento da água na natureza**, sendo um conjunto de equações, técnicas e procedimentos que descrevem os fenômenos hidrológicos (OLIVO, 2004).

- Entender melhor o comportamento hidrológico de uma bacia;
- Analisar a consistência da série de vazões e preenchimento de falhas;
- Prever vazão em tempo real;
- Dimensionar e prever cenários de planejamento;
- Simular os efeitos resultantes na modificação do uso do solo.

# Modelos hidrológicos

Estocásticos / Determinísticos

Conceituais / Empíricos

Discretos / Contínuos

Pontuais / Distribuídos

Estáticos / Dinâmicos

Fonte: Rennó e Soares (2000).

Estes modelos exigem uma grande quantidade de dados e informações da bacia e de recursos humanos e computacionais.

Olivo (2004) desenvolveu um **modelo empírico**, utilizando técnicas como **regressão múltipla por mínimos quadrados**, modelos auto-regressivos e Modelos de Composição de Especialistas Locais para serem utilizados em sistemas de alerta-resposta em tempo real.

Utilização de modelo linear de propagação para criar um sistema de previsão hidrológica de vazões para a cidade de Governador Valadares (MG) (CASTILHO e OLIVEIRA, 2001).

A **plataforma TerraMA<sup>2</sup>** suporte para o monitoramento, análise e alerta de parâmetros ambientais (INPE, 2012).

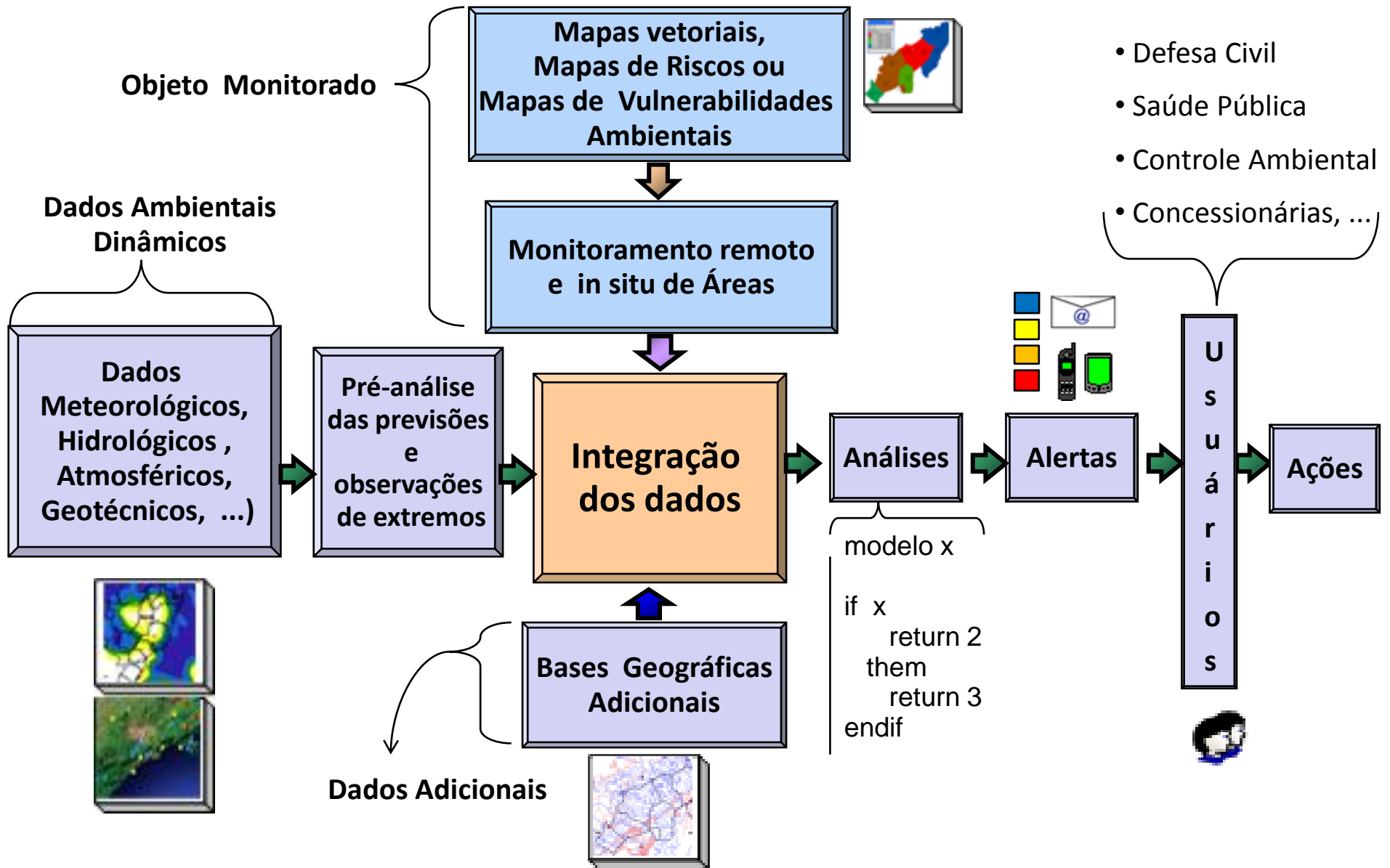
Implantação de um **sistema automático de alerta da qualidade da água** (LOPES, MAGINA e ALVES, 2011).

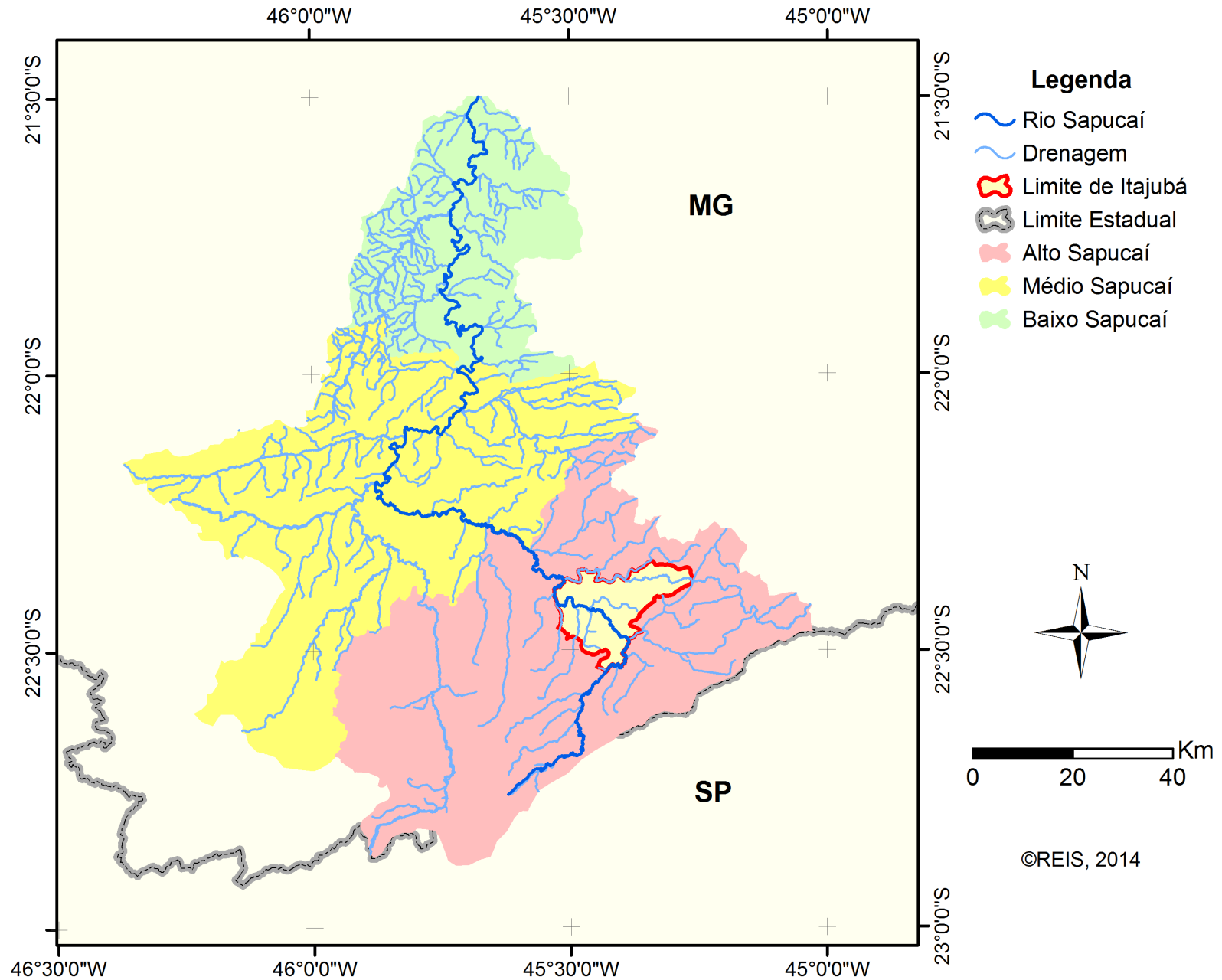
Utilização para **monitoramento de áreas susceptíveis a escorregamentos** (RODRIGUES, 2013; LOPES, NAMIKAWA e REIS, 2011; REIS, CORDEIRO e LOPES, 2011).

**Monitoramento e alertas com antecedência para eventos extremos com potencial de causar inundações** (REIS, SANTOS e LOPES, 2011).



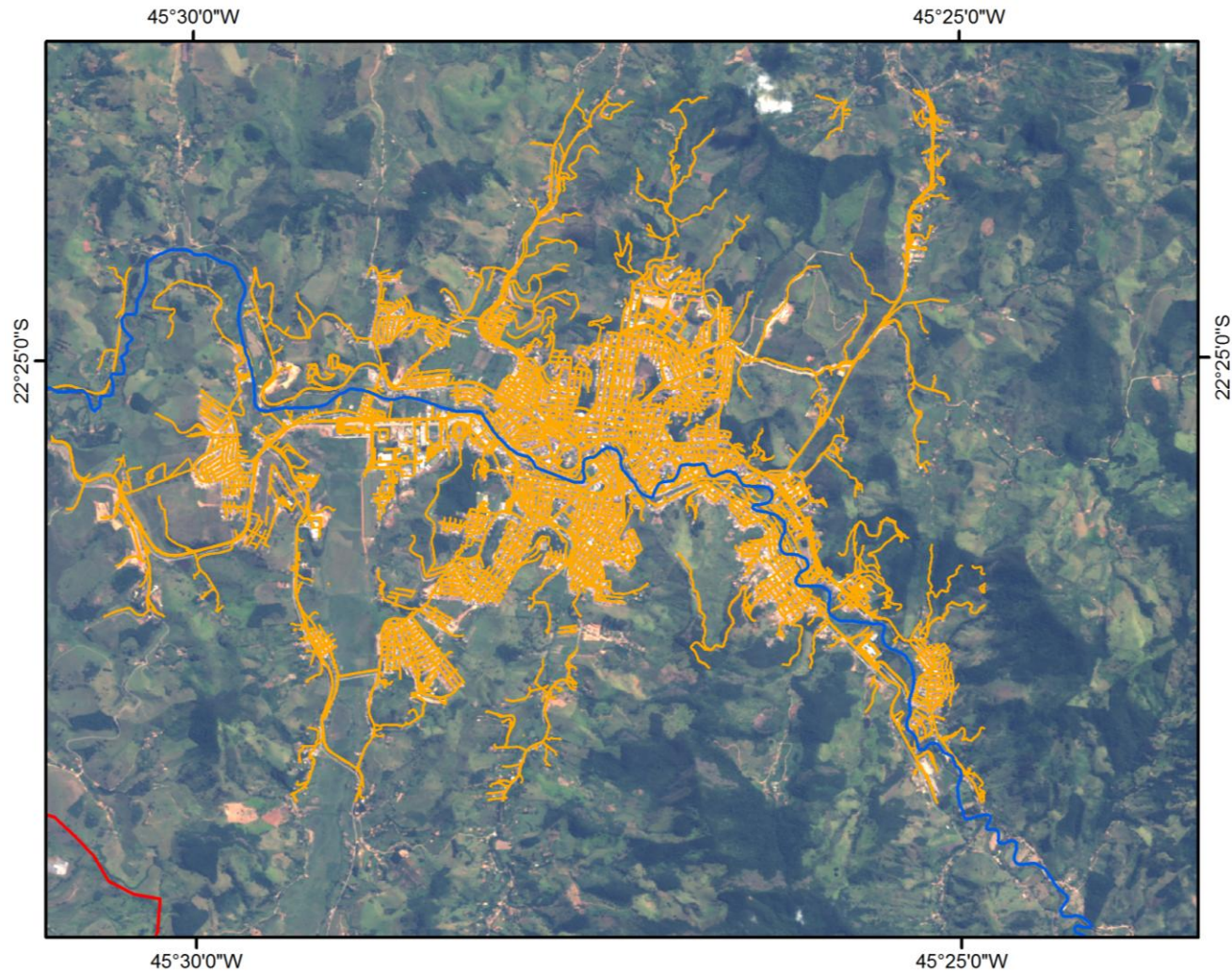
# Geotecnologia – TerraMA<sup>2</sup>








**Localização do município de Itajubá (MG)**

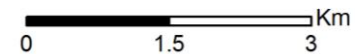
# O município de Itajubá



## Legenda

-  Rio Sapucaí
-  Ruas
-  Limite de Itajubá

Satélite: ALOS  
Composição: R(1) G(2) B(3)  
Data de aquisição: novembro de 2006

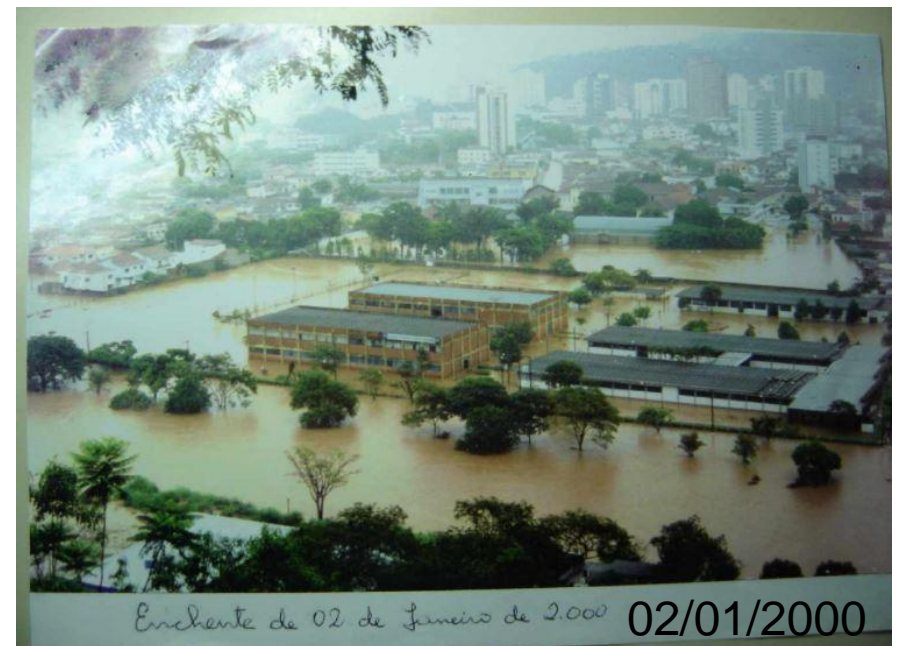


©REIS, 2014

**Rio Sapucaí cortando a área urbana de Itajubá (MG)**



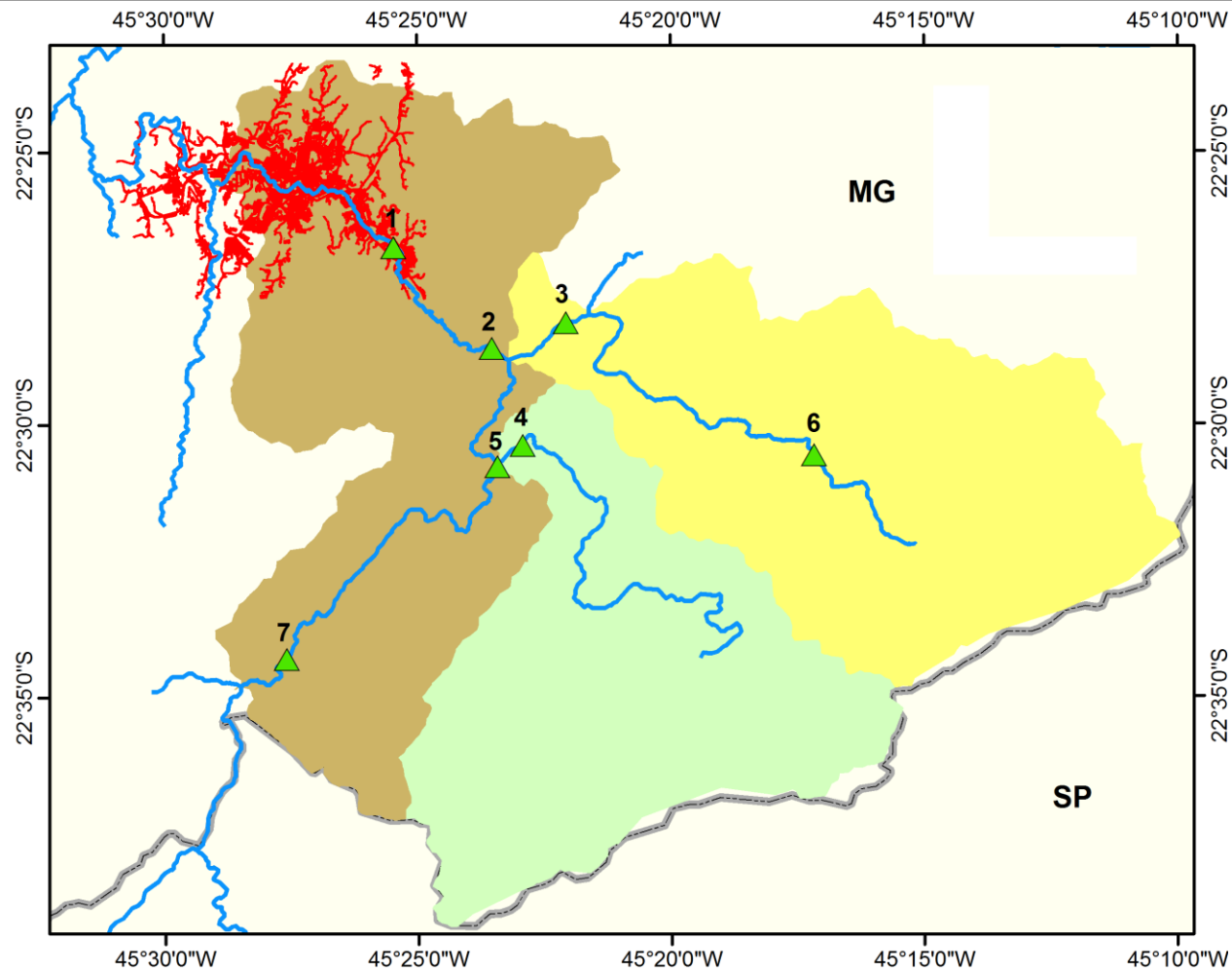
# O município de Itajubá



Para execução deste trabalho, utilizou-se dos seguintes recursos:

- ✓ Microsoft Office Excel® 2007;
- ✓ TerraHidro – Versão 0.3.3-x86;
- ✓ TerraMA<sup>2</sup> - Versão 3.0.2 para *Windows*;
- ✓ Base de dados hidrológicos;
- ✓ Dados de nível fluviométrico.

# Dados de nível fluviométrico



## Legenda

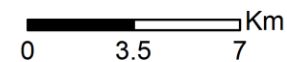
- Drenagem
- Ruas
- Estações
- Limite Estadual

### Divisão Bacias

- Bacia Sapucaí
- Subbacia Rio de Bicas
- Subbacia Rio Santo Antônio

### Nome das estações / Nome do rio

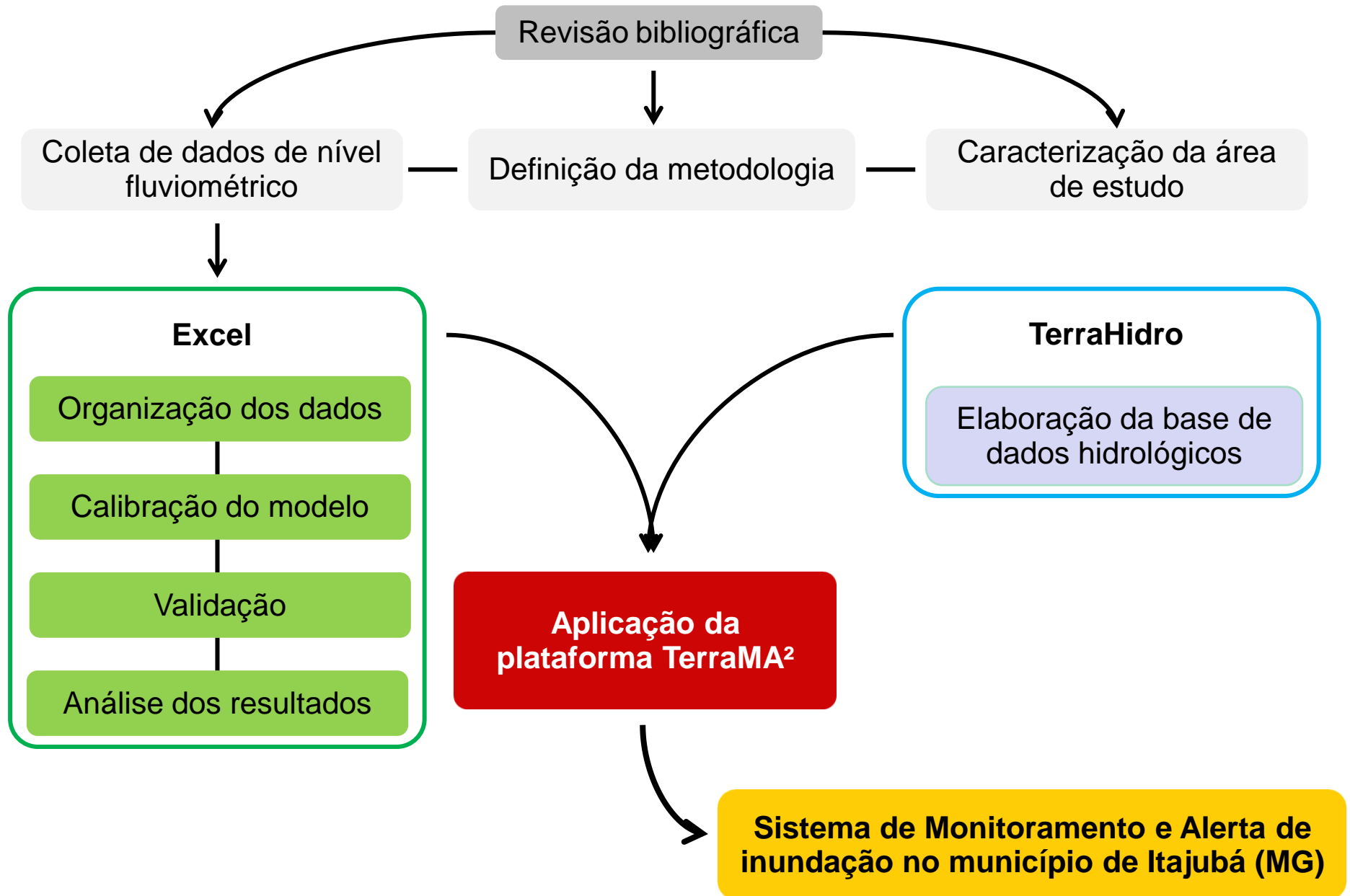
- 1 - Santa Rosa / Rio Sapucaí
- 2 - Cantagalo / Rio Sapucaí
- 3 - Água Limpa / Rio Santo Antônio
- 4 - Santana / Rio de Bicas
- 5 - São Pedro / Rio Sapucaí
- 6 - Delfim Moreira / Rio Santo Antônio
- 7 - Borges / Rio Sapucaí



©REIS, 2014

**Localização das estações de coleta de dados do SME.**

# Metodologia



# Organização da série temporal de nível fluviométrico

## Etapas:

1. Eliminação dos períodos com dados falhos de cada estação;
2. Separação das leituras com rodadas horárias;
3. Transformação de cota altimétrica em nível do rio;
4. Seleção das fases de ascensão do nível na estação Sta. Rosa;
5. Busca dos dados das outras seis estações a montante, defasados com 1 a 11 horas em relação à Sta. Rosa;
6. Construção de vetor único com todos os eventos selecionados para cada estação.

Data	Cota
07/01/2009 20.10	1195.52078
07/01/2009 20.20	1195.52078
07/01/2009 20.30	1195.52729
07/01/2009 20.40	1195.52729
07/01/2009 21.00	1195.52729
07/01/2009 21.10	1195.52468
07/01/2009 21.20	1195.53119
07/01/2009 21.30	1195.52729
07/01/2009 21.50	1195.52208
07/01/2009 22.00	1195.52468
07/01/2009 22.10	1195.52468
07/01/2009 22.20	1195.52859
07/01/2009 22.30	1195.52729
07/01/2009 22.40	1195.53119
07/01/2009 22.50	1195.52859
07/01/2009 23.00	1195.53379
07/01/2009 23.10	1195.52859



Data	Cota
07/01/2009 21.00	1195.52729
07/01/2009 22.00	1195.52468
07/01/2009 23.00	1195.53379

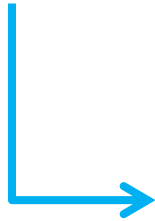


# Ajuste do modelo para previsão de nível

Aceitação da relação de **causa e efeito**.



Buscar variáveis explicativas



**Regressão polinomial**

$$Y(t+\text{Alcance}) = F[X(t)]$$



**Regressão cúbica**

$$Y(t+\text{Alcance}) = \beta_0 + \beta_1 X(t) + \beta_2 X^2(t) + \beta_3 X^3(t) + \varepsilon(t)$$

$$\text{NSR}(t+H) = A_0 + A_1 * \text{NX}(t) + A_2 * [\text{NX}(t)]^2 + A_3 * [\text{NX}(t)]^3$$

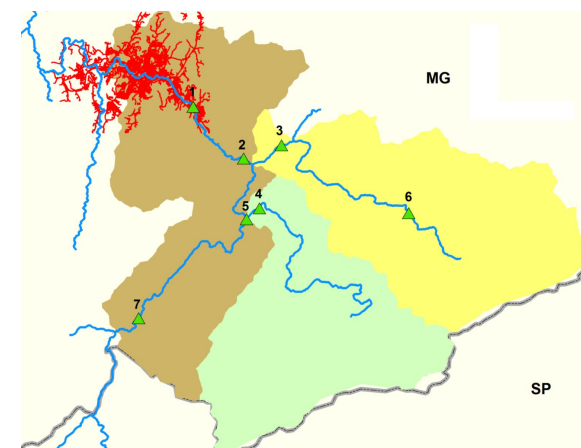


Identificar as melhores variáveis explicativas para o nível em SR.

# Ajuste do modelo para previsão de nível

Valores de  $R^2$  para definição das variáveis explicativas em relação a seção de controle.

Estações	Quantidade de horas defasadas em relação à Santa Rosa										
	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
<b>Água Limpa</b>	0,68	0,74	<b>0,78</b>	<b>0,79</b>	0,76	0,72	0,68	-	-	-	-
Borges	-	-	-	0,67	0,69	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	-
Cantagalo	0,89	0,86	0,81	0,74	-	-	-	-	-	-	-
Delfim Moreira	-	-	-	-	0,74	0,72	0,68	0,64	0,61	0,59	0,58
<b>Santana</b>	-	0,82	<b>0,86</b>	<b>0,87</b>	0,85	0,81	0,77	-	-	-	-
<b>São Pedro</b>	-	-	<b>0,88</b>	<b>0,86</b>	0,80	0,72	0,64	0,55	-	-	-



## Santa Rosa versus Água Limpa

Prev. 3h

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
<u>NSR(t+3h)</u>	0,819	0,816	0,839	0,195	0,2581
NAL(t)					1,6529
NAL <sup>2</sup> (t)					-0,241
NAL <sup>3</sup> (t)					0,0098

$$\text{NSR}(t+3h) = 0,2581 + 1,6529 * \text{NAL}(t) - 0,241 * [\text{NAL}(t)]^2 + 0,0098 * [\text{NAL}(t)]^3$$

Prev. 4h

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
<u>NSR(t+4h)</u>	0,82	0,817	0,833	0,194	0,2991
NAL(t)					1,7474
NAL <sup>2</sup> (t)					-0,3077
NAL <sup>3</sup> (t)					0,023

$$\text{NSR}(t+4h) = 0,2991 + 1,7474 * \text{NAL}(t) - 0,3077 * [\text{NAL}(t)]^2 + 0,023 * [\text{NAL}(t)]^3$$

## Santa Rosa versus Santana

Prev. 3h

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
<u>NSR(t+3h)</u>	0,846	0,847	0,825	0,136	0,5016
NS(t)					1,9573
NS <sup>2</sup> (t)					-0,2031
NS <sup>3</sup> (t)					-0,0004

$$\text{NSR}(t+3h) = 0,5016 + 1,9573 * \text{NS}(t) - 0,2031 * [\text{NS}(t)]^2 - 0,0004 * [\text{NS}(t)]^3$$

Prev. 4h

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
<u>NSR(t+4h)</u>	0,854	0,527	0,824	0,126	0,5381
NS(t)					2,0045
NS <sup>2</sup> (t)					-0,2080
NS <sup>3</sup> (t)					-0,0033

$$\text{NSR}(t+4h) = 0,5381 + 2,0045 * \text{NS}(t) - 0,2080 * [\text{NS}(t)]^2 - 0,0033 * [\text{NS}(t)]^3$$

## Santa Rosa versus São Pedro

Prev. 3h

	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
NSR(t+3h)	0,911	0,909	0,699	0,064	-0,9054
NSP(t)					1,868
NSP <sup>2</sup> (t)					-0,1823
NSP <sup>3</sup> (t)					-0,0068

$$\text{NSR}(t+3h) = -0,9054 + 1,868 * \text{NSP}(t) - 0,1823 * [\text{NSP}(t)]^2 - 0,0068 * [\text{NSP}(t)]^3$$

Prev. 4h

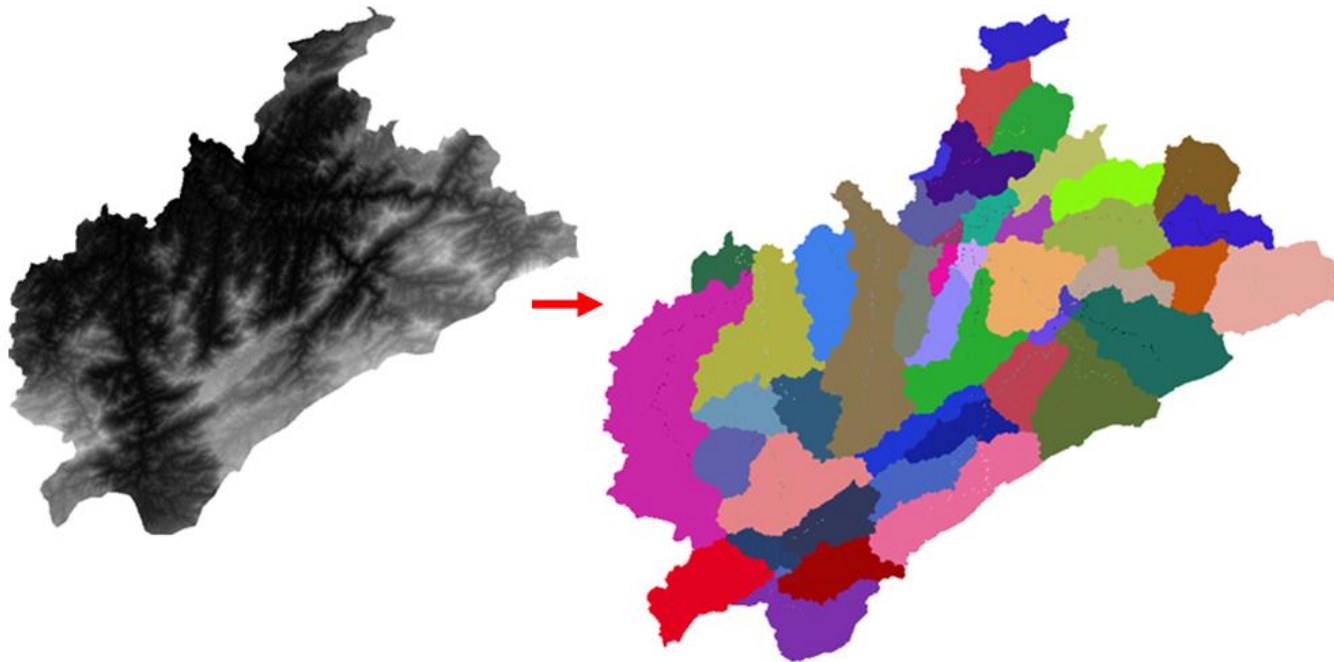
	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	MAD (m)	RMSE	Beta
NSR(t+4h)	0,892	0,89	0,689	0,078	-0,8146
NSP(t)					1,7982
NSP <sup>2</sup> (t)					-0,127
NSP <sup>3</sup> (t)					-0,0177

$$\text{NSR}(t+4h) = -0,8146 + 1,7982 * \text{NSP}(t) - 0,127 * [\text{NSP}(t)]^2 - 0,0177 * [\text{NSP}(t)]^3$$

# Elaboração da base de dados hidrológicos

Etapas para geração dos dados no TerraHidro:

1. Importação de recorte do MDE;
2. Geração dos fluxos locais;
3. Determinação da área de contribuição;
4. Extração da drenagem;
5. Segmentação da rede de drenagem;
6. Delimitação de bacias;
7. Transformação matriz  $\rightarrow$  vetor.





# Desenvolvimento do Sistema de Monitoramento e Alerta – TerraMA<sup>2</sup>

The screenshot displays the TerraMA² configuration window for the 'Analises' module. The interface is divided into several sections:

- Análises cadastradas:** A list of registered analyses. A red bracket highlights the first six items, which are prediction-based analyses for Santa Rosa. A red arrow points to 'Analises\_PCDs', which is the analysis being configured.
- Dados gerais:** General information for the selected analysis, including name ('Analises\_PCDs'), author ('João Bosco Coura dos Reis'), and institution ('Universidade Federal de Itajubá').
- Descrição:** A text area containing a description of the analysis: 'Análise baseada em nível fluviométrico. Monitoramento das seguintes estações: Delfim Moreira, Água Limpa, Borges, São Pedro, Santana, Cantagalo e Santa Rosa.'
- Estado:** Radio buttons for 'Ativa' (selected), 'Inativa', and 'Condicionada'.
- Balaceamento de carga:** A dropdown menu for 'Serviço associado' set to 'Instância 1'.
- PCD:** Configuration for the data source, with 'Fonte de tipo PCD' set to 'Nivel\_2013' and 'Vista dos alertas' set to 'Monitoramento'.
- Modelo de Análise:** A code editor containing a script that checks water levels and returns status codes: 0 for Normal, 1 for Observacao, and 3 for Alerta.

At the bottom right, there are 'Salvar' (Save) and 'Cancelar' (Cancel) buttons.

Análises de previsão

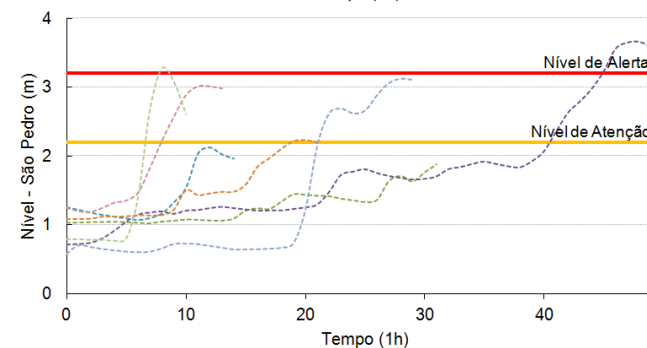
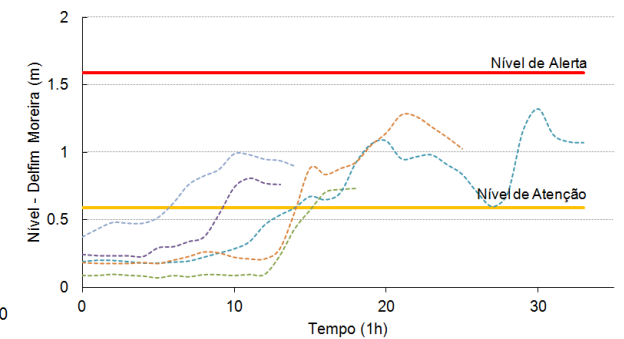
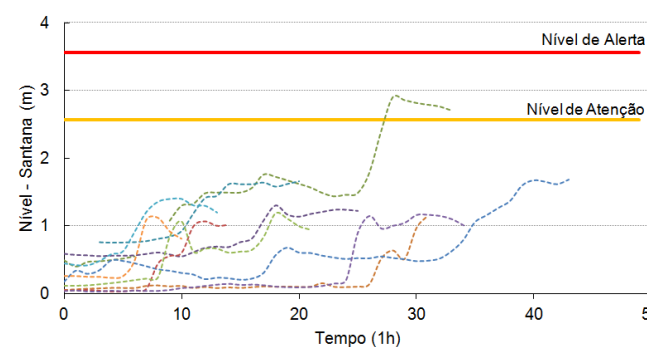
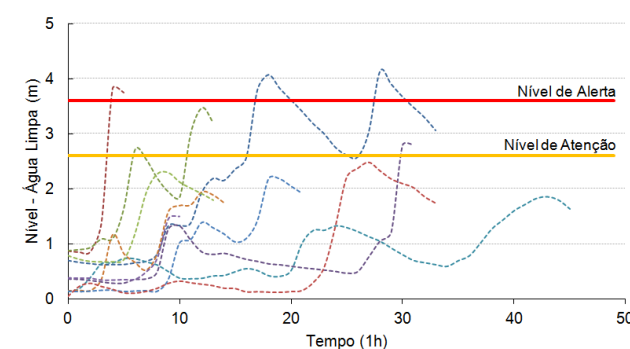
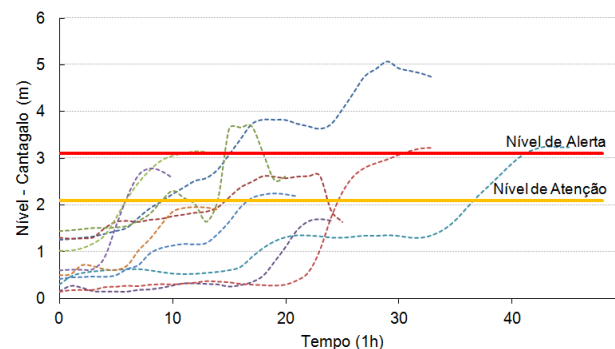
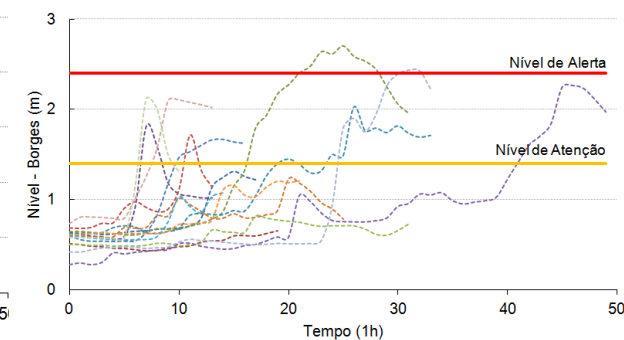
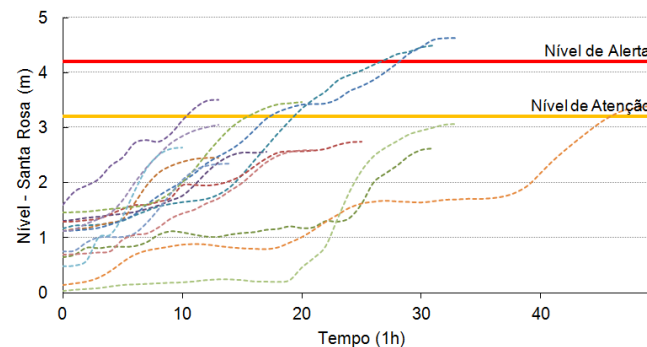
Análise de observação baseada em PCDs



# Resultados da organização dos dados de nível do rio

Número de eventos de cheia.

Estações	Nº de eventos
Santa Rosa	15
Delfim Moreira	5
Água Limpa	10
Borges	15
São Pedro	7
Santana	10
Cantagalo	10



# Validação e resultados do modelo de regressão polinomial

## Santa Rosa versus Água Limpa

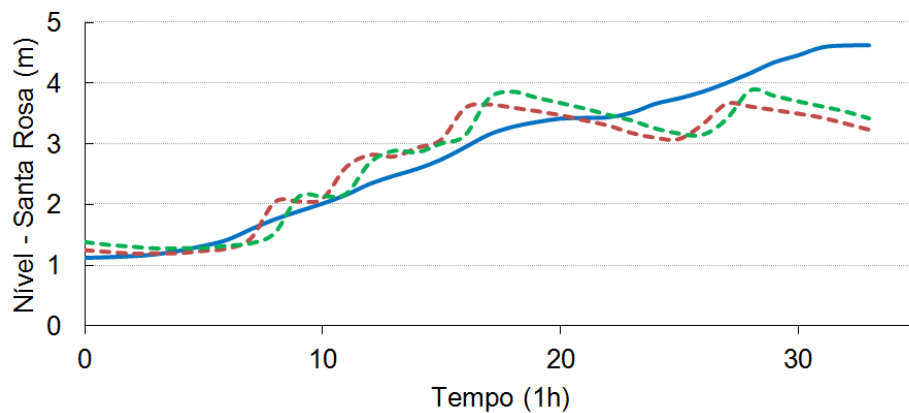
Resultados dos testes estatísticos: prev. 3h

	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,2873	0,9057	0,8439
<b>Evento 2</b>	0,0726	0,5474	0,8125
<b>Média</b>	0,1799	0,7265	0,8282

Resultados dos testes estatísticos: prev. 4h

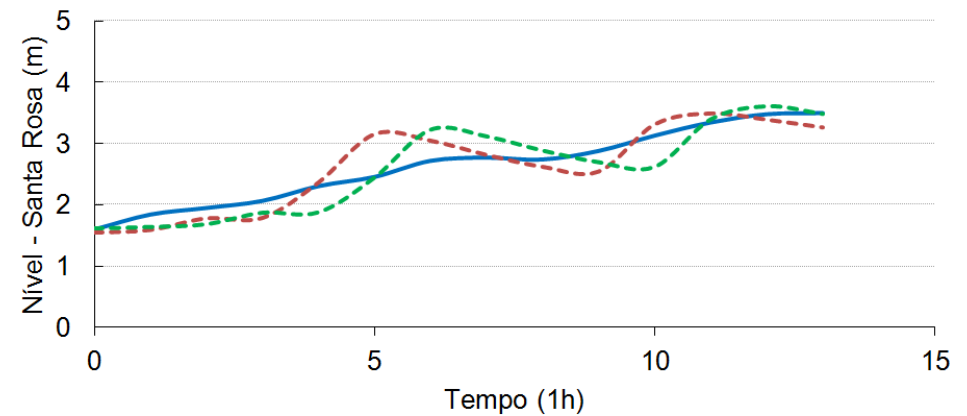
	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,2873	0,9372	0,8476
<b>Evento 2</b>	0,0759	0,5667	0,8619
<b>Média</b>	0,1816	0,752	0,8548

Evento 1



— Sta.Rosa    - - - Prev. 3h    - - - Prev. 4h

Evento 2



— Sta.Rosa    - - - Prev. 3h    - - - Prev. 4h

# Validação e resultados do modelo de regressão polinomial

## Santa Rosa versus Santana

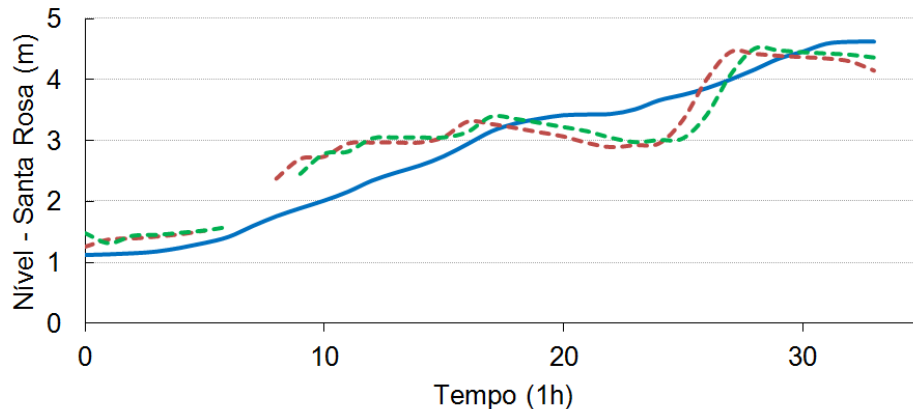
Resultados dos testes estatísticos: prev. 3h

	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,174	0,8767	0,8728
<b>Evento 2</b>	0,1172	0,6274	0,9009
<b>Média</b>	0,1456	0,752	0,8869

Resultados dos testes estatísticos: prev. 4h

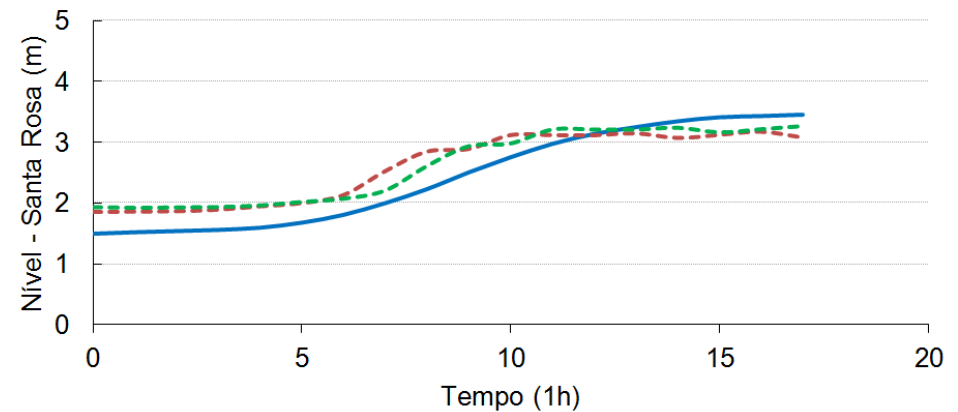
	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,1469	0,898	0,8982
<b>Evento 2</b>	0,0871	0,6384	0,9604
<b>Média</b>	0,117	0,7682	0,9293

Evento 1



— Sta.Rosa    - - - Prev. 3h    - - - Prev. 4h

Evento 2



— Sta.Rosa    - - - Prev. 3h    - - - Prev. 4h

# Validação e resultados do modelo de regressão polinomial

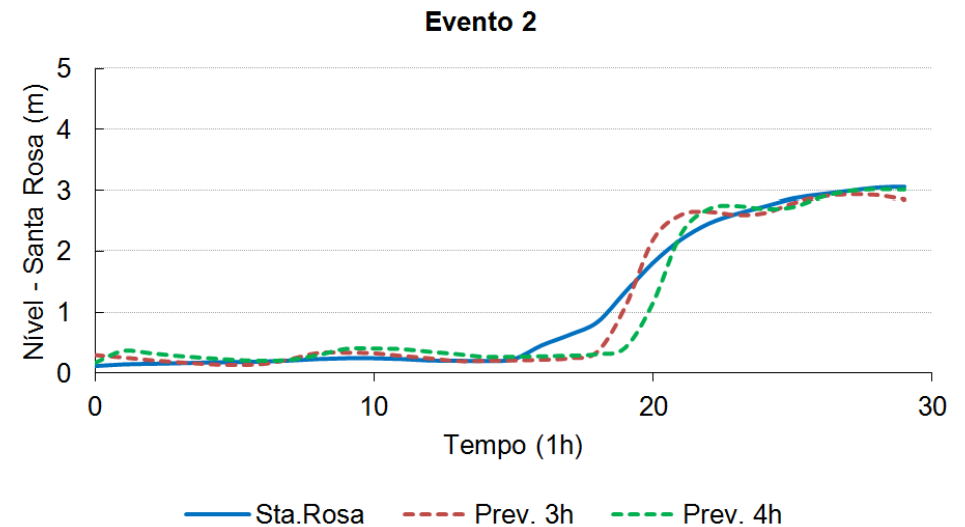
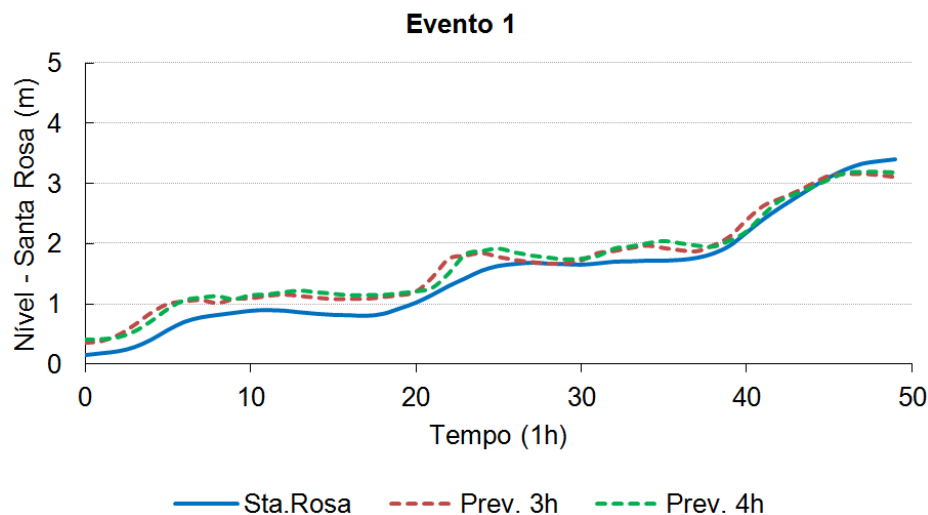
## Santa Rosa versus São Pedro

Resultados dos testes estatísticos: prev. 3h

	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,0569	0,663	0,9665
<b>Evento 2</b>	0,0336	1,073	0,9772
<b>Média</b>	0,0452	0,868	0,9719

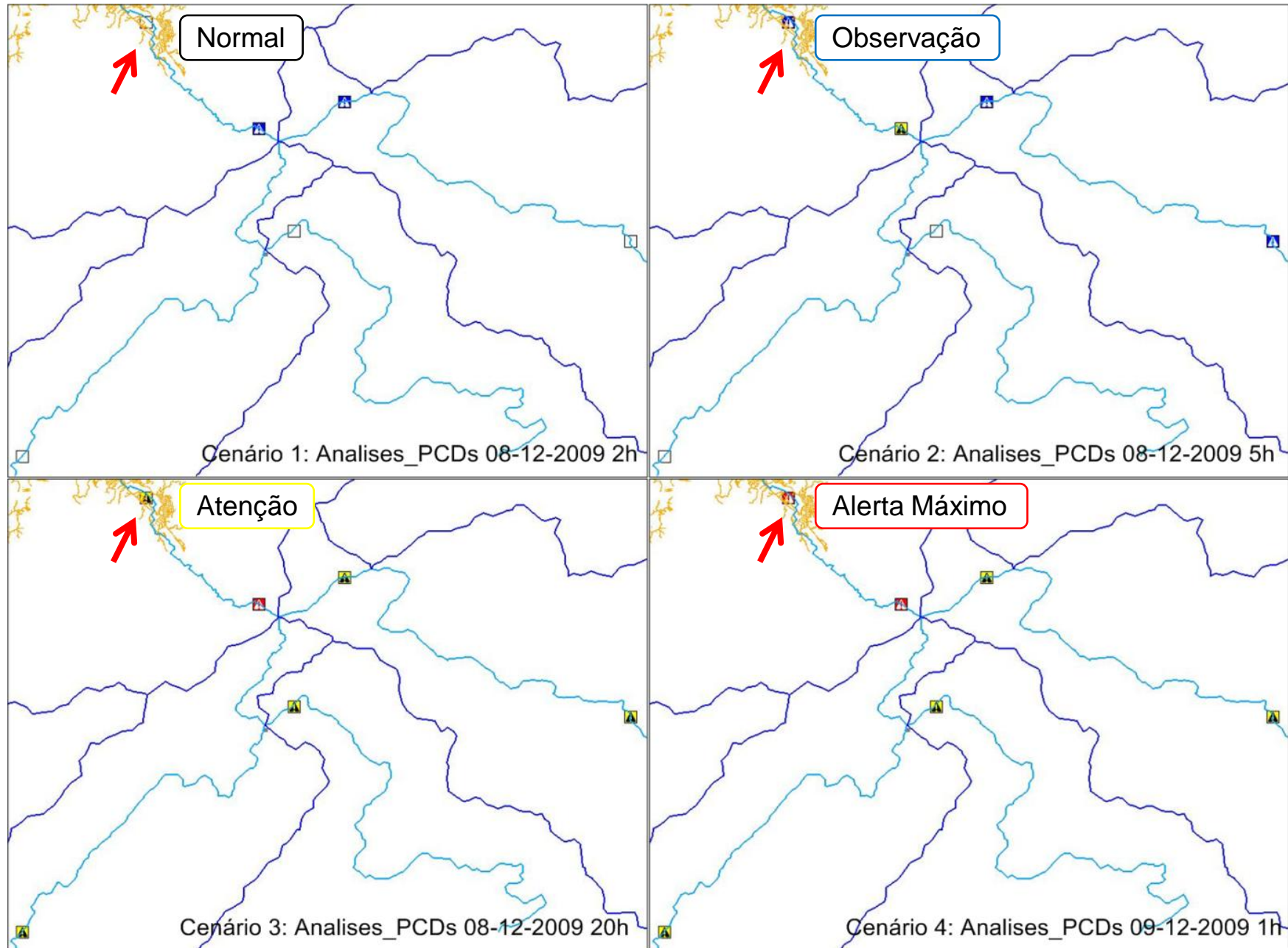
Resultados dos testes estatísticos: prev. 4h

	RMSE	MAD (m)	R <sup>2</sup>
<b>Evento 1</b>	0,0613	0,6651	0,9858
<b>Evento 2</b>	0,0676	1,0494	0,9582
<b>Média</b>	0,0644	0,8573	0,972



# Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações

Evolução dos alertas gerados pela execução do modelo de análise Analises\_PCDs





# Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações

## Analise\_SantaRosa(AguaLimpa\_prev4h)

The screenshot displays the 'Sistema de Monitoramento e Alerta de inundações em Itajubá (MG)' interface. The main map shows a topographic view with a river network. A red arrow points to a yellow area on the map, indicating a flood alert. The 'Camadas' (Layers) panel on the left shows the following structure:

- Mapa de fundo
  - Nenhum
  - OSM-WMS
  - Landsat
  - GEBCO
- Alertas
  - Analise\_SantaRosa(SaoPedro\_prev3h)
  - Analises\_PCDs (warnings)
  - Analise\_SantaRosa(SaoPedro\_prev4h)
  - Analise\_SantaRosa(Santana\_prev4h)
  - Analise\_SantaRosa(Santana\_prev3h)
  - Analise\_SantaRosa(AguaLimpa\_prev4h) (warnings) - Selected
  - Analise\_SantaRosa(AguaLimpa\_prev3h)
- Objeto Monitorado
- Mapas Adicionais
  - Limite\_Itajuba
  - Malha\_Urbana
  - Drenagem\_SME
  - Bacias\_SME
  - Estacoes
- Dados de Entrada
- Outras Camadas

The 'Dados' window is open, showing the following data for the selected layer:

Analise_SantaRosa(AguaLimpa_prev4h) (warnings)	
bufferdistance	0.002
x	456323.15
y	7517738.36
estacao	SANTA ROSA
rio	Sapucaí
base_nivel	839.63
atencao	843
alerta	844
vazante	839.8

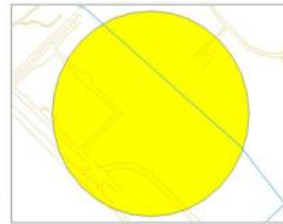
At the bottom of the interface, a legend indicates the alert levels: **Alerta Máximo** (red square), **Alerta** (yellow square), **Atenção** (light yellow square), and **Observação** (blue square). The bottom right corner shows coordinates: -45.46033, -22.44076.

# Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações

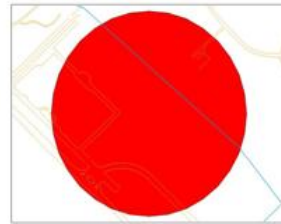
## Analise\_SantaRosa(Santana\_prev4h)



07-12-2009 22h



08-12-2009 6h



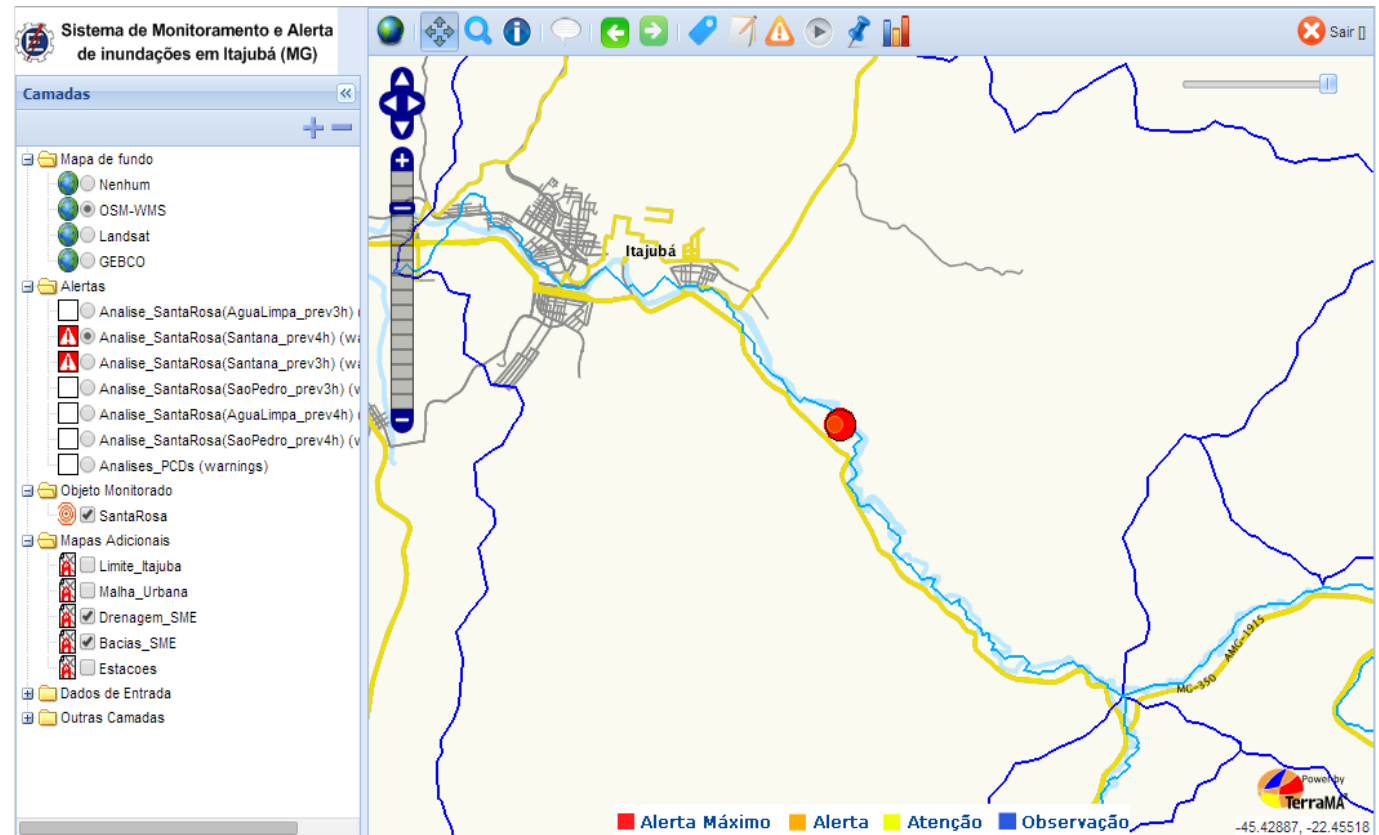
08-12-2009 17h

Previsto para:

08-12-2009 2h

08-12-2009 10h

08-12-2009 21h



Módulo de apresentação web

# CONCLUSÕES

✓ Para um efetivo controle de inundações em áreas urbanizadas, é preciso envolver um conjunto de ações e medidas, tanto estruturais, como não estruturais.



# CONCLUSÕES

- ✓ Para um efetivo controle de inundações em áreas urbanizadas, é preciso envolver um conjunto de ações e medidas, tanto estruturais, como não estruturais.
- ✓ Os resultados encontrados demonstram a característica do modelo adotado, que é de gerar uma previsão média de crescimento de nível do rio.

# CONCLUSÕES

- ✓ Para um efetivo controle de inundações em áreas urbanizadas, é preciso envolver um conjunto de ações e medidas, tanto estruturais, como não estruturais.
- ✓ Os resultados encontrados demonstram a característica do modelo adotado, que é de gerar uma previsão média de crescimento de nível do rio.
- ✓ Modelo para previsão de nível não é tão eficiente e confiável quanto um modelo para previsão de vazão.

# CONCLUSÕES

- ✓ Para um efetivo controle de inundações em áreas urbanizadas, é preciso envolver um conjunto de ações e medidas, tanto estruturais, como não estruturais.
- ✓ Os resultados encontrados demonstram a característica do modelo adotado, que é de gerar uma previsão média de crescimento de nível do rio.
- ✓ Modelo para previsão de nível não é tão eficiente e confiável quanto um modelo para previsão de vazão.
- ✓ O **TerraMA<sup>2</sup>** cumpre as necessidades gerais para construção de sistemas de monitoramento e alerta.

# CONCLUSÕES

✓ **TerraHidro** apresentou bons resultados, otimizando o trabalho de geração da rede de drenagem e delimitação de bacias.

# CONCLUSÕES

- ✓ **TerraHidro** apresentou bons resultados, otimizando o trabalho de geração da rede de drenagem e delimitação de bacias.
- ✓ Uso de métodos de correção por resíduos, combinação de especialistas locais e as Redes Neurais Artificiais (RNA).

# CONCLUSÕES

- ✓ **TerraHidro** apresentou bons resultados, otimizando o trabalho de geração da rede de drenagem e delimitação de bacias.
- ✓ Uso de métodos de correção por resíduos, combinação de especialistas locais e as Redes Neurais Artificiais (RNA).
- ✓ Utilização de sensoriamento remoto aplicado à hidrologia.

# CONCLUSÕES

- ✓ **TerraHidro** apresentou bons resultados, otimizando o trabalho de geração da rede de drenagem e delimitação de bacias.
- ✓ Uso de métodos de correção por resíduos, combinação de especialistas locais e as Redes Neurais Artificiais (RNA).
- ✓ Utilização de sensoriamento remoto aplicado à hidrologia.
- ✓ Buscar formas para prever eventos de inundações com uma maior confiabilidade, mas que, ao mesmo tempo, sejam capazes de serem aplicados e implementados em outras bacias hidrográficas pelo País.

# REFERÊNCIAS

CASTILHO, A. S.; OLIVEIRA, L. M. Previsão Hidrológica de Vazões para a cidade de Governador Valadares utilizando modelo linear de propagação. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2001, Aracaju. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** - ABRH, 2001.

FERREIRA, E. R.; ECHKARDT, R. R.; HAETINGER, C.; BOTH, G.; SILVA, J. F. E.; DIEDRICH, V. L.; AZAMBUJA, J. L. F. Sistema de Previsão de Alerta de Enchentes da Região do Vale do Taquari - RS - Brasil. In: II Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos, 2007, Santos. **Anais II Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais e Tecnológicos.**, 2007.

GIGLIO, J. N.; KOBIYAMA, M. Uso de registros históricos para análise de inundações: estudo de caso do município de Rio Negrinho. In XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos - Maceió: ABRH, **Anais**, 17p., 2011.

GUHA-SAPIR, D.; VOS F.; BELOW R.; PONSERRE S. **Annual Disaster Statistical Review 2011: The Numbers and Trends**. Brussels: CRED; 2012.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Terra Monitoramento Análise e Alerta – TerraMA<sup>2</sup>**. 2012. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terrama2/>>. Acesso em: fev. 2014.

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; SAGARA, F.T.; MINELLA, J.P.G.; ZILIOOTTO, M.A.B. Monitoramento e modelagem de uma pequena bacia hidrográfica experimental no município de general Carneiro - PR, Brasil. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracajú, 2001: ABRH, **Anais**, 2001



# REFERÊNCIAS

KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M.; **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading , 2006. 109p. p 30-47

LIH – Laboratório de Informações Hídricas. **Sistema de Monitoramento de Enchentes**. Disponível em: <<http://www.enchentes.unifei.edu.br/>> Acesso em: fev. 2014.

LOPES, E. S. S.; MAGINA, F. C.; ALVES, M. L. Sistema automático de alerta da qualidade da água do rio Paraíba do Sul - uma aplicação do SISMADEN. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba - PR. **Anais II SBSR.**, 2011.

LOPES, E. S. S.; NAMIKAWA, L. M.; REIS, J. B. C. **Risco de escorregamento: monitoramento e alerta de áreas urbanas nos municípios no entorno de Angra dos Reis - Rio de Janeiro**. In: 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2011, São Paulo. Anais. 2011.

MILLY, P.C.D.; WETHERALD, R.T.; DUNNE, K.A.; DELWORTH, T.L. Increasing risk of great floods in a changing climate. 2002. Nature 415:514–517

MINISTÉRIO DAS CIDADES, INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos de encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

# REFERÊNCIAS

OLIVO, A. A. **Modelos matemáticos para a previsão de cheias fluviais**. 2004. 151 p. Tese de Doutorado. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos. 2004.

PINHEIRO, V. M. 2005. **Avaliação Técnica e Histórica das Enchentes em Itajubá – MG**. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia, UNIFEI. Concluída em 2005.

PRIEST, S. J., PARKER, D. J., TAPSELL, S. M. Modelling the potential damage-reducing benefits of flood warnings using European Cases. **Environmental Hazards: Human and Policy Dimensions**. London, UK. v. 10, issue 2, p. 101-120. 2011. ISSN: 1747-7891.

REIS, J. B. C.; CORDEIRO, T. L.; LOPES, E. S. S. **Utilização do Sistema de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais aplicado a situações de escorregamento - caso de Angra dos Reis**. In: 14° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2011, Dourados, MS. Anais. 2011.

REIS, J. B. C.; SANTOS, T. B.; LOPES, E. S. S. **Monitoramento em tempo real de eventos extremos na Região Metropolitana de São Paulo – uma aplicação com o SISMA DEN**. In: 14° SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2011, Dourados, MS. Anais. 2011.

RENNÓ, C. D.; SOARES, V. J. **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental**. Relatório Técnico Parcial "Métodos, modelos e geoinformação para a gestão ambiental". [Brasília]: Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

# REFERÊNCIAS

RODRIGUES, S. C. **Mapeamento de suscetibilidade a escorregamentos de Nova Friburgo-RJ por meio de inferência fuzzy e elaboração de cenários de alerta com uso do TerraMA2.** Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto - INPE, 2013.

STEFFEN, W.; *et al.* **Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure.** Springer. Germany, 2005 . p. 336. ISBN-10 3-540-26594-5.

TUCCI, C. E. M (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3<sup>o</sup> ed. – Porto Alegre: Editora da UFRGS / ABRH, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade, 1998.

UN-ISDR - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **Living with Risk: a global review of disaster reduction initiatives.** Inter-Agency Secretariat International Strategy for Disaster Reduction (ISDR), Genebra, Suíça, 2004. Disponível em: <http://www.unisdr.org>. Acesso em: fev. 2014.

# Agradeço!

João dos Reis / [joaodosreis89@gmail.com](mailto:joaodosreis89@gmail.com)