

# ALERTA DE DESLIZAMENTO DE TERRA UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Caroline Oriollo<sup>1</sup> Charles P. Alcantara<sup>2</sup>  
Marjorie N. Tofetti<sup>3</sup> Sergio Vicente Denser Pamboukian<sup>4</sup>

## Resumo

“ Os deslizamentos de terra são os desastres naturais que mais causam prejuízos socioeconômicos. Eles não podem ser evitados, porém, é possível fazer previsões e emitir alertas dos riscos iminentes à população. Este trabalho tem como principal propósito avaliar a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) no alerta de riscos de deslizamentos, possibilitando uma abordagem inovadora na minimização dos danos e prejuízos decorrentes. O *software* SIG utilizado neste trabalho é o TerraMA<sup>2</sup>, que faz o mapeamento da área de estudo a partir de dados hidrometeorológicos coletados em tempo real e, através de uma linguagem computacional, estabelece níveis de alertas para cada região analisada. Através de um estudo de caso, mostra-se a eficiência deste sistema no monitoramento e alerta de desastres naturais. ”

*Palavras-chave* » deslizamentos de terra; sistema de informação geográfica; TerraMA<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> E-mail: [ca.oriollo@gmail.com](mailto:ca.oriollo@gmail.com).

<sup>2</sup> E-mail: [charles.alcantara@hotmail.com](mailto:charles.alcantara@hotmail.com).

<sup>3</sup> E-mail: [marjorie.tofetti@hotmail.com](mailto:marjorie.tofetti@hotmail.com).

<sup>4</sup> E-mail: [sergio.pamboukian@mackenzie.br](mailto:sergio.pamboukian@mackenzie.br).

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Marcelino (2007), as geotecnologias são as principais ferramentas para o gerenciamento de desastres naturais, representadas especialmente pelos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e pelo Sensoriamento Remoto. Através delas podem ser coletadas, armazenadas e analisadas grandes quantidades de dados, os quais seriam praticamente inviáveis de ser tratados através de métodos analógicos e/ou tradicionais.

Utilizando essas ferramentas é possível produzir análises praticamente instantâneas e com custo relativamente baixo, combinando dados espaciais de diversas fontes, a fim de analisar as interações existentes entre as variáveis, elaborar modelos preventivos e dar suporte às tomadas de decisões (BOHAM-CARTER, 1996).

O *software* TerraMA<sup>2</sup> (*Terra Modeling, Analysis and Alert*), disponibilizado gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), utiliza dados hidrometeorológicos obtidos de servidores remotos, em tempo real, para verificar a existência de situações de risco na área de estudo. Neste sistema também podem ser considerados fatores relacionados à geomorfologia, geologia e atividades antrópicas, por exemplo. Para cada situação de risco detectada, um alerta é criado e os usuários do sistema são notificados por e-mail e/ou celular. O sistema permite também o acompanhamento instantâneo, através de uma aplicação web, dos mapas de risco gerados.

O objetivo deste artigo é avaliar a contribuição dos Sistemas de Informação Geográfica, em particular do TerraMA<sup>2</sup>, como uma solução inovadora para o alerta de deslizamentos de terra, que são os desastres naturais que mais ocorrem no Brasil. O trabalho inclui um estudo de caso que analisa os acontecimentos ocorridos em Angra dos Reis em 2009/2010, que provocaram diversas mortes e desalojamentos, e mostra como o uso deste sistema poderia ter sido útil.

## 2 DESASTRES NATURAIS

Os desastres são conceituados como resultado de eventos adversos que causam grandes impactos na sociedade, sendo distinguidos, principalmente, em função de sua origem, isto é, da natureza do fenômeno que o desencadeia (TOBIN; MONTZ, 1997).

Segundo Ayres (2010), se um evento atinge um sistema humano, ultrapassando a capacidade de resposta de um determinado local, trazendo, desta maneira, em forma de danos e prejuízos, efeitos ao sistema social, é considerado um desastre natural.

### 2.1 Deslizamentos de massa

Os desastres naturais podem ser classificados em: inundação, deslizamento de massa, tempestade, seca, temperatura extrema, incêndio florestal, vulcanismo, terremoto e ressaca. O foco deste trabalho é o deslizamento de massa.

De acordo com Kobiyama (2006) e Santos (2007), o deslizamento se caracteriza pelo movimento vertical de um conjunto de massa devido à influência direta da gravidade.

Os deslizamentos de massa nas últimas décadas vêm aumentando bastante, sobretudo nos fundos de vale em centros urbanos, muito sujeitos a inundações e solapamentos. No entanto, mesmo em áreas de vegetação natural isto também tem ocorrido, como no caso de Ilha Grande, em Angra dos Reis, no Réveillon de 2009/2010. O evento aconteceu, possivelmente, pela grande quantidade de água precipitada, somada ao uso e ocupação do solo (AYRES, 2010).

Com a urbanização intensa e desregulada, áreas com declividades críticas têm grandes possibilidades de deslizamento de terra, principalmente quando são somadas com grande intensidade pluviométrica. A população que não ocupa local correto e regularizado de moradia fica vulnerável a esses desastres, pois está em áreas de risco.

As regiões de serra são as que mais se destacam na frequência de deslizamentos de massa. Estes deslizamentos estão relacionados ao total pluviométrico incidente, mas a ocorrência de dias consecutivos de chuva é o que mais gera esses acidentes geológicos (SANTOS, 2007; ROSA FILHO; CORTEZ, 2008).

A principal razão de ocorrência é o “encharcamento” do solo. Esse fenômeno diminui a pressão neutra e aumenta o peso e a ação da gravidade do solo. Já os deslizamentos de massa rochosa podem ser deflagrados por chuvas concentradas em curtos períodos de tempo. Isso ocorre em função da pressão exercida pela água em descontinuidades existentes nas rochas (SANTOS, 2007).

## 2.2 Sistemas de Informação Geográfica

De acordo com Tominaga (2009), com o uso de SIGs a partir da década de 90, o estudo para descobrir e identificar áreas instáveis teve um grande desenvolvimento. O mapeamento e o cadastro das áreas de risco permitem identificar o potencial de ocorrência em uma área ou região de processos que podem ser causadores de desastres naturais e, desta forma, podem contribuir para o adequado planejamento do uso e da ocupação do solo para reduzir as consequências ocasionadas pelos desastres naturais.

Sobral, Freitas e Andrade (2010) salientam que a utilização dos SIGs é uma forma de alerta para a prevenção de desastres, constituindo-se em importantes ferramentas para a criação de mapas de risco e vulnerabilidades para diferentes tipos de eventos.

De acordo com Carvalho e Galvão (2006), os principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil são os deslizamentos de encostas e as inundações, que estão associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados. Apesar das inundações serem os fenômenos que produzem as maiores perdas econômicas e os impactos mais significativos na saúde pública, são os deslizamentos que geram o maior número de mortes.

Barbosa, Oliveira e Alves (2011) realizaram um estudo sobre as ferramentas SIG que pudessem atender às necessidades de mapeamento e cadastro das áreas consideradas de risco. Foram utilizadas as ferramentas TerraSIG e TerraView (desenvolvidas pelo INPE) para realizar o processo de vetorização das áreas atingidas (quadras, rios e ruas). Assim, foi possível estabelecer áreas impróprias para moradia, tanto nas regiões consideradas inundáveis quanto nas áreas de risco. A ferramenta SIG utilizada permitiu um estudo profundo da ocupação do solo e o desenvolvimento de projetos de melhorias e de recuperação das áreas de estudo.

No estudo feito por Souza *et al.* (2011), utilizando diversos *softwares*, como TerraView, TerraSIG e PostgreSQL, foi possível estabelecer áreas impróprias para moradia, tanto nas regiões consideradas inundáveis quanto nas áreas de risco. As ferramentas SIG utilizadas permitiram realizar um estudo de ocupação do solo e desenvolver projetos de melhorias e recuperação de áreas. Tal estudo discute, ainda, como a disseminação do uso de SIGs tem sido um dos mecanismos para o mapeamento, armazenamento, recuperação e transformação de dados espaciais, na busca de identificar ocorrências em uma área ou região de processos que podem ser causadores de desastres naturais.

## 3 O SOFTWARE TerraMA<sup>2</sup>

O TerraMA<sup>2</sup> (*Terra Modeling, Analysis and Alert*) é um sistema operacional desenvolvido pelo INPE com o objetivo de monitorar o risco de ocorrência de desastres naturais em uma determinada área mapeada e gerar alertas aos usuários do sistema em situações de risco iminente. O sistema utiliza dados estáticos (geomorfológicos, por exemplo) e dados dinâmicos obtidos em tempo real a partir de servidores remotos (dados de observação e de previsão de precipitações, por exemplo). A partir destes dados são realizadas diversas análises para a área de estudo, identificando para cada região (município, por exemplo) o grau de risco existente. Caso uma região seja considerada em risco, o TerraMA<sup>2</sup> possui uma interface que emite um alerta e envia mensagens para seus usuários, possibilitando uma tomada de ação em tempo hábil para minimizar eventuais danos decorrentes de desastres naturais.

### 3.1 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do sistema TerraMA<sup>2</sup> segue o conceito de *Service Oriented Architecture* (SOA), que aplica a utilização de serviços (unidades de trabalho independentes, que atendem a uma ou mais solicitações e retornam um ou mais resultados) e módulos (processos independentes que exportam serviços). Os principais serviços são os de coleta de dados, de análise e de notificação. As informações coletadas são armazenadas em um Banco de Dados Geográfico (PostgreSQL, por exemplo), e os mapas de risco são gerados a partir do *software* TerraView, também do INPE. Uma visão geral do sistema pode ser observada na Figura 1.

Para o correto funcionamento do TerraMA<sup>2</sup>, algumas dependências precisam ser instaladas. São elas: Servidor de Banco de Dados PostgreSQL, Servidor Http Apache, Java 7, Apache Web Java Tomcat, TerraView e Servidor WEB TerraOGC. O TerraMA<sup>2</sup> e todas as suas dependências são gratuitos.



### 3.4 Análises

No TerraMA2, análises baseadas em objetos monitorados são as mais utilizadas, embora possam ser utilizados também modelos matemáticos específicos. Um objeto monitorado é um plano de informações contendo polígonos que representam as regiões a serem analisadas dentro da área de estudo.

As análises podem ser elaboradas utilizando dados hidrometeorológicos de várias fontes externas, bem como fatores geomorfológicos, como declividade do terreno; volume de material sólido; inclinação dos canais de drenagem; fatores geológicos, como solos residuais espessos; depósitos coluvionares e de tálus; aluviões e terraços aluvionares; depósitos vulcanoclásticos; solos tectonicamente ativos (sismos); e atividades antrópicas, como desmatamento, erros de má drenagem, vibrações induzidas pelo uso de explosivos, construção de rodovias, pedreiras e ocupação desordenada de encostas.

Quando o usuário utiliza a análise baseada em objetos monitorados, deve fornecer uma regra para cada conjunto de polígonos, para que se possa analisar e definir o estado de alerta da área estudada (INPE, 2012).

Uma regra de análise é composta por comparações entre atributos contidos nos polígonos da área de risco com valores obtidos dos servidores de dados (grades ou pontuais) para aquela área, definindo estados de alerta.

Análises baseadas em objetos monitorados são compostas por: um mapa de objetos monitorados, contendo polígonos que definem as regiões de risco a serem analisadas; diversos planos de informação que serão cruzados com o mapa de objetos; e uma função escrita em linguagem Lua para definir como o cruzamento de dados será feito para identificação do risco associado a cada área (INPE, 2012).

### 3.5 Linguagem Lua

Segundo PUC-RJ (2013), “Lua combina sintaxe simples para programação procedural com poderosas construções para descrição de dados baseadas em tabelas associativas e semântica extensível. Lua é tipada dinamicamente, é interpretada a partir de bytecodes para uma máquina virtual baseada em registradores, e tem gerenciamento automático de

memória com coleta de lixo incremental. Essas características fazem de Lua uma linguagem ideal para configuração, automação (*scripting*) e prototipagem rápida”.

Na Figura 2 pode-se ver um exemplo de análise feita em linguagem Lua, que utiliza a precipitação histórica das últimas 24 horas fornecida pelo hidroestimador e a previsão para as próximas 12 horas fornecida pelo modelo ETA com grade de 5 km x 5 km.

Neste exemplo, a variável “chuva total” é a soma da variável precipitação histórica (“max\_prec”) acusada pelo hidroestimador com a variável previsão de precipitação pelo modelo ETA de 5 km (“prev24h”). Também no exemplo, verifica-se que o valor da variável “chuva total” é analisado de acordo com cinco intervalos pré-definidos para identificar o nível de alerta.

O código da Figura 2 será executado para todos os polígonos (regiões) da área de estudo, e para cada um deles, irá gerar um nível de alerta diferente.

```
local max_prec = prec_historico_grid('hidro', 24) or 0
local prev24h = maximo_eta('eta5km', 12)
if max_prec == nil then
    max_prec = 0
end
if prev24h == nil then
    prev24h = 0
end
local chuvaTotal = (max_prec + prev24h) * risco
if chuvaTotal == nil or chuvaTotal < 50 then
    return 0
elseif chuvaTotal < 100 then
    return 1
elseif chuvaTotal < 120 then
    return 2
elseif chuvaTotal < 140 then
    return 3
else
    return 4
end
```

FIGURA 2 • Modelo de Análise em Linguagem LUA - Fonte: INPE (2012)

## 4 ESTUDO DE CASO - ANGRA DOS REIS 2009-2010

Na madrugada do Réveillon de 2009 para 2010, fortes chuvas foram responsáveis por

deslizamentos de terra em encostas habitadas de Angra dos Reis (Figura 3), provocando a morte de 52 pessoas e deixando outras tantas desabrigadas. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em 24 horas, foram registrados 142,9 mm de precipitação acumulada, valor comumente encontrado nos registros de precipitação acumulada no período de um mês.

Neste estudo de caso foram utilizados os dados de estimativa e previsão de chuva coletados de servidores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) entre os dias 31 de dezembro de 2009 e 1º de janeiro de 2010, na região de Angra dos Reis, para demonstrar como um sistema para monitoramento e alerta de desastres naturais poderia ter ajudado na previsão deste evento.



**FIGURA 3 • Região de Angra dos Reis e Ilha Grande. Pousada Sankay (laranja) e Morro da Carioca (roxo), ambos com vítimas fatais devido a deslizamentos - Fonte: INPE (2012)**

Embora o sistema permita a utilização de informações referentes a fatores geomorfológicos, fatores geológicos e atividades antrópicas, estes não foram considerados neste estudo de caso.

Na literatura já existem alguns estudos sobre este evento ocorrido no Réveillon de 2009 para 2010 na região de Angra dos Reis, inclusive alguns que utilizam o TerraMA2 como ferramenta de análise. Porém, o enfoque deste trabalho é inédito, pois utiliza como método de análise o estudo feito por Soares (2006) em sua Dissertação de Mestrado especificamente para Angra dos Reis.

#### 4.1 Relação entre precipitações e deslizamentos em Angra dos Reis

O estudo de Soares (2006) caracterizou as chuvas incidentes no município de Angra dos Reis e relacionou essas chuvas com a ocorrência de deslizamentos. Em seu estudo, Soares (2006) utilizou uma correlação entre a intensidade das precipitações, através de séries históricas de dados, com registros de deslizamento, analisando diversas linhas de tendência de deslizamentos. Soares (2006) constatou que a curva que melhor define a precipitação crítica para deslizamentos é a representada na Equação 2.

$$P_{Ac24h} = 158,22e^{-0,0141(P2d)} \quad (2)$$

Sendo:

$P_{Ac24h}$  = Precipitação acumulada-crítica de 24 horas para indução de deslizamentos (mm);

$P2D$  = Precipitação acumulada de dois dias anteriores ao deslizamento (mm).

Analisando a curva de tendência da Equação 2, Soares (2006) constatou que valores acumulados a partir de 75 mm em 24 horas podem oferecer riscos de deslizamentos.

No intuito de associar a precipitação acumulada de 24 horas com a previsão de 24 horas, Soares (2006) estabeleceu um coeficiente adimensional que expressa a relação entre precipitação e deslizamentos, o Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos (CPD), representado pela Equação 3.

$$CPD = \frac{P_{prev24h}}{P_{Ac24h}} \quad (3)$$

Sendo:

CPD = Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos;

$P_{prev24h}$  = Previsão da precipitação para 24 horas;

$P_{Ac24h}$  = Precipitação acumulada-crítica de 24 horas para indução de deslizamentos, calculada através da Equação 2.

O Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos (CPD), obtido através da Equação 3, pode ser relacionado com a ocorrência de deslizamentos na região de Angra dos Reis, conforme a Tabela 1.

COEFICIENTE DE PRECIPITAÇÃO PARA DESLIZAMENTOS	RELAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS
Valores de CPD << 1	Baixa
Valores de CPD próximos a 1	Provável
Valores de CPD > 1	Alta

**TABELA 1** • Relação entre o Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos (CPD) e o número de ocorrência de deslizamentos em Angra dos Reis - Fonte: adaptado de Soares (2006)

## 4.2 Análise de riscos

Neste estudo de caso, a análise de riscos (Figura 4) foi feita utilizando a precipitação acumulada nas últimas 24 horas fornecida pelo Hidroestimador do satélite GOES-12 do DSA-INPE e a previsão de precipitação para as próximas 24 horas fornecida pelo modelo ETA 5 km.

```

local p2d = prec_max_historico_grid('hidro', 48) or 0
local pac_24h = 158.22*math.exp(-0.0141*p2d)
local p1d = prec_max_historico_grid('hidro', 24) or 0
local prev_24h = maximo_pn('eta5km', 24) or 0
local cpd = prev_24h/pac_24h

if p1d == nil or p1d <75 then
  return 0 -- Normal
elseif cpd < 0.6 then
  return 1 -- Observacao
elseif cpd < 0.9 then
  return 2 -- Atencao
elseif cpd < 1.1 then
  return 3 -- Alerta
else
  return 4 -- Alerta maximo
end

```

**FIGURA 4** • Regra de Análise - Fonte: elaborado pelo autor

A regra de análise vista na Figura 4 inicialmente efetua o cálculo de algumas variáveis que serão utilizadas na análise como, por exemplo, a previsão de chuvas para as próximas 24 horas (variável “prev\_24h”), a chuva crítica de 24h (variável “pac\_24h”) e o respectivo Coeficiente de Precipitação para Deslizamentos (variável “cpd”).

Em seguida, o valor acumulado de precipitação de chuvas das últimas 24 horas (variável “p1d”) é comparado com o limiar de deslizamentos (75 mm) definido por Soares (2006). Se o valor acumulado for inferior a 75 mm, o nível de alerta atribuído é 0 (Normal),

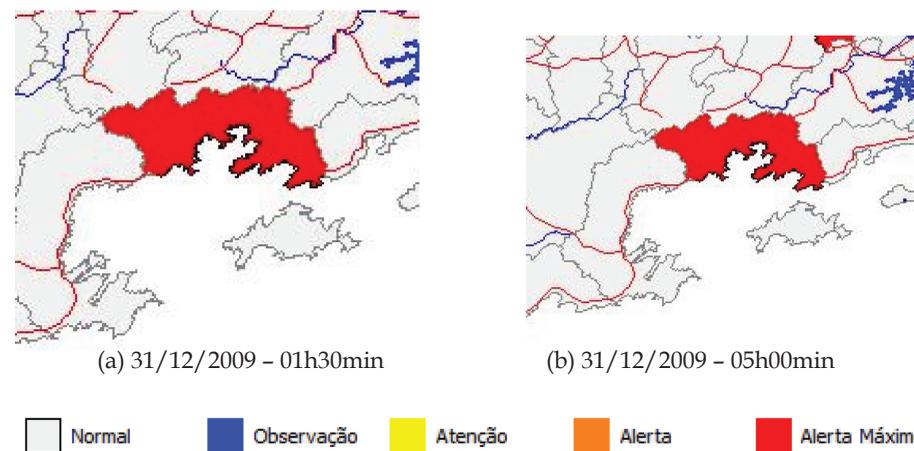
isto é, não existe situação de risco. Caso contrário, existe a necessidade de se analisar o CPD para verificar o nível de risco.

Utilizando como base as informações da Tabela 1, os seguintes níveis de alerta foram estipulados:

- **NÍVEL 0 (NORMAL)** - p1d inferior a 75 mm;
- **NÍVEL 1 (OBSERVAÇÃO)** - p1d superior a 75 mm e cpd inferior a 0,6;
- **NÍVEL 2 (ATENÇÃO)** - p1d superior a 75 mm e cpd entre 0,6 e 0,8;
- **NÍVEL 3 (ALERTA)** - p1d superior a 75 mm e cpd entre 0,8 e 1,1;
- **NÍVEL 4 (ALERTA MÁXIMO)** - p1d superior a 75 mm e cpd igual ou superior a 1,1.

As figuras 5, 6 e 7 mostram os resultados das análises realizadas neste estudo.

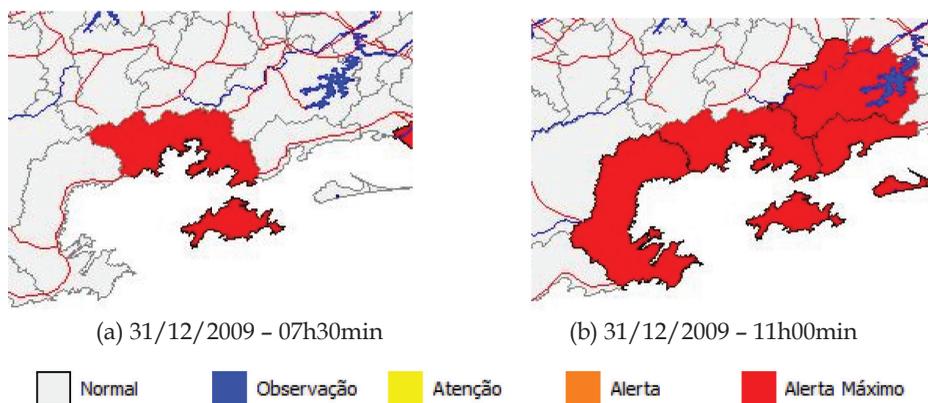
Na Figura 5, um Alerta Máximo de risco de deslizamento já surgia em Angra dos Reis a partir do dia 31/12/2009 às 01h30min, mantendo-se inalterado até às 05h00min do mesmo dia.



**FIGURA 5** • Mapas de risco do dia 31/12/2009 às 01h30min e às 05h00min - Fonte: elaborado pelo autor

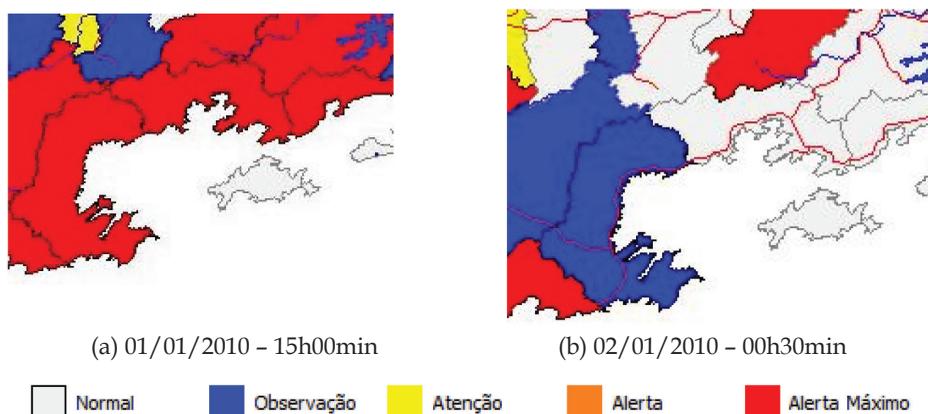
A partir das 07h30min do dia 31 (Figura 6a), o Alerta Máximo já alcançava também a Ilha Grande e, como pode ser visto na Figura 6b, a situação continuava crítica até por volta das 11h00min, quando, finalmente, a chuva começou a se deslocar da região.

O alerta começa a cessar a partir das 15h00min do dia 01/01/2010 (Figura 7a), dissipando-se completamente no dia 02/01/2010 às 00h30min (Figura 7b).



**FIGURA 6** • Mapas de risco do dia 31/12/2009 às 7h30min e às 11h00min - Fonte: elaborado pelo autor

Figura 7 - Mapas de risco do dia 01/01/2010 às 15h00min e do dia 02/01/2010 às 00h30min



**FIGURA 7** • Mapas de risco do dia 01/01/2010 às 15h00min e do dia 02/01/2010 às 00h30min - Fonte: elaborado pelo autor

Sabe-se que os deslizamentos ocorreram na madrugada do dia 31/12/2009 para o dia 01/01/2010. Nesta análise, com aproximadamente 24 horas de antecedência, o Hidroestimador já havia apontado um acumulado de 75,25 mm de chuva, enquanto o modelo ETA previa que, nas próximas 24 horas, choveriam mais 97,08 mm, um acumulado total de 172,33 mm para 48 horas, prevendo que o risco de uma tragédia naquela região já

era muito alto. Em Ilha Grande, às 07h30min já havia chovido 76,7 mm em 24 horas, com uma previsão de mais 77,3 mm para as próximas 24 horas, totalizando 154 mm em 48 horas.

Além deste estudo de caso, outro estudo inédito desenvolvido pelos autores foi a análise do evento ocorrido em Petrópolis/RJ em 17 de março de 2013, que deixou mais de 20 mortos. Neste estudo foram utilizados dados do Radar Meteorológico localizado no Pico do Couto/RJ. A análise feita pelo TerraMA2 também mostrou que alertas poderiam ter sido gerados com antecedência.

## 5 CONCLUSÃO

A utilização de SIGs como ferramentas para a previsão e o alerta de desastres naturais tem se mostrado cada vez mais uma solução inovadora e promissora.

O *software* TerraMA<sup>2</sup>, recentemente criado pelo INPE e oferecido de forma gratuita, possui uma linguagem simples de programação, fácil acesso a dados hidrometeorológicos e pode ser utilizado de forma simples e rápida por qualquer pessoa ou instituição que necessite analisar dados referentes a desastres naturais.

A aplicação de análise de riscos utilizando o *software* TerraMA2 no estudo de caso de Angra dos Reis (RJ), no réveillon de 2010, foi importante para confirmar a consistência dos dados hidrometeorológicos obtidos, a eficiência do método de previsão de deslizamentos desenvolvido por Soares (2006) e a aplicabilidade do *software* como ferramenta para geração de alertas de deslizamentos, reduzindo os impactos causados por eles. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo de caso de Petrópolis em março/2013.

Nos estudos realizados não foram considerados fatores relacionados à geomorfologia, geologia e atividades antrópicas, importantes variáveis nas deflagrações de desastres, e que devem ser consideradas em estudos futuros.

Desta forma, através do estudo realizado, verificou-se a eficiência da utilização de um SIG como ferramenta inovadora para o monitoramento, análise e alerta de desastres naturais. Tal ferramenta possui baixo custo de implantação, oferece facilidade de uso mesmo para usuários com pouco conhecimento das tecnologias envolvidas, fornece resultados coerentes e colabora para a mitigação das consequências ocasionadas pelos desastres naturais. ●

## REFERÊNCIAS

AYRES, A. C., **Variabilidade e Desastres Naturais da Região do Vale do Paraíba/SP: Passado e Futuro**. 2010. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Taubaté, São Paulo.

BARBOSA, Z. N. T.; OLIVEIRA, W. N.; ALVES, P. R.; Uso de Geotecnologias para mapeamento de áreas de risco. Estudo de caso: Angra dos Reis - RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 15., 2011, Curitiba. **Anais ...** Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1103.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2012.

BOHAM-CARTER, G. F.; **Geographic Information Systems for Geoscientists: Modeling with GIS**. Ottawa: Pergamon, 1996. 398 p.

CARVALHO, C. S.; GALVÃO, T. 2006. Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de riscos em Assentamentos Precários. In: BRASIL. CARVALHO, C. S. e GALVÃO, T. (orgs.). **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas: Guia para Elaboração de Políticas Municipais**. Brasília: Ministério das Cidades; Cities Alliance, 2006, p. 10-17.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Plataforma de Monitoramento, Análise e Alerta a extremos ambientais – Manual do Usuário – TerraMA<sup>2</sup>**. Mai. 2012. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terrama2/download/documentacaotecnica.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2012.

KOBYIAMA, M., **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006. 124 p.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-RJ). **LUA – Linguagem de programação**. Disponível em: <<http://www.lua.org/portugues.html>>. Acesso em 05 jun. 2013.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: Conceitos Básicos**. Versão

Preliminar. Santa Maria: INPE, 2007.

ROSA FILHO, A.; CORTEZ, A. T. C. Os deslizamentos de encostas nas favelas em áreas de risco da “suíça brasileira”. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO ESTADO DE SÃO PAULO (SIMPOGEO), 1., 2008, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: SIMPOGEO, 2008, p. 02-18.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2007. 196 p.

SCOFIELD, R.A. Comments on “A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimator”. **Weather and Forecasting**, v.16, n. 2, p. 277-278, 2001.

SOARES, E. P. **Caracterização da Precipitação na Região de Angra Dos Reis e a Sua Relação Com a Ocorrência de Deslizamentos de Encostas**. 2006. 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SOBRAL, A.; FREITAS, C. M.; ANDRADE, E. V.; **Desastres Naturais - sistemas de informação e vigilância: uma revisão de literatura**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 19(4):389-402, out-dez 2010.

SOUZA, V. A.; ROSA, M. B. A.; SANTOS, C. M.; RIBEIRO, C. A. M.; LEITE, D. A.; Sistemas de Informação Geográfica no mapeamento de áreas de riscos no município de Carlos Chagas - MG. **Revista de Ciência e Tecnologia do Vale do Mucuri**, n. 3, 2011. Disponível em: < <http://www.rctvm.com.br/revista/index.php/rctvm/article/view/17>>. Acesso em: 29 jul. 2012.

TOBIN, G. A.; MONTZ, B. E. **Natural hazards: Explanation and integration**. New York: The Guilford Press, 1997. 388 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais - Conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente, 2009.