



**Método Preditivo para Acionamento das Sirenes nas Comunidades Vulneráveis a Escorregamentos no Município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**  
Predictive Method for Activation of Sirens in Vulnerable  
Communities to Landslides in the Duque de Caxias City, Rio de Janeiro State, Brazil

Vitor Vaz Hassan<sup>1</sup>; Priscila da Cunha Luz Barcellos<sup>2</sup> &  
Júlio Cesar da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Meteorologia

Av. Athon da Silveira Ramos, 274 CCMN, 21910-200 Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil Gestão, Produção e Meio Ambiente  
Rua Passo da Pátria, 156, 3º andar, sala 365, bloco D, 24210-240 - Niterói, RJ, Brasil

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), Centro de Excelência em Estudo e Pesquisas sobre Desastres (CEEPED) Rua Professor José de Souza Herdy, 1160, 2º andar, Bloco J, Duque de Caxias, RJ, Brasil

E-mails: vitorhassan@outlook.com; luz.priscila@gmail.com; jcesarop@gmail.com

Recebido em: 29/11/2016 Aprovado em: 26/01/2017

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2017\\_1\\_127\\_134](http://dx.doi.org/10.11137/2017_1_127_134)

## Resumo

Desastres naturais tem sido foco de diversos estudos atualmente e, no Brasil, a ocupação irregular de áreas geologicamente desfavoráveis, juntamente com a situação socioeconômica das moradias, destaca os escorregamentos de terra como um dos principais riscos geológicos no país. A previsão precisa desses fenômenos ainda é um desafio para a comunidade científica, pois é agravada pela grande variabilidade de condicionantes neste processo. Pesquisadores indicam que estudar correlações entre as chuvas e os escorregamentos de terra revela-se como uma ferramenta importante de prevenção e mitigação a desastres naturais. Desta forma, o objetivo deste trabalho é subsidiar ações da Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança da cidade de Duque de Caxias, voltadas para a emissão de alertas e acionamento de sirenes nas comunidades vulneráveis a escorregamentos de terra. Foi realizada a pesquisa e identificação dos escorregamentos de terra ocorridos na cidade entre 2013 e 2016 e foram confeccionadas curvas envoltórias, correlacionando os acumulados de precipitação em 24 horas com os acumulados de 2, 3 e 4 dias anteriores. Os resultados indicaram a correlação entre o acumulado de chuva em 24 horas e o acumulado de 3 dias antecedentes como a melhor correlação chuva x escorregamento para a região, atingido índice de determinação  $R^2$  de 0,77, destacando a equação de correlação dos acumulados de chuva. Esta pesquisa, pioneira para a região, contribui para a previsão operacional desses fenômenos na Secretaria de Defesa Civil da cidade, de forma a prevenir desastres naturais e salvar vidas através de medidas preventivas e mitigadoras.

**Palavras-chave:** Escorregamentos; precipitação; Defesa Civil; desastres

## Abstract

Natural hazards have been the focus of several studies currently, and in Brazil, the illegal occupation of geologically unfavorable areas, along with the socio-economic situation of households, highlights the landslides as a major geological risks in the country. The accurate prediction of these phenomena is still a challenge for the scientific community, it is compounded by the wide variability of conditions in this process. Researchers indicate that study correlations between rainfall and landslides is revealed as an important tool to prevent and mitigate natural disasters. Thus, the objective of this work is to support the actions of the Civil Defence and Security Policy of the city of Duque de Caxias, aimed at alerting and activation of sirens in vulnerable communities to landslides. Research and identification of landslides occurred in the city was carried out between 2013 and 2016, and envelope curves were made by correlating the accumulated rainfall in 24 hours with the prior accumulated in the 2, 3 and 4 days. The results showed the correlation between the accumulated rain in 24 hours and the accumulated prior in the 3 days as the best rain x landslide correlation for the region, hit determination index of 0.97, highlighting the equation correlation of rain accumulated. This research, a pioneer in the region contributes to the operational forecasting of these phenomena in the Civil Defense Department of the city, in order to prevent natural hazards and save lives through preventive and mitigating measures.

**Keywords:** landslide; rain storm; civil defense; natural hazards

## 1 Introdução

No Brasil, a distribuição territorial acompanha uma grande desigualdade social, o que tem favorecido ocupações irregulares de áreas geologicamente desfavoráveis e sem nenhum tipo de planejamento. Desta forma, quando relacionado com sua situação econômica, o país revela um quadro bastante preocupante no que diz respeito a desastres naturais. Segundo Silva *et al.* (2013), o Brasil está entre os dez primeiros países mais atingidos por desastres naturais no mundo, sendo os escorregamentos de terra um dos principais riscos geológicos do país.

Nos últimos 5 anos, o Brasil foi marcado por dois dos maiores desastres naturais da história, ambos ocorridos no estado do Rio de Janeiro. Em abril de 2010, várias localidades da Região Metropolitana do Rio de Janeiro foram atingidas por uma forte chuva, provocando vários escorregamentos de terra, resultando em 233 mortes, deixando mais de 3 mil desabrigados e 11 mil desalojados. Em janeiro de 2011, a Região Serrana do estado foi devastada por chuvas intensas e, de acordo com o EM-DAT, este foi o desastre natural mais severo da história do país, com cerca de 900 mortes, deixando mais de 9.000 desabrigados e mais de 11.000 desalojados (Moura *et al.*, 2013).

Nos desastres do tipo escorregamentos de encostas, a chuva tem um papel pioneiro nos processos de ruptura dos taludes, pois alteram a dinâmica da infiltração, interação com as características geológicas dos maciços terrosos e rochosos e alteram os índices de umidade no solo (Wieczorek, 1996). Diante da grande variabilidade de condicionantes (geoestruturais, litológicas, topográficas, hidrogeológicas, pluviométricas, etc.), a previsão precisa destes fenômenos ainda é um desafio para a comunidade científica.

D'Orsi (2011) destaca que para áreas relativamente pequenas, com processo de instabilização lento, a instrumentação geotécnica (piezômetros, medidores de nível d'água, inclinômetros e indicadores de deslocamento superficial) oferece bons resultados, especialmente quando se consegue associar o aumento da velocidade de deslocamento da massa monitorada com risco de ruptura integral. Porém, em maiores regiões (vertentes de serras, bacias hidrográficas, territórios municipais, etc.), onde há predomínio

de rápidos escorregamentos e a chuva é o principal agente deflagrador do processo, o monitoramento das intensidades e acumulados de chuva passam a ser melhor método preditivo para a avaliação da probabilidade de ocorrência dos escorregamentos.

Para sistemas de alerta comunitários, Fathani *et al.* (2016) destacaram que os níveis de alerta e alarme são determinados com base nos dados de monitoramento, e a determinação dos níveis críticos baseiam-se nos resultados dos acumulados de chuva. O limite crítico é determinado pelos tomadores de decisão, depois de analisar os dados de monitoramento na área ou outras áreas com condições de escorregamento de terra semelhantes. Uma vez definidos os limiares pluviométricos críticos (intensidades ou acumulados pluviométricos capazes de deflagrar escorregamentos), em conjunto com o monitoramento pluviométrico em tempo real, D'Orsi (2011) afirma que é possível fazer uma previsão a curto prazo e com um nível razoável de confiança.

No estado do Rio de Janeiro, este método de correlação chuva x escorregamento foi estudado e difundido por alguns autores, principalmente por ser um método de monitoramento mais barato que os demais métodos para monitoramento de encostas. Tatizana *et al.* (1987 a, b) introduziram novidades sobre correlação entre chuvas e escorregamentos no Brasil. O estudo verificou a influência direta de 6 fatores na deflagração dos escorregamentos, e ressaltaram a grande dificuldade de considerá-los isoladamente. Assim, eles optaram por analisar os eventos de chuvas com e sem registros de escorregamentos, e definiram limiares pluviométricos empíricos para deflagração de escorregamentos.

D'Orsi (2011) apresentou uma correlação entre a pluviometria e os escorregamentos, para o trecho da Serra dos Órgãos no Rio de Janeiro, entre os anos de 1980 e 2010. Os resultados destacaram uma curva pluviométrica crítica como fronteira entre uma alta possibilidade de escorregamento e uma possibilidade significativa, ressaltando uma exigência mínima de precipitação horária e diária para o desencadeamento de um desastre.

Diante deste contexto, estudar correlações entre as chuvas e os escorregamentos de terra revela-se como uma ferramenta importante de prevenção e

mitigação a perdas em casos de desastres naturais, ainda mais diante da crescente preocupação mundial sobre o tema das mudanças climáticas, onde o relatório do IPCC (Carmo & Anazawa, 2014) prevê que a precipitação em escala global está projetada para aumentar gradualmente no século XXI.

Desta forma, este trabalho estuda a correlação entre a precipitação pluviométrica e a deflagração de escorregamentos no município de Duque de Caxias, estado do Rio de Janeiro, já que este município, através do sistema e da política municipal de proteção e defesa civil, foi o que mais avançou nos últimos 4 anos com a implementação de medidas não-estruturais, como implantação de sirenes nas comunidades vulneráveis, e pelos resultados para a redução do risco de desastres a nível local, seguindo as orientações do Protocolo de Kyoto e do Marco de Ação de Sendai (Briceño, 2015).

Assim, o objetivo principal desta pesquisa é subsidiar cientificamente as ações da Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança da cidade de Duque de Caxias, voltadas para a emissão de alertas e acionamento de sirenes nas comunidades vulneráveis a escorregamentos de terra, contribuindo como uma ferramenta de prevenção e mitigação de desastres naturais na cidade.

## 2 Materiais e Método

### 2.1 Região de Estudo

Localizada dentro da região Metropolitana do estado do Rio de Janeiro, o desenvolvimento da cidade de Duque de Caxias foi marcado pela ascensão da indústria na região, atraindo muitos imigrantes, resultando na ocupação irregular das áreas de encostas e de planícies fluviais. Atualmente, com população estimada em 882.729 habitantes em 2015, o município é o terceiro mais populoso do estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2015) e vem sendo afetado de forma significativa por desastres naturais provenientes, principalmente, por fatores meteorológicos, geológicos e hidrológicos. Luz Barcellos *et al.* (2016) destacaram que nos últimos 20 anos, a cidade sofreu com 35 desastres naturais, somando aproximadamente 5 mil desabrigados, 20 mil desalojados e mais de 70 mortes relacionadas a chuvas intensas, inundações e escorregamentos de encostas.

Localizada na chamada Baixada Fluminense, o município está inserido no bioma da Mata Atlântica, que se estendia desde as nascentes dos rios até a beira da Baía de Guanabara, e hoje, essa vegetação encontra-se limitada basicamente ao distrito de Xerém (Luz Barcellos *et al.*, 2016). Com uma topografia bastante irregular e sinuosa, atingida frequentemente por sistemas meteorológicos intensos, e ainda, grande urbanização, a cidade está sujeita a ocorrência de escorregamentos de encostas, principalmente no verão.

### 3 Levantamento das Ocorrências de Escorregamentos e de Dados Pluviométricos

Primeiramente, com o objetivo de identificar os eventos relacionados a movimentos de massa gravitacionais ocorridos na cidade, foi realizada uma pesquisa nas ocorrências disponíveis no banco de dados de desastres naturais da Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança de Duque de Caxias entre os anos de 2013 e 2016. O período de dados estudado é considerado relativamente curto, porém este banco de dados só foi consolidado e informatizado a partir de 2013 e, mesmo sendo apenas de 3 anos de dados, se mostra um estudo pioneiro das condições das chuvas precursoras de escorregamentos de encostas da cidade. Em seguida, eventos de deslizamento relacionados a quedas de árvores, desabamento de imóveis, sem a ocorrência de precipitação no dia do desastre e nos quatro dias anteriores foram excluídos do estudo, restando apenas 8 eventos de escorregamentos, destacados na Figura 1.

Para se certificar de que esses escorregamentos realmente possuem causa meteorológica, aplicou-se uma metodologia de associação entre precipitação e escorregamento, chamada critério D. Para tal, a cada um dos oito eventos de escorregamento foram associados acumulados de precipitação a partir de registros meteorológicos da rede automática de pluviômetros do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN (2016), próximos às áreas de escorregamentos (ver Tabela 1). Foram calculadas médias aritméticas para acumulados em 24 horas, 2 dias, 3 dias e 4 dias, definindo os valores mínimos acumulados para que tais registros sejam de fato considerados como escorregamentos na região.

**Método Preditivo para Acionamento das Sirenes nas Comunidades Vulneráveis a Escorregamentos no Município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**  
*Vitor Vaz Hassan; Priscila da Cunha Luz Barcellos & Júlio Cesar da Silva*

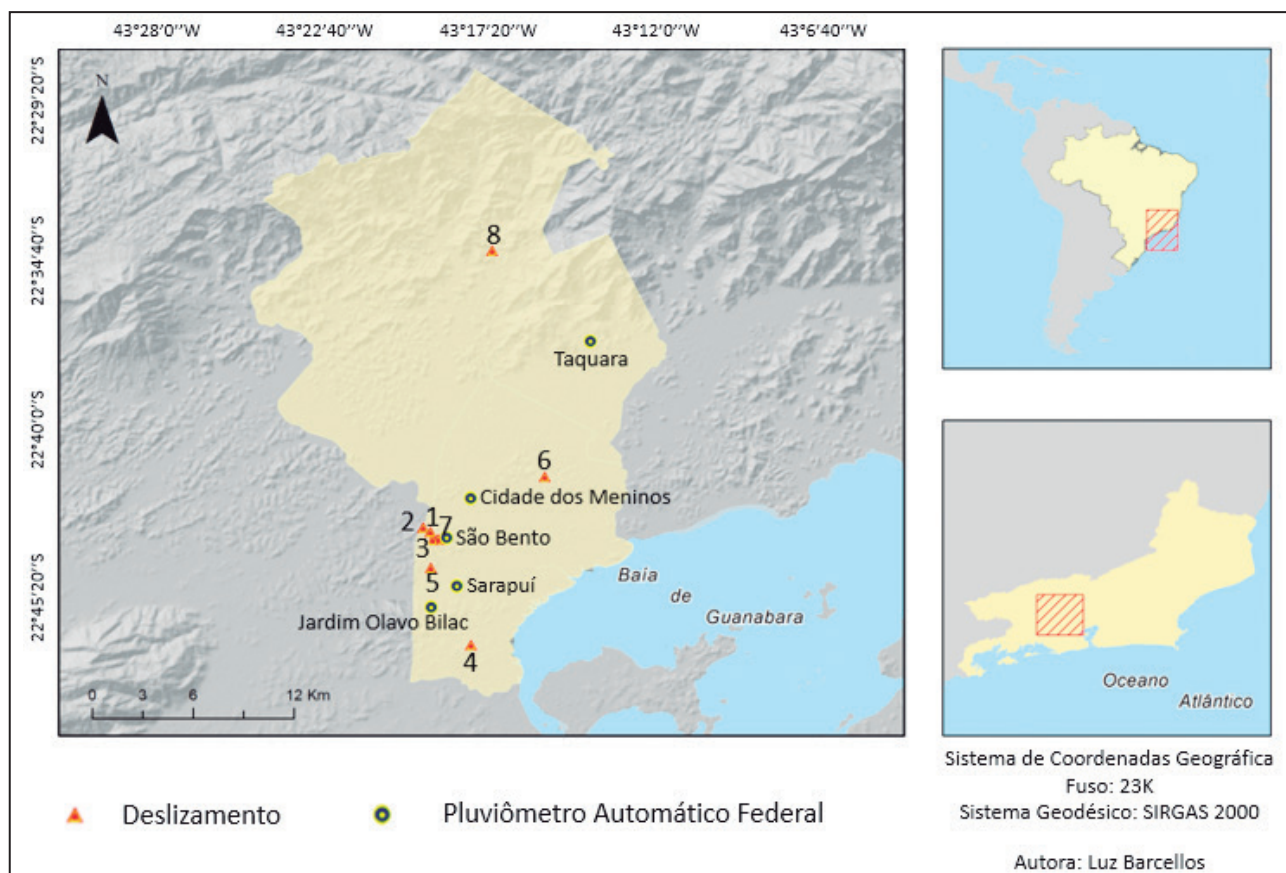


Figura 1 Localização dos escorregamentos, bairros e estações pluviométricas associadas. (Fonte: CEMADEN, 2016 e Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança da cidade de Duque de Caxias).

Data	Evento	Bairro	Estação Pluviométrica utilizada
11/12/2013	1	Parque Muísa	Sarapuí
13/12/2013	2	Parque Muísa	Sarapuí
14/12/2013	3	São Bento	São Bento
09/03/2014	4	Parque Felicidade	Cidade dos Meninos
16/01/2016	5	Pantanal	São Bento
18/01/2016	6	Jardim Primavera	Jardim Anhangá
17/02/2016	7	Parque Fluminense	Jardim Olavo Bilac
17/02/2016	8	Xerém	Taquara

Tabela 1 Data dos eventos de escorregamentos, bairros e estações pluviométricas associadas (Fonte: CEMADEN, 2016 e Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança da cidade de Duque de Caxias).

Critério	Precipitação (mm)			
	1 dia	2 dias	3 dias	4 dias
D	70	90	110	130

Tabela 2 Critério D utilizado na confirmação dos eventos de escorregamentos.

A partir da análise do critério D, uma seleção dentre os oito eventos de deslizamento foi feita a fim de identificar quais dos eventos foram realmente causados por acumulados pluviométricos. Constatou-se que dos oito eventos apenas três não foram classificados como deslizamentos por causas



Eventos/ Acumulados	24h	48h	72h	96h	Classificação
E1	97,5	104,6	104,6	104,6	A
E2	17,5	76,0	161,0	161,0	A
E3	6,9	11,2	17,6	37,0	NA
E4	21,1	51,6	58,4	58,4	NA
E5	22,4	60,4	61,0	61,0	NA
E6	129,6	152,7	153,5	153,5	A
E7	10,2	77,1	201,5	216,3	A
E8	52,7	77,7	77,7	77,7	A

Tabela 3 Acumulados pluviométricos em 1, 2, 3 e 4 dias referentes aos oito eventos em estudo. De acordo com o critério D, os eventos são classificados em aceito (A) e não aceito (NA).

meteorológicas (precipitação), pois não atingiram o limiar mínimo proposto pelo critério D. Assim sendo, daqui em diante serão considerados apenas 5 eventos de escorregamentos, conforme mostrado na Tabela 3.

#### 4 Correlação Chuva X Escorregamento

A partir dos cinco eventos de escorregamentos anteriormente considerados, partiu-se para uma análise quantitativa com a finalidade de se estabelecer limiares de precipitação capazes de induzir tais escorregamentos. Neste trabalho, foram testados acumulados de precipitação até no máximo de quatro dias, buscando relacionar a ocorrência de chuvas intensas em 24 horas com acumulados nos dias anteriores, de forma a obter a melhor relação existente para os dados do município, similar ao realizado nos estudos de Tatizana *et al.* (1987 a, b).

Em busca do ajuste de curvas envoltórias de escorregamento, baseado no método utilizado por Tatizana *et al.* (1987 a, b), foram gerados gráficos de dispersão com dados acumulados de precipitação em 24 horas no eixo das ordenadas e dados acumulados de precipitação em 2, 3 e 4 dias no eixo das abscissas, afim de se obter a curva que melhor represente a separação entre os registros de precipitação com e sem escorregamentos. Para a precipitação sem registros de escorregamentos, foi utilizada somente a série temporal da estação São Bento, representada por pontos verdes nas Figuras 2 e 3. De acordo com Tatizana *et al.* (1987 a, b), tal curva pode ser representada através da Equação 1:

$$I(A) = K \cdot A^{-b} \quad (1)$$

Onde: I= Intensidade Horária; A= acumulado de chuva dos 4, 3 ou 2 dias anteriores ao dia do evento; K e b= constantes de relação geométricas.

Para realizar a análise gráfica das curvas das envoltórias, foi utilizado o software Excel, e foram geradas as constantes de relação geométrica K e b, automaticamente, através do método dos mínimos quadrados. O coeficiente de determinação R<sup>2</sup>, o qual indica uma melhor medição da qualidade do ajuste da curva exponencial, quando assume valores mais próximos de 1, também foi gerado automaticamente pelo software.

#### 5 Resultados e Discussões

Os resultados consistem em correlacionar a chuva acumulada em 24 horas no eixo das ordenadas, com a acumulada em 2, 3 e 4 dias, consecutivamente, no eixo das abscissas, através da plotagem do gráfico de dispersão de pontos, buscando a melhor linha de tendência para separar dados de chuva com e sem escorregamentos.

Na análise da correlação do acumulado de 24 horas com o acumulado de 2 dias a pesquisa não obteve sucesso, pois os dados do gráfico mostraram inconsistências para a criação da linha de tendência dos casos de escorregamentos em estudo, com um valor de R<sup>2</sup> muito inferior aos demais acumulados. Portanto, essa correlação de 2 dias não será apresentada neste estudo.

Através dos gráficos das envoltórias gerados pelos dados de precipitação com e sem escorregamentos para acumulados de 3 dias, foi verificado que a linha de tendência que melhor se ajustou foi do tipo exponencial. De fato, o acumulado

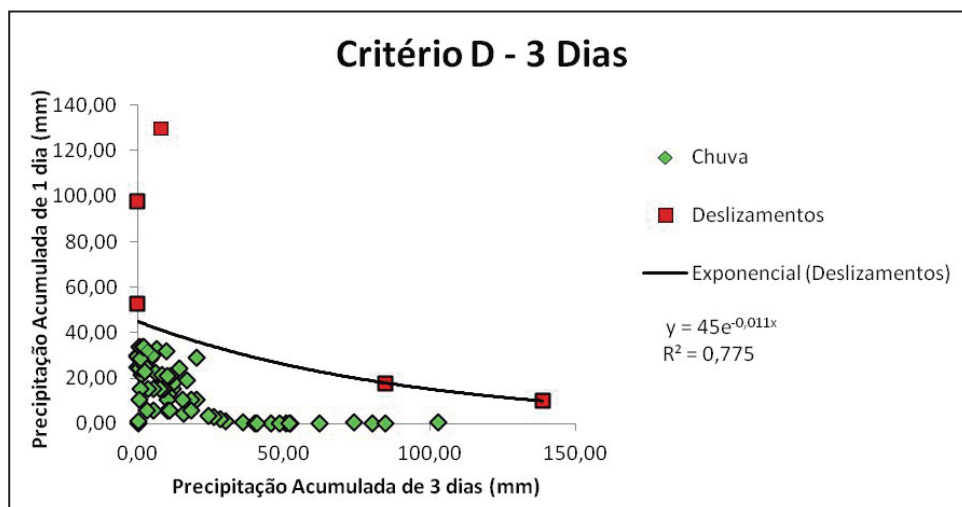


Figura 2 Envoltória para uma precipitação acumulada de 3 dias antecedentes ao evento com a precipitação acumulada de 24 horas (mm).

de 3 dias foi o que melhor representou a separação entre dados de chuva x escorregamento, com o maior valor do coeficiente de determinação  $R^2$  dado por 0,775, conforme a Figura 2.

Portanto, o presente estudo apresenta a equação 2, que melhor define a relação chuva X escorregamento para a previsão de escorregamentos de terra a curto prazo:

$$I = 45e^{(-0,011A)} \quad (2)$$

Onde:

$I$  = precipitação acumulada em 24 horas,

$K$  = 45 (constante linear),

$b$  = -0,011 (constante angular),

$A$  = precipitação acumulada em 3 dias anteriores.

Através do ajuste dos parâmetros  $k$  e  $b$  desta equação, este estudo atinge seu objetivo final através da sugestão de valores padronizados aproximados para facilitar a leitura da previsão de escorregamentos no município. Um exemplo prático de utilização da equação (2) pode ser visualizado na Tabela 4.

Exemplos	Acumulado de Precipitação (mm)	
	Em 24 horas	Nos 3 dias anteriores
Exemplo 1	20	75
Exemplo 2	15	100
Exemplo 3	10	130

Tabela 4 Exemplo de aplicação da equação para acumulados de precipitação.

Na análise do acumulado de precipitação em 24 horas com o acumulado de precipitação em 4 dias anteriores ao evento, foram obtidas curvas envoltórias não tão bem ajustadas como encontrado nos acumulados de 3 dias, porém ainda assim atingindo valores satisfatórios para o coeficiente  $R^2$  de 0,251, conforme Figura 3.

Ao analisar a Figura 3, observa-se que alguns eventos de chuva ultrapassaram a curva exponencial, atingindo o limiar mínimo para desencadear movimento de massa, porém, não foram marcados como deslizamentos no gráfico das envoltórias. Isso se deve ao fato de que não houve registro de movimentos de massa nos registros de ocorrências da defesa civil de Duque de Caxias para esses casos.

## 6 Conclusão

Os estudos dos desastres naturais e suas formas de prevenção crescem a cada dia dentro das comunidades científicas, principalmente porque esses fenômenos resultam em grande número de perdas de vidas. Neste sentido, estudar sobre a gênese e o desenvolvimento dos escorregamentos de terra torna-se primordial diante do cenário de mudanças climáticas e da previsão de maiores recorrências de chuvas fortes.

Este trabalho, preliminar e pioneiro para a região de estudo, buscou estabelecer limiares mínimos que deflagram escorregamentos de encostas no município de Duque de Caxias, auxiliando desta forma o acionamento das sirenes dentro das comunidades que são vulneráveis a escorregamentos

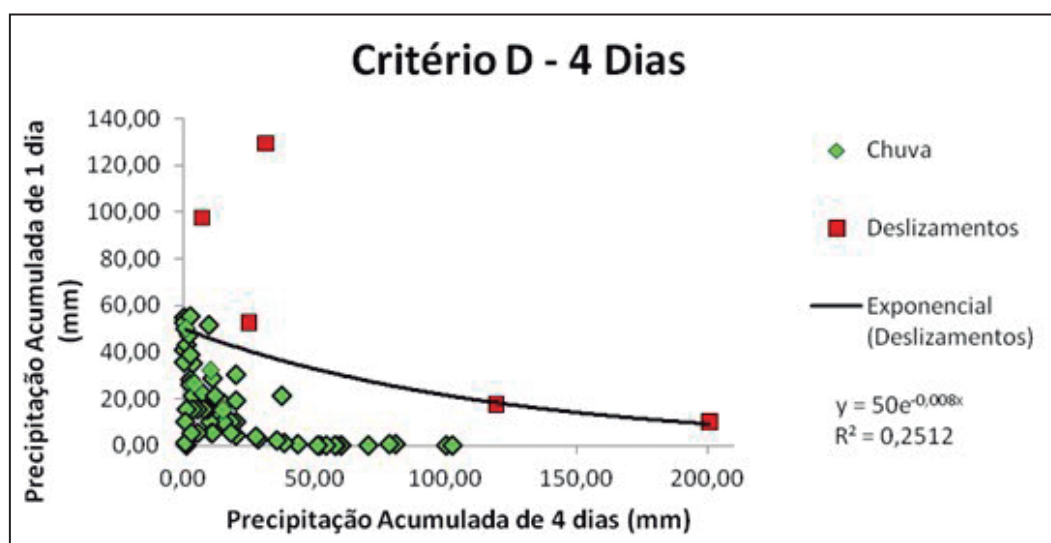


Figura 3  
Envoltória para uma precipitação acumulada de 4 dias antecedentes ao evento com a precipitação acumulada de 24 horas (mm).

de encostas, já mapeados pela Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança.

Através dos dados das ocorrências de escorregamentos na região e os dados dos acumulados de chuva, foi possível definir uma curva de correlação chuva x escorregamento, que indica o limite onde o acumulado de chuva poderá deflagrar escorregamentos na região. Mesmo com um pequeno horizonte de dados (de apenas 3 anos), a pesquisa destacou que a melhor relação chuva x escorregamento ocorreu para acumulados 3 dias. Porém, é importante ressaltar que uma série temporal mais longa poderá ajustar ainda mais os limiares para ocorrência de escorregamentos nas curvas envoltórias, sendo interessante uma atualização deste trabalho no futuro.

O estudo ainda destaca a importância do monitoramento da chuva em tempo real, auxiliando na previsão em curto prazo, destacando que os resultados obtidos nesse trabalho são uma ferramenta auxiliar de prevenção e mitigação dos desastres naturais do tipo escorregamentos de encostas para os órgãos operacionais de Defesa Civil que atuam no município.

## 7 Agradecimentos

Os autores agradecem à Secretaria Municipal de Defesa Civil e Políticas de Segurança da cidade de Duque de Caxias, em especial ao Secretário Cel

BM Marcello Silva da Costa pelo apoio e incentivo irrestrito, à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro pelo Edital Prioridade Rio ao Centro de Excelência em Estudo e Pesquisas sobre Desastres – CEEPED, e ao Doutor Edilson Marton.

## 8 Referências

- Briceño, S. 2015. Looking back and beyond Sendai: 25 years of international policy experience on disaster risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Science*, 6 (1): 1–7.
- Carmo, R.L. & Anazawa T.M. 2014: Mortalidade por desastres no Brasil: o que mostram os dados. *Ciência & Saúde Coletiva*, 19(9): 3669-3681. DOI: 10.1590/1413-81232014199.07432014
- Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN. Série de dados dos pluviômetros. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/>>. Acesso em: 20.mar.2016
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Serviço geológico do Brasil. Disponível em:< <http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr.2016.
- D’Orsi, R.N. 2011. *Correlação entre Pluviometria e Escorregamentos no Trecho da Serra dos Órgãos da Rodovia Federal BR-116 RJ (Estrada Rio-Teresópolis)*. Programa de Engenharia Civil, COPPE, Tese de doutorado, 287p.
- Fathani, T.F.; Karnawati, D. & Wilopo, W. 2016. An integrated methodology to develop a standard for landslide early warning system. *Natural Hazards Earth System Sciences Published*, doi:10.5194/nhess-2016-209.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2015. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=330170>>. Acesso em: 05 fev. 2016.
- Luz Barcellos, P.C.; Polifke da Silva, F.; Vissirini, F.S.B.; Magalhães, C.A.; Terra, J.M.; Dutra, M.R.F. & Amaral, I.C.F. 2016. Diagnóstico Meteorológico dos desastres

**Método Preditivo para Acionamento das Sirenes nas Comunidades Vulneráveis a Escorregamentos no Município de Duque de Caxias, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**  
Vitor Vaz Hassan; Priscila da Cunha Luz Barcellos & Júlio Cesar da Silva

- naturais ocorridos nos últimos 20 anos na cidade de Duque de Caxias. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(3): 319-329. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631320150146>
- Moura, C.R.W.; Escobar, G.C.J. & Andrade, K.M. 2013. Padrões de circulação em superfície e altitude associados a eventos de chuva intensa na região metropolitana do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 28 (3): 267- 280.
- Silva, E.L.; Gomes, R.A.T; Guimarães, R.F. & Carvalho Júnior, O.A. 2013. Emprego de modelo de susceptibilidade a escorregamentos rasos para gestão de riscos de desastres no município de Vitória-ES. *Sociedade & Natureza*, 25: 119-132.
- Tatizana, C.; Ogura, A.T.; Cerri, L.E.S. & Rocha, M.C.M. 1987a. Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos – Serra do Mar – Município de Cubatão. *In: ANAIS DO 5° CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E ENGENHARIA*, 2, São Paulo, 1987. Resumos expandidos pp. 225-236.
- Tatizana, C.; Ogura, A.T.; Cerri, L.E.S. & Rocha, M.C.M. 1987b. Modelamento Numérico da Análise de Correlação entre Chuvas e Deslizamentos aplicados à Encosta da Serra do Mar. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA E ENGENHARIA*, 5, São Paulo, 1987. *Resumos expandidos*, p. 237-248.
- Wieczorek, G.F. 1996. Landslide triggering mechanisms. *In: TURNER, A.K. & SCHUSTER, R.L. (eds.). Landslides: Investigation and Mitigation Washington DC: Transportation Research Board, National Research Council, Special Report*, p.76-90.