



EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO E OCORRÊNCIA DE DESLIZAMENTOS DE TERRA NA BACIA DO RIO ITAJAÍ

DOI: 10.19177/rgsa.v6e32017276-295

Regina Luiza Gouvea¹
João Thadeu de Menezes²
Cláudia Camargo Guimarães Campos³
Genésio de Freitas Moreira⁴

RESUMO

Estudos voltados para avaliação de áreas suscetíveis a movimentos de massa têm sido realizados em diversas regiões do Globo, especialmente em áreas urbanas e regiões de alta pluviosidade. O objetivo deste trabalho é analisar informações sobre movimentos de massa e extremos de precipitação na bacia do Rio Itajaí, assim como conhecer a magnitude dos eventos adversos a partir dos relatórios da Defesa Civil, através associação entre registros de deslizamento de terra disponíveis no banco de dados do Sistema Nacional de Defesa Civil e chuvas extremas. Os resultados indicaram que 42,7% dos casos de deslizamento de terra ocorreram em dias de chuvas extremas, sendo que, em 94,% dos casos, os extremos foram precedidos por dias consecutivos de chuva. O maior número de ocorrências foi registrado nos anos 2001, 2008, 2011 e 2013, principalmente na estação da primavera.

Palavras-chave: Defesa Civil; chuvas extremas; deslizamentos de terra.

¹ Dra. em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade do Vale do Itajaí/UNIVALI. Prof. Do Departamento de Engenharia Ambiental do Centro Educacional Leonardo da Vinci/UNIASSELVI. E-mail: gouveareginaluiza@gmail.com

² Dr. em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto da Universidade do Vale do Itajaí/UNIVALI. E-mail: thadeu@univali.br

³ Dra. em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/INPE. Profa. do Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária Universidade do Estado de Santa Catarina/UEDESC. E-mail: claudia.campos@udesc.br

⁴ Especialista em Administração de Sistemas de Informação pela Universidade Federal de Lavras/MG. E-mail: genesiomoreira@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Movimentos de massa são observados no mundo todo e os fenômenos naturais extremos, que ocasionam tais eventos, podem estar associados à dinâmica interna ou externa da Terra. Análise de suscetibilidade movimentos de massa associados a abalos sísmicos podem ser encontrados nos estudos de Keefer (1984); Keefer (2002); Rodriguez *et al.* (1999); Yagi *et al.* (2007); Yagi *et al.* (2009); Meunier (2013); Xu (2014); Havenith *et al.* (2015). Os fatores antropogênicos e características socioeconômicas também são fatores relacionados ao desencadeamento dos movimentos de massa em uma região, por torná-la vulnerável. No Brasil, a maior parte dos deslizamentos de terra está associada com tempestades intensas de verão, especialmente em regiões íngremes (FERNANDES *et al.*, 2004).

Dada a importância da prevenção de desastres em áreas suscetíveis a movimentos de massa em períodos de alta pluviosidade, estudos vêm sendo realizados com o objetivo de correlacionar chuvas extremas a deslizamentos de terra. No Brasil, os estudos datam da década de 1950. Em 1957, Pichler (1957) correlacionou chuvas extremas aos aspectos geológicos dos morros de Santos, buscando estabelecer medidas de prevenção. Estudos semelhantes foram realizados por Tatizana *et al.* (1987); Coutinho (2009); Afungang e Bateira (2016). Neste sentido, propõe-se estabelecer uma relação entre registros de deslizamentos de terra disponíveis no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) e chuvas extremas na bacia do Rio Itajaí.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A bacia do Rio Itajaí está situada na vertente atlântica do nordeste catarinense, drenando uma área de 15.000 km². Limita-se ao norte pelas bacias dos rios Itapocu e Iguaçu; ao sul pelas bacias dos rios Tijucas e Tubarão; a oeste pelas bacias dos rios Uruguai e Iguaçu; e a leste pelo Oceano Atlântico (FRAGA, 2004).

Quanto às condições meteorológicas, estão sujeitas a bruscas mudanças devido às sucessivas entradas de frentes polares em qualquer estação do ano. A passagem das grandes descontinuidades é seguida por ondas de frio das massas polares no inverno, com ação amenizadora no verão. Os totais pluviométricos mais elevados ocorrem, geralmente, nos meses de verão e primavera e, ocasionalmente, nos meses de inverno e outono, com o ritmo controlado pela frente polar atlântica (NIMER, 1979).

2.2 MÉTODOS

Registros de deslizamento de terra foram obtidos do Sistema Integrado de Informações de Desastres, disponível para consulta no site do Ministério da Integração Nacional. Os documentos analisados foram: Relatório de danos, Formulário de Avaliação de Danos (AVADAN), Formulário de Notificação Preliminar de Desastre (NOPRED), Decretos e Portarias.

Os dados de precipitação foram obtidos do Sistema de Informações Hidrológicas da Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA). Foram utilizados dados de chuva consistidos disponibilizados até o ano de 2006. A partir deste ano a análise de consistência dos dados foi realizada utilizando o programa HIDRO-PLU, modelo matemático proposto pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Os dados de precipitação foram organizados na planilha eletrônica do programa *Microsoft Office Excel*® e realizada a análise da frequência de dias com chuva em cada mês da série de dados. As classes de frequência de precipitação empregadas nesta análise foram categorizadas em totais diários iguais ou superiores a 50 mm.

Para essa análise foram utilizados os documentos constantes no arquivo digital, excluindo ondas de frio-geadas, estiagem, colapso de edificações e transporte de produtos perigosos rodoviários. Dos documentos disponíveis para consulta, foram utilizadas as informações de jornais, decretos, portarias, relatório de Avaliação de Danos e do Formulário de Informações do Desastre (FIDE), no período de 1995 a 2013. A descrição dos eventos adversos foi feita de acordo com as características dos desastres informadas nos documentos pesquisados.

Para localizar as ocorrências de deslizamentos foram listados todos os desastres e selecionados os eventos associados a chuvas intensas, pois ocorrências de deslizamentos também estão registradas em eventos de enxurradas, R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 276-295, out./dez. 2017.

tempestades e inundações. Nesta pesquisa, foram consultados os eventos: deslizamentos, inundações, enxurradas, alagamentos, tempestade local/convectiva-granizo, tempestade local/convectiva-chuvas intensas e tempestade local/convectiva-vendaival, como eventos de interesse.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o número total de eventos disponíveis para consulta no S2ID, extremos de precipitação igual ou superior a 50mm e a porcentagem de ocorrência de deslizamentos associados a extremos de precipitação, no período de 1995-2013. Os eventos diferentes dos casos de interesse aparecem entre parênteses. Cabe ressaltar que movimentos de massa no estado de Santa Catarina ocorrem em encostas naturais e desmatadas, e em taludes de corte ou aterro com predomínio de deslizamentos e fluxo de detritos (MARINHO, 2011), ocorrendo principalmente durante períodos de alta precipitação (GEERTSEMA *et al.*, 2006).

Tabela 1- Total de eventos registrados no banco digital do S2ID e extremos de precipitação no período correspondente. Ocorrências de deslizamentos de terra associados à extremos de precipitação e sua representatividade com relação à frequência absoluta de extremos $\geq 50\text{mm}$ na bacia do Rio Itajaí, no período de 1995-2013.

Período: 1995-2013				
Estação	Nº de registros (S2ID)	Nº de extremos ($\geq 50\text{mm}$)	Eventos associados	(%)
Agrolândia	13 ⁽⁵⁾	89	2	2,4
Alfredo Wagner	21 ⁽¹⁾	67	4	4,8
Apiúna	14 ^{*(1)**(2)}	65	3	3,6
Botuverá	10	67	6	7,2
Blumenau	25 ^{****(1)*****(1)}	89	9	10,8
Brusque	16	69	7	8,4

Ibirama	10	64	5	6,0
Indaial	10	96	2	2,4
Ituporanga	22 ^{*(3)}	42	9	10,8
Luiz Alves	6	49	1	1,2
Pomerode	13 ^{***(2)}	119	6	7,2
Pouso Redondo	11 ^{*(2)}	66	1	1,2
Rio do Sul	23 ^{*(2)****(1)}	51	8	9,6
Rio dos Cedros	9	100	2	2,4
Taió	26 ^{*5)}	78	5	6,0
Timbó	12	80	4	4,8
Trombudo Central	8 ^{*(1)}	69	2	2,4
Vidal Ramos	16 ^{*(2)}	55	4	4,8
Vitor Meireles	12 ^{*(4) ***(1)}	59	2	2,4

*Estiagem; **Ondas de frio-geadas; ***Colapso de edificações; ****Transporte de produtos perigosos rodoviários; ***** Incêndio Florestal - Incêndios em Parques, Áreas de Proteção Ambiental e Áreas de Preservação Permanente Nacionais, Estaduais ou Municipais.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Não foi possível estabelecer relação entre registros de ocorrência de deslizamentos de terra em 2,4% dos casos, devido à inoperância das estações pluviométricas no período da ocorrência de eventos adversos. Das estações em operação, 42,7% dos casos ocorreram em dias de chuvas extremas, sendo que, em 94,% dos casos, os extremos de chuva foram precedidos por dias consecutivos de chuva (TABELA 2).

Tabela 2- Representatividade das estações meteorológicas utilizadas no cálculo da frequência de chuvas extremas, dos deslizamentos de terra associados e extremos de precipitação com e sem chuva antecedente utilizados na análise.

Estações pluviométricas	%	Registros de Deslizamentos de terra associados a extremos de precipitação (mm)		Extremos de precipitação ≥50mm	
		≥50	%	Extremos sem acumulado	%
Estações inoperantes	2,4	≥50	42,7	Extremos sem acumulado	5,7

Estações em operação	97,6	<50	54,9	Extremos com acumulado	94,3
Total	100	Total	100	Total	100

Fonte: Elaborado pelos autores

Segundo Dias e Herrmann (2002), há maior probabilidade de ocorrência de movimentos de massa quando um forte aguaceiro é precedido por dias consecutivos de chuva. Chuva extrema precedida por dias secos também pode provocar movimentos, mas com menor probabilidade de ocorrência. Vieira *et. al.* (2005), em sua análise para identificação das áreas suscetíveis a escorregamentos no Bairro da Velha Grande, município de Blumenau, encontrou uma correlação entre a precipitação acumulada nos quatro dias antecedentes e a precipitação do dia de ocorrência do evento de escorregamento.

Como é possível observar na Tabela 2, o número de registros de ocorrência de eventos adversos enviados pelas defesas civis municipais e que compõe o arquivo digital do S2ID é consideravelmente inferior aos extremos de precipitação observados nas estações pluviométricas dos municípios. Em alguns casos, os registros representam 1,2% do total de extremos de precipitação ≥ 50 mm (Luiz Alves e Pouso Redondo). Em parte, esta situação pode ser justificada pela ausência do registro, devido à prioridade ao atendimento às vítimas em detrimento aos relatórios, conforme informações obtidas junto à Defesa Civil de um dos municípios, ou pode ser explicada pelo fato de serem empregadas para mensurar danos e prejuízos para mobilização de recursos, quando se configura um desastre.

Em alguns casos, a representação é cerca de 10% (Blumenau, Ituporanga e Rio do Sul). Contudo, não se pode afirmar que é a melhor representação do que de fato ocorre, uma vez que, analisando os registros de ocorrência do S2ID, verificou-se que eventos adversos que incluem deslizamentos de terra estão associados a chuvas extremas em cerca de 40% dos casos avaliados. No entanto, também não se pode afirmar que esta é uma representação mais confiável, pois a fonte de dados foram os formulários encaminhados para o Sistema Nacional de Defesa Civil. Estes servem para mensurar os danos humanos, materiais e ambientais, além dos prejuízos econômicos e sociais, utilizados para calcular o nível de intensidade do desastre. Portanto, pressupõe-se que em virtude da magnitude dos eventos é de se esperar que haja uma relação expressiva com extremos de chuva com ou sem chuva antecedente. Somente em Blumenau, município piloto utilizado para avaliação

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 276-295, out./dez. 2017.

de áreas suscetíveis a movimentos de massa, há registros mais de 4000 (quatro mil) pontos de deslizamento de terra entre o período de 1995 a 2013, conforme relatório de ocorrências fornecido pela diretoria de Defesa Civil do município. No mesmo período, somente 25 registros de desastres foram realizados e estão disponíveis no S2ID.

Embora a estação do ano com os maiores volumes de precipitação seja o verão (DJF), o número de registros de ocorrências de deslizamentos de terra nesta estação do ano foi de 33,9%, enquanto na primavera (SON) foram registrados metade das ocorrências. As estações de transição (MAM e SON) os registros foram de 3,2 e 12,9%, respectivamente. Os valores absolutos de registros de ocorrências são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Total mensal e sazonal de ocorrências de deslizamentos de terra, no período de 1995 a 2013, nos municípios da bacia do rio Itajaí.

Ocorrências de deslizamento	DJF			MAM			JJA			SON		
	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Total mensal	3	8	10	0	2	0	0	2	6	18	8	5
Total sazonal	21			2			8			31		

Fonte: Elaborado pelos autores

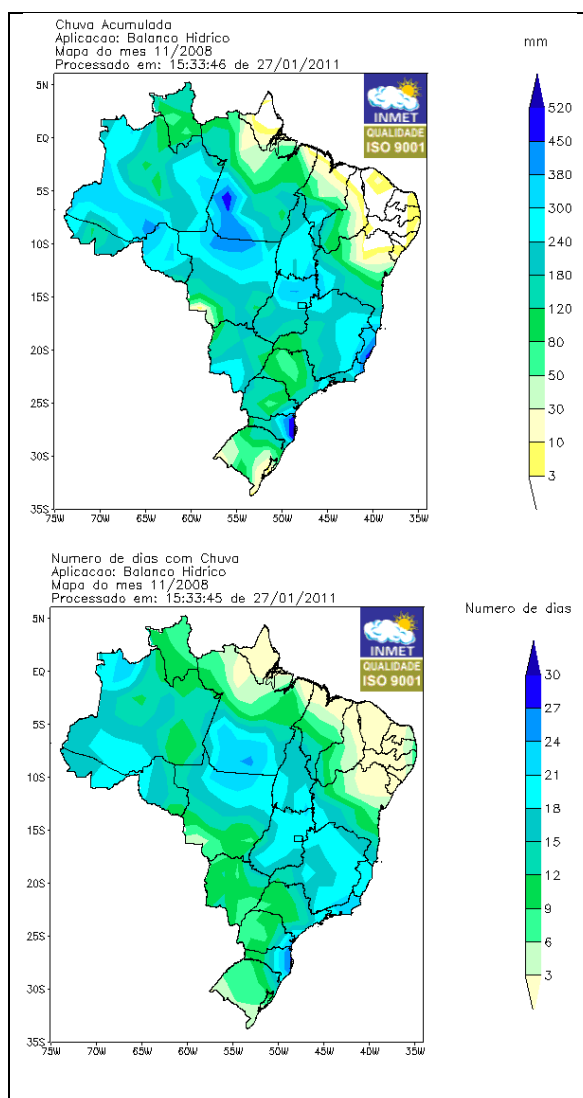
A precipitação média anual na região do Vale do Itajaí é da ordem de 1980 mm com duas épocas chuvosas, uma de dezembro a março, no verão, e outra mais reduzida em setembro e outubro, na primavera (SILVA e SEVERO, 2006). Segundo Bustamante (2010), as chuvas frontais são potencialmente mais significativas para a deflagração de escorregamentos que chuvas convectivas (mais comuns nas estações de verão), mas dependendo da intensidade localizada das chuvas convectivas, eventos podem advir em decorrência dos fatores pré-dispostos ocasionados pela ação antropogênica. Isto porque as chuvas frontais tendem a permanecer mais dias, por vezes com altos volumes, o que deixa o solo mais saturado.

A Tabela 5 apresenta os registros de ocorrências de deslizamentos de terra e extremos de chuva, onde é possível observar que os maiores registros de extremos ocorreram nos anos de 2001, 2008, 2011 e 2013. No mês de novembro de 2008, a chuva acumulada variou de 380 a 520 mm na porção leste do estado e dias de

chuva variando de 21 a 27 dias. Neste ano foram registradas 12 ocorrências de deslizamentos de terra nos municípios analisados e um total de 68 extremos de chuva no mesmo período. Se considerarmos que no estado de Santa Catarina, em novembro de 2008, foi decretada situação de emergência em 99 municípios e estado de calamidade em 14 municípios, era de se esperar um maior número de registros de ocorrências. De acordo com BRASIL (2009), a concentração excessiva de chuva em poucos dias, antecedida por um longo período de precipitações, provocou a saturação do solo culminando em numerosos movimentos de massa. Estes movimentos atingiram indiscriminadamente morros cobertos de vegetação nativa, desmatados e bairros de diferentes classes sociais. Diversos recordes pluviométricos foram quebrados na região do Vale do Itajaí, Litoral Norte e na Grande Florianópolis em novembro de 2008 (BRASIL, 2009).

Em Rio dos Cedros, Pomerode e Blumenau, no ano de 2011, todos os extremos de chuva foram iguais ou superiores a 100 mm, 13, 12 e 9 eventos, respectivamente, com e sem chuva acumulada. Contudo, não foi registrada nenhuma ocorrência de deslizamentos de terra no período correspondente. Somente no dia 09 de setembro foram registrados 101,4 mm de precipitação, e chuva acumulada de 224,4 mm em quatro dias, na estação pluviométrica de Blumenau e 55,4 mm de precipitação, e chuva acumulada de 218,1 mm em quatro dias, na estação pluviométrica de Pomerode. Em Rio dos Cedros, no dia 08 de setembro, foram registrados 132,3 mm de precipitação, e chuva acumulada de 209,3 mm em três dias. Cabe ressaltar que, no dia 15 de fevereiro, foram registrados 59,2 mm em Rio dos Cedros, 242,4 mm de chuva acumulada em dez dias. No mês de janeiro do referido ano, a chuva acumulada chegou a 380 mm na porção leste do estado de Santa Catarina e número de dias com chuva na mesma região foi de 27 dias, como pode-se observar na Figura 1. Neste caso, não é difícil pressupor que as condições meteorológicas eram propícias à ocorrência de eventos adversos.

Figura 1- Mapa de chuva acumulada e número de dias com chuva para o mês de janeiro de 2011.



Fonte: INMET (2017).

Observando o total de registros de chuva ao longo do período de análise (TABELA 5) foi possível observar um aumento no número de ocorrências. De acordo com os resultados da pesquisa do CEPED (2012) sobre ocorrência de desastres naturais no Brasil, os dados comprovam o discurso frequente sobre o aumento da ocorrência de desastres. Contudo, salientam que ainda que haja uma fragilidade do Sistema de Defesa Civil em manter atualizados seus registros, houve um fortalecimento do sistema e maior compromisso com o passar dos anos. Afirmaram que a fidelidade aos números também cresceu. Apesar disso, a carência de informações nos documentos oficiais, inviabiliza a correlação destes registros com extremos de precipitação.



TABELA 5- Ocorrências de deslizamentos de terra e extremos de chuva no ano correspondente, no período de 1995 a 2013, na bacia do Rio Itajaí. Continua

Estação	Deslizamentos de terra e extremos de precipitação																	
	1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003	
	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.
Agrolândia		4		4		6		3		4		5		7		5		4
Alfredo Wagner		4		1		4		4		4		5	30/09	5		0		4
Apiúna																		
Botuverá		3		1		5		4		1		1	01/10	6		3		4
Blumenau		4		3		7		4		4		5		5		1		4
Brusque		3	08/01	4	28/11	5		4		2	14/02	3	01/10	4		5	11/12	0
Ibirama		4		0		5		3		3		4	01/10	3		2		4
Indaial		6		3		8		6		3		1	21/10	3		6		3
Ituporanga	12/01	2		2	01/02	5	13/08	1	25/02	3	14/01	4	30/09	3		2	15/12	3
Luiz Alves		1		2		1		2		1		4		4		3		3
Pomerode	24/02	7		4		9		7	23/11	5	15/02	8		5		7		2
Pouso Redondo		2		3		6		3		2		3		5	29/11	3		1
Rio do Sul		2		1		3	28/04	3	03/07	2		2	12/02 20/07 01/10	2		5		2
Rio dos Cedros		4		4		5		9		5		7		6		5		2
Taió		3	19/01	4		1	25/02	6		2		4	02/10	2		7		2
Timbó		7		3		4		7		5	28/02	4	01/10	6		3		0
Trombudo Central		4		2		6		5		2		5	01/10	5		5		2
Vidal Ramos		4		2		3		1		2		4		3	21/11	2	11/12	6
Vitor Meireles		1		3		6		7		1		3		4		1		1
Total anual	2	61	2	43	2	82	3	75	3	47	4	67	12	73	2	64	3	43

Continuação
Conclusão

Estação	Movimentos de massa e extremos de precipitação																	
	2004		2005		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.	Desl.	Extr.
Agrolândia		1		8		7		2		6		4	09/08	9		5	20/09	3
Alfredo Wagner	14/09	2		7		0		3		4		5	09/08	5		3	21/09	5
Apiúna							22/11	3					30/01	3			22/09	3
Blumenau		3		4		5	24/11	9		5		5		9		8		4
Botuverá		3		4	05/01	4	23/11 31/08	3	14/04	4		6	08/09	8		2	19/09	4
Brusque		1		5		2	22/11	7		3		6		5		2		7
Ibirama		2		4		8	23/11	3		3		6	10/08 09/09	5		2	21/09	3
Indaial		2		11		3	22/11	6		6		11		11		3		1
Ituporanga		1		5		0		0		1		0	09/09	2		1	22/09	3
Luiz Alves		1		1		0	25/11	0		1		6	30/09	12		6		0
Pomerode		4		5		10	23/11	5		5	26/01	9		12		5	14/02	7
Pouso Redondo		1		7		6		2		4		4		7		3		3
Rio do Sul		2		4		3	24/11	0		1		6	09/08	6		4	23/09	2
Rio dos Cedros		3		6		5	24/11	5		1	26/04	9		13		6		3
Taió		2		7		3		3		5		10	22/01	7		4	22/09	4
Timbó		2		4		4	24/11	8		4		4	14/02	3		7		3
Trombudo Central		1		5		5		1		4		3		5		2	22/09	5
Vidal Ramos		2	16/11	6		4		2		2		3		2		3	22/09	3
Vitor Meireles		1		3		4		4		3		3	30/08	3		7	23/09	4
Total anual	1	31	1	92	1	68	12	54	1	57	2	95	12	115		65	12	60

Fonte: Elaborado pelos autores

Legenda  Extremos de precipitação >50mm
 Extremos de precipitação >100mm

Segundo Pennington (2015), deslizamentos de terra têm sido noticiados por diversos canais de comunicação, incluindo a mídia social, pelos efeitos causados na sociedade, como desvios de trânsito, atrasos ferroviários, desabamento de casas ou o fechamento de trilhas, levando incorporações de informações da mídia social na busca de informações deslizamento de terra.

Segundo o autor, na Grã-Bretanha, o *National Landslide Database* (NLD) contém informações sobre deslizamentos de terra através de vários motores de busca da Internet desde 2006. Eventos estes que, devido à escala, não seriam tão visíveis na mídia regional e nacional, tendo assim uma probabilidade muito menor de serem registrados no banco de dados nacional, especialmente se eles fossem corrigidos rapidamente. Assim, ressalta o autor, o *Twitter*, uma ferramenta de *microblogging* popular onde observações em tempo real são publicados na *web*, provou ser a fonte mais produtiva de informações, pois público possui prática para tirar fotografias de fenômenos naturais e enviá-las para uma rede social como o *Twitter*, muitas vezes, minutos após o evento. Com o uso generalizado de *smartphones*, houve um aumento drástico na incidência, detalhes e velocidade dos dados comunicados, possibilitando ampliar as informações sobre perigos geológicos no país. Contudo, o uso de não especialistas na coleta de dados descartaria facilmente as informações por presumir-se que não tenham sido coletadas por um especialista treinado, por isso, seriam consideradas imprecisas. A fim de resolver isso, as informações reportadas, inobstante tenham sido obtidas através da mídia social, da imprensa local ou nacional, são usadas como um primeiro alerta para a existência de um deslizamento de terra. Posteriormente, é estabelecido um contato com o proprietário do terreno ou local relevante para conseguir informações mais detalhadas, podendo resultar em uma pesquisa de campo. Em um contexto espacial, a informação fornece registro de um evento de deslizamento de terra em que são usados para preencher o NLD.

As Figuras 2 a 5, obtidas do FIDE, referem-se a ocorrências de deslizamentos no ano de 2013. Os registros fotográficos do Formulário de Registro de Desastre (FIDE) e podem ser baixados do arquivo digital do S2ID.

Figura 2- Deslizamento de terra no município de Botuverá, registrado em 19 de setembro de 2013 (a). Deslizamento de terra no município de Blumenau, registrado em 22 de setembro de 2013 (b).

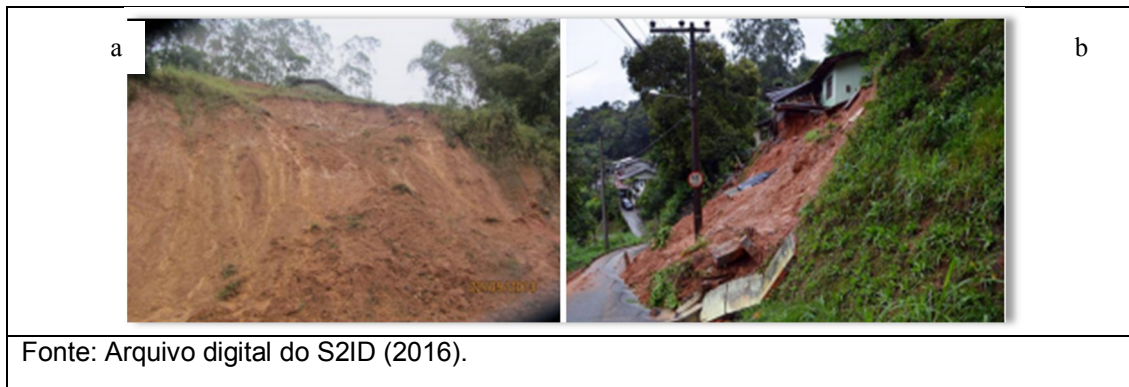


Figura 3- Deslizamentos de terra nos bairros Rafael Baixo (a) e Operário (b), no município de Ibirama, registrados no dia 21 de setembro de 2013.



Figura 4- Residência atingida por deslizamento de terra no município de Ituporanga, registrado em em 22 de setembro de 2013 (a). Deslizamento de terra no município de Pouso redondo, registrado em 2013 (b).



Figura 5- Deslizamento de terra no dia 23 de setembro de 2013 no município de Ituporanga (a). Deslizamento de terra no município de Taió, (Serra do Kraemer), registrado em 22 de setembro de 2013 (b).



Fonte: Arquivo digital S2ID (2016).

O fortalecimento e aperfeiçoamento do sistema não são questionáveis, considerando uma melhoria apresentada na qualidade de dados, especialmente a partir do ano de 2013. Uma das mudanças observadas foi a identificação precisa de pontos de deslizamentos de terra e os respectivos registros fotográficos, mas, ainda assim, as informações do S2ID podem ser mais úteis na mensuração de danos e prejuízos socioeconômicos. Quanto aos relatórios de registros, há necessidade de aperfeiçoá-los ou mesmo implementá-los. Dentre os principais problemas no desenvolvimento deste estudo, dois se destacam no que se refere à identificação de pontos de deslizamentos de terra nos documentos pesquisados: lacunas de informações no preenchimento dos documentos utilizados como fonte de informação e a inexistência de um banco de imagens que possibilitem localizar e analisar as ocorrências. As imagens de áreas atingidas por deslizamentos, disponíveis no arquivo digital são encontradas, principalmente, após 2013.

Foi possível observar coerência entre os registros do S2ID e da ANA, ressaltando alguns, em que não há registro na estação pluviométrica, mas a Defesa Civil municipal informa a ocorrência de chuva forte. Este é o caso do relato do dia 11 de dezembro de 2003, no município de Vidal Ramos. Neste dia foi relatado que as chuvas que se abateram sobre o município elevaram o nível do Rio Itajaí Mirim, Rio Santa Cruz e demais ribeirões, destruindo pontes e bueiros e várias estradas. Não há registro de precipitação neste dia, nem de chuva acumulada. Contudo, o documento de avaliação de danos informa que a precipitação foi de 135 mm.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 276-295, out./dez. 2017.

Foram observadas inconsistências entre as descrições das “causas e efeitos dos desastres” e os registros de precipitação. Há casos em que uma situação adversa é caracterizada, porém não há registro de chuva que justifique tal ocorrência naquele dia, como é o caso dos municípios de Ituporanga e Rio do Sul. No dia 25 de fevereiro de 1999, foi relatado que um vendaval seguido de fortes chuvas com duração de 45 minutos ocasionou o transbordamento de riachos, erosões e deslizamentos, dentre outros danos no município de Ituporanga. Contudo, o total precipitado no referido dia foi de 10,7mm, chuva acumulada de 25,8mm em dois dias, e 19,4mm de precipitação no dia seguinte. No dia 20 de julho de 2001, foram relatadas inundações de ruas da cidade, destruição de estradas e bueiros, quedas de árvores e isolamento total de comunidades no município de Rio do Sul. Neste dia o volume precipitado foi de 0,4mm, chuva acumulada de 25,9mm em dois dias, e 8,6mm de precipitação no dia seguinte.

Contradições entre os relatos de ocorrências e as datas dos registros também foram encontradas. No dia 14 de janeiro de 2000, foi descrito que fortes chuvas provocaram alagamentos, enxurradas, deslizamentos e danos na malha viária do município de Ituporanga, porém o volume precipitado foi de apenas 1mm. No dia posterior ao relato a precipitação foi de 111mm, o que poderia justificar a caracterização do desastre. Este tipo de ocorrência ficou mais evidente no evento de novembro de 2008. Isso pode ocorrer em função do padrão de cálculo de chuva, pois a chuva de 24 horas é considerada das 9h às 9h na estação convencional. No entanto, se começa a chover a noite, esta chuva será computada no dia posterior.

4 CONCLUSÕES

A relação entre registros de deslizamentos e chuvas extremas na bacia do Rio Itajaí, possibilitou conhecer a magnitude dos eventos adversos associados a extremos de precipitação, a partir do banco de dados do S2ID. Confrontando tais informações, foi possível observar que a deficiência de informações dos órgãos, quanto aos registros de desastres nos documentos oficiais, assim como a evolução destes registros ao longo dos anos (mais eficaz nos tempos atuais), impossibilita a correlação destes como o aumento

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 276-295, out./dez. 2017.

de chuvas nos últimos anos. No entanto, não há histórico de registros de deslizamento passíveis a comparação com o aumento das chuvas extremas. Portanto, as limitações encontradas no desenvolvimento deste estudo evidenciam as fragilidades na sistematização das informações sobre os desastres ocorridos na bacia do Rio Itajaí. Ainda que o aprimoramento dos documentos encaminhados ao SID com a implantação do Formulário de Informação de Desastres tenha sido um passo importante na identificação de movimentos de massa, faz-se necessário implementar e gerenciar um procedimento de coleta e armazenamento dos dados que possibilitem a correlação entre tais ocorrências e extremos de precipitação.

Este levantamento possibilitou constatar que a maioria das coordenadorias municipais não apresenta registros de movimentos de massa informatizados de fácil acesso, inviabilizando o acesso a obtenção de dados fundamentais para a realização deste trabalho; outras ainda dispõem apenas do mapeamento de risco realizado pela CPRM. Aquelas que apresentam uma melhor estrutura já estão em processo de informatização dos dados (informações do próprio órgão) e/ou trabalham no mapeamento de risco em seus municípios. Algumas coordenadorias, especialmente aquelas cujos municípios foram muito afetados pelo desastre de 2008, ainda que não dispusesse de relatórios de registros, demonstraram um grande interesse em contribuir com este trabalho, fornecendo o material disponível, geralmente, mapeamento de risco, ou relato de ocorrências sem precisão de informações.

Portanto, as deficiências encontradas na sistematização de dados de movimentos de massa apresentadas neste estudo, permitem propor sugestões para ampliação e aperfeiçoamento do banco de dados da Defesa Civil, a exemplo da Grã-Bretanha, onde a busca por informações sobre perigos geológicos, permitiu a incorporação de informações da mídia social, através de vários motores de busca da Internet desde 2006. A denominada “ciência do cidadão” possibilita que informações do *Twitter*, onde observações em tempo real são publicadas na web, possam ser capturadas pelo banco de dados nacional de deslizamento de terra.

EXTREMES OF PRECIPITATION AND OCCURRENCE OF LANDSLIDES IN THE ITAJAÍ RIVER BASIN

ABSTRACT

Studies aimed at evaluating areas susceptible to mass movements have been carried out in several regions of the Globe, especially in urban areas and regions of high rainfall. The objective of this work is to analyze information on mass movements and extremes of precipitation in the Itajaí River basin, as well as to know the magnitude of the adverse events from the Civil Defense reports, through the association between landslide records available in the database of the National System of Civil Defense and extreme rains. The results show that 42.7% of the landslide cases occurred on days of extreme rainfall, and in 94% of cases, rainfall extremes were preceded by consecutive rainy days. The highest number of records of occurrences was in the years 2001, 2008, 2011 and 2013, mainly in the spring season.

Keywords: Civil Defense; extreme rainfall; landslides

REFERÊNCIAS

AFUNGANG, R. N.; BATEIRA, C. V. Temporal probability analysis of landslides triggered by intense rainfall in the Bamenda Mountain Region, Cameroon. **Environmental Earth Sciences**, v.75, n.12, p.1-12, 2016.

AUMOND, J. J. **Condições naturais que tornam o vale do Itajaí sujeito aos desastres**. In: FRANK, B.; SEVEGNANI, L. (Orgs.). Desastre de 2008 no Vale do Itajaí: água, gente e política. Blumenau: Agência de Água do Vale do Itajaí, 2009.

BRASIL. **Resposta ao desastre em Santa Catarina no ano de 2008: avaliação das áreas atingidas por movimentos de massa e dos danos em edificações durante o desastre**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres, 2009.

CEPED. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010**. Volume Santa Catarina. Florianópolis, SC., 2012b. 89p. Disponível em< <http://150.162>, v.127, p. 8080, 2014.

COUTINHO, S. V. A. precipitação e sua influência na movimentação de massa: estudo de um caso. **Revista Saúde e Ambiente**, v.3, n.2, p. 11-19, 2009.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M.L. de P. Análise da suscetibilidade a deslizamentos no bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. **Revista Universidade Rural, Série Ciências Exatas e da Terra**, v.21, n.1, p. 91-104, 2002.

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: field evidence and modeling. **Catena**, v.55, n.2, p. 63-181, 2004.

FRAGA, N. C. Clima, gestão do território e enchentes no Vale do Itajaí-SC. **Terra Livre**, v.1, n.20, p. 159-170, 2004.

GEERTSEMA, M.; CLAGUE, J. J.; SCHWAB, J. W.; EVANS, S. G. An overview of recent large catastrophic landslides in northern British Columbia, Canada. **Engineering Geology**, v.83, n.1, p. 120-143, 2006.

KEEFER, D. Landslides caused by earthquakes. Geological Society of America Bulletin, v.95, p.406-421, 1984.

KEEFER, David K. Investigating landslides caused by earthquakes—a historical review. **Surveys in geophysics**, v.23, n.6, p. 473-510, 2002.

HAVENITH, H. B.; STROM, A.; TORGOEV, I.; TORGOEV, A.; LAMAIR, L.; ISCHUK, A.; ABDRAKHMATOV, K. Tien Shan geohazards database: Earthquakes and landslides. **Geomorphology**, 249, 16-31, 2015.

INMET. CHUVA ACUMULADA. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 26 de jan. de 2017.

MARINHO, R. R. **Uso de imagens SAR orbitais em desastres naturais: mapeamento de inundações e deslizamentos de terra ocorridos em Novembro de 2008 no Vale do Itajaí - SC**. 2011. 173f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 2011.

MEUNIER, P.; UCHIDA, T.; HOVIUS, N.. Landslide patterns reveal the sources of large earthquakes. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 363, p. 27-33, 2013.

NIMER, E. Climatologia da Região Sul. In.: IBGE. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, p.195-264, 1979.

PENNINGTON, C.; FREEBOROUGH, K.; DASHWOOD, C.; DIJKSTRA, T.; LAWRIE, K. The National Landslide Database of Great Britain: Acquisition, communication and the role of social media. **Geomorphology**, v.249, p. 44-51, 2015.

PICHLER, E. Aspectos geológicos dos escorregamentos em Santos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**. São Paulo, v.6, n. 2, p. 69-77, 1957.

RODRIGUEZ, C. E.; BOMMER, J. J.; CHANDLER, R. J. Earthquake-induced landslides: 1980–1997. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, v.18, n.5, p.325-346, 1999.

SCHEIBE, L. F. A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória. **Geosul**, v.1, n.1, p.7-38, 1986.

S2ID. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 12 set. 2016.

SILVA, H.; SEVERO, D. O clima. In: AUMOND, J. J., PINHEIRO, A., FRANK, B. (org.). Bacia do Itajaí: formação, recursos naturais e ecossistemas. Blumenau: Edifurb, 2006.

TATIZANA, C. et al. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos-Serra do Mar, município de Cubatão. In: **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, p. 225-236, 1987.

VIEIRA, R.; PINHEIRO, A.; XAVIER, F. F. VIBRANS, A. C.; REFOSCO, J. C. Análise Integrada dos fatores físicos e sociais para identificação das áreas suscetíveis a escorregamentos. In: **Um olhar sobre as áreas de risco de escorregamentos no município de Blumenau: em busca da prevenção**. FURB/IPA, p.56-71, 2005.

XU, C. Do buried-rupture earthquakes trigger less landslides than surface-rupture earthquakes for reverse faults?. **Geomorphology**, v. 216, p. 53-57, 2014.

YAGI, H.; SATO, G.; HIGAKI, D.; YAMAMOTO, M.; YAMASAKI, T. Distribution and characteristics of landslides induced by the Iwate–Miyagi Nairiku Earthquake in 2008 in Tohoku District, Northeast Japan. **Landslides**, v.6, n.4, p. 335-344, 2009.

YAGI, H.; YAMAZAKI, T.; ATSUMI, M. GIS analysis on geomorphological features and soil mechanical implication of landslides caused by 2004 Niigata Chuetsu earthquake. **Journal of the Japan Landslide Society**, v.43, 294–306, 2007.