

16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental

ÁREAS SUSCETÍVEIS A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÕES NAS REGIÕES METROPOLITANAS DE SÃO PAULO, BAIXADA SANTISTA E LITORAL NORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Omar Yazbek Bitar ¹; Sofia Júlia Alves Macedo Campos ²; Ana Cândida Melo Cavani Monteiro ³; Priscilla Moreira Argentin ⁴; Alessandra Cristina Corsi ⁵; Nivaldo Paulon ⁶

RESUMO

Este artigo sintetiza os resultados dos trabalhos de elaboração de cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações nas regiões metropolitanas de São Paulo e da Baixada Santista e no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Os trabalhos foram realizados entre 2014 e 2017, mediante parceria entre o Serviço Geológico do Brasil e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, no contexto de implantação da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil e do Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos. Os objetivos compreenderam elaborar a carta de suscetibilidade de cada município e disponibilizar os produtos obtidos ao público por meio de portais e infraestruturas de dados espaciais na *web*. Os métodos empregados na elaboração das cartas consideraram os processos do meio físico que podem gerar desastres, analisados a partir da compilação, tratamento e integração de dados geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e outros, utilizando-se modelagens computacionais e verificação de campo. O território municipal é classificado em zonas de alta, média e baixa suscetibilidade, segundo dois conjuntos de processos: deslizamento, rastejo e queda de bloco; e inundação e/ou alagamento. Apontam-se também as bacias de drenagem suscetíveis à geração de corrida de massa e enxurrada. A carta de suscetibilidade contém indicadores que propiciam estimar a incidência relativa de cada classe no município. A composição das cartas municipais em cada região possibilita a comparação dessa incidência no âmbito regional, bem como entre as regiões mapeadas.

PALAVRAS CHAVE: Carta de suscetibilidade; Região Metropolitana de São Paulo; Região Metropolitana da Baixada Santista; Litoral Norte.

ABSTRACT

This paper synthesizes the results of the work of elaborating maps of susceptibility to gravitational movements of mass and floods in the metropolitan areas of São Paulo and Baixada Santista and in the North Coast of the State of São Paulo. The works were carried out between 2014 and 2017, through a partnership between the Geological Service of Brazil and the Institute for Technological Research of the State of São Paulo, in the context of the implementation of the National Policy on Protection and Civil Defense and the State Program for the Prevention of Natural Disasters and Geological Hazard Reduction. The objectives included elaborating the map of susceptibility for each municipality and making available the products obtained through portals and infrastructures of spatial data on the web. The methods used in the elaboration of the municipal maps consider the processes of the physical environment that can generate disasters, analyzed from the compilation and treatment of geological, geomorphological, hydrological and other data, using computational modeling and field verification. The municipal territory is classified in zones of high, medium and low susceptibility, according to two groups of processes: slides, creep and rock fall; and flooding. Also pointed are the drainage basins susceptible to the generation of debris flow and flash flood. The map of susceptibility contains indicators that allow estimating the relative incidence of each class within the municipality. The composition of the municipal maps each region makes it possible to compare this incidence at the regional level, as well as between the mapped regions.

KEYWORDS: *susceptibility map; metropolitan region of Sao Paulo; metropolitan region of Baixada Santista; North Coast.*

¹ Geólogo, Dr., Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, 11 3767.4489/4938, omar@ipt.br; ² Eng^a. Civil, Ma., Pesquisadora do IPT, scampos@ipt.br; ³ Matemática, Ma., Pesquisadora do IPT, anacandi@ipt.br; ⁴ Geógrafa, Pesquisadora do IPT, priscillam@ipt.br; ⁵ Geóloga, Dra., Pesquisadora do IPT, accorsi@ipt.br; ⁶ Tecnólogo, Pesquisador do IPT nivaip@ipt.br.

1 INTRODUÇÃO

O mapeamento de áreas suscetíveis a processos do meio físico que podem gerar desastres naturais no País é um dos requisitos estabelecidos pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC - Lei Federal 12.608/2012). Visa-se avaliar os terrenos, de modo a fornecer subsídios para evitar a ocupação das áreas mais suscetíveis e, assim, contribuir na redução de riscos e desastres. A Lei prevê ações de mapeamento e sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente, subsidiando as ações locais e regionais de planejamento territorial e de prevenção de desastres. O mapeamento de áreas suscetíveis é também um dos requisitos para acesso a recursos financeiros da União, visando a gestão de riscos nos municípios (Lei Federal 12.340/2010).

O Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN - BRASIL, 2013) deflagrou a elaboração de cartas de suscetibilidade no País, sob a coordenação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Para o desenvolvimento das cartas, a CPRM estabeleceu parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). As premissas para a elaboração das cartas compreenderam: aplicabilidade nacional, com adaptações a cada região; comparabilidade entre os municípios mapeados e padronização dos produtos elaborados; e objetividade no atendimento às diretrizes da PNPDEC e ações do PNGRRDN, disponibilizando os resultados aos municípios. Desde então, mais de 400 municípios foram mapeados no País.

No caso do Estado de São Paulo, após os primeiros mapeamentos, estabeleceu-se, no âmbito do Programa Estadual de Prevenção de Desastres Naturais e de Redução de Riscos Geológicos (PDN - Decreto Estadual 57.512/2011), a priorização dos municípios da região denominada Macrometrópole Paulista. A Macrometrópole é a região do Estado onde os problemas associados a processos como deslizamento e inundação tendem a afetar o desenvolvimento de maneira mais frequente, especialmente a urbanização, infraestrutura e industrialização, em razão da crescente interação entre essas atividades e o meio físico.

Nesse contexto, o presente artigo sintetiza os resultados gerais obtidos acerca da incidência de áreas suscetíveis a movimentos gravitacionais de massa e inundações na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo, totalizando 52 municípios. O Litoral Norte é parte integrante da região metropolitana que engloba o Vale do Paraíba, na qual outros municípios já foram mapeados. O mapeamento nas três regiões foi executado pelo IPT e CPRM, entre 2014 e 2017. Prevê-se completar até 2020 os 174 municípios que compõem a Macrometrópole, com apoio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação e da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil (CEDEC/SP). Além das regiões citadas, a Macrometrópole compreende também as regiões de Campinas, Sorocaba, Jundiaí, Piracicaba e Bragança Paulista.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é estabelecer as bases tecnológicas para o desenvolvimento contínuo de cartas municipais de suscetibilidade a processos geológicos e hidrológicos que podem gerar desastres naturais, na escala geográfica de referência 1:25.000. Visa-se, no presente artigo, apresentar breve panorama quantitativo sobre a incidência das diferentes classes de suscetibilidade na RMSP, RMBS e Litoral Norte do Estado de São Paulo.

Os objetivos específicos compreendem: efetuar a análise, classificação e zoneamento das suscetibilidades a movimentos gravitacionais de massa e inundações em áreas ocupadas e não ocupadas dos territórios municipais dessas três regiões; e disponibilizar os dados gerados na *web*, por meio dos portais da CPRM, Cedec/SP, Plataforma IPT Pró-Municípios e, ainda, nas infraestruturas de dados espaciais (IDEs) do Datageo da Secretaria do Meio Ambiente (SMA/SP) e da Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA).

3 PROCEDIMENTOS DESENVOLVIDOS

O conceito de *suscetibilidade* adotado para as finalidades dos trabalhos realizados, tendo em conta as diretrizes da PNPDEC e a literatura técnico-científica do campo das geociências aplicadas, relaciona-se com a predisposição ou propensão dos terrenos à geração e

desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico em uma dada área (FELL et al., 2008; JULIÃO et al., 2009; SOBREIRA e SOUZA, 2012; DINIZ, 2012; COUTINHO, 2013; BRESSANI e COSTA, 2013; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013).

Para o desenvolvimento do modelo de mapeamento de suscetibilidades foram utilizados diversos estudos, podendo-se salientar o Guia para Zoneamento de Suscetibilidade, Perigo e Risco a Deslizamentos (FELL et al., 2008), elaborado pelo *Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes* (JTC-1), conforme Macedo e Bressani (2013). De acordo com o Guia, o mapeamento de suscetibilidade não deve ser confundido com o de perigo e tampouco com o de risco, os quais constituem outros tipos de mapeamento, em escalas de maior detalhe. Sobreira e Souza (2012) distinguem as cartas geotécnicas de planejamento, segundo as escalas e os processos identificáveis: cartas de suscetibilidade (em escala 1:25.000 ou maior); cartas de aptidão à urbanização (em escala 1:10.000, 1:5.000 ou maior); e cartas de riscos geológicos (em escala 1:2.000 ou maior). Essa distinção é apontada também em Diniz (2012) e IPT (2015).

Os métodos e técnicas utilizados no mapeamento de áreas suscetíveis foram desenvolvidos em conjunto pelo IPT e CPRM e estão resumidos em Bitar et al. (2014). Os procedimentos desenvolvidos foram aplicados de modo similar a cada município, envolvendo: compilação bibliográfica, elaboração de mapas temáticos e estruturação da base de dados digitais; análise, classificação e zoneamento das suscetibilidades aos processos do meio físico considerados; fotointerpretação de feições associadas aos processos analisados; composição do pré-mapa de áreas suscetíveis em laboratório; verificação e validação do pré-mapa de áreas suscetíveis em atividades de campo; e revisão do pré-mapa e consolidação da carta síntese e da base de dados correspondente. Para análise da suscetibilidade, integram-se, em especial, dados referentes a fatores predisponentes de natureza geológica, geomorfológica, pedológica e hidrológica, resultando em uma classificação relativa de suscetibilidade (alta, média e baixa) e zoneamento segundo domínios homogêneos, representando a maior ou menor propensão ao processo analisado. Os terrenos são classificados de acordo com dois conjuntos de processos: deslizamento, rastejo e queda de bloco; e inundação e/ou alagamento. Apontam-se também as bacias de drenagem suscetíveis à geração de corrida de massa e enxurrada. Cada classe é acompanhada de indicadores que fornecem a quantificação da incidência no território.

Os principais produtos gerados compreendem: carta síntese de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações; e base de dados digitais específica para cada município, organizada em sistema de informação geográfica (SIG). Essa base contém todos os mapas temáticos e intermediários utilizados, bem como dados referentes ao regime de chuvas elaborado pela CPRM. A **Figura 1** ilustra o formato geral e o conteúdo de uma carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações, conforme elaborada para os municípios da RMSP (trinta e nove municípios), RMBS (nove) e Litoral Norte (quatro).

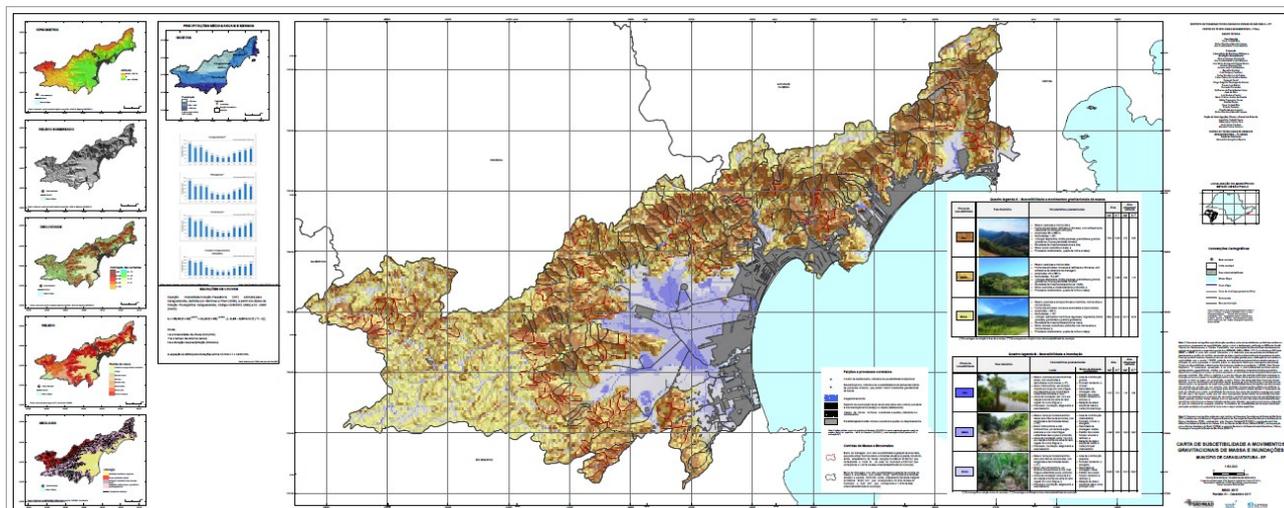


Figura 1- Ilustração da carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações do município de Caraguatatuba, no Litoral Norte, distinguindo-se: áreas suscetíveis a deslizamento (tons em marrom), inundação e/ou alagamento (tons em azul), corrida de massa (polígono com contorno preto), enxurrada (polígono com contorno vermelho) e área urbanizada e/ou edificada (hachura cinza). À esquerda estão os mapas temáticos e dados de chuvas utilizados na elaboração da carta. Fonte: IPT e CPRM.

As cartas de suscetibilidade produzidas representam um primeiro estágio de conhecimento, mostrando áreas suscetíveis à geração dos processos. Não se indicam o alcance territorial dos materiais mobilizáveis e tampouco a sinergia entre os processos, que devem ser objeto de análises de perigo e risco, a realizar em nível de detalhe. O modelo de mapeamento desenvolvido é fundamentado em fatores predisponentes espacializáveis e validação em campo. Fatores não incluídos podem ser agregados à medida que haja disponibilidade de dados na escala correspondente. As cartas se destinam ao planejamento territorial e à prevenção de desastres, aplicáveis a planos diretores municipais e zoneamentos ecológico-econômicos, visando orientar a expansão urbana e evitar a edificação em áreas suscetíveis, bem como subsidiar o licenciamento ambiental e a avaliação de impactos de empreendimentos. As cartas não devem ser utilizadas para tomada de decisão em escala de projeto de engenharia, devendo ser revistas periodicamente, à medida que surjam novos dados, em escalas compatíveis.

4 RESULTADOS GERAIS

Dentre os produtos obtidos na elaboração das cartas de suscetibilidade na RMSP, RMBS e Litoral Norte, apresenta-se breve panorama acerca da incidência de áreas suscetíveis a deslizamento, inundação e/ou alagamento, corrida de massa e enxurrada. A abrangência considerada é em relação à área total municipal, bem como no que se refere à área urbanizada e/ou edificada, a qual engloba também ocupações situadas fora da zona urbana e periurbana. No caso de corrida de massa e enxurrada, a incidência é destacada em relação às bacias de drenagem suscetíveis à geração dos dois processos. De acordo com os métodos empregados, as bacias de drenagem suscetíveis à geração de corrida de massa são consideradas suscetíveis também em relação à ocorrência de enxurrada, enquanto que o inverso nem sempre se verifica.

Tendo em vista as áreas suscetíveis a deslizamento, nota-se que o Litoral Norte apresenta a maior incidência de alta suscetibilidade, em proporção ao seu território, comparativamente às demais regiões mapeadas (RMBS e RMSP). A **Figura 2** apresenta um panorama ilustrativo da distribuição territorial das classes de suscetibilidade a deslizamento.

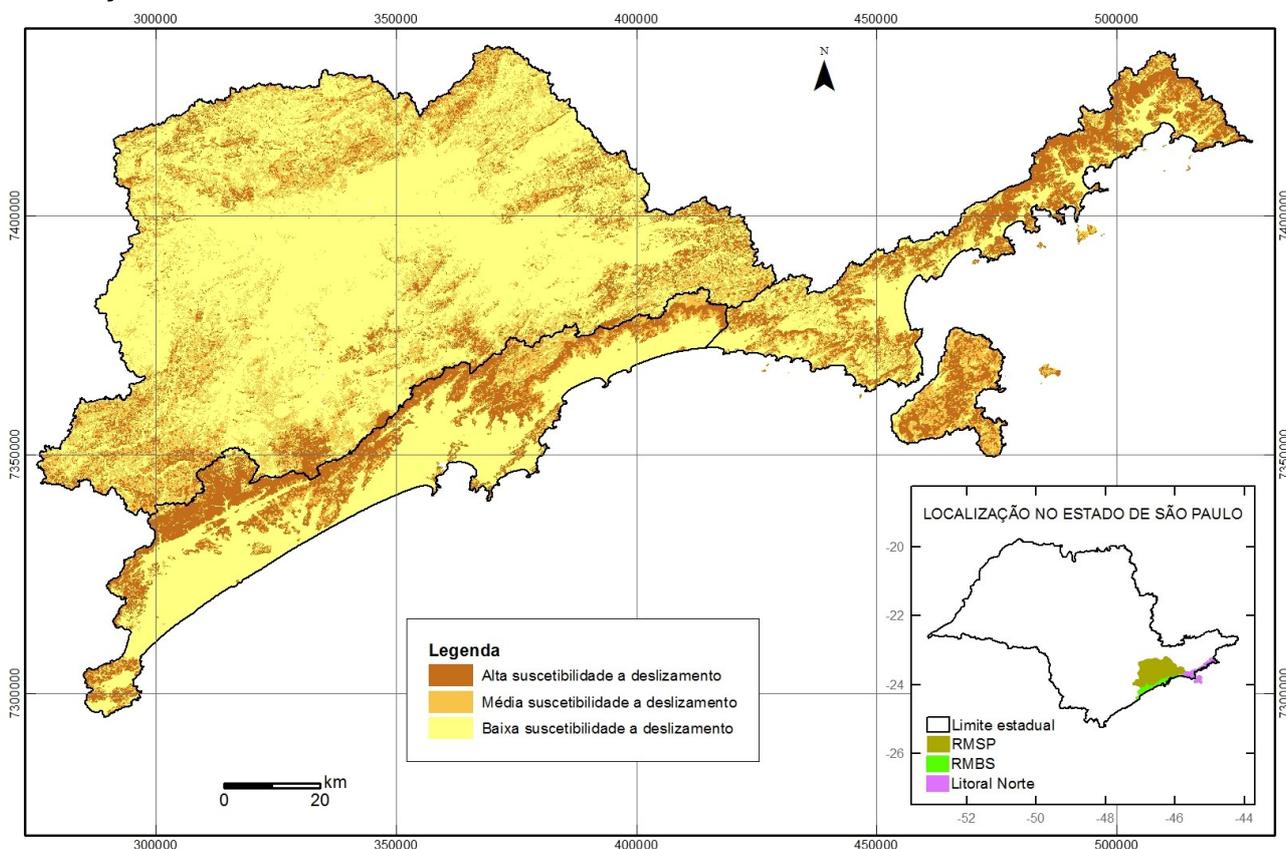


Figura 2- Ilustração da incidência de áreas suscetíveis a deslizamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo. Fonte: IPT e CPRM.

Nesse aspecto, nota-se que o Litoral Norte tem 39 % de seu território em alta suscetibilidade a deslizamento. A RMBS apresenta também valor significativo (30 %) e a RMSP uma incidência relativamente menor (10 %). Quanto a terrenos com alta suscetibilidade a deslizamento em área urbanizada e/ou edificada, o Litoral Norte se destaca novamente (2,27 %), enquanto a RMSP (1,79 %) supera o valor da RMBS (1,20 %). Por vezes, conforme o município, as áreas suscetíveis a deslizamento podem incluir também os processos de queda de rocha e de rastejo. Convém observar que as incidências de alta suscetibilidade a deslizamento nas três regiões se aproximam em extensão territorial (em km²), em que pese haver grande disparidade quando se comparam as áreas totais de cada região. Vale ressaltar que, nas três regiões mapeadas, mais de 90 % da área urbanizada e/ou edificada encontra-se na classe de baixa suscetibilidade a deslizamento, com destaque para a RMBS, que possui mais de 98 % de seu território nessa condição (**Tabela 1**). Esse é o melhor cenário possível em relação a este processo, com a maior parte da população alocada na classe que representa as menores possibilidades de problemas. Porém, intervenções descuidadas nessas áreas, com corte e aterro em encostas, podem gerar áreas de risco.

Tabela 1- Incidência de classes de suscetibilidade a deslizamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo, segundo a abrangência territorial. Fonte: IPT e CPRM.

Abrangência	Região (nº de municípios)	Alta		Média		Baixa		Total km ²
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	
Área municipal	RMSP (39)	822,58	10,35	1.634,35	20,56	5.494,05	69,10	7.950,98
	RMBS (9)	741,54	30,71	333,85	13,83	1.338,99	55,46	2.414,39
	Litoral Norte (4)	759,22	39,20	472,02	24,37	705,63	36,43	1.936,87
Área municipal urbanizada e/ou edificada	RMSP (39)	41,93	1,79	174,56	7,43	2.131,39	90,78	2.347,89
	RMBS (9)	3,73	1,20	1,94	0,63	303,89	98,17	309,56
	Litoral Norte (4)	2,50	2,27	5,42	4,92	102,13	92,80	110,05

No que diz respeito a inundação e/ou alagamento, tendo em conta exclusivamente o domínio de relevo de planícies e terraços aluviais e/ou marinhos sujeito a esses processos, nota-se a incidência maior de alta suscetibilidade na RMBS. A **Figura 3** ilustra a distribuição territorial das classes de suscetibilidade a inundação e/ou alagamento.

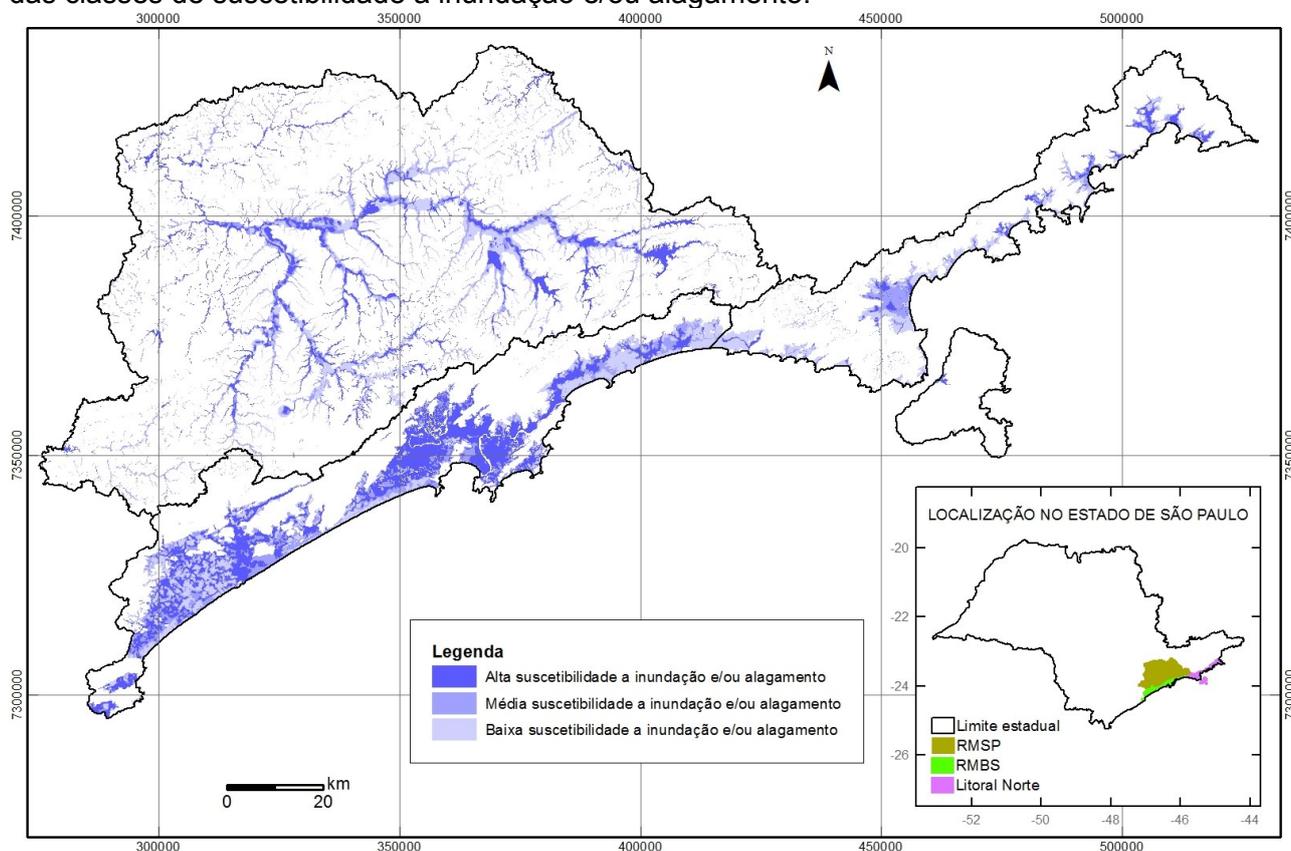


Figura 3- Ilustração da incidência de áreas suscetíveis a inundação e/ou alagamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo. Fonte: IPT e CPRM.

De fato, a RMBS se destaca em relação à classe de alta suscetibilidade na área municipal (20,92 %), enquanto a RMSP e o Litoral Norte mostram valores inferiores, respectivamente 4,19 % e 2,44 %. Quanto à incidência de alta suscetibilidade a inundações e/ou alagamentos em área urbanizada e/ou edificada, a RMBS permanece com percentual mais elevado (32,45 %), enquanto as regiões do Litoral Norte e da RMSP invertem seu posicionamento, ainda inferiores, respectivamente com 7,63 % e 4,36 %. A RMBS e o Litoral Norte possuem, respectivamente, mais de 94 % e 75 % de seu território urbanizado e/ou edificada em áreas de planícies e terraços, suscetíveis a inundações e/ou alagamentos, mas a RMSP mostra pouco além de 17% (**Tabela 2**).

Tabela 2- Incidência de classes de suscetibilidade a inundações e/ou alagamentos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo, segundo a abrangência territorial. Fonte: IPT e CPRM.

Abrangência	Região (nº de municípios)	Alta		Média		Baixa		Total	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ² *	% **
Área municipal	RMSP (39)	333,33	4,19	303,84	3,82	497,89	6,26	1.135,06	14,28
	RMBS (9)	505,00	20,92	299,33	12,40	306,87	12,71	1.111,20	46,02
	Litoral Norte (4)	47,29	2,44	87,24	4,50	172,98	43,20	307,51	15,88
Área municipal urbanizada e/ou edificada	RMSP (39)	102,47	4,36	117,59	5,01	193,63	8,25	413,70	17,62
	RMBS (9)	100,45	32,45	102,43	33,09	90,54	29,25	293,42	94,79
	Litoral Norte (4)	8,40	7,63	24,11	21,91	50,61	45,99	83,12	75,53

* Refere-se à soma das áreas em padrão de relevo representado por planícies e terraços aluviais e/ou marinhos.

** Refere-se à proporção de ocorrência desse padrão de relevo em relação à área total da região.

Quanto à ocorrência de bacias de drenagem com alta suscetibilidade a corrida de massa e/ou enxurrada, o Litoral Norte se salienta proporcionalmente a sua extensão territorial, perante as demais regiões mapeadas, conforme se ilustra na **Figura 4**.

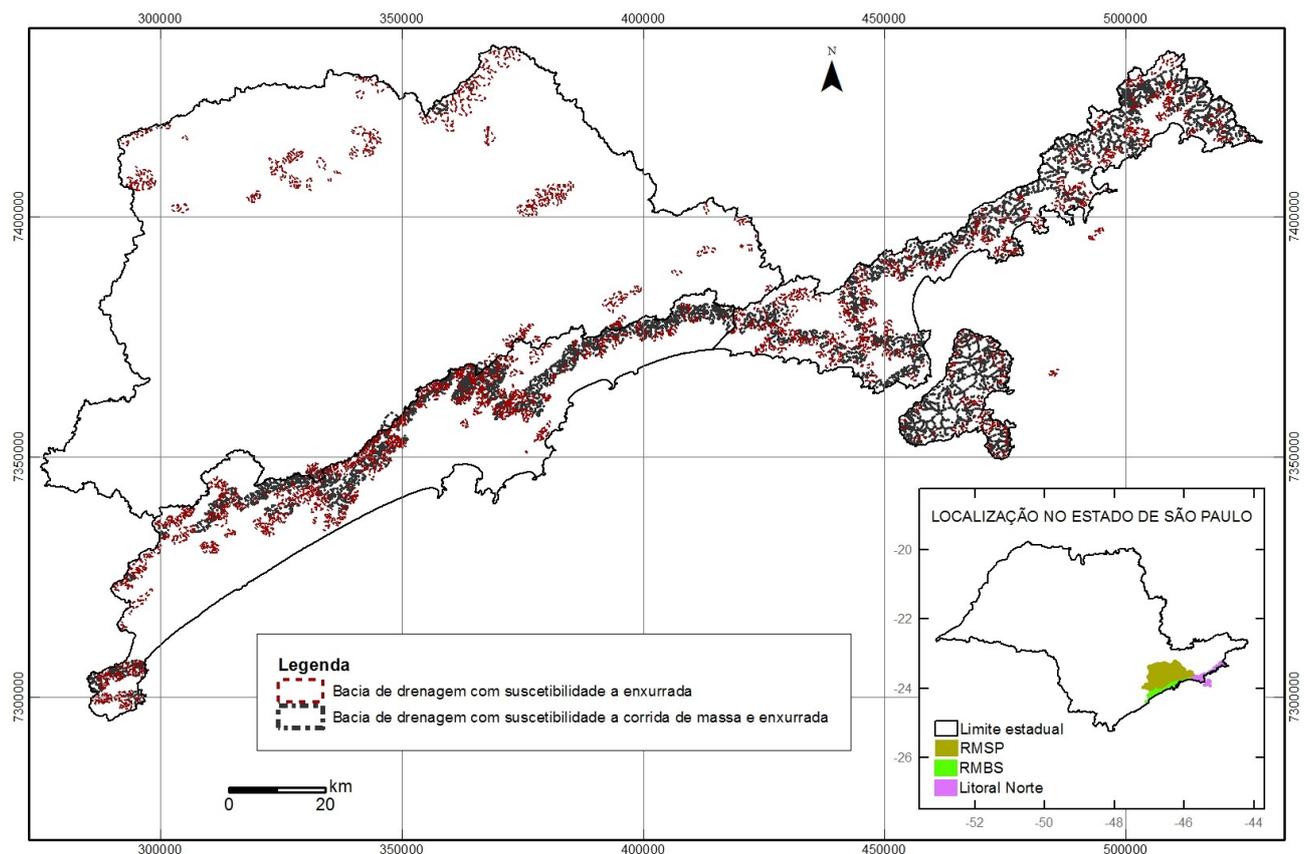


Figura 4- Ilustração da incidência de áreas suscetíveis a corrida de massa e/ou enxurrada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo. Fonte: IPT. Fonte: IPT e CPRM.

O Litoral Norte se sobressai nesses dois processos, com 36,96 % de incidência, enquanto a RMBS se mostra menor (12,17 %), assim com a RMSP (0,28 %). Quanto à presença de área urbanizada e/ou edificada em bacias de drenagem com alta suscetibilidade a corrida de massa, o Litoral Norte apresenta valor maior (5,12 %), muito distante dos da RMBS (0,14%) e RMSP

(0,01%). Sobre enxurrada, o Litoral Norte se destaca (14,21 %), seguido da RMBS (10,96 %) e da RMSP (2,68 %). Quanto à presença de área urbanizada e/ou edificada em bacias de drenagem com alta suscetibilidade a enxurrada, o Litoral Norte continua mostrando a maior incidência (2,35 %), mas a RMSP (0,41 %) e RMBS (0,29 %) mostram valores inferiores e invertem sua posição. Quanto à incidência dos dois tipos de bacia de drenagem (ou seja, alta suscetibilidade a: corrida e enxurrada; e a enxurrada), o Litoral Norte continua sobressaindo (51,17 %), seguido da RMBS (23,13 %) e da RMSP (2,96 %). Quanto à área urbanizada e/ou edificada, o Litoral Norte tem a maior incidência (7,47 %), enquanto a Baixada Santista e a RMSP se aproximam, respectivamente com 0,43 % e 0,42 % de seu território (**Tabela 3**).

Tabela 3- Incidência de classes de suscetibilidade a corrida de massa e/ou enxurrada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo, segundo a abrangência territorial. Fonte: IPT e CPRM.

Abrangência	Região (nº de municípios)	Corrida de massa e enxurrada (a)		Enxurrada (b)		Total (a + b)	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
Área municipal	RMSP (39)	21,91	0,28	213,41	2,68	235,32	2,96
	RMBS (9)	293,86	12,17	264,67	10,96	558,53	23,13
	Litoral Norte (4)	715,95	36,96	275,24	14,21	991,19	51,17
Área municipal urbanizada e/ou edificada	RMSP (39)	0,18	0,01	9,61	0,41	9,79	0,42
	RMBS (9)	0,42	0,14	0,90	0,29	1,32	0,43
	Litoral Norte (4)	5,63	5,12	2,59	2,35	8,22	7,47

A **Figura 5** ilustra, de maneira sobreposta, a incidência de áreas suscetíveis a deslizamento, inundação e/ou alagamento e corrida de massa e/ou enxurrada, nas três regiões mapeadas. Observa-se, entre outros aspectos, que o Litoral Norte é a região com maior incidência proporcional de áreas com alta suscetibilidade aos processos analisados, seguida da RMBS e da RMSP. Nesta última, nota-se amplo domínio territorial de áreas com baixa suscetibilidade aos processos analisados.

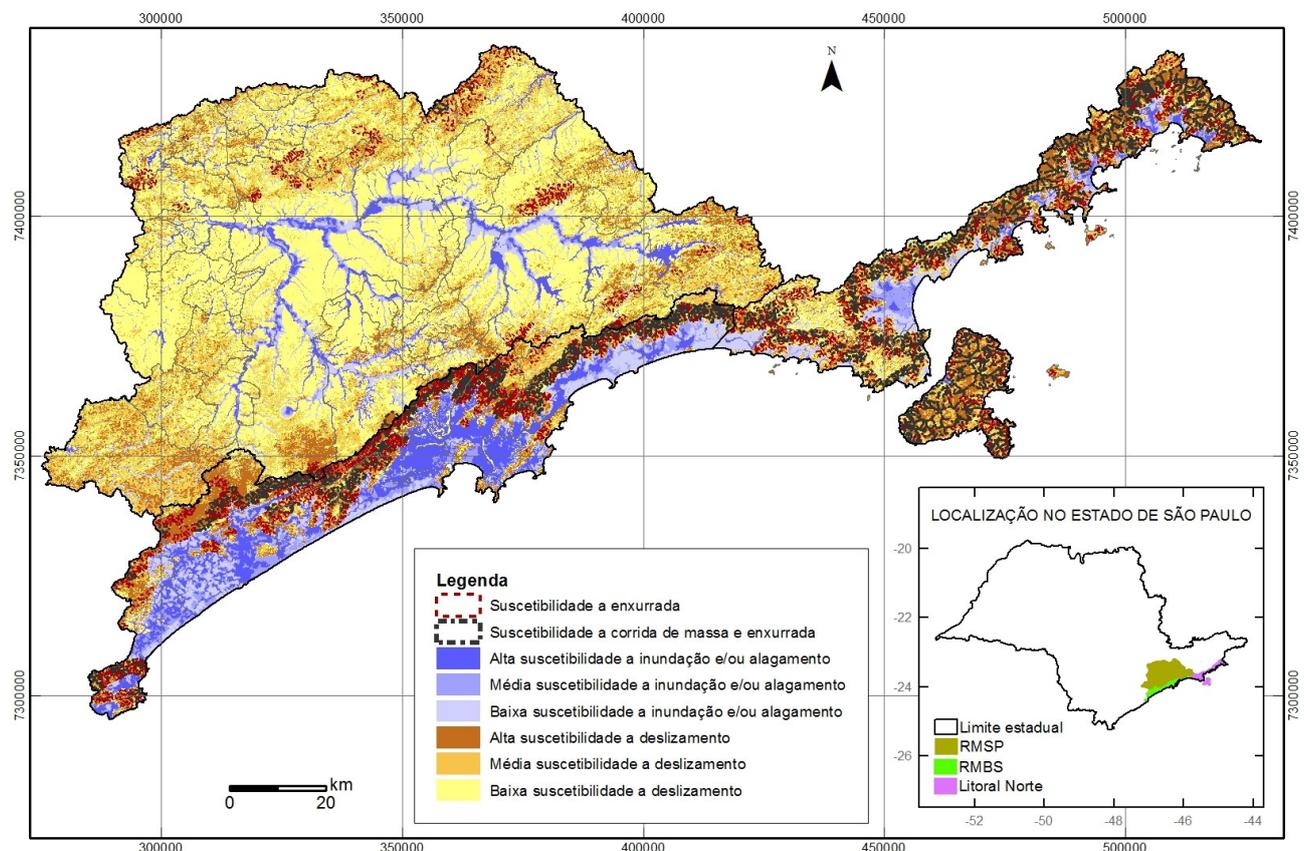


Figura 5- Ilustração da incidência de áreas suscetíveis a deslizamento, inundação e/ou alagamento e corrida de massa e/ou enxurrada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo. Fonte: IPT. Fonte: IPT e CPRM.

Ao se incluir nesse panorama a presença de áreas urbanizadas e/ou edificadas (**Figura 6**), observa-se que, como no caso da RMSP, na comparação com a Figura 5, boa parte dessas áreas

se assenta sobre áreas com baixa suscetibilidade, seja a deslizamento ou inundação. No entanto, há que se salientar o fato de que, a depender do modo de ocupação, como em casos onde esta se realiza em desacordo com as boas práticas de engenharia, podem-se gerar situações de perigo e risco, requerendo análises específicas e abordagens corretivas.

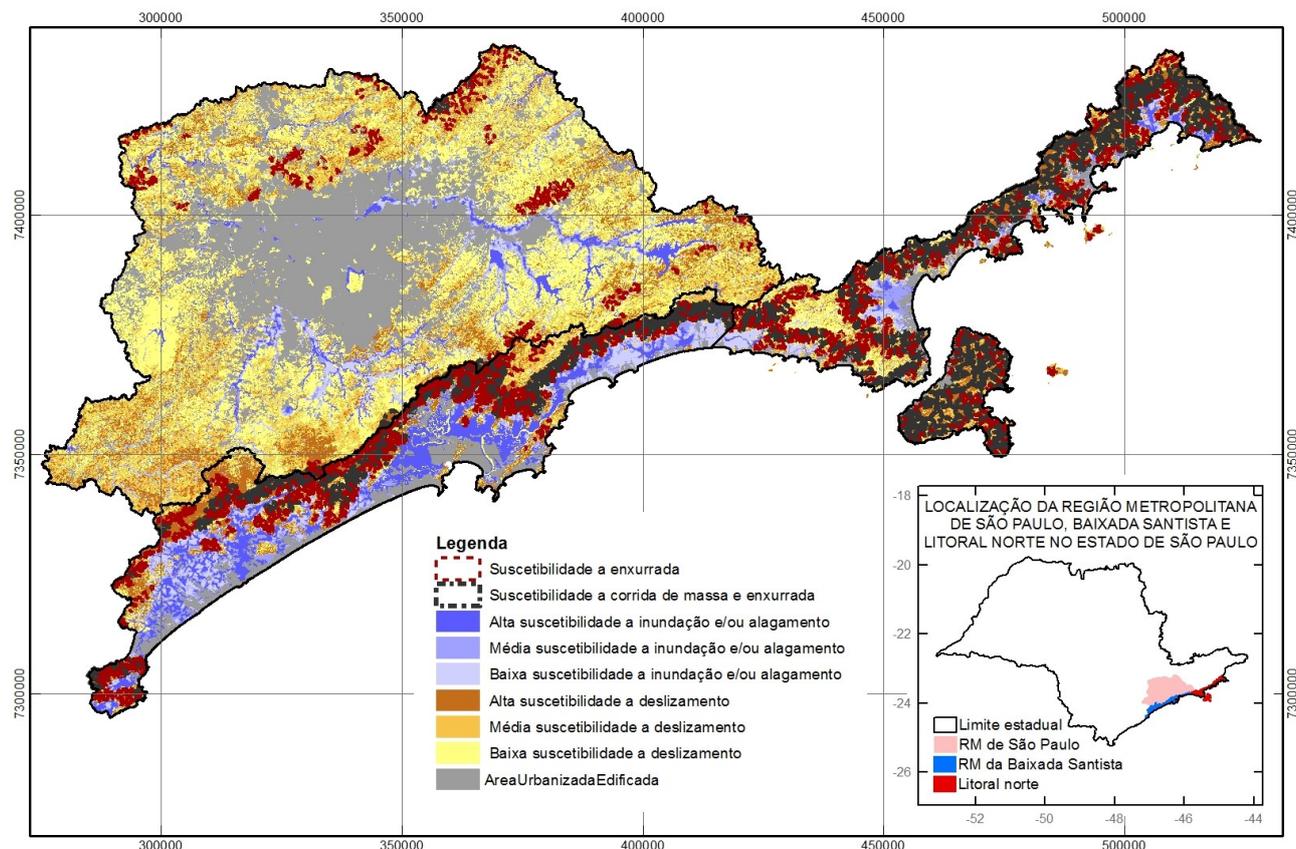


Figura 6- Ilustração da incidência de áreas suscetíveis a deslizamento, inundação e/ou alagamento e corrida de massa e/ou enxurrada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), Região Metropolitana da Baixada Santista (RMBS) e Litoral Norte do Estado de São Paulo, considerando-se as áreas urbanizadas e/ou edificadas. Fonte: IPT e CPRM.

Convém mencionar que todos os dados e informações a respeito dos mapeamentos realizados nessas três regiões estão disponíveis e podem ser acessados nos portais e infraestruturas de bases espaciais apontados anteriormente, entre os quais o da CPRM (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos mostram a distribuição geral da incidência de áreas suscetíveis aos diferentes processos analisados nos municípios e regiões mapeadas, os quais devem merecer atenção especial em termos de planejamento territorial e prevenção de desastres. Considerando as três regiões mapeadas, observa-se, enfim, que o processo que apresenta maior incidência de áreas com alta suscetibilidade, em relação à soma das áreas regionais, que inclui áreas urbanizadas e áreas rurais, corresponde a deslizamento. No entanto, considerando-se apenas a área urbanizada e/ou edificada, ou seja, onde há populações residentes e atividades econômicas em andamento, a incidência maior é de inundação e/ou alagamento.

Os dados obtidos para cada município propiciam efetuar considerações adicionais, para fins exemplificativos, quanto àqueles que apresentam maior incidência de áreas suscetíveis aos processos analisados. Assim, na RMSP, Juquitiba se destaca em relação a deslizamento, São Caetano do Sul a inundação e/ou alagamento e Santa Isabel a corrida de massa e/ou enxurrada, sempre em proporção à dimensão do território. Por sua vez, na RMBS, Cubatão se destaca em relação a deslizamento e também a corrida de massa e/ou enxurrada, enquanto São Vicente mostra prevalência em relação a inundação e/ou alagamento. No Litoral Norte, Ubatuba se salienta em deslizamento e inundação e/ou alagamento, enquanto Ilhabela aos processos de corrida de massa e/ou enxurrada.

Ao considerar apenas a área urbanizada e/ou edificada, Ubatuba continua se destacando no Litoral Norte em inundação e/ou alagamento e Ilhabela em deslizamento e corrida de massa e/ou enxurrada, enquanto que, na RMBS, Santos se sobressai no que se refere a deslizamento, São Vicente a inundação e/ou alagamento e Cubatão a corrida de massa e enxurrada. Na RMSP, a cidade de Jujutiba se destaca em relação a deslizamento, São Caetano do Sul mantém seu destaque em relação a inundação e/ou alagamento, enquanto Pirapora do Bom Jesus mostra maior incidência quanto a enxurrada e Santo André quanto a corrida de massa e enxurrada conjuntamente, neste caso em face do domínio territorial do município avançar em relação à região da serra do Mar.

Com a utilização das cartas de suscetibilidade no planejamento territorial, espera-se que a expansão urbana nos municípios das regiões mapeadas seja dirigida para áreas de baixa suscetibilidade, impondo-se aos municípios a gestão das áreas em média e alta suscetibilidades, de modo a reduzir a geração de riscos e as possibilidades de desastre em relação ao futuro.

AGRADECIMENTOS

Registram-se os agradecimentos aos colegas do IPT que colaboraram, direta ou indiretamente, nos trabalhos sintetizados neste artigo, em especial a Agostinho Tadashi Ogura, Alessandra Gonçalves Siqueira, Aline Fernandes Heleno, Álvaro Camargo Kopezynski, Amarilis Lúcia Casteli Figueiredo Gallardo, Ana Clara Cerminaro, Ana Maciel de Carvalho, Ana Maria de Azevedo Dantas Marins, André Luiz Ferreira, Antonio Gimenez Filho, Antonio José Catib Baladore, Benedito Nachbal, Caio Pompeu Cavalhieri, Carlos Geraldo Luz de Freitas, Carlos Tadeu de Carvalho Gamba, Caroline Quina dos Santos Kerestes, Claudio Luiz Ridente Gomes, Deborah Terrell, Diego Gregório Pezonaga de Queiroz, Eduardo Soares de Macedo, Fabricio Araújo Miranda, Fausto Luis Stefani, Fernando Fernandez, Gerson Salviano de Almeida, Guilherme de Paula Santos Cortez, José Carlos Cardoso, José Luiz Albuquerque Filho, José da Silva, Kátia Canil, Lauro Kazumi Dehira, Lizandra Luz Callegon, Luiz Gustavo Faccini, Marcelo Fischer Gramani, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Nádia Franqueiro Correa, Pedro de Paula Youssef, Priscila Ikematsu, Roberto Tadao Pinho Sakate, Rodrigo Augusto Stabile, Sérgio Gouveia de Azevedo, Tania de Oliveira Braga e Zeno Hellmeister Junior.

Agradece-se, ainda, a Cassio Roberto da Silva, Sandra Fernandes da Silva, Diogo Rodrigues Silva e Tiago Antonelli da CPRM, pela parceria contínua e viabilização de boa parte dos trabalhos; a Marcelo Vieira dos Santos da Cedec/SP, pela colaboração permanente na mobilização das equipes municipais de defesa civil em apoio aos trabalhos de campo; e Lídia Keiko Tominaga do Instituto Geológico (IG), pela interação com as ações do PDN, entre outros profissionais de instituições parceiras e de prefeituras municipais envolvidas, sem os quais os trabalhos de mapeamento não poderiam ser realizados.

REFERÊNCIAS

BITAR, O. Y. (Coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1:25.000**: Nota Técnica Explicativa. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014 (Publicação IPT 3016).

BRASIL. Governo Federal. **Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais - PNGRRDN**. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/pub/up/relatorio/d0d2a5b6f24df2fea75e7f5401c70e0d.pdf>>. Acesso em: set. 2013.

BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A da. Mapeamento geotécnico: suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade técnica, risco e risco instalado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 14., 2013, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABGE, 2013. 1 CD-ROM.

CPRM. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Cartas de suscetibilidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publicue/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-3507.html>. Acesso em: abr. 2018.

COUTINHO, R. Q. (Coord. e Org.). **Parâmetros para a cartografia geotécnica e diretrizes para medidas de intervenção de áreas sujeitas a desastres naturais**. Recife: Ministério das

Cidades; Universidade Federal de Pernambuco; Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies – GEGEP; DECivil, 2013. 376 p. (Documento Técnico).

DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 1, 2012. p.29-77.

FELL, R. et al. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. **Engineering Geology**, v. 102, p. 83-111, 2008.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Guia Cartas geotécnicas** [livro eletrônico] :orientações básicas aos municípios / autores e organizadores Omar Yazbek Bitar, Carlos Geraldo Luz de Freitas, Eduardo Soares de Macedo. -- São Paulo : IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2015. 28p. (IPT Publicação 3022).

JULIÃO, R. P. (Coord.) et al. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal**. Lisboa: Autoridade Nacional de Protecção Civil; Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano; Instituto Geográfico Português, 2009. Disponível em: <<http://www.dgotdu.pt/detail.aspx?channelID=85E8AD30-00F8-417E-9F12-EBFAFE6A5B4&contentId=3B54E44B-603C-4445-8C8A-ECC879127CEE>>. Acesso em: 17 set. 2013.

MACEDO, E. S.; BRESSANI, L. A. (Org.). **Diretrizes para o zoneamento da suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos para planejamento do uso do solo**. São Paulo: ABGE; ABMS, 2013. 88 p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco**. [S.l.]. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/conteudo/arquivos/manuais/Mapeamento/mapeamento-grafica.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2013.

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, V.2, n.1, 2012, p.79-97.