

A importância da hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais

The importance of hydrology in the prevention and mitigation of natural disasters

Leandro Redin Vestena¹

Resumo

O presente artigo tem por objetivo apresentar os principais conceitos associados aos desastres naturais e destacar a importância da ciência hidrológica na prevenção e mitigação dos desastres naturais ocasionados pela dinâmica do movimento da água sobre, na e sob a superfície da Terra. A partir de uma breve revisão bibliográfica os fundamentos conceituais sobre desastres naturais são definidos e o número de ocorrências oficiais evidenciados quantitativamente por tipo, gênese e distribuição. Os desastres naturais ocorridos no Brasil são essencialmente de origem hidrometeorológica, sendo assim analisa-se o papel da ciência hidrológica na prevenção e mitigação dos mesmos.

Palavras-chave: desastres naturais; Hidrologia; impactos ambientais.

Abstract

The objective of this review has been to present the main concepts associated to the natural disasters and to emphasize the importance of hydrological science in the prevention and mitigation of the natural disasters caused by the dynamics of the movement of the water on, in and under the surface of the Earth. A brief bibliographical revision was accomplished on natural disasters. The official incidence of natural disasters was evidenced quantitatively, by type, genesis and distribution. In Brazil the natural disasters have above all a hydro-meteorological origin. Finally the importance of Hydrology is analyzed in the prevention and mitigation of natural disasters.

Key words: natural disasters; Hydrology; environmental impacts.

¹ M.Sc.; Geógrafo; Doutorando em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Santa Catarina, Prof. Assistente na Universidade Estadual do Centro-Oeste; Bolsista do CNPq; E-mail: lvestena@unicentro.br

Introdução

Os desastres naturais são resultados da ocorrência de eventos extremos, como furacões, abalos sísmicos, vulcanismo, tornados, enchentes e escorregamentos, em áreas povoadas ou urbanizadas gerando impactos sócio-econômicos significativos. Os desastres naturais estão diretamente associados às características físicas do meio ambiente e aos condicionantes antrópicos, principalmente ao modo de uso e ocupação do solo.

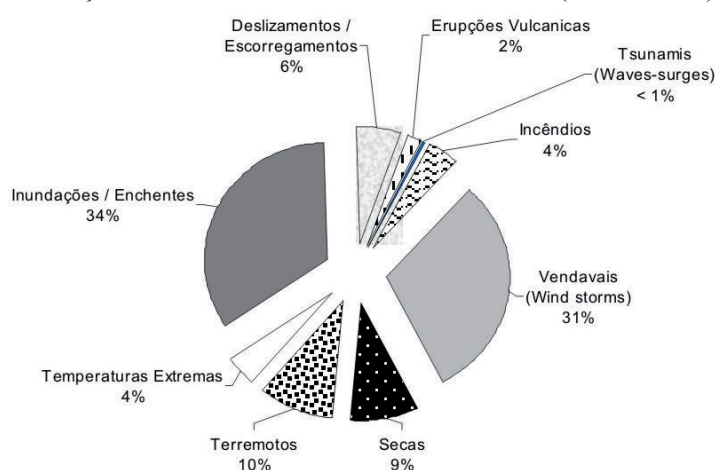
Segundo o WWI-Worldwatch Institute (2005), existem mais desabrigados no mundo em consequência de desastres naturais do que de conflitos. Na década de 90, as catástrofes naturais afetaram mais de dois bilhões de pessoas, causando prejuízos superiores a US\$ 608 bilhões, em todo o mundo (dados oficiais) – uma perda maior do que nas quatro décadas anteriores. Porém, cada vez mais, a devastação provocada por estes desastres naturais é de origem “desnatural”, devido a práticas ecologicamente destrutivas e a um número cada vez maior de pessoas residindo nas áreas de risco.

Em decorrência das perdas sociais e econômicas a Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU), propôs a década de 1990 como a Década Internacional para a Redução dos Desastres Naturais (DIRDN), tendo como objetivo “difundir a informação técnica existente e a que se obtenha no futuro, sobre medidas para avaliar, prevenir e mitigar os efeitos dos desastres naturais” (ONU/DIRDN, 1989).

De acordo com a ONU/DIRDN (1989), os principais fenômenos e processos naturais considerados como fontes de risco são: secas, tempestades, tsunamis, erupções vulcânicas, inundações, vendavais, escorregamentos e terremotos.

No mundo, de acordo com os dados da Emergency Disasters Data Base (EM-DAT, 2005b) destacados por Hoyois e Guha-Sapir (2004), entre 1974 e 2003, 43% dos desastres naturais estão atrelados ao excesso - inundações (34%) (*Floods*) e/ou a escassez - secas (9%) (*Droughts*) de água e 6% a deslizamentos (*slides*) (Gráfico 1). Segundo a mesma fonte, 54% das mortes ocasionadas por desastres

Gráfico 1. Distribuição dos desastres naturais no mundo (1974-2003)



FONTE: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database. <http://www.em-dat.net>. UCL-Brussels, Bélgica

naturais no mundo foram decorrentes de secas (44%) e inundações (10%). Para se ter uma idéia dos impactos ocasionados pelos desastres naturais destaca-se que apenas no ano de 1996, segundo dados oficiais, as inundações chinesas mataram 3.048 pessoas e feriram outras 363.800 (AMEAÇAS DA TERRA, 2005).

Neste contexto, tornam-se necessários estudos que visem compreender os diferentes fenômenos associados aos desastres naturais, para que se possam planejar ações que venham prevenir ou minimizar os efeitos dos mesmos.

Assim, a ciência hidrológica passa a ter um importante papel na prevenção e mitigação dos desastres naturais, por tratar da ocorrência, da circulação e da distribuição da água na Terra, bem como das propriedades físicas e químicas das águas e suas reações com o meio ambiente (VILLELA e MATTOS, 1975).

Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo discutir o papel da ciência hidrológica na prevenção e mitigação dos desastres naturais e de apresentar sucintamente alguns conceitos relacionados aos desastres naturais.

Desastres naturais

Desastre natural é definido por Alcántara-Ayala (2002) como eventos naturais extremos capazes de produzir danos físicos e sócio-econômicos, no momento da ocorrência ou, posteriormente, em virtude de suas conseqüências. Apesar de serem esperados, a maioria dos eventos ocorrem de maneira súbita e violenta.

O termo desastres naturais está relacionado, de acordo com Alexander

(1995), aos agentes geofísicos, ao número de mortes, ao custo dos danos e aos impactos sobre o sistema social. São estes quatro pressupostos que possibilitam distinguir um desastre de um evento natural, evidencia Coppok (1995).

Aos desastres naturais estão associados os termos perigo, vulnerabilidade e risco. O perigo (*hazard*) seria o processo ou evento que ocorre naturalmente ou induzido pelo homem com potencial de gerar danos e prejuízos. A vulnerabilidade (*vulnerability*), a extensão dos danos e prejuízos potenciais de dados de um ou vários elementos em uma área afetada por um perigo, dependendo das condições sociais e econômicas. O risco (*risk*) seria a probabilidade das conseqüências danosas ou perda esperada de vidas, feridos, propriedades e atividades econômicas e/ou ambientais afetadas, resultantes da interação entre perigo e vulnerabilidade. Sendo assim, pode-se dizer que o risco está diretamente relacionado com o perigo e a vulnerabilidade (MARCELINO, 2005).

De acordo com Uitto (1998) e Mitchell (1999), a ocorrência e a extensão de um desastre dependem de três variáveis: 1) perigo (fenômeno natural como terremoto, tufão ou erupção vulcânica); 2) exposição (estrutura, edifícios, seres humanos e outras entidades expostas aos riscos); e 3) vulnerabilidade (propensão a sofrer perdas).

Os riscos podem ser classificados de diferentes formas. A Emergency Disasters Data Base (EM-DAT, 2005b) classifica os desastres naturais de acordo com a origem dos mesmos em hidrometeorológicos, geológicos e

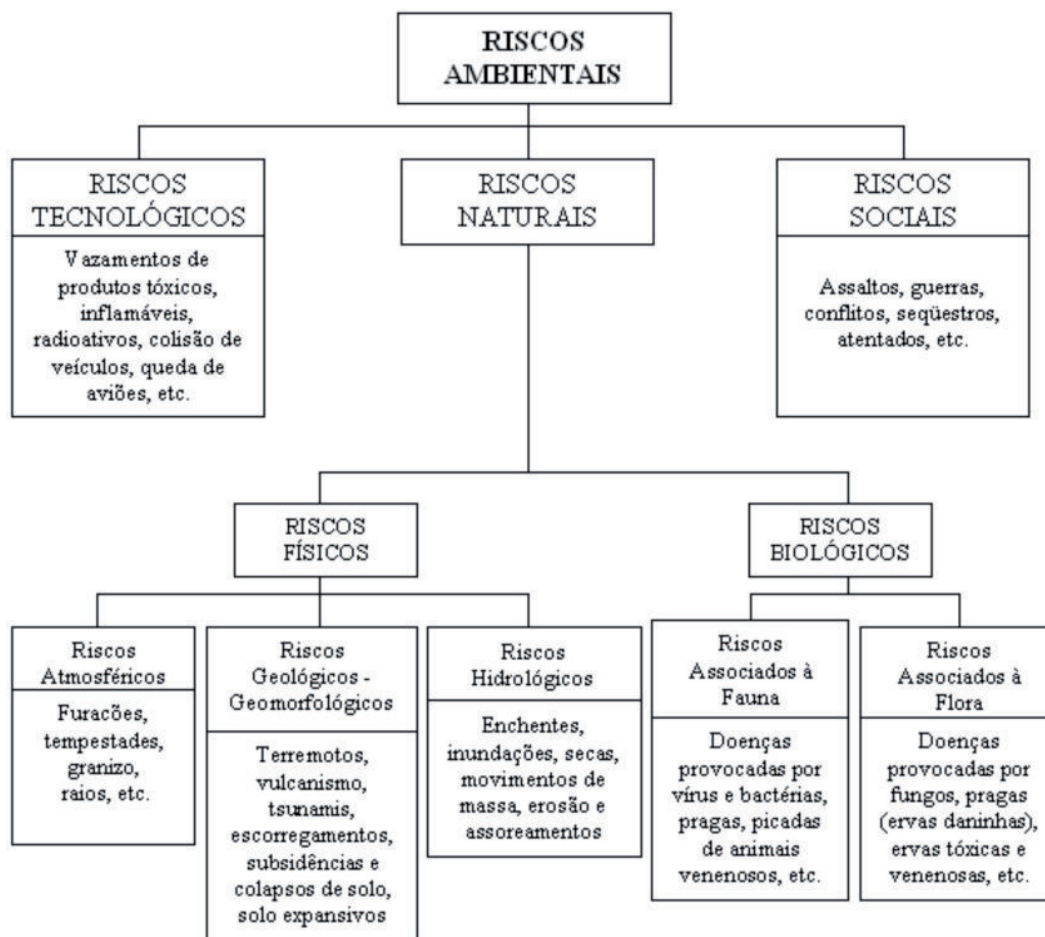
biológicos. Além de inferir que 77,3% (7105 de 9195) dos desastres naturais têm sua origem hidrometeorológica.

Cerri e Amaral (1998) classificam os riscos levando em consideração as situações potenciais de perdas e danos ao homem e consideram os riscos ambientais como a classe maior dos riscos.

A partir da classificação proposta por Cerri e Amaral, elaborou-se um fluxograma destacando os principais aspectos que estão na ótica da ciência

hidrológica (Figura 1). No entanto, ressalta-se que tais generalizações são intoleráveis a qualquer estudo, diante da complexidade e do conjunto de relações existentes entre os diversos componentes do meio ambiente. Por exemplo, é praticamente impossível estudar movimentos de massa sem levar em consideração a dinâmica hídrica, a geologia, a cobertura vegetal, a infraestrutura construída, o relevo, entre outros (GARES et al., 1994).

Figura 1. Classificação dos riscos ambientais



Fonte: Adaptado de Cerri e Amaral (1998)

Tucci (2000) afirma que a “Hidrologia é uma ciência interdisciplinar que tem tido evolução significativa em face aos problemas crescentes, resultado da ocupação das bacias, do incremento significativo da utilização da água e do resultante impacto sobre o meio ambiente do globo.” Assim, profissionais de diferentes áreas como engenheiros, agrônomos, geólogos, matemáticos, estatísticos, geógrafos, biólogos, entre outros, podem atuar nas diferentes subáreas dessa ciência.

Neste contexto, pretende-se destacar a importância da ciência hidrológica na prevenção e mitigação de desastres naturais ocasionados pela dinâmica do movimento da água na superfície terrestre e por processos químicos, físicos e biológicos, tais como: enchente, inundação, seca, movimento de massa, erosão hídrica, transporte e deposição de sedimentos, subsidências e colapso de solo (VESTENA et al., 2002), proliferação de doenças, entre outros.

Com relação à sua gênese, os desastres são categorizados por agentes endógenos (vulcanismo e tectonismo), exógenos (movimentos de massa, avalanches de neve, erosão costeira, tsunamis, etc.) e os induzidos por mudanças climáticas e uso da terra (desertificação, enchentes, erosão do solo, etc.) (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Alexander (1995) afirma que todo desastre possui quatro dimensões fundamentais: (a) tempo - fornece uma linha temporal sobre o comportamento do fenômeno; (b) espaço - local em que os eventos desdobram-se; (c) magnitude - expressa a abrangência de um evento extremo; e (d) intensidade - refere-se ao

tamanho e à intensidade dos impactos e/ou outros efeitos.

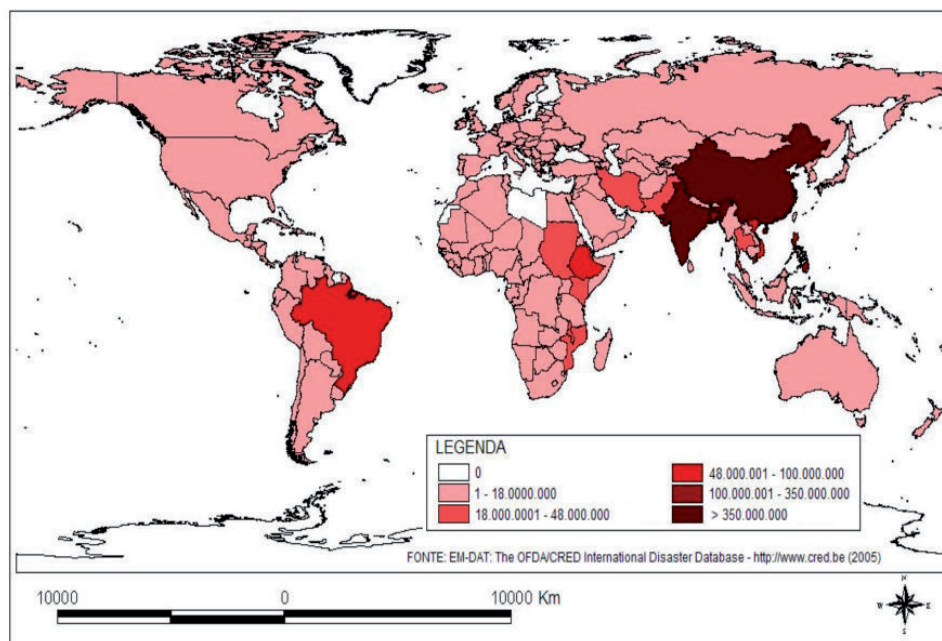
O mesmo autor evidencia que nas últimas décadas houve um incremento no número e na intensidade dos desastres naturais, em função do aumento populacional, do processo de segregação sócio-espacial e da acumulação de capital fixo em zonas perigosas (*hazard zones*).

Alexander (1995) referencia que esta situação poderá agravar-se nos próximos anos. O autor estima que a população mundial atinja 7,27 bilhões em 2015 e 12,5 bilhões em 2050. Desta forma, aumentará consideravelmente a demanda por terras em função do processo de ocupação e produção de alimentos. As classes menos favorecidas e marginalizadas serão pressionadas a ocupar áreas instáveis ou mais propícias a recorrências de eventos naturais extremos.

A figura 2 mostra a distribuição da população afetada por desastres naturais no mundo. Nesta, verifica-se que o Brasil se destaca entre os países que mais possuem população afetada por desastres naturais no mundo, sendo que as secas e as inundações são os principais causadores dos desastres naturais, afetando aproximadamente 60 milhões de pessoas no Brasil (EM-DAT, 2005a).

Segundo EM-DAT (2005b), de 1970 a 2005 o Brasil apresentou 277 desastres registrados, sendo 159 de origem natural e 118 de origem tecnológica. O número total de afetados ultrapassou 65 milhões de pessoas e o número de mortes foi de mais de 15 mil pessoas (Tabela 1), dados estes oficiais.

Figura 2. Distribuição da população afetada por desastres naturais (1975-2001)



É importante destacar que muitos dos desastres naturais podem ser ocasionados ou induzidos pela ação humana, por exemplo, as enchentes e os deslizamentos não

seriam danosos se, nas cidades, parte de seus habitantes não fosse induzida a formas de urbanização espontânea e precária em sítios perigosos, salienta Monteiro (1991).

Tabela 1. Desastres naturais no Brasil (1970 - 2005)

Tipo do desastre	Tipo do desastre	Número de Mortes	Número de Feridos	Número de Afetados	Número de Desabrigados	Número Total de Afetados
Vendaval (Wind storms)	15	343	1.588	154.800	7.740	164.128
Escorregamento/ Deslizamento	21	1.615	214	4.085.000	147.100	4.232.314
Seca	16	20	0	47.252.000	0	47.252.000
Terremoto	1	1	0	15.000	8.000	23.000
Temperatura extrema	7	323	600	0	0	600
Inundação/ Enchente	85	5.814	11.910	11.897.096	1.206.138	13.115.144
Infestação de insetos	1	0	0	2.000	0	2.000
Epidemia	10	2.029	0	532.664	0	532.664
Incêndio	3	0	0	12.000	0	12.000
Total	159	10.145	14.312	63.950.560	1.368.978	65.333.850

Dados: 20 Abr 2005

Fonte: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Bélgica. Organizado por Vestena (2005)

Sendo assim, é necessário considerar a participação do homem nas análises de risco, na medida em que suas ações venham a contribuir com o aumento da frequência ou dos impactos causados pelos desastres naturais (LAVELL, 1996). Castro (2000), analisando as relações conceituais entre risco (*risk*), perigo (*hazard*) e desastre (*disaster*), comenta que o desastre é formado por um conjunto de prejuízos, produto de um perigo, derivado de um risco.

A Hidrologia na prevenção de desastres naturais

A Hidrologia é a ciência que estuda a água na Terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas, e sua relação com o meio ambiente, incluindo os seres vivos (CHOW, 1964).

Lencastre e França (1984) destaca entre outros aspectos que a Hidrologia é importante por atuar no controle de cheias e por “procurar controlar, sobretudo a parte da precipitação que influi à rede hidrográfica, tirando benefícios do ciclo hidrológico natural”. Ele destaca ainda que as componentes do ciclo hidrológico de maior interesse da Hidrologia são a precipitação e o escoamento superficial.

Assim, a ciência hidrológica está diretamente relacionada aos desastres naturais ocasionados principalmente por inundações/enchentes e secas e, indiretamente, com os movimentos de massa, a erosão e o assoreamento.

Neste ínterim, a ciência hidrológica passa a ter grande importância na tomada de decisão, no sentido de prevenir e minimizar os efeitos provocados pelos desastres naturais no mundo e, principalmente, no Brasil.

A Hidrologia pode contribuir na prevenção e mitigação de desastres naturais à medida em que passa a compreender os fatores condicionantes que geram os fenômenos naturais, possibilitando aumentar a resistência potencial da sociedade contra esses fenômenos.

Kobiyama et al. (2004) citam que as formas de atuação na mitigação de desastres naturais são as pesquisas de monitoramento (contínuo em tempo real) e modelagem que servirão de base ao zoneamento de áreas de perigo e/ou risco e ao sistema de alerta.

O monitoramento consiste na observação e medição contínua dos processos ambientais e a modelagem no processo de gerar e/ou aplicar modelos. Um modelo é “uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma generalizada, características ou relações importantes” (HAGGETT e CHORLEY, 1975).

Um modelo é uma representação matemática ou física, simplificada de um sistema físico, geralmente bastante simplificado que permite previsões. O sistema é uma parte de uma realidade física complexa representando fundamentalmente relações de causa-efeito entre o conjunto de elementos e seus atributos, diante de entradas (causa ou estímulo) e saídas (efeito ou resposta).

Por meio de monitoramento e modelagem é possível identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de desastres naturais (KOBİYAMA e MANFROI, 1999), a partir de simulações que fornecem a magnitude e a dimensão de um provável fenômeno natural (KOBİYAMA et al., 2006).

Os sistemas de alerta, conforme Kobiyama et al. (2006), apresentam

como componentes principais: 1) monitoramento; 2) transmissão dos dados; 3) modelagem e simulação; e 4) orientação para instituições responsáveis e alerta para a população localizada nas áreas de risco.

Assim, a ciência hidrológica pode fornecer informações que subsidiem tomadas de decisão na implementação de ações que venha prevenir e minimizar desastres naturais ocasionados pela escassez e/ou excesso de água.

envolve os órgãos governamentais, não-governamentais (ONGs, empresas, grupos de vizinhos) e os individuais (indivíduo). As atividades atreladas a cada órgão na prevenção de desastres naturais são descritas detalhadamente por Kobiyama et al. (2004).

Na figura 4 é apresentado fluxograma em que fica exposto o papel da Hidrologia na prevenção e mitigação de desastres naturais, em que se destaca a importância das informações geradas

Figura 3. Seqüência lógica a ser seguida na implementação de medidas para a redução de perdas



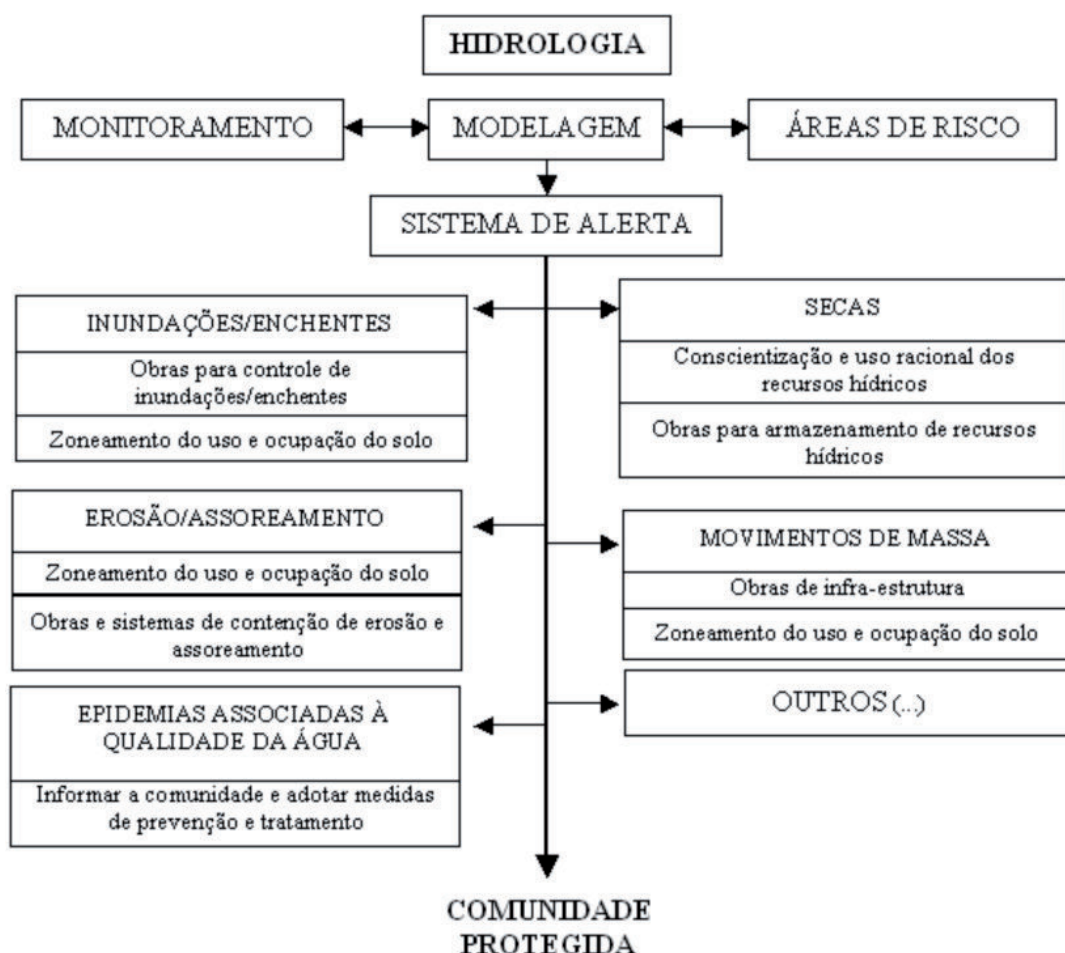
Fonte: Rodrigues et al. (1997)

Rodrigues et al. (1997) expõem a seqüência lógica a ser seguida na implementação de medidas para a redução de perdas por desastres naturais (Figura 3).

Segundo Kobiyama et al. (2004), as atividades a serem tomadas na prevenção de desastres naturais devem levar em consideração as fases seqüenciais dos eventos, que são pré-evento, evento e pós-evento, bem como as ações devem ser: prontidão, ação emergencial e recuperação. Os mesmos autores destacam que o corpo executor

por sistemas de alerta a áreas susceptíveis a desastres naturais, obras para controle de inundações/enchentes, obras para gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente em períodos de estiagem (secas), mapeamento das áreas de riscos a movimentos de massa (deslizamentos/escorregamentos), colapso de solo e subsidências, identificação e quantificação das perdas de solo por erosão, análise da qualidade da água disponível para o consumo, bem como avaliação dos impactos ocasionados pelo assoreamento.

Figura 4. Fluxograma do papel da Hidrologia na prevenção e mitigação dos desastres



Conclusões e considerações

A contribuição da Hidrologia para a prevenção e mitigação dos desastres naturais é significativa, na medida em que grande número de desastres naturais está relacionado com os padrões de quantidade e qualidade das águas, objeto de estudo da Hidrologia.

O monitoramento e a modelagem realizada em tempo real possibilita que os sistemas de alertas informem

as comunidades dos riscos possíveis, permitindo a implementação de ações que venham a minimizar os desastres naturais.

A prevenção e mitigação dos desastres naturais envolvem vários conteúdos o que exige uma análise interdisciplinar, bem como políticas de gestão do uso e ocupação do solo, que abranjam todas as esferas, sejam elas: municipais, estaduais ou federais.

Por fim, salienta-se que não existe forma ou maneira de se evitar totalmente

os desastres naturais, por estarem associados a eventos extremos. Por isso, compete à sociedade compreendê-los e estar preparada para tais eventos.

Referências

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, v. 47, n. 2-4, p. 107-124, Out. 2002.

ALEXANDER, D. E. A survey of the field of natural hazards and disaster studies. In: Carrara, A.; Guzzetti, F. (Ed.) *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. Cap. 1, p. 1-19.

Ameaças da Terra. Revoltas da natureza: conheça os desastres naturais que ameaçam o planeta. Edição (especial) Mundo em Fúria. São Paulo: Online, 2005. 55p.

CASTRO, S. D. A. Riesgos y peligros: una visión desde la geografía. *Scripta Nova*, v. 4, n. 60, p. 16, Mar. 2000. Disponível em <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>>. Acesso em 28 abr. 2005.

CERRI, L. E. da S.; AMARAL, C. P. do. Riscos geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. dos S.; BRITO, S. N. A. *Geologia de Engenharia*. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 301-310.

COPPOCK, J. T. GIS and natural hazards: an overview from a GIS perspective. In: Carrara, A.; Guzzetti, F. *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. Cap. 2, p. 21-34.

CHOW, V. T. *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill Book Company, New York, 1964. 1418p.

EM-DAT. Maps. Disponível em <<http://em-dat.net/disasters/maps.htm>> Acesso em 20 abr. de 2005a.

EM-DAT. Produce a list of disasters and associated losses. Disponível em <<http://em-dat.net/disasters/list.php>>. Acesso em 20 abr. de 2005b.

GARES, P. A.; SHERMAN, D. J.; NORDSTROM, K. F. Geomorphology and natural hazards. *Geomorphology*, 10, p. 1-18, 1994.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R. J. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. *Modelos físicos e de informação geográfica*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Universidade de São Paulo, 1975. p. 1-19.

HOYOIS, P.; GUHA-SAPIR, D. Disasters caused by flood: Preliminary data for a 30 year assessment of their occurrence and human impact. Health and Flood Risk Workshop A Strategic Assessment of Adaptation Processes and Policies, Tyndall Center for Climate Change Research. University of East Anglia, Norwich. 18th to 20th July 2004. 15p.

- KOBIYAMA, M.; MANFROI, O. J. Importância da modelagem e monitoramento em bacias hidrográficas. In: Curso Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal, Apostila, Curitiba: FUPEF, 1999. p. 81-88.
- KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V.; SCHRÖDER, P. H.; GRANDO, A.; REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 1, 2004, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846. (CD-ROM)
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. O.; MARCELINO, E. V.; GONÇALVES, E. F.; BRAZETTI, L. L. P.; GOERL, R. F.; MOLLERI, G. S. F.; RUDORFF, F. M. *Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos*. 1. ed. Curitiba: Organica Trading, 2006. v. 1. 109p.
- LAVELL, A. Degradación ambiental, riesgo y desastres urbanos. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. In: Fernández, M. A. (Ed.) *Ciudades en riesgo: degradación ambiental, riesgos urbanos y desastres*. Cap. 2, p. 12-42, 1996. Disponível em <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/cer/CER_todo_ene-7-2003.pdf>. Acesso em 28 abr. 2005.
- LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M.; Lições de Hidrologia. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 1984. p. 19-25.
- MARCELINO, E. *Desastres naturais*. Palestra realizada junto à disciplina de Hidrologia Florestal da turma de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UFSC. Florianópolis, 4 Abr 2005.
- MITCHELL, J. K. Megacities and natural disaster: a comparative analysis. *Geojournal*. v. 49, p. 137-142, 1999.
- MONTEIRO, C. A. F. *Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico*. Florianópolis: UFSC, 1991. 241p.
- ONU/DIRDN. Resolution 44/236 adopted at the 44th session of the natural disaster reduction. 1989, 22 December, 4p.
- RODRIGUES, B. B.; PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Metodologias para elaboração de cartas de risco decorrentes de movimentos de massa gravitacionais: análise crítica. *Geociências*, São Paulo, 16(2): 525-564, 1997.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (ABRH), 2000.
- UITTO, J. I. The geography of disaster vulnerability in megacities: a theoretical framework. *Applied Geography*. v. 18, nº 1, p. 7-16, 1998.
- VESTENA, L. R.; KOBIYAMA, M.; SANTOS, L. J. C. Considerações sobre gestão ambiental em áreas cársticas. *RA'E GA: o espaço geográfico em análise*. Curitiba: UFPR, nº 06, ano VI, 2002. p. 81-93.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. McGRAW-HILL do Brasil Ltda, 1975.

WWI-Worldwatch Institute. A atividade humana agrava desastres naturais. Disponível em <http://www.wwi.org.br/ativ_hum_desdesnatur.htm>. Acesso em 29 de abr. 2005.