



## I-350 - GESTÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIAS PROVOCADAS POR PERIGOS NATURAIS

**Zacarías Navarro-Roa<sup>(1)</sup>**

Engenheira Elétrica pelo Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Bruno Segalla Pizzolatti**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Maurício Luiz Sens**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre Estudos Aprofundados pela Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Rennes. Doutor em Ciências Químicas pela Université de Rennes.

**Ramon Lucas Dalsasso**

Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina. Doutor em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Andres Sanchez No. 3, Los Trinitarios – Santo Domingo – República Dominicana – Tel: (1) 809-983-0826 - e-mail: [znavarroal@hotmail.com](mailto:znavarroal@hotmail.com)

### RESUMO

Os sistemas de abastecimento de água por sua localização e configuração, em geral, são vulneráveis a perigos ambientais. As ações a serem tomadas em emergências dependem do conhecimento das condições próprias do sistema, como também, das condições ambientais exógenas ao sistema. O objetivo de este artigo é avaliar as experiências de gestão do abastecimento de água em situações de emergências, especialmente as provocadas por desastres. Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre avaliação de vulnerabilidade e gestão de emergências em sistemas de abastecimento de água. Foram identificadas duas abordagens para enfrentar emergências: medidas não estruturadas ao sistema de água e medidas estruturadas ao sistema. Conclui-se que a gestão de emergências deve estar estruturada ao sistema, ou seja, reconhecer as condições ambientais e as características intrínsecas do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** desastre, emergência, sistema de abastecimento de água, vulnerabilidade.

### INTRODUÇÃO

O abastecimento de água em situações de emergências, em muitos casos, tende a ser estabelecido a partir das experiências de instituições de socorro ou outras vezes a partir de avaliações de necessidades pós-impacto. Nestes casos as soluções dependem de tecnologias ou ações que não necessariamente garantem a quantidade de água requerida em condição normal ou emergencial.

Os perigos naturais □ como inundações, terremotos, furacões, deslizamentos, entre outros □ podem ter energia suficiente para provocar danos em extensas áreas e em componentes importantes para o desempenho do sistema, podendo provocar emergências no sistema. Em sistemas de distribuição de água uma emergência provocada por desastre é uma condição fora do normal, que provoca falta de água por mais de 72 horas e em mais de 50% dos usuários (AGARDY, 2001). Na realidade, cada sistema de abastecimento de água deve definir o que considera uma emergência.

Em geral o risco é definido como o produto da vulnerabilidade e do perigo. O risco é a probabilidade de ocorrência da consequência negativas previsíveis; perigo é probabilidade de concretização de um evento natural ou não-natural; e, vulnerabilidade é uma condição intrínseca do sistema, em relação com um evento ou acidente determinado (MIN/SDC, 2000).



Na gestão de desastres, visto que é impossível reduzir o risco a zero, a principal ação é reduzir a vulnerabilidade dos sistemas humanos e aumentar a capacidade de reposta da sociedade. O objetivo deste artigo é avaliar diferentes abordagens da gestão de emergências em sistemas de abastecimento de água e propor uma metodologia mais adequada para a administração de sistemas de distribuição de água potável em casos emergenciais. Isto foi realizado por meio de uma revisão de experiências na distribuição de água em emergências.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram revisados documentos de administração da distribuição de água em situações de emergências, em especial as metodologias propostas para avaliar e reduzir a vulnerabilidade de sistemas de abastecimento de água, considerando a fase pós-desastre. São avaliados os trabalhos sistematizados pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS), pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos –(USEPA, sigla em inglês), planos de emergências de empresas de distribuição de água e documentos de aplicação geral. Ao mesmo tempo foi realizada uma revisão bibliográfica de proposta de avaliação de confiabilidade hidráulica de redes de distribuição de água. A confiabilidade como medida do desempenho de um sistema é o complemento da vulnerabilidade.

## RESULTADOS

A gestão da distribuição de água em áreas afetadas por desastres naturais, em geral, é realizada com medidas genéricas, sem considerar as diferenças ambientais e sociais entre diversas áreas. No sistema de tratamento e distribuição de água a disponibilidade depende da: qualidade e quantidade de água bruta; da capacidade de tratamento; e da capacidade de distribuição da água tratada.

A qualidade da água pode ser afetada por todo tipo de perigos ambientais, mas, os perigos hidrometeorológicos por excesso de água (como inundações ou furacão), são os que provocam maiores alterações. Os perigos geológicos (como sismos ou deslizamentos) também podem reduzir a qualidade da água, mas com menor extensão.

Os tipos de dano que os perigos provocam no sistema de água, também definem a quantidade de água que pode ser fornecida. Os danos produzidos pelos perigos estão relacionados à energia do perigo, à localização de componentes com relação aos perigos e às características dos componentes (resistência).

Os danos no sistema determinam o desempenho hidráulico do mesmo, e o desempenho é o que deve determinar o tipo de solução mais adequada para uma situação de emergência. As soluções que se tem estabelecido para satisfazer a demanda de água em casos de emergências, podem ser classificadas em duas categorias: medidas não-estruturadas ao sistema de água e medidas estruturadas ao sistema.

Medidas não-estruturadas ao sistema, são aquelas que não estão relacionadas às condições ambientais, técnicas e sociais da área afetada. Ou seja, são alternativas implementadas de maneira emergencial sem que tenham sido incluídas em um programa de gestão de emergências previamente concebido. As medidas não estruturadas ao sistema tem sido as mais utilizadas em casos emergenciais. Na maioria dos casos não são planejadas para apoiar o abastecimento em casos de falta de água em local específico, no entanto, por sua versatilidade e flexibilidade podem ser adaptadas a diferentes situações. Este é o caso das Estações de Tratamento de Água (ETA) compactas e portáteis, a distribuição em caminhão pipa e medidas individuais de desinfecção da água.

As medidas estruturadas ao sistema, consideram o impacto de perigos no desempenho do sistema e estabelecem ações para fornecimento emergencial de água a partir da capacidade remanescente e das necessidades previstas. As medidas estruturadas ao sistema são cada vez mais exigidas em grandes cidades. Nos Estados Unidos da América, depois dos atentados de 2001, as avaliações de vulnerabilidade de sistemas de abastecimento de água são obrigatórias em populações maiores que 3.300 habitantes (USA, 2002).

Na América Latina a OPAS têm proposto metodologias para avaliação de vulnerabilidade de sistemas de abastecimento de água para cidades com riscos ambientais, especialmente sismos e inundações (OPAS, 2002; OPAS, 1998; OPAS, 1997).



Na Tabela 1 se apresenta as abordagens propostas por diversos autores, para distribuir água em emergências provocadas por desastres ou por falhas endógenas no sistema. As medidas estruturadas ao sistema abrangem todos os aspectos relacionados com a redução de vulnerabilidade em sistemas de abastecimento de água. Dessa forma a abordagem de um estudo de vulnerabilidade deve conter o seguinte: avaliar perigos; avaliar vulnerabilidade sistema; medidas de prevenção danos por perigos; medidas de reabilitação rápida; medidas de prevenção para abastecer pós-impacto, e; medidas de abastecimento emergencial (não-previstas).

**Tabela 1. Aspectos abrangidos nas abordagens propostas para o estudo da problemática da gestão do abastecimento de água em casos de emergências.**

Medidas estruturadas ao sistema						
Avaliar perigos	Avaliar vulnerabilidade sistema	Medidas de prevenção danos por perigos	Medidas não-estruturadas ao sistema			Autor/ Instituição
			Medidas de reabilitação rápida	Medidas de prevenção para abastecer pós-impacto	Medidas de abastecimento emergencial (não-previstas)	
				X	X	INAPA, 1980
					X	PHILIPPI, 1985
X	X	X			X	CORAASAN, 1990
X	X		X	X	X	AGARDY, 1994
					X	SENS, RICHTER e FERRARI, 1996
			X	X	X	OMS/OPAS, 1999
				X	X	SANTOS, 1999
X	X	X				SELÇUK e YÜCEMEN, 2000
					X	UNHCR, 2000
				X	X	CMEOEA/DEP, 2001
X	X	X	X	X		ALA, 2002
X	X					TORO, 2002
				X	X	BURNS et al., 2002
X	X	X		X	X	OMS/OPAS, 2002
	X			X	X	EHPDDW/WSDH, 2003
X	X			X	X	USEPA, 2003
	X			X	X	*HOUSE e REED, 2004
					X	SOARES, 2004
X	X	X		X	X	USEPA, 2004
X	X					JACOBSON, 2004
X	X		X	X		MAYS, 2004
X	X			X		HOSHIYA, YAMAMOTO e OHNO, 2004
X	X	X		X		INAA, 2004
					X	ECHO, 2005
X	X		X	X	X	NAVARRO-ROA, 2008

NOTAS: \* Os autores sugerem os passos para abastecer água em casos emergenciais, com avaliações pós-impacto, no entanto, a metodologia pode ser utilizada no pré-impacto em sistemas expostos.

Na Tabela 2 se apresenta a informação da Tabela 1 consolidada, segundo a aplicação das medidas para reduzir a vulnerabilidade. Na Tabela 2 é possível observar que as medidas não estruturadas ao sistema e de índole genérica são as mais estudadas e aplicadas, assim 72% dos trabalhos abordavam as medidas de abastecimento emergenciais não previstas, ou seja, disponível para qualquer eventualidade, esse é o caso das ETA's portáteis proposto por Sens; Richter; e Ferrari (1996); ou tratamento in-situ com diferentes alternativas e técnicas de distribuição propostos por ECHO (2005); Soares (2004); UNHCR (2000) e Santos (1999). Estas medidas não entanto, tendem a ser ineficientes e de altos custos.

**Tabela 2. Quantidade e percentagem medidas abordadas em 25 trabalhos de gestão de abastecimento de água em casos emergenciais.**

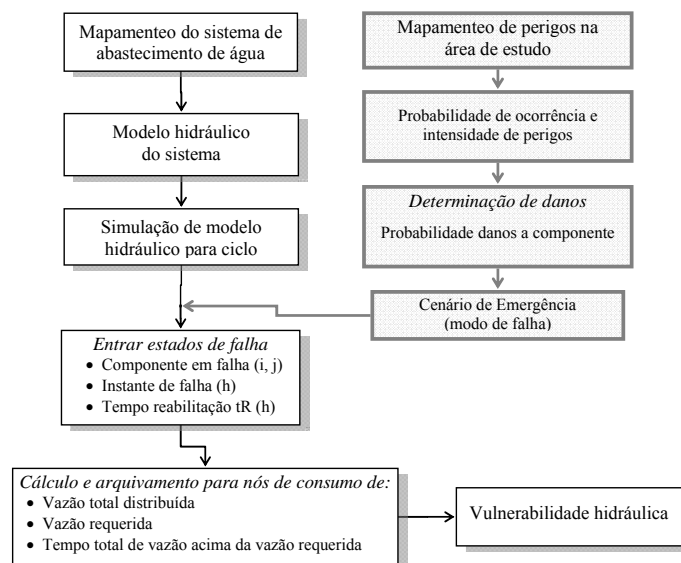
	Medidas estruturadas ao sistema			Medidas não-estruturadas ao sistema		
	Avaliar perigos	Avaliar vulnerabilidade sistema	Medidas de prevenção danos por perigos	Medidas de reabilitação rápida	Medidas de prevenção para abastecer pós-impacto	Medidas de abastecimento emergencial (não-previstas)
Quantidade	13	15	6	5	16	18
Percentagem	52	60	24	20	64	72

As medidas de prevenção para abastecimento pós-impacto, abrangem as ações que devem ser realizadas antes de uma condição prevista de emergência, por exemplo: seca, previsão de chuvas e/ou ventos intensos, previsão de inundações, aumento estacional do consumo, entre outra. As medidas de prevenção para abastecimento pós-impacto foram a segunda com maior utilização nos trabalhos revisados, sendo aplicada nos 64% dos casos. Este tipo de medida ainda que pode não estar estruturada às condições de vulnerabilidade do sistema de abastecimento de água, na gestão de emergências, em geral, está vinculada às condições de risco da área de estudo. O trabalho realizado por Hoshiya; Yamamoto; e Ohno, (2004) avalia a necessidade de aumentar a redundância no sistema, considerando os riscos em casos de terremotos. Entre as medidas de abastecimento pós-impacto devem ser consideradas as medidas que incidem diretamente no comportamento do usuário final, no tocante a reduzir o consumo e/ou garantir a qualidade adequada (notificando aos consumidores para que desinfetem e/ou armazenem água).

As medidas de reabilitação rápida estão relacionadas à capacidade técnica do prestador de serviço e à possibilidade de contar com componentes e recursos para reparos emergenciais. Estão vinculadas ao sistema quando consideram os prováveis danos que podem ser produzidos no sistema pelos perigos existentes na área. Neste caso só 5 trabalhos (20%) propõem medidas de solução rápida de danos.

No caso das medidas exclusivamente estruturadas ao sistema, as mesmas são cada vez mais necessárias e valorizadas na gestão de sistemas de abastecimento de água, porque na maioria dos casos promovem a redução de riscos e redução de perdas econômicas. Com a realização da avaliação de perigos e da vulnerabilidade do sistema, podem ser executadas medidas para diminuir a possibilidade que o sistema seja afetado por determinados eventos. Com isso, se garante que a população terá um serviço adequado em qualidade e quantidade em casos de emergências maiores. Por outro lado se evitam perdas econômicas diretas, por perda de componentes ou produção. Também, evitam-se perdas econômicas indiretas, por falta de serviço ou incriminação do prestador de serviço, em casos de doenças de veiculação hídrica. Na Tabela 2 observa-se que 60% dos trabalhos analisados abordam o aspecto de avaliação de vulnerabilidade e 52% o aspecto da avaliação de perigos.

A Figura 1 apresenta a proposta de avaliação de vulnerabilidade para situações de emergências provocadas por perigos ambientais em sistemas de abastecimento de água. A determinação da vulnerabilidade hidráulica, por ser um fator quantitativo, pode ser utilizada para medir o comportamento do sistema, tanto em casos de falha como em casos de alternativas para minimizar os efeitos de danos.



**Figura 1. Proposta de avaliação de vulnerabilidade em sistemas de abastecimento de água**

A proposta de avaliação de vulnerabilidade apresentado na Figura 1 abrange o sistema de abastecimento de água em relação às condições ambientais na área estudada. A vulnerabilidade hidráulica é calculada com um modelo do sistema, considerando as prováveis falhas provocadas pelos perigos ambientais identificados na avaliação dos perigos.

## CONCLUSÕES

Considerando as previsões de aumento da vulnerabilidade nas cidades, frente a perigos ambientais e antropogênicos, é preciso pensar nas possibilidades que se tem para aumentar a capacidade de gestão de riscos ambientais. A revisão de diversas abordagens da problemática de abastecimento de água em casos de emergências, permitiu observar que para uma solução adequada é preciso abranger aspectos técnicos relacionados ao sistema e ao ambiente, também, é preciso explorar a capacidade técnica sobre soluções emergências relativamente autônomas e até os valores comunitários para poupar água ou desinfetar para beber.

Em áreas com ricos naturais ou antropogênicos e em grandes cidades deve ser obrigatório que a administração do sistema de abastecimento de água inclua a gestão de risco, o que precisaria como mínimo a realização de avaliação de perigos, avaliação de vulnerabilidade do sistema, prevenção de danos e estabelecer alternativas de abastecimento emergencial. Isto requer que a gestão de emergências e desastres seja considerada desde o projeto do sistema até a operação cotidiana do mesmo.

## AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao programa de bolsa da Organização de Estados Americanos –OEA-LASPAU; ao programa de bolsa da Secretaria de Estado de Educación Superior, Ciencia y Tecnología da República Dominicana; e, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –CAPES.

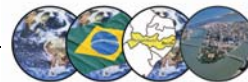
## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGARDY, Franklin J; RAY, Arlis D. Emergency planning for water utility management (M 19). 3ª Edição. American Water Works Association. Denver, 2001.
2. ALA-American Lifelines Alliance-. Development of Guidelines to Define Natural Hazards Performance Objectives for Water Systems. Vol I. Ed. Federal Emergency Management Agency (FEMA) e American Society of Civil Engineers (ASCE). 2002. 138p. Disponível [www.americanlifelinesalliance.org](http://www.americanlifelinesalliance.org).
3. BURNS, Nicholas L.; COOPER, Christine A.; DOBBINS, David A.; EDWARDS, Jessica C.; LAMPE, Les K.. Capítulo 20: Security analysis and response for water utilities. In: MAYS, Larry W.(Ed.), Urban Water





- Supply HandBook. McGraw-Hill. New York. 2002. Disponível em: [www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com). Acesso em: maio, 2006.
4. CMEOE/DEP-Commonwealth of Massachusetts Executive Office of Environmental Affairs/Department of Environmental Protection. Handbook for Water Supply Emergencies. 2a Impresão (1ª Impresão 1990), Boston. 2001. Disponível em: <http://www.mass.gov/dep/water/laws/emrhdbk.pdf>, acesso em: março 2006
  5. CORAASAN-Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santiago. Programa de atención de emergencias y desastres en las empresas de abastecimiento de agua potable y saneamiento de la República Dominicana INAPA, CAASD y CORAASAN: Plan de acción. Santiago, 1990. Disponível em: <http://desastres.unanleon.edu.ni/pdf/2003/septiembre/Envio1/pdf/spa/doc288/doc288.htm>; aceso em: janeiro 2005.
  6. EHPDDW/WSDH-Environmental Health Programs Division of Drinking Water/Washington State Department of Health. Emergency Response Planning Guide for Public Drinking Water Systems. Washington State Department of Health. 2003. Disponível em: <http://www.doh.wa.gov/ehp/dw>. Acesso: junho 2008.
  7. HOSHIYA, Masaru; YAMAMOTO, Kinya; OHNO, Haruo. Redundancy index of lifelines for mitigation measures against seismic risk. Probabilistic Engineering Mechanics vol. 19, 2004, pp. 205–210.
  8. HOUSE, S.J. e REED, R.A. Emergency Water Sources: guidelines for selection and treatment (3ª Edição). WEDC, Loughborough. 2004.
  9. INAA - Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados. Guía Técnica para la reducción de la vulnerabilidad en los sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. INAA, 2004. Disponível <http://www.inaa.gob.ni/>; aceso em: março, 2008.
  10. INAPA –Instituto Nacional de Agua Potable y Alcantarillado. Experiencias de la República Dominicana en el Manejo de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en las condiciones creadas por el paso del Huracán David y la Tormenta Federico por una parte de su Territorio. In: XVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Paz. 1980.
  11. JACOBSON, Anita. A Methodology to Assess Seismic Performance of Water Supply Systems. In: Student Research Accomplishments 2003-2004. Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research University at Buffalo, State University of New York. Editado por Amanda Bonneau, 2004. pp. 7-13. Disponível em <http://mceer.buffalo.edu>. Acesso em setembro 2006.
  12. MAYS, Larry W. Vulnerability assessment, emergency response planning: summary of what's available. In: MAYS, Larry W. (Ed.). In: Water Supply Systems Security. Ed. McGraw-Hill, New York, NY. 2004, Cap. 3: Disponível: [www.digitalengineeringlibrary.com](http://www.digitalengineeringlibrary.com), acesso em junho 2006.
  13. MIN/SDC-Ministério da Integração Nacional/Secretaria de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil. Brasília, 2000.
  14. NAVARRO-ROA, Zacarías. Vulnerabilidade hidráulica em sistema de abastecimento de água: caso da cidade de Santiago de los Caballeros, República Dominicana. Tese Doutorado: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, 2008, p. 150.
  15. OPAS-Organização Pana-Americana da Saúde -. Estudio de caso: Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos. Eds. Grase, J; Contreras, I.; e Grases, G./OPS/CEPIS. Washington, D.C., 1997, 99 p.
  16. OPAS-Organização Pana-Americana da Saúde -. Mitigación de desastres naturales en sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Washington, D.C., OMS/OPS., 1998, 102 p.
  17. OPAS-Organização Pana-Americana da Saúde. Estudio de la normativa técnica del diseño, construcción, operación y mantenimiento de agua y saneamiento en matéria de desastres. Guatemala, 2002.
  18. SELÇUK, A. Sevtap; YÜCEMEN, M. Semih. Reliability of Lifeline Networks with Multiple Sources under Seismic Hazard. In: Natural Hazards, Vol. 21, 2000, pp 1-18.
  19. TORO, Dumar M.. Metodología para el Análisis de Vulnerabilidad de Sistema de Agua Potable y Saneamiento. In: III Curso Internacional Microzonificación y Su Aplicación En La Mitigación De Desastres. Empresa Pública de Medellín ESP/ Unidad Estratégica de Negocios Aguas/Coordinación Riesgos UEN Aguas. Lima-Perú. 2002.
  20. USA. Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002. Lei 107-188/2002. United States of América (USA). 2002. Disponível em: [www.fda.gov/oc/bioterrorism/PL107-188.html#title4](http://www.fda.gov/oc/bioterrorism/PL107-188.html#title4). Acesso em: jun. 2008.
  21. USEPA-United States-Environmental Protection Agency. Emergency Response Plan Guidance for Small and Medium Community Water Systems: to Comply with the Public Health Security and Bioterrorism Preparedness and Response Act of 2002. USEPA/Office of Water, 2004. Disponível em: [www.epa.gov/safewater/security](http://www.epa.gov/safewater/security). Acesso em: jun. 2006.



22. USEPA-United State Environmental Protection Agency. Response Protocol Toolbox: Planning for and Responding to Drinking Water Contamination Threats and Incidents. United State Environmental Protection Agency, 2003. p 44. DispoComunicação pessoal sobre Técnicas de Tratabilidade, 1993/1995.