

# DESASTRES RELACIONADOS À ÁGUA NO BRASIL: PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

---

LUCIANA DE RESENDE LONDE<sup>1</sup>  
MARCOS PELLEGRINI COUTINHO<sup>2</sup>  
LEANDRO TORRES DI GREGÓRIO<sup>3</sup>  
LEONARDO BACELAR LIMA SANTOS<sup>4</sup>  
ÉRICO SORIANO<sup>5</sup>

## Introdução

É inegável a importância da água para a saúde e a vida humana. Em algumas situações, entretanto, a água pode causar problemas e até mesmo ameaças à vida. A Organização das Nações Unidas (ONU) prevê o risco de conflitos pela água em 46 países em um futuro próximo (CHADE, 2008).

Quando fatores deflagradores, como eventos extremos pontuais, atingem locais habitados, podem ocorrer desastres naturais ou de outros tipos. De acordo com a Estratégia Internacional para a Redução de Desastres da Organização das Nações Unidas (EIRD/ONU), desastre é uma “séria interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, que causa perdas humanas e/ou importantes impactos ou perdas materiais, econômicas ou ambientais que excedem a capacidade da comunidade ou sociedade afetada de lidar com a situação utilizando seus próprios recursos” (UNISDR, 2009). Os desastres relacionados aos recursos hídricos geralmente estão associados ao excesso de água (inundações graduais e bruscas, rompimento de barragens) ou à sua escassez (estiagem, seca, dificuldades no abastecimento de água potável, impactos na agricultura). “Os desastres não estão relacionados às médias, são causados por extremos” (OGURA, 2013). Além dos extremos, outros tipos de desastres podem envolver os recursos hídricos

---

1. Pesquisadora do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). E-mail: luciana.londe@cemaden.gov.br.

2. Pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). E-mail: marcos.coutinho@cemaden.gov.br.

3. Professor Adjunto do Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). E-mail: leandro.torres@poli.ufrj.br.

4. Pesquisador do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). E-mail: leonardo.santos@cemaden.gov.br.

5. Pós-Doutorado na Universidade Federal de São Carlos (bolsista Fapesp). E-mail: ericogeo@gmail.com

de diferentes maneiras, com impactos no ambiente, saúde pública, dinâmica urbana e produção agrícola.

Uma situação de desastre envolve cenários de risco diferentes e interligados. É necessário abordar a gestão de riscos de maneira integrada para lidar com esta complexidade, contemplando atividades nas etapas de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação.

Prevenção e mitigação devem ser destacadas como as atividades de minimização dos riscos e de promoção da resiliência em sistemas vulneráveis, reduzindo perdas humanas e materiais.

Este trabalho discute a relação entre os recursos hídricos e os desastres no Brasil, apontando os principais desafios para reduzir a vulnerabilidade e sugerindo ações para um gerenciamento integrado de recursos hídricos, saúde pública e desastres.

### *Água e Desastres: Quando o excesso de água representa risco de desastre*

As inundações são um tipo de desastre bem conhecido pelos brasileiros. Considerando dados do EM-DAT (2014), o Brasil está entre os países mais afetados por inundações no mundo, com um alto número de pessoas afetadas e de mortes (EM-DAT, 2014, TOMINAGA *et al.*, 2009).

Não há, entretanto, uma relação direta entre desastres e inundações, cheias, enchentes ou alagamentos. Em áreas não habitadas, por exemplo, as inundações são apenas processos físicos – não são consideradas desastres porque não há pessoas afetadas. Alguns tipos de inundações não representam um fenômeno natural, como nas situações de colapso de barragens. Além disto, eventos climáticos extremos podem aumentar a frequência e intensidade das inundações. Estas situações são consideradas desastres quando seus impactos atingem uma comunidade vulnerável, ultrapassando sua capacidade de recuperação.

Em áreas urbanas, quando ocorre precipitação intensa e o solo não absorve toda a água, o volume de água em excesso vai para o sistema de drenagem urbana (TUCCI, 2008). Dependendo da topografia local, este excesso pode atingir áreas próximas aos rios (TUCCI e BERTONI, 2003; GOERL e KOBIYAMA, 2005). Em alguns municípios brasileiros, a expansão urbana provoca mudanças no ciclo hidrológico original, devido ao desmatamento, erosão, assoreamento, impermeabilização do solo, intervenções estruturais nos rios e construções irregulares às margens de rios (BRASIL, 2007). Devido ao intenso processo de urbanização e também a problemas socioeconômicos, parte da população de baixa renda passa a ocupar áreas de risco, aumentando sua vulnerabilidade (GOERL e KOBIYAMA, 2005).

Como as inundações frequentemente atingem muitos locais no país, ocorrem perdas econômicas significativas e vários problemas que alteram a rotina dos cidadãos (BRASIL, 2007), confirmando a necessidade de sistemas robustos de monitoramento para evitar ou minimizar estes impactos.

No Brasil, o monitoramento de inundações é realizado por organizações como ANA – Agência Nacional de Águas, CPRM – Serviço Geológico Brasileiro e Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Alguns municípios também contam com um sistema próprio para monitoramento. Entretanto, o monito-

ramento de enxurradas (“flash floods”), representa um desafio especial devido ao curto período de tempo para a emissão dos alertas (GOERL e KOBİYAMA, 2005). Goerl e Kobiyama (2005) criaram um índice para diferenciar inundações (“floods”) e enxurradas (“flash floods”), incluindo aspectos sociais e ambientais, para melhorar procedimentos de monitoramento e alerta. Goerl e Kobiyama (2005) modificaram o índice de perigo de Stephenson (STEPHENSON, 2002), considerando que quanto maior a velocidade do fluxo, mais baixa será a altura do fluxo suficiente para causar danos. No mesmo índice é possível considerar declividade e rugosidade.

Além de estudos técnicos e pesquisas sobre inundações e enxurradas, há também esforços para avaliar as perdas econômicas devido a desastres zhidrológicos. Corsi *et al.* (2012) adaptaram o método DaLa (*Damage and Loss Assessment*) para a situação pós-inundação no município de São Luis do Paraitinga (SP). A avaliação incluiu efeitos e impactos em setores sociais, econômicos, ambientais e de infraestrutura para estimar o valor necessário para a reconstrução, suporte ao gerenciamento de riscos e direcionamento de políticas públicas para a prevenção de desastres naturais. Os autores avaliaram um prejuízo de R\$ 103,63 milhões em **São Luiz do Paraitinga**. Os setores mais afetados foram de habitação e transporte (CORSI *et al.*, 2012).

## Quando a falta de água representa risco de desastre

Enquanto as inundações causam impactos indiscutíveis nos ambientes urbanos, os impactos da seca tendem a ser subestimados, embora sejam um problema frequente em muitos municípios brasileiros.

Em termos técnicos, a seca é caracterizada por precipitações abaixo da média em uma determinada área durante um período de tempo prolongado, ocasionando um suprimento inadequado de água (McCANN *et al.*, 2011a). Tuan (2005), entretanto, descreve a seca como algo mais abrangente que a simples ausência de chuva: “é um fenômeno invisível, exceto pela devastação que provoca: colheitas reduzidas, animais mortos e pessoas mal nutridas”.

McCann *et al.* (2011a) mencionam várias consequências para a saúde pública devido à falta de água: a seca geralmente provoca uma diminuição na produção de alimentos, ocasionando fome e má nutrição em algumas regiões; a qualidade do ar pode ser afetada pela presença prolongada de partículas em suspensão no ar, o que agrava doenças pulmonares; a fumaça proveniente de queimadas, comuns em regiões de seca, também provoca ou agrava problemas respiratórios; pode haver um aumento de doenças transmitidas por vetores e também de doenças provocadas por fungos, porque durante a seca a inalação de esporos dos fungos torna-se mais fácil.

Assim como suas consequências, os tipos de seca podem variar amplamente. Kobiyama (2005) classifica as secas em três categorias: (1) seca climatológica, quando os valores de precipitação encontram-se abaixo do normal para aquela área; (2) seca hidrológica, quando os níveis de rios e reservatórios estão baixos e (3) seca edáfica, quando o solo perde umidade. Santos (2007) menciona quatro tipos de seca: inicialmente, a (1) seca meteorológica é caracterizada pela ausência de precipitação durante um período de tempo.

Há uma diminuição na quantidade de água em rios e reservatórios e então ocorre a (2) seca hidrológica. A (3) seca agrícola implica em um déficit de água no solo, resultando em perdas na produção agrícola. Como consequência dos tipos de seca descritos, surge a (4) seca socioeconômica, provocando pobreza e estagnação econômica nas regiões afetadas.

No Brasil, a população da região semiárida lida com a dificuldade de acesso à água e escassez de água e alimentos, resultando em um aumento na mortalidade infantil, piora nas condições de saúde e restrições econômicas (SANTOS, 2012).

A maior parte da região Nordeste é caracterizada como “semiárido”, de acordo com a classificação de Thornthwite (AYOADE, 1988). Esta classificação é baseada no índice de aridez (AI): a razão P/PET, em que (P) é a precipitação média anual e (PET) é a evapotranspiração potencial média anual (SOUZA FILHO, 2011). Na região semiárida, a razão P/PET varia de 0,20 a 0,50, enquanto no hiperárido é menor que 0,05 e em regiões secas e subúmidas pode atingir 0,65 (SOUZA FILHO, 2011).

Há uma ampla variabilidade espacial e temporal na ocorrência de água na região semiárida (SOUZA FILHO, 2011). A precipitação média durante um ano pode variar de 400 a 2000 mm (VAN OEL *et al.*, 2010). Algumas características desta região são: rios intermitentes, secas periódicas, uso da água voltado para o abastecimento humano e agrícola, reservatórios com baixa eficiência hidrológica e valores baixos de precipitação e escoamento superficial (VIEIRA, 1995). Enquanto o escoamento superficial no país em geral é de  $21 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ , na região Nordeste é de apenas  $4 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$  (SOUZA FILHO, 2011). Há muitos poços nesta região, mas muitos deles são abandonados devido à falta de segurança, de manutenção e por outras questões operacionais.

Além da seca na região Nordeste, há variações nos problemas de falta de água. Favero e Diesel (2008) enfatizam que a escassez de água pode ser consequência da seca, mas também pode ser criada artificialmente, como consequência da exploração inadequada de águas profundas e superficiais, degradação da qualidade da água, uso inapropriado do solo e diminuição na capacidade dos ecossistemas para armazenar água. No Brasil, as águas subterrâneas são usadas por aproximadamente 40% da população (CARY *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2013; HIRATA *et al.*, 2012; SUHOGUSOFF *et al.*, 2013). No estado de São Paulo, 75% dos municípios usam águas subterrâneas (CARY *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2013; HIRATA *et al.*, 2012; SUHOGUSOFF *et al.*, 2013). No município do Recife (Pernambuco, Brasil) devido às secas severas que atingiram o estado em 1998 e 1999 e também aos frequentes racionamentos de água na cidade, poços privados têm sido usados como fonte suplementar de abastecimento de água (CARY *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2013; HIRATA *et al.*, 2012; SUHOGUSOFF *et al.*, 2013). A maioria dos poços é feita em propriedades privadas e não é reconhecida pelas agências reguladoras. Embora os poços garantam a segurança hídrica durante períodos de seca, muitos deles são afetados por salinização e contaminação e sua situação dificulta o gerenciamento da água no estado. Como as medidas tecnológicas contra a salinização são caras, muitos poços são abandonados.

A dependência de aquíferos também é comum em outras cidades brasileiras, como Natal (RN), Fortaleza (CE), Brasília (DF) e São Paulo (SP) (CARY *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2013; HIRATA *et al.*, 2012; SUHOGUSOFF *et al.*, 2013). Dentro de um contexto ideal de gestão, o suprimento de água deveria contar com águas superficiais e de aquíferos

como recursos complementares. (CARY *et al.*, 2013; FOSTER *et al.*, 2013; HIRATA *et al.*, 2012; SUHOGUSOFF *et al.*, 2013).

## Perigos sócio-naturais relacionados aos recursos hídricos

De acordo com a terminologia da Estratégia Internacional para Redução de Riscos de Desastres da Organização das Nações Unidas (UNISDR, 2009), os perigos sócio-naturais são o fenômeno de aumento da ocorrência de certos eventos geofísicos e hidrometeorológicos, como escorregamentos, inundações, colapso de solos e secas, os quais têm origem na interação de perigos naturais com a superexploração ou degradação do solo e de recursos ambientais. Este termo é usado para as circunstâncias em que a atividade humana amplia a ocorrência de certos perigos além de suas probabilidades naturais. Os perigos sócio-naturais podem ser reduzidos ou evitados através de um gerenciamento racional do uso do solo e dos recursos ambientais (UNISDR, 2009).

## Degradação da qualidade da água

A poluição difusa é um exemplo de perigo que envolve a combinação de recursos hídricos e questões ambientais e sociais. Este processo tem início com o depósito de lixo em locais inadequados e o bloqueio de bueiros. Com este bloqueio, a água proveniente de precipitações atmosféricas não é drenada satisfatoriamente, ocasionando ou piorando inundações nos ambientes urbanos, onde grande parte da superfície do solo está coberta por concreto ou asfalto.

A água proveniente das inundações se mistura a detritos, fezes e urina de animais, animais mortos, chorume e outros poluentes e toda esta mistura é transportada através do escoamento superficial para casas, rios, lagos, reservatórios e pode também atingir aquíferos e unidades de tratamento de água. Os problemas decorrentes deste processo incluem os setores de saúde (aumento na incidência de doenças), ambiente (piora da qualidade da água) e econômico (aumento nos custos de tratamento de serviços de suprimento de água potável e de limpeza de espaços públicos).

Em detalhes, as consequências podem incluir: morte de peixes, degradação da qualidade da água, consumo de água não potável, poluição estética, poluição bacteriana, deposição de sedimentos, diminuição do oxigênio dissolvido na água, eutrofização, impactos para os organismos aquáticos devido ao contato com material tóxico, contaminação por metais pesados, diminuição da capacidade de autodepuração dos recursos hídricos.

A eutrofização e o florescimento de cianobactérias podem constituir um desastre secundário, como consequência de outros desastres, mas podem também representar um perigo direto. O episódio ocorrido em Caruaru ilustra esta condição: em 1996, 76 pessoas faleceram neste município do Nordeste Brasileiro porque foram submetidas a um tratamento de hemodiálise com água contaminada por cianobactérias (BITTENCOURT-OLIVEIRA e MOLICA, 2003). De acordo com os critérios da UNISDR (2009), os florescimentos de cianobactérias em lagos e reservatórios podem ser considerados perigos biológicos potenciais: algumas cianobactérias produzem toxinas que podem representar

perigo relacionado à saúde pública (ESTEVEES, 1988; MILLIE *et al.*, 1992; RICHARDSON, 1996; AZEVEDO e BRANDÃO, 2003, TUNDISI, 2003; VIDOTTI e ROLLEMBERG, 2004; PITOIS *et al.*, 2001; VINCENT, 2004) por causa das reações que causam em mamíferos, como doenças estomacais, reações alérgicas, problemas dermatológicos e desenvolvimento de tumores (PITOIS *et al.*, 2001).

A eutrofização e o florescimento de cianobactérias também estão fortemente relacionados a outros perigos e desastres. A maioria dos reservatórios brasileiros recebe descargas excessivas de nutrientes como fósforo e nitrogênio, além de contar com radiação solar intensa e altas temperaturas durante a maior parte do ano. Consequentemente, há um ambiente ideal para o florescimento de cianobactérias. Como muitas pessoas dependem dos reservatórios para suprimento de água, isto representa um risco para a saúde humana, além de perdas econômicas para os profissionais que dependem diretamente dos reservatórios para atividades de pesca ou turísticas e de lazer.

Dois fatores principais contribuem para a dinâmica de florescimento das cianobactérias: as concentrações de fósforo e nitrogênio e a estratificação da coluna de água. As concentrações de fósforo e nitrogênio na água dependem principalmente das condições de uso do solo nas margens dos reservatórios. A estratificação acontece frequentemente após a ocorrência de sistemas frontais ou sob condições específicas de vento e precipitação (TUNDISI, 2010; MORAES *et al.*, 2010, IZYDORCZYK *et al.*, 2005). Sob esta perspectiva, seria recomendável que os sistemas de previsão do tempo estendessem suas atividades ao monitoramento do florescimento de cianobactérias.

## Erosão

Outro exemplo de perigo sócio natural relacionado à água é a erosão hídrica. O uso inapropriado do solo e construções inadequadas em encostas ou às margens de rios expõem amplas áreas aos processos erosivos. Na região metropolitana de São Paulo, a perda média de solo por erosão é estimada em 13,5 m<sup>3</sup> de solo durante um ano, o que significa um grande aporte de sedimentos em sistemas de drenagem naturais e construídos, piorando o impacto das inundações (SANTOS, 2012).

Em áreas rurais, a erosão intensa pode causar degradação ambiental e levar ao empobrecimento do solo e poluição dos recursos hídricos (ANDREANI JUNIOR *et al.*, 2013). As áreas de proteção permanente (APPs) no país, como os locais de vegetação ripária, previnem ou minimizam o movimento de sedimentos por processos erosivos em áreas agrícolas e retêm defensivos agrícolas e outros poluentes, funcionando como zonas tampão (*buffer zones*) (ADDISCOTT, 1997).

## Processos agrícolas

Os processos agrícolas são outro exemplo das interações entre recursos hídricos, clima, temperatura, economia, população e ambiente. Em conjunto, estes fatores podem provocar desastres. As práticas agrícolas têm contribuído para as mudanças ambientais globais através de mudanças no uso do solo e irrigação, alterando o ciclo hidrológico global

em quantidade e qualidade (GORDON, 2010). Alguns estudos apontam para a necessidade de 70% a 100% mais alimentos até 2050 para alimentar 9 bilhões de pessoas (WORLD BANK, 2008; ROYAL SOCIETY OF LONDON, 2009; GODFRAY *et al.*, 2010).

Os processos agrícolas são responsáveis por aproximadamente 85% do uso consuntivo global da água (GORDON, 2010; FOLEY, 2005) e a irrigação é responsável por 66% do consumo de água em geral (GORDON, 2010; FALKENMARK e LANNESTAD, 2005). Este uso tem alterado os padrões de fluxo dos rios, os ecossistemas à jusante, ecossistemas costeiros e alagados, provocando esgotamento de rios em vários locais (GORDON, 2010). Charles (2010) menciona que os produtores de alimentos lidam com uma competição crescente pelos recursos hídricos, terra e energia e que há uma evidente necessidade de inibir os efeitos negativos para o ambiente decorrentes da produção de alimentos.

## Saúde humana

Ainda no contexto dos aspectos envolvendo perigos sócio-naturais relacionados à água, é importante considerar que o consumo de água não potável representa riscos à saúde da população. De acordo com Confalonieri (2011), há uma interface entre os recursos hídricos e a saúde humana, ligados através de sistemas biofísicos (ecossistemas), sistemas socioeconômicos e políticos (ciclo hidrossocial) e sistemas de saúde. Confalonieri (2011) categoriza as doenças contagiosas transmitidas através da água: podem ter origem diretamente da água, como giardíase, criptosporidíase e cólera; no contato com a água, como a esquistossomose; ou relacionadas à água, nas situações em que esta é um componente essencial para o ciclo de transmissão, por exemplo, funcionando como um criadouro de mosquitos transmissores de malária e dengue.

## Em situações pós-desastre, o desastre continua: riscos de doenças após inundações

Muitas doenças estão diretamente ligadas à qualidade da água, mesmo na ausência de outros desastres, caracterizando um desastre biológico. Após a ocorrência de desastres naturais, como as inundações, algumas destas doenças podem caracterizar um desastre secundário. Especificamente para leptospirose esta relação é conhecida e preocupante. Um exemplo disto é a nota técnica expedida pela Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis (Ministério da Saúde, 2011), com orientações e recomendações para as vigilâncias epidemiológicas das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde. O trecho abaixo destaca esta relação:

“1. Em todos os anos, nos meses de verão, uma das principais ocorrências epidemiológicas após as inundações é o aumento do número de casos de leptospirose. Diante disso, visando alertar as vigilâncias epidemiológicas das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, sobre condutas em situações de desastres naturais como enchentes, a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde (SVS/MS) informa:

a. Em situações de desastres naturais como enchentes, os indivíduos ou grupos de pessoas que entraram em contato com lama ou água, por elas contaminadas, podem se infectar e manifestar sintomas da doença.” (Ministério da Saúde, 2011).

Santos *et al.* (2012) estudaram os dados da região do Vale do Itajaí durante o ano de 2008 para elaborar cenários de risco de surtos de leptospirose em situações pós-desastre. Com base no monitoramento da precipitação e nos valores de fluxo e nível do rio Itajaí, os autores apontaram a possibilidade de fornecer alertas referentes à leptospirose 3 semanas antes do pico da doença. A reconstrução dos eventos hidrológicos e sua associação com a distribuição espacial e temporal de doenças são fatores importantes para um monitoramento efetivo (SANTOS, 2012; SANTOS, 2013).

Ainda sobre a relação entre qualidade da água e saúde humana, o Relatório especial para Gerenciamento de Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Adaptação às Mudanças Climáticas (IPCC, 2012) conduziu um estudo de caso para cólera, enfatizando que a prevenção do contato entre o perigo e um hospedeiro vulnerável inclui a promoção do acesso à água potável e redução da probabilidade de deslocamento da população.

Alguns tipos específicos de desastres, como inundações, modificam os ecossistemas dos mosquitos dos gêneros *Aedes* e *Anopheles*, provocando surtos de dengue e malária (IPCC, 2012).

Os surtos de doenças pós-desastre são causados por interrupção no suprimento de água e dos sistemas de saneamento após a ocorrência do desastre ou por condições precárias de higiene, comuns em aglomerados humanos. Outras doenças também estão relacionadas aos desastres, apesar de a relação ser menos clara que no caso da leptospirose.

Entre as doenças associadas a condições inadequadas de saneamento, estão: cólera, infecções gastrointestinais, febre tifoide, giardíase, esquistossomose e shigelose e poliomielite, lembrando que no Brasil a poliomielite foi erradicada durante a década de 1990 (MENDONÇA e MOTTA, 2007).

## Cenários esperados e principais desafios

A Comissão Mundial da água, apoiada pela Organização das Nações Unidas e pelo Banco Mundial, estimaram que o aumento da população até 2025 irá demandar um aumento de 17% de água para irrigação e de 70% para suprimento urbano (RAMOS, 2007; WORLD WATER COUNCIL, 2000). Esta demanda, associada a outros destinos da água, significa um acréscimo de 40% na demanda total de água. A Comissão Mundial da Água aponta a necessidade de dobrar os investimentos globais em gestão da água e saneamento para contribuir com as necessidades avaliadas e reduzir o número de pessoas sem acesso à água tratada (1 bilhão) e ao saneamento básico (3 bilhões) (RAMOS, 2007; WORLD WATER COUNCIL, 2000). Os recursos envolvidos, que atualmente somam entre US\$ 70-80 bilhões por ano, deveriam evoluir para US\$180 bilhões para reduzir a falta de saneamento para 330 milhões de pessoas até 2025 (RAMOS, 2007; WORLD WATER COUNCIL, 2000).



Além da crescente demanda por água, o cenário projetado para as próximas décadas inclui impactos das mudanças ambientais globais nos sistemas hídricos. Um único evento pode produzir efeitos em níveis locais, regionais, nacionais e internacionais. Estes efeitos podem ser o resultado direto do próprio evento –consequências do evento – ou impactos indiretos, como a redução na produção de alimentos ou a diminuição dos recursos disponíveis (IPCC, 2012).

Algumas das projeções globais para o futuro apontadas pelo relatório do IPCC (IPCC, 2007) incluem um aumento na incidência de diarreia devido ao difícil acesso a água potável e a mudanças na distribuição espacial e na dinâmica populacional de vetores de doenças endêmicas infecciosas e parasitárias, como os mosquitos transmissores de dengue e malária. O Brasil teria mais impactos relacionados às doenças endêmicas infecciosas, como malária, leishmaniose, leptospirose e dengue e problemas relacionados ao suprimento de água, devido à salinização de aquíferos naturais, como consequência do aumento no nível dos oceanos (IPCC, 2007).

O Brasil concentra aproximadamente 12% das águas superficiais do planeta, com 8 grandes bacias em seu território (SUASSUNA, 2004; ISA, 2005) A região Sudeste, entretanto, onde vive a maior parte da população, tem apenas 6% dos recursos hídricos disponíveis e uma alta demanda destes recursos para indústria, agricultura, irrigação, geração de energia hidroelétrica e abastecimento público (ISA, 2005). A distribuição dos recursos hídricos no país aponta para racionamentos cada vez mais frequentes (com seus consequentes impactos) em um futuro próximo. O desafio, neste cenário, é de melhorar a gestão e manejo dos recursos hídricos para prevenir desastres apropriadamente.

## **Recomendações para prevenção e mitigação de desastres relacionados à água**

Neste item sugerimos algumas medidas estruturais e não estruturais para melhorar o gerenciamento de riscos de desastres relacionados à água no Brasil, especialmente nas questões relacionadas à prevenção e à mitigação.

### **Planejamento de ações interinstitucionais integradas**

Os fenômenos naturais com potencial de provocar desastres podem aumentar em frequência e intensidade em algumas regiões (IPCC, 2011). Também espera-se o aumento de problemas relacionados a perdas agrícolas, expansão urbana, exploração excessiva de suprimentos de água, erosão e poluição. O estabelecimento de uma gestão de riscos eficaz é crucial para lidar com os fatores que ocasionam e maximizam os desastres. A UNISDR (2009) define a gestão de riscos de desastres como o “conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos por sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades a fim de reduzir os impactos de ameaças naturais e de desastres ambientais e tecnológicos consequentes. Isto envolve todo tipo de atividades, incluindo medidas estruturais e não estruturais para evitar (prevenção) ou limitar (mitigação e preparação) os efeitos adversos dos desastres”.

Houve avanços nas organizações e nas diretrizes administrativas para gestão de riscos de desastres nos últimos anos no Brasil, principalmente devido à Lei 12.608 (BRASIL, 2012). Entretanto, há instituições diferentes (e muitas vezes desconectadas) para lidar com recursos hídricos, ambiente, urbanização, saúde e desastres no país. É necessário analisar a inter-relação entre as várias organizações envolvidas nestes temas (HEIDE, 1989) e promover uma coordenação entre elas. Não é aconselhável esperar pela ocorrência de desastres para efetuar uma comunicação interinstitucional. Todos os aspectos referentes a esta comunicação devem ser planejados com antecedência e, sempre que possível, definindo protocolos formais. Durante situações de emergência, a informação deve fluir rapidamente e de forma clara e as decisões devem ser imediatas.

Na gestão de desastres relacionados à água, é essencial ajustar diferentes estratégias de comunicação para grupos ou agências específicos. Mesmo quando há informação suficiente, muitos dados são disponibilizados em publicações especializadas e de difícil acesso aos profissionais que atendem emergências e aos planejadores das operações (HEIDI, 1989; QUARANTELLI, 1998). Além disto, muitos relatórios usam um vocabulário extremamente específico e direcionado a pesquisadores, o que resulta em confusões ou dificuldade de compreensão por parte dos membros de organizações de resposta a emergências.

Um planejamento apropriado deve incluir estratégias eficientes de comunicação, e, por outro lado, programas eficientes de capacitação. As habilidades operacionais e capacidades devem ser incentivadas e direcionadas para reconhecer vulnerabilidades, identificar soluções e reunir esforços para minimizar os riscos de desastres e estes eventos. A identificação de problemas previsíveis e recorrentes é essencial para elaborar um plano de prevenção e enfrentamento de desastres (HEIDI, 1989).

As pessoas responsáveis por estratégias, políticas e cooperação devem analisar objetivamente as características dos desastres, como localização, tipo e duração e prever possíveis dificuldades e soluções. Idealmente, as políticas devem integrar saneamento básico, habitação, questões ambientais e defesa civil. No Brasil, o Ministério das Cidades lida com a exclusão territorial e com a degradação ambiental nos municípios brasileiros: um avanço para a política de desastres socioambientais (BRASIL, 2007). O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação abriga o Cemaden, e o Ministério da Integração Nacional abriga o CENAD – Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Espera-se que estes centros reforcem suas interações para trabalhar com sinergia.

Outras estratégias devem ter foco em gerenciamento da água para criar ecossistemas agrícolas multifuncionais, com uma boa compreensão dos processos de ecologia de paisagens e reconhecimento dos serviços ecossistêmicos como mais amplos que a simples produção de alimentos (GORDON, 2010). Adicionalmente, as políticas de uso do solo devem ultrapassar as ações restritivas, sugerindo usos compatíveis com a conservação da água e diretrizes de proteção articulada (SANTORO *et al.*, 2009).

## **Gestão integrada do conhecimento e informação**

Heidi (1989) afirma que, apesar de as organizações evoluírem para cuidar de problemas comuns da comunidade, os problemas decorrentes de desastres são específicos

e geralmente são diferentes até mesmo daqueles enfrentados em outras situações de emergência. Para lidar com a condição específica imposta por situações de desastres, o gerenciamento de riscos deve contemplar, primeiramente, a gestão do conhecimento, incluindo conhecimento técnico-científico, cenários de risco e bancos de dados geográficos.

A coleta de dados referentes a desastres no Brasil inclui dados meteorológicos, hidrológicos e geotécnicos. Agências governamentais, como ANA, INMET e Cemaden têm trabalhado na ampliação do sistema observacional atual, através da instalação de pluviômetros automáticos e semiautomáticos, estações hidrometeorológicas e radares meteorológicos.

A integração de dados deveria ser feita com sistemas computacionais capazes de representar e extrair informações deste grande conjunto de dados heterogêneos e crescentes (Big Data) que é o conjunto de dados relacionados aos desastres. Este desafio requer o uso de protocolos-padrão, seguindo os padrões internacionais de interoperabilidade, como o “Open Geospatial Consortium” (OGC) (OGC Reference Model, 2011) e também padrões nacionais de interoperabilidade, definidos pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE)<sup>i</sup>.

Soler *et al.* (2012) levantaram uma questão importante referente aos recursos-computacionais para o monitoramento de desastres naturais: como recuperar e minerar dados – geralmente “Big Data” (LONDE *et al.*, 2013) – com uma abordagem amigável para tomadores de decisões com diferentes formações e experiências? O primeiro passo na direção da gestão de riscos relacionados à água deve ser a integração com conjuntos de dados sociais, de saúde e ambientais.

A maioria dos esforços para padronizar os dados de desastres não considera os impactos na saúde e no ambiente, devido à falta de informação formalmente coletada e analisada. Apesar desta falta de informação, os desastres com consequências para a saúde e o ambiente aumentam o número de mortes e pessoas afetadas. É importante não apenas coletar, mas também centralizar a informação relacionada a estes temas, mantendo um padrão comum para todos os registros. A integração de dados, assim como qualquer ação referente ao risco de desastres, implica no envolvimento de várias instituições.

As perspectivas relacionadas às mudanças ambientais globais apontam para a necessidade de mais informação sobre os riscos antes da ocorrência do evento, ou seja, alertas antecipados (*early warnings*) (IPCC, 2012). O Relatório Especial para Gerenciamento de Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Adaptação às Mudanças Climáticas (IPCC, 2012) menciona esta necessidade como um fator comum em todos os estudos de caso apresentados. Adicionalmente, o relatório afirma a importância de investimentos em conhecimento e informação como um tema recorrente e inclui a necessidade de sistemas observacionais e de monitoramento.

O principal desafio, portanto, é incentivar estudos sobre as interações entre recursos hídricos, ambiente, população, problemas urbanos, tempo, clima e saúde e planejar de acordo com os resultados apresentados por estes estudos.

## Ações para mitigação de inundações e secas

Estratégias efetivas para prevenção e mitigação de desastres são pensadas para reduzir os impactos e riscos de perigos através de medidas proativas tomadas antes da ocorrência de uma emergência ou desastre. De acordo com Ayala-Caicedo (2004, p. 288):

Medidas anti-perigo e anti-vulnerabilidade usualmente são chamadas de medidas estruturais e podem ser classificadas em medidas ativas (anti-perigo) e passivas (anti-vulnerabilidade); medidas anti-exposição são chamadas não estruturais. Medidas estruturais para inundações incluem: barragens, canais, construção de moradias adequadas. As principais medidas não-estruturais incluem: alertas para evacuação ou prevenção de risco, planejamento de uso do solo baseado em mapas de risco ou procedimentos especiais, treinamento para enfrentamento de riscos e cobertura por seguros.

Medidas estruturais específicas para minimizar impactos das inundações devem incluir uma arquitetura apropriada dos sistemas de drenagem, a construção de reservatórios para reter a água proveniente de precipitações (“piscinões” e reservatórios individuais em residências e edifícios públicos), incentivos para reduzir a impermeabilização do solo (através de pavimentos permeáveis, tetos verdes, ampliação e manutenção de áreas verdes em parques e jardins), recuperação das margens dos rios, desassoreamento de rios, desocupação de áreas próximas às margens dos rios e monitoramento da expansão urbana.

Com relação às secas, as medidas estruturais devem incluir, entre outras, a construção de poços artesianos com liberação pelos órgãos competentes, a inspeção destes poços e a captação e tratamento de águas provenientes de aquíferos.

Para a região semiárida, o desafio é desenvolver uma estratégia para adaptação das comunidades à natureza do semiárido. Isto inclui o investimento em infraestrutura, o gerenciamento dos recursos hídricos e dos riscos climáticos (SOUZA FILHO, 2011). Deveríamos garantir o acesso à água pela população rural, o uso eficiente da água em processos de produção, a inclusão de atores sociais em sistemas de tomada de decisão, o gerenciamento de conflitos e a operacionalização de infraestrutura (SOUZA FILHO, 2011).

Com referência aos impactos das mudanças globais, o relatório do IPCC (IPCC, 2007) afirma que é necessário modificar as restrições estruturais da vulnerabilidade da população aos impactos do clima na saúde, como a construção de moradias em áreas de risco, a abrangência do saneamento básico, a exposição à violência social, a transmissão de epidemias influenciada pelo clima e o desenvolvimento e melhora de sistemas de alerta precoce contra os extremos climáticos (IPCC, 2007).

Como recomendações gerais, sugerimos a elaboração de mapas de riscos, a adoção e aplicação de legislações de zoneamento e uso do solo, o mapeamento de áreas alagáveis (com áreas de moradias e áreas de risco), a inspeção de residências em áreas suscetíveis à inundação, a criação de programas públicos de orientação para mitigação de desastres e a adoção de seguros.

## **Ações para mitigação de desastres relacionados à qualidade da água**

As ações para minimizar os impactos de secas e inundações são soluções indiretas para mitigação dos desastres biológicos ocasionados ou piorados por estes eventos.

As ações específicas para mitigar desastres relacionados à qualidade da água devem incluir o monitoramento da qualidade da água em reservatórios, áreas alagáveis e regiões

de seca, a distribuição de pacotes individuais para saneamento (contendo tabletes ou aparelhos para desinfecção da água), a promoção de sistemas de saneamento básico nos municípios e o monitoramento e regulação de poluentes e sedimentos carregados para os corpos d'água. Produtos químicos de atividades agrícolas ou industriais devem passar por uma supervisão rigorosa, pois podem provocar contaminação da água durante inundações ou através de sua descarga em corpos d'água.

As vontades políticas e sociais devem ser fomentadas para investir em melhoras de longo prazo nos sistemas de saneamento e suprimento de água, que consequentemente irão mitigar a miséria humana associada aos desastres (McCANN *et al.*, 2011b).

## Conclusão

Um planejamento completo para a gestão de riscos de desastres relacionados à água deveria considerar todas as etapas do gerenciamento de riscos de desastres: prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. Os papéis e atores envolvidos também devem ser determinados em conformidade com o contexto brasileiro.

Devemos destacar que qualquer plano de mitigação de desastres dependerá da participação das comunidades para ser efetivo, incluindo os planos específicos relacionados aos recursos hídricos. É preciso que a população compreenda como funcionam os sistemas de monitoramento e alertas, quando e por que é necessário evacuar áreas de risco e o que fazer durante uma situação de desastre. Também é necessário definir papéis e responsabilidades de diferentes organizações envolvidas com Proteção e Defesa Civil e realizar treinamentos com a população para enfrentar este tipo de situação. Em relação aos desastres relacionados à água, é essencial que as pessoas residentes em áreas de risco sejam informadas sobre procedimentos de higiene durante e após a ocorrência de desastres.

Em uma situação de desastre, a água torna-se o bem mais precioso para as pessoas afetadas, apesar de problemas de contaminação, racionamento e transmissão de doenças. Estas pessoas dependerão de água potável para permanecerem saudáveis e então serem capazes de agir buscando sua total recuperação. Os recursos hídricos, portanto, devem ser uma prioridade na agenda de tomadores de decisão: um planejamento eficaz de enfrentamento de riscos de desastres relacionados à água deve garantir o monitoramento, preservação e suprimento adequado.

## Nota

i <http://www.inde.gov.com>

## Referências Bibliográficas

ADDISCOTT, T.M.A. Critical review of the value of buffer zone environments as a pollution control tool. In: HAYCOCK, N.E.; BURT, T.P.; GOULDING, K.W.T. & PINAY, G., ed. **Buffer zones: Their processes and potential in water protection**. Hertfordshire, Quest Environment, p.236-243, 1997.

ANDREANI JUNIOR, R. *et al.* Influência da restauração florestal da área de preservação permanente no risco de erosão em bacia hidrográfica do sudoeste de Minas Gerais. In: I CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE DESASTRES NATURAIS – CBDNat, 2013, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos, 2013.

AYALA-CARCEDO, F.J. A Risk Analysis and Sustainability Approach to natural Disaster Assessment (Chapter 17) In: Casale, Riccardo and Margottini, Claudio (ed.) **Natural Disasters and Sustainable Development**. Springer Science & Business Media, 2004.397 pg.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1988, 332 p.

AZEVEDO, S.M.F. O. e A.; BRANDÃO, C.C.S. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2003, 56p.

BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; MOLICA, R. Cianobactéria Invasora: aspectos moleculares e toxicológicos de *Cylindrospermopsis raciborskii* no Brasil. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, v. 30, p. 82-90, 2003.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. CARVALHO, Celso S., MACEDO, Eduardo. S. de, OGURA, Agostinho T. (Orgs.). Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, 2007. 176 p. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro\\_Mapeamento\\_Enconstas\\_Margens.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf)>. Acesso em -06-21.

BRASIL. **Alerta para as vigilâncias epidemiológicas das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, sobre Leptospirose em situações de desastres naturais, como enchentes**. Nota Técnica nº 71 /2011 – CGDT/DEVIT/SVS/MS. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis, Coordenação Geral de Doenças Transmissíveis. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/nt\\_quimioprofilaxia\\_lepto\\_desastres\\_naturais\\_2012.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/nt_quimioprofilaxia_lepto_desastres_naturais_2012.pdf)>. Acesso em 13-06-21.

BRASIL. Presidência da República (2012). Lei Nº 12.608/12. Diário Oficial da União, Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm)>. Acesso em 13-09-23.

CARY, LISE *et al.* Groundwater Salinization in a Coastal Multilayer Aquifer: Preliminary Results on Origins and Mechanisms- Example of Recife (Brazil). **Procedia Earth and Planetary Science**, v. 7, p. 118-122, 2013.

CHADE, J. ONU vê risco de conflito em 46 países por causa da água. **O Estado de São Paulo**, Internacional. São Paulo, 20 mar. 2008.

CONFALONIERI, U.E.C.; SCHUSTER-WALLACE, C.J. Data integration at the water–health nexus. **Current Opinion in Environmental Sustainability**.v. 3, p. 512–516, 2011.

CORSI, A.C.; AZEVEDO, P.B.M.; GRAMANI, M.F. Valoração de danos decorrentes da inundação em São Luiz do Paraitinga. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 126-145, 2012.

EM-DAT.The OFDA/CRED International Disaster Database. Disponível em: <http://www.em-dat.net/>. Acesso em 30/01/2014.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Finep, 1988. 575p.

FALKENMARK, M., LANNERSTAD, M. Consumptive water use to feed humanity—curing a blind spot. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 9, p. 15–28, 2005.

FAVERO, E.; DIESEL, V.A. Seca enquanto um hazard e um desastre: uma revisão teórica. **Aletheia**, v.27, n.1, p. 198-209, 2008.

FOLEY, J.A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, p. 570–574, 2005.

FOSTER, S.;HIRATA, R.; ANDREO, B. The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection?Le concept de vulnérabilité des aquifères à la pollution: une aide ou un obstacle au renforcement de leur protection? El concepto de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación: ayuda o impedimento para promover la protección del agua subterránea? O conceito de vulnerabilidade dos aquíferos à pol. **Hydrogeology Journal**, v. 21, n. 7, p. 737-750, 2013.

GODFRAY, C.J. *et al.* Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**, New York, v.327, n.5967, p.812-818, 2010.

GOERL, R.F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2005, João Pessoa. Anais... Porto Alegre, ABRH, 2005.

GORDON, J.L.; FINLAYSON, C.M.; FALKENMARK, M. **Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services**. **Agricultural Water Management**, v.97, n.4, p. 512-519, 2010.

HEIDE, A. *Disaster Response Principals*. New York, 1989. Disponível em: <[http://www.coe-dmha.org/Media/Disaster\\_Response\\_Principals.pdf](http://www.coe-dmha.org/Media/Disaster_Response_Principals.pdf)> Acesso em 13-08-27.

HIRATA, R. ; CONICELLI, B. Groundwater resources in Brazil: a review of possible impacts caused by climate change. **Anais da Academia Brasileira de Ciências (Impresso)**, v. 84, p. 297-312, 2012.

INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 8th Session of Working Group II of the IPCC, Brussels, April 2007.

INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds). IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge,

United Kingdom and New York, NY, USA, 2011, 1075 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE (IPCC). Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012, 582 p.

ISA- Instituto sócio-ambiental. Água doce e limpa: de “dádiva” à raridade. Disponível em: <<http://www.socioambiental.org/esp/agua/pgn/>>. Acesso em 13 out. 2014

IZYDORCZYK, K. *et al.* Measurement of Phycocyanin Fluorescence as an online early warning system for cyanobacteria in reservoir intake water. **Environmental Toxicology**, v.20, n.4, p. 425-430, 2005.

KOBIYAMA, M. (Org.). **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Ed. Organic Trading, 2005. 109p.

LONDE, L. R. ;SANTOS, L. B. L.; SILVA, A. E. P ; SOUZA, A. ; RODRIGUES, J. ; ASSIS, M. C. The SALVAR web-tool and big data applied to Public Health Monitoring. The SALVAR web-tool and big data applied to Public Health Monitoring. 1st Symposium on Big Data and Public Health, Rio de Janeiro, 2013.

McCANN, D.G.C.; Moore, A.; Walker, M.E. The water/health nexus in disaster medicine: I. Drought versus flood. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 480–485, 2011a.

McCANN, D.G.C.; Moore, A.; Walker, M.E. The water/health nexus in disaster medicine: II. **Watercontamination in disasters**. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 486–490, 2011b.

MENDONÇA, M.J.C.; MOTTA, R.S. Saúde e Saneamento no Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, v.30, p. 15-30, 2007.

MILLIE, D.F. *et al.* **High-Resolution airborne remote sensing of bloom-forming phytoplankton**. **Journal of Phycology**, v. 28, n.3, p. 281-290, 1992.

MORAIS, M.A.; CASTRO, W.A.C.; TUNDISI, J.G. Climatologia de frentes frias sobre a região metropolitana de São Paulo (RMSP), e sua influência na limnologia dos reservatórios de abastecimento de água. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p. 205 – 217, 2010.

OGURA, A, T. Desastres Naturais. Plenária da Conferência Brasileira de Desastres Naturais – CBDNat. São José dos Campos, 22 de março de 2013.

PITOIS, S.; JACKSON, M.H.; WOOD, B.J.B. Sources of the eutrophication problems associated with toxic algae: an overview. **Journal of environmental Health**, v.64, n. 5, p. 25-32, 2001.

QUARANTELLI, E. L. **What is a disaster? Perspectives on the question**. p. 11-18. Routledge: London and New York, 1998.



RAMOS, M. **Gestão de Recursos Hídricos e Cobrança pelo Uso da Água**. FGV/EBAP, 2007. Disponível em: < [www.cepal.org/dmaah/noticias/paginas/9/.../Cobrancapelousoda.pdf](http://www.cepal.org/dmaah/noticias/paginas/9/.../Cobrancapelousoda.pdf) > Acesso em 13-07-02.

RICHARDSON, L.L.; Remote Sensing of algal bloom dynamics: New research fuses remote sensing of aquatic ecosystems with algal accessory pigment analysis. **BioScience**, v. 46, n. 7, p. 492-501, 1996.

ROYAL SOCIETY OF LONDON; **Reaping the Benefits: Science and the , 2009 Sustainable Intensification of Global Agriculture**. London, 2009.

SANTORO *et al.* Mananciais: diagnóstico e políticas habitacionais. Paula Freire Santoro, Luciana Nicolau Ferrara, Marussia Whately (Organização). -- São Paulo: Instituto Socioambiental, 2009. Disponível em: < [http://www.socioambiental.org/banco\\_imagens/pdfs/10368.pdf](http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/10368.pdf) >. Acesso em: 14-09-16

SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental**. Brasília: MMA, 2007, 192 p.

SANTOS, A.R. **Enchentes e deslizamentos: causas e soluções**. São Paulo: Pini, 2012, 128p.

SANTOS, Leonardo B. L., ASSIS, Mariane C. de; SILVA, Ana Elisa P.; ANGELIS, Carlos F. Sobre Risco, Ameaça e Vulnerabilidade à Leptospirose em Situações Pós-alagamentos, Inundações e Enxurradas: reconstruindo o episódio do Vale do Itajaí (2008-2009). In: I Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais. Rio Claro, 14 a 17 de maio de 2012. Anais do I Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais. 2012, pp. 1 a 10.

SANTOS, L. B.L.; ASSIS, M. C.; LONDE, L. R.; SILVA, A. E. P. Mapa de risco nacional de doenças relacionadas a variáveis de tempo e clima através de um índice espaço-temporal de prioridade de atenção baseado em casos notificados. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. p. 8576.

SOLER, L. S. ; GREGORIO, L. T. ; LEAL, P. ; GONCALVES, D. ; LONDE, L. ; SORIANO, E. ; CARDOSO, J. ; COUTINHO, M. ; SANTOS, L. B. L. ; SAITO, S. Challenges and perspectives of innovative digital ecosystems designed to monitor and warn natural disasters in Brazil. ACM Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems (ACM MEDES:13), Neumünster Abbey, Luxembourg. 2013.

SOUZA FILHO, F.A. A política nacional de recursos hídricos: Desafios para sua implantação no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S. *et al.* (Orgs.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, v. 1, n.1, p. 1-25, 2011.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water, Science Direct**, v. 4, n.4, p. 423-428, 2002.

SUASSUNA, J. Reporte Brasil. Artigo - A má distribuição da água no Brasil. 2004. Disponível em: <http://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/>. Acesso em 13 out. de 2014.

- SUHOGUSOFF, ALEXANDRA V.; HIRATA, RICARDO; FERRARI, LUIZ CARLOS K. M. Water quality and risk assessment of dug wells: a case study for a poor community in the city of São Paulo, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 68, p. 899-910, 2013.
- TOMINAGA, L.K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, 196 p.
- TUAN, Y. **Paisagens do medo**. São Paulo: Editora UNESP, 2005, 376 p.
- TUCCI, C.E M.; BERTONI, J.C. (Orgs) **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Porto Alegre, 2003, p. 471.
- TUCCI, C. E.M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p. 97-112, 2008.
- TUNDISI, J. G. Água no século XXI: enfrentando a escassez. São Carlos: RiMa, 2003, 248 p.
- TUNDISI, J. G. *et al.* Cold fronts and reservoir limnology: an integrated approach towards the ecological dynamics of freshwater ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, v.70, n.3, p. 815-824,2010.
- UNITED NATIONS. International Strategy for Disaster Risk Reduction – UNISDR (2009), UNISDR terminology on disaster risk reduction, UNISDR, Geneva, 2009. Available in: <<http://www.unisdr.org/eng/terminology/terminology-2009-eng.html>>. Access on:13-07-02.
- VAN OEL, P.R.; KROL, M.S; HOEKSTRA, A.Y. and TADDEI, R.R. Feedback mechanisms between water availability and water use in a semi-arid river basin: A spatially explicit multi-agent simulation approach. **Environmental Modelling & Software**, v.25, p.433–443, 2010.
- VIDOTTI, E.C.; ROLLEMBERG, M.C.E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à biorremediação e à química analítica. **Química Nova**, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2004.
- VIEIRA, V.PPB. GT II - **Recursos hídricos 2.0 - Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semiárido nordestino**. Projeto ARIDAS. 1995.
- VINCENT, R.K. *et al.* Phycocyanin detection from LANDSAT TM data for mapping cyanobacterial blooms in Lake Erie. **Remote Sensing of Environment**, United States, v. 89, p. 361-368, 2004.
- WORLD BANK, **World Development Report 2008: Agriculture for Development**. World bank, Washington, DC, 2008.
- World Water Council (2000). **World Water Vision Commission Report: A Water Secure World. Vision for Water, Life and the Environment**. World Water Council. Disponível em: <<http://www.worldwatercouncil.org/Vision/Documents/CommissionReport.pdf>> Acesso em 14-09-23.

Submetido em: 23/05/2014

Aceito em: 06/10/2014

<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1082V1742014>

# DESASTRES RELACIONADOS À ÁGUA NO BRASIL: PERSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES

---

LUCIANA DE RESENDE LONDE  
MARCOS PELLEGRINI COUTINHO  
LEANDRO TORRES DI GREGÓRIO  
LEONARDO BACELAR LIMA SANTOS  
ÉRICO SORIANO

**Resumo:** Quando se fala em desastres relacionados à água no Brasil, faz-se uma associação direta com as inundações, que são responsáveis por muitos registros de mortes e pessoas afetadas no país. Entretanto, há outras extensões da interface entre água e desastres que merecem atenção. O extremo oposto das inundações, por exemplo, se traduz em seca efetiva e seca agrícola (seca verde), ambas com sérias consequências para a população atingida. A erosão hídrica e as implicações do manejo da água em questões de fragilidade ambiental, por sua vez, relacionam-se a desastres de caráter ambiental. Outro aspecto importante são os desdobramentos do desastre hidrológico em si, pois há efeitos que surgem e se mantêm no período pós-desastre, como epidemias e ingestão de água imprópria para o consumo humano. Neste artigo foram apontados os principais desafios para diminuir os riscos relacionados a desastres e recursos hídricos e sugerimos ações para um gerenciamento integrado de recursos hídricos, saúde pública e desastres.

**Palavras-chave:** Desastres naturais; Recursos hídricos; Vulnerabilidade; Gestão de riscos.

**Abstract:** Water-related disasters in Brazil are frequently connected to floods, which are responsible for high numbers of affected people and deaths in the country. Nevertheless, there are other aspects to be considered about the relationship between water and disasters. Droughts and erosion, for instance, affect many regions in the country. Moreover, water management implications also relate to environmental, societal and natural disasters. The consequences and secondary effects of the hydrological disasters are also an important aspect to be evaluated: epidemic diseases and unsafe water for human consumption are two problems in the post-disaster phase. In this article we target vulnerability linked to water resources and disasters, point out the main challenges to reduce it and suggest actions for an integrated management of water resources, public health and natural disasters.

**Key Words:** Natural disasters; Water resources; Vulnerability; Risk management.

**Resúmen:** Los desastres relacionados al agua en Brasil en general son asociados a inundaciones, pues estos eventos son responsables por 59% de los desastres registrados en el país. Sin embargo, hay otras relaciones importantes entre agua y desastres y hay que tomarse en cuenta los efectos de estas relaciones. Las sequías, por ejemplo, afectan varias regiones en Brasil. Además, la erosión hidrológica y la gestión del agua en el ambiente tienen relación con desastres ambientales. Las consecuencias de los desastres hidrológicos, así como sus efectos secundarios, también son un aspecto importante para análisis: las enfermedades epidémicas y el consumo de agua no adecuada constituyen graves problemas en las situaciones que se siguen a un desastre. En este trabajo se buscó relacionar vulnerabilidad y los recursos hídricos, apuntando los principales retos para reducir los efectos de los desastres relacionados a estos temas y sugiriendo acciones para una gestión integrada de los recursos hídricos, la salud pública y los desastres naturales.

**Palabras clave:** Desastres naturales; Agua; Vulnerabilidad; Gestión de riesgos.

---