

Desafios para a Consolidação de um Sistema de Alerta de Risco de Desastre Associado às Secas no Brasil

The challenges of Consolidation of a Drought-Related Disaster Risk Warning System to Brazil

Ana Paula Martins do Amaral Cunha^a

Victor Marchezini^b

Diego Pereira Lindoso^c

Silvia MidoriSaito^d

Regina Célia dos Santos Alvalá^e

^aPesquisadora no Cemaden, São José dos Campos, SP, Brasil.
End. Eletrônico: ana.cunha@cemaden.gov.br

^bPesquisador no Cemaden, Professor no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (PGCST/Inpe), São José dos Campos, SP, Brasil.
End. Eletrônico: victor.marchezini@cemaden.gov.br

^cPesquisador no Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
End. Eletrônico: diegoplindoso@gmail.com

^dPesquisadora no Cemaden, São José dos Campos, SP, Brasil.
End. Eletrônico: silvia.saito@cemaden.gov.br

^ePesquisadora no Cemaden, São José dos Campos, SP, Brasil.
End. Eletrônico: regina.alvala@cemaden.gov.br

doi:10.18472/SustDeb.v10n1.2019.19380

Recebido:20/11/2018

Aceito: 08/04/2019

ARTIGO - VARIA

RESUMO

No Brasil, a seca é um fenômeno caracterizado pela sua ampla cobertura espacial e recorrência na região semiárida, principalmente devido à sua vulnerabilidade hídrica. Quase 28 milhões de pessoas vivem na região, que concentra a maior parte da população mais pobre do Brasil. Assim, a seca é uma ameaça natural na medida em que ocorre de forma intensiva e extensiva em áreas densamente povoadas, podendo resultar em desastre quando as capacidades locais são insuficientes para evitar danos significativos. O risco de um desastre associado à seca está relacionado com a ameaça física, as vulnerabilidades locais, a capacidade de resposta e com as políticas de mitigação. O presente estudo apresenta os desafios para a consolidação de um sistema de alerta de risco de desastres associados às secas no Brasil e propõe uma estrutura inicial de atribuição de responsabilidades entre as instituições nacionais envolvidas com a temática com a finalidade de guiar ações para a mitigação dos riscos.

Palavras-chave: Risco de seca; Monitoramento de seca; Semiárido; Vulnerabilidade.

ABSTRACT

In Brazil, droughts are widespread and recurrent in the semiarid region, mainly due to its water vulnerability. Approximately 28 million people live in the region, which concentrates the highest proportion of people

living in poverty in Brazil. If drought occurs intensively and extensively in densely populated areas, it can result in disaster when local capacities are insufficient to avoid significant damage. The risks associated with drought are related to the natural hazard, local vulnerabilities, response capacity, and mitigation policies. This study presents the challenges for the consolidation of a drought risk warning system in Brazil and proposes an initial structure for assigning responsibilities among the national institutions involved in the theme in order to guide actions for the risk mitigation.

Keywords: Risk; Drought Monitoring; Semiarid; Vulnerability.

1 INTRODUÇÃO

A seca é um fenômeno natural e recorrente em várias regiões do globo, e, em geral, caracteriza-se como uma ameaça natural na medida em que ocorre de forma intensiva e extensiva em áreas densamente povoadas, podendo resultar em desastre quando as capacidades locais são insuficientes para evitar danos significativos (materiais e humanos) e perdas (socioeconômicas). Em um determinado lugar suscetível às secas, as condições de vulnerabilidade das pessoas e grupos sociais que nele residem não são as mesmas, tampouco os recursos de que dispõem para fazer frente a situações ou períodos longos de estiagem, evitando que danos e perdas ocorram e que um desastre se configure. O risco de desastre está associado à relação entre a ameaça, as vulnerabilidades, a capacidade de resposta e as políticas de mitigação.

No Brasil, a seca é um fenômeno caracterizado pela ampla cobertura espacial e recorrência na região semiárida (SAB). Aproximadamente 28 milhões de pessoas vivem nessa região, que concentra a maior parte da população mais pobre do Brasil. A falta de acesso a recursos hídricos e as recorrentes secas têm afetado a vida da população da região durante séculos, causando, entre outros impactos, má-nutrição, migração, mortes prematuras (OBERMAIER, 2011), e, sobretudo, coloca em risco a segurança hídrica na região (MARENGO et al., 2017), definida como a capacidade de assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade para satisfazer as necessidades da população humana e do ecossistema (UNESCO, 2012).

O semiárido brasileiro (SAB) contém mais da metade dos estabelecimentos rurais de base familiar do país (SANTOS et al., 2015). Mais de 80% dos estabelecimentos de agricultura familiar inseridos na região são constituídos por pequenos agricultores que praticam a agricultura de subsistência e em sistema de sequeiro (IBGE, 2009). Devido principalmente à alta variabilidade espacial e temporal da chuva, a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva praticadas nessa região são também variáveis que contribuem para a configuração do risco. Além disso, a lacuna de sistemas eficientes para o armazenamento da água – que estão quase sempre concentrados nas mãos de poucos – intensifica ainda mais os impactos sociais (MARENGO, 2008).

Entre os anos de 2012 e 2017, a região semiárida foi intensamente impactada por um processo prolongado de seca, já definido como o “evento” mais intenso dos últimos 30 anos (BRITO et al., 2017; CUNHA et al., 2018). A peculiaridade da extensão, a intensidade e a duração desse processo de seca na região se amplificam com os impactos evidenciados ao longo desses anos, demonstrando como se configura esse risco extensivo no decorrer do tempo. Considerando os impactos acumulados entre 2012 e 2016, cerca de 1.100 municípios foram afetados (cerca de 20 milhões de pessoas atingidas por ano), principalmente com relação ao abastecimento de água e às perdas dos sistemas agroprodutivos. Ao considerar apenas o pagamento do seguro “Garantia-Safra”, como uma das políticas para mitigar os riscos ao aumentar a capacidade dos produtores em lidar com a situação, a seca gerou uma perda de quase R\$ 5 bilhões (SAF/MAPA, 2017).

Em relação às ações emergenciais direcionadas ao abastecimento de água, o Governo Federal continua a implementar a operação carro-pipa, que é um instrumento de políticas públicas em vigor desde 2005. Tal programa prevê a distribuição de água potável de forma emergencial à população impactada pela seca. Entre os anos de 2012 e 2016, foram gastos cerca de R\$ 5,6 bilhões com a distribuição de água por meio da operação carro-pipa (COTER, 2017). Tais registros corroboram os dados históricos de que a seca é o tipo de ameaça natural que deflagra as maiores perdas econômicas (CEPED, 2012), isto é, revela as vulnerabilidades presentes e o desastre como um processo.

Como fator agravante, o semiárido é a principal região do Brasil com áreas suscetíveis à desertificação, definida como a degradação do solo em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de diversos fatores. De acordo com o levantamento mais recente do CGEE (2016), as áreas fortemente degradadas em processo de desertificação somam quase 70 mil km² (cerca de 5% do Nordeste brasileiro –NEB). Assim, tais peculiaridades da região semiárida em relação às demais regiões do Brasil corroboram que os impactos das secas apresentam intensidades distintas e variam geograficamente (SAUSEN; LACRUZ, 2015).

Nos últimos anos, o conhecimento científico relacionado à identificação de áreas afetadas pela seca, bem como sua evolução, tem avançado significativamente. Muitos estudos apresentam resultados sobre a avaliação espaço-temporal do padrão das secas considerando, sobretudo, indicadores biofísicos da ameaça física, assim como os impactos associados ao déficit hidrológico para a região semiárida do Brasil (BRITO et al., 2017; CUNHA et al., 2018; CUNHA et al., 2017; MARENGO; BERNASCONI, 2015; MARGULIS et al., 2010; MMA, 2017).

Por outro lado, poucos estudos têm considerado os aspectos socioeconômicos relacionados às secas na construção de um modelo de sistema de alerta de risco de desastres (SARD) relacionado a esse tipo de ameaça, conforme já ressaltado por Lindoso et al., (2011, 2014) e por Debortoli et al. (2017).

O objetivo deste artigo é apresentar o estado da arte de questões relacionadas com o risco de seca no Brasil e também os desafios atuais para a consolidação de um SARD associado às secas. A análise integrada do risco deve considerar o padrão espaço-temporal da ameaça natural, as vulnerabilidades, capacidades e políticas de mitigação. Por fim, apresenta-se uma proposta de estrutura de atribuição de responsabilidades entre as instituições nacionais envolvidas com a temática a fim de guiar ações para a mitigação dos riscos.

2 CONCEITOS E INDICADORES PARA A ANÁLISE INTEGRADA DO RISCO

O risco de desastre é definido a partir da relação entre ameaça(s), vulnerabilidade(s), capacidade(s) de proteção e políticas públicas de mitigação/redução do risco. A seca é considerada como desastre a partir do momento em que o déficit hídrico afeta diretamente as atividades humanas e supera a capacidade de resposta do sistema social. O fenômeno natural da seca por si só não causa o desastre, e sim quando existem condições preexistentes de vulnerabilidade social (KELMAN, 2018; MATTEDI; BUTZKE, 2001), reveladas mediante a falta de uma efetiva gestão de risco de desastres.

Um SARD é definido como um sistema integrado de monitoramento e previsão de ameaças, avaliação de riscos de desastres, atividades de comunicação e preparação, que permite que indivíduos, comunidades, governos, empresas e outros tomem medidas a tempo para reduzir os riscos de desastres antes de eventos perigosos (UNISDR, 2017). Diversos documentos internacionais (UNISDR, 2006, 2017) e pesquisas científicas (BASHER, 2006; MARCHEZINI et al., 2017b) realizadas sobre sistemas de alerta têm demonstrado que sua organização se estrutura em torno de quatro eixos fundamentais, quais sejam: conhecimento dos riscos, monitoramento, comunicação e capacidade de resposta (Figura 1).

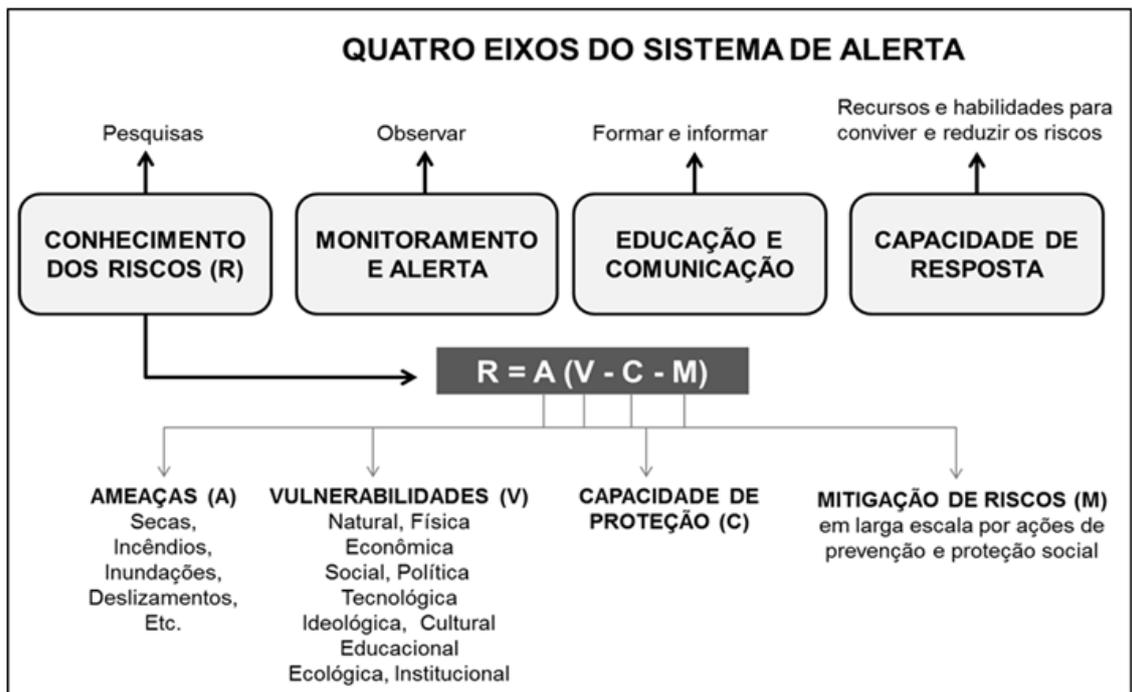


Figura 1—Eixos principais de um SARD.
Fonte: Adaptada de Marchezini et al. (2017a).

2.1 CONHECIMENTO DOS RISCOS DE DESASTRES ASSOCIADOS ÀS SECAS

Embora existam na literatura definições de diferentes tipologias de secas, a ausência de uma definição, precisa e universalmente aceita, aumenta as incertezas sobre sua caracterização em termos de duração e grau de severidade (WILHITE, 2000). A dificuldade é ainda maior no momento de estabelecer indicadores universais de seca para regiões distintas, o que muitas vezes ocorre em países continentais como o Brasil. Nesses casos, as definições de limiares para a declaração de situação de seca são muitas vezes arbitrárias.

Segundo Wilhite (2000), as definições de seca devem ser regionalizadas e em função de seus impactos. Nesse contexto, a definição de seca deve estar relacionada à sua duração e aos impactos causados. Geralmente, as secas são classificadas em meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica (Figura 2).

A meteorológica, primeira a ser percebida, é definida por Wilhite (2000) como o resultado de um déficit de precipitação, isto é, quando o valor de chuva acumulado em um período e em uma área se encontra significativamente abaixo do valor climatológico esperado. Assim, a definição de seca meteorológica deve ser intrínseca à região de ocorrência, uma vez que as condições atmosféricas que resultam na deficiência de precipitação são dependentes do padrão climático inerente à região.

Em resumo, pode-se dizer que a seca meteorológica é apenas um indicativo da deficiência na precipitação, enquanto que as secas agrícola e hidrológica são as manifestações físicas da seca meteorológica (BOKEN et al., 2005).

A seca agrícola é o resultado da deficiência hídrica no solo e consequente estresse hídrico das plantas, provocando redução na produção de biomassa. Em geral, a agricultura é o primeiro setor a ser impactado pela seca, uma vez que a umidade do solo é a primeira componente do sistema hidrológico a ser afetada. A seca agrícola é considerada a tipologia mais complexa, uma vez que os impactos associados dependem de sua magnitude, duração e “timing”, bem como da resposta do solo, da vegetação e dos diferentes cultivares ao estresse hídrico.

Com relação à produção agrícola, os impactos da seca são diretamente associados à fase em que o déficit hídrico ocorre (NAGARAJAN, 2009). Por exemplo, se o déficit hídrico ocorre durante os estádios de florescimento e enchimento de grão de uma determinada cultura, o desenvolvimento da planta pode

ser afetado, levando à redução da produção de grãos. No semiárido, esse aspecto é bem evidente entre os principais cultivares de sequeiro: milho, mandioca e feijão. A mandioca é a mais resistente, pois é particularmente sensível ao déficit hídrico após o plantio. O feijão ocupa uma posição intermediária, pois, além da germinação, tem floração dependente de condições hídricas favoráveis. O milho é o mais vulnerável ao clima do semiárido, tendo diversas fases do ciclo muito sensíveis ao déficit hídrico (LINDOSO et al., 2018).

A seca hidrológica está relacionada com a redução dos níveis médios de água em reservatórios de superfície e subterrâneos por um determinado período de tempo, podendo variar da escala de meses ou até mesmo de anos. A seca hidrológica é a mais defasada em relação às secas meteorológica e agrícola. É necessário um tempo maior para que se observem os efeitos em longo prazo do déficit de precipitação nas componentes dos sistemas hidrológicos (reservatórios, água subterrânea, etc.).

Da mesma maneira, os impactos também são defasados comparados aos demais setores econômicos e mais complexos (WILHITE, 2000) de serem mensurados, uma vez que a água é utilizada em diferentes propósitos (abastecimento humano, produção de energia, irrigação, etc.). A seca hidrológica pode permanecer por anos, mesmo após as condições de chuva se normalizarem.

Finalmente, a seca socioeconômica está relacionada com o impacto da seca sobre as atividades humanas, incluindo os impactos diretos e indiretos na produção agrícola, disponibilidade de água para o consumo humano, geração de energia e outras atividades econômicas (MAIA et al., 2015). A definição de seca econômica deve associar as questões relacionadas à oferta e demanda com os elementos das secas meteorológica, agrícola e hidrológica, de forma a evidenciar a simbiose que existe entre a seca e as atividades humanas (WILHITE, 2000). A Figura 2 mostra as inter-relações existentes entre os tipos de secas, bem como aspectos temporais dos processos.

Por definição, os riscos de desastres associados às secas para uma região específica é um produto da interação entre a exposição à ameaça natural (déficit hídrico) e as vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais associadas a esse evento (Figura 3). Segundo a United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR, 2017), as vulnerabilidades são condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de um indivíduo, comunidades, bens ou sistemas aos impactos de ameaças. Assim, a gestão do risco de secas requer o entendimento integrado dessas duas componentes no tempo e no espaço.

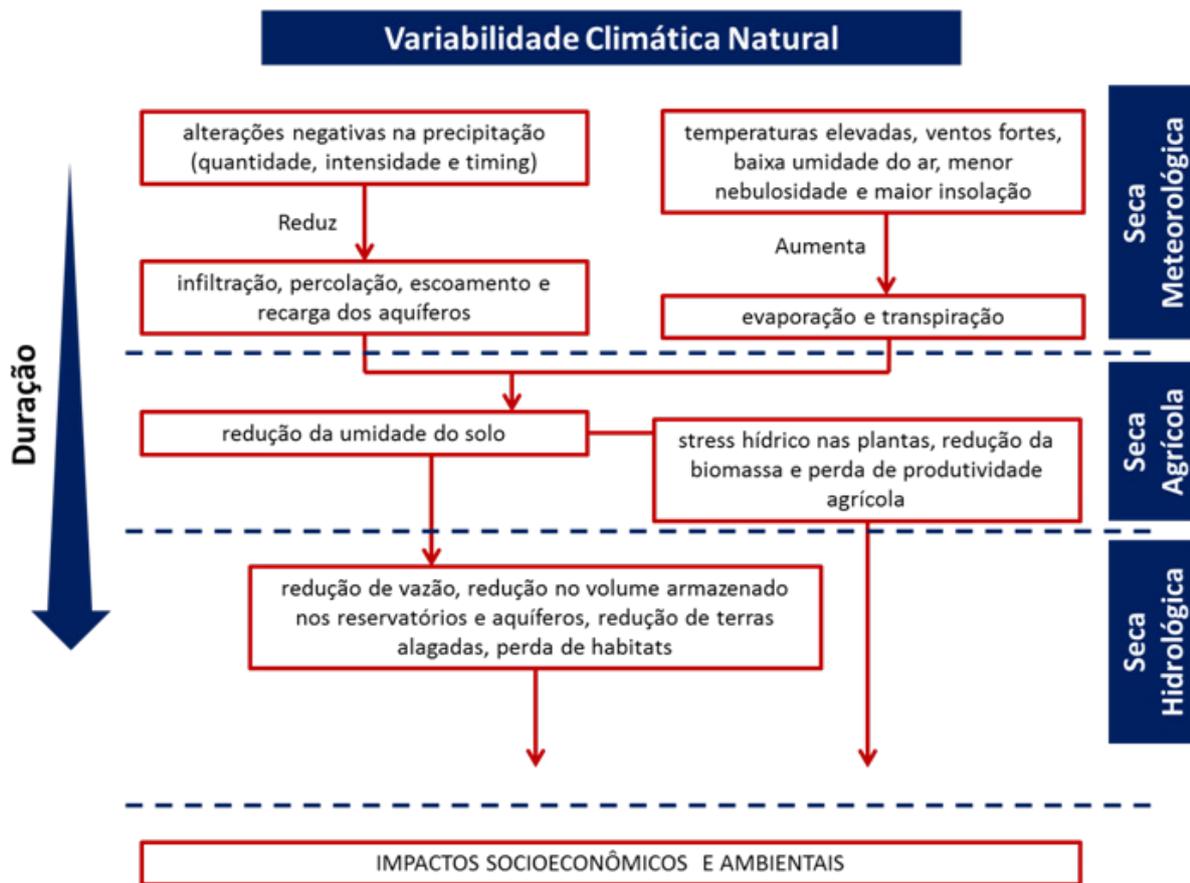


Figura 2– Relação entre os tipos de secas e duração dos processos
Fonte: Adaptado de Wilhite(2000).

Posto que a percepção da seca varia geograficamente, e ainda existam divergências no meio científico e político acerca de suas características, a falta ou o insuficiente conhecimento do risco podem levar ao atraso no tempo de resposta e dificultar a elaboração de estratégias para a gestão dos riscos associados às secas. Assim, entender as dimensões da vulnerabilidade às secas e considerar as relações interdependentes entre elas constituem fatores importantes para encontrar consenso mínimo acerca das definições, compreendendo-as sob o ponto de vista da gestão de risco (BRENES et al., 2017; WILHITE, 2000).

A partir desse primeiro passo, pode-se pensar no estabelecimento de um SARD com diferentes níveis de alerta que, por sua vez, implicam ações concernentes a cada um deles, realizadas por um conjunto específico de instituições que possuem atribuições nesse sistema. Sobre a vulnerabilidade às secas, na literatura existe um conjunto de estudos que procurou identificá-las do ponto de vista quantitativo (ALMEIDA, 2016; HUMMEL et al., 2016), e também qualitativo (LINDOSO et al., 2018; LINDOSO et al., 2014).

Há, porém, necessidade de combinar esses estudos de vulnerabilidade com a análise das ameaças, de modo a compor um índice de risco de desastre associado às secas ou, até mesmo, diferentes cenários que possam incluir níveis de alerta diferenciados. A definição desses critérios pode apoiar o monitoramento, de modo a subsidiar ações para a minimização dos impactos.

2.2 MONITORAMENTO DOS RISCOS ASSOCIADOS ÀS SECAS

Além do conhecimento do risco, as ações de monitoramento e alerta são importantes para o planejamento e ações de mitigação dos impactos (Figura 3). O monitoramento de risco contempla atividades de coleta de dados e informações para identificar possíveis ameaças e situações de risco iminente, com o objetivo de subsidiar a emissão de alertas antecipados de provável ocorrência de eventos extremos, recomendando ações para reduzir os impactos.

O monitoramento dos riscos de secas tem por finalidade determinar a natureza e a extensão do risco por meio da análise da ameaça física potencial e das condições de vulnerabilidade associadas que poderiam levar aos impactos na sociedade, nos meios de subsistência e no meio ambiente do qual a sociedade depende (UNISDR, 2017).

De modo geral, os índices de seca são desenvolvidos para a simplificação, quantificação, análise e comunicação, o que permite a compreensão do fenômeno em estudo, possibilitando a simplificação de fenômenos complexos, a quantificação, e a comunicação da informação. Vários métodos e índices têm sido desenvolvidos para a avaliação e quantificação da ameaça de secas, considerando diferentes variáveis de causa e resposta. Tais índices requerem diferentes variáveis e metodologias para o cálculo sendo, portanto, necessário definir quais deles utilizar em função da disponibilidade dos dados de entrada, da resolução espacial e da tipologia de seca a ser investigada. Na literatura é possível encontrar uma variedade de índices de secas, incluindo meteorológicos, hidrológicos, aqueles baseados em dados coletados por sensores a bordo de satélites, saídas de modelos de balanço hídrico (umidade do solo), entre outros, utilizados para a quantificação e avaliação dos impactos das secas.

Os eventos de seca podem ser caracterizados em relação à intensidade, duração e cobertura espacial. A intensidade se refere ao grau de deficiência da chuva e/ou à severidade dos impactos associados. Nesse caso, os índices com base em dados de precipitação, como, por exemplo, o Índice Padronizado de Precipitação (SPI; MCKEE et al., 1993) e o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI; PALMER, 1968), são os mais empregados. No entanto, é preciso definir os limiares para a identificação do início e fim do evento de seca. Para isso, é essencial que estudos prévios sejam realizados para correlacionar as diferentes intensidades de seca e os respectivos impactos (Conhecimento do Risco).

A duração da seca é uma segunda característica essencial para o monitoramento, uma vez que os impactos estão também associados ao período em que ocorre o déficit de precipitação.

Finalmente, as características relacionadas à extensão das áreas afetadas pelas secas são de igual importância, em especial no contexto do planejamento de ações de preparação e mitigação dos impactos, conforme destacado por Wilhite (2000). Para a avaliação espacial da seca, informações provenientes de sensoriamento remoto são as mais utilizadas (condição da vegetação). Tais informações são essencialmente úteis e apropriadas para o monitoramento da seca agrícola em regiões extensas, como é o caso do SAB, podendo prover informações indiretas da variabilidade da disponibilidade de água para a produção de biomassa e condições da vegetação de uma maneira geral (ANDERSON et al., 2016; CUNHA et al., 2015).

A partir das variáveis físicas (precipitação, temperatura, condição da vegetação, umidade do solo, etc.) é possível desenvolver múltiplos indicadores para a avaliação da ameaça física. Considerando que nenhum indicador utilizado de forma isolada é suficiente para representar ou medir as complexas inter-relações existentes entre os vários componentes do ciclo hidrológico, bem como dos impactos associados, no escopo de um sistema de monitoramento do risco em grande escala, é necessário que se disponha de um conjunto de indicadores eficientes, calibrados e validados. A partir do uso de múltiplos indicadores, é possível identificar convergências das evidências das condições de seca, o que é essencial para maior confiabilidade nas tomadas de decisões.

Diante da sua complexidade e multidisciplinaridade, a etapa de monitoramento da ameaça física necessita ser articulada de modo a incluir a participação de diferentes atores das agências de meteorologia, hidrologia e agricultura.

No contexto de vulnerabilidade e exposição, o monitoramento do risco deve ainda incluir as dimensões sociais, econômicas e ambientais, bem como a capacidade de resposta em relação aos diferentes cenários de possíveis riscos. Nesse escopo, é importante considerar informações referentes às perdas na produtividade (Secretaria de Agricultura Familiar e Cooperativismo – SAFC, Companhia Nacional de Abastecimento – Conab), às vulnerabilidades locais (Secretaria Especial do Desenvolvimento Social do Ministério da Cidadania – Seds/MC, Secretarias de Agricultura e Emateres, Associações, ONGs, Ministério do Meio Ambiente – MMA, etc.) e também sobre o alcance das ações relacionadas à capacidade de proteção e mitigação (Seds, SFC, ONGs, etc.).

No contexto da seca agrícola, além das variáveis físicas de ameaça, o risco pode ainda incluir: i) percentual dos estabelecimentos de agricultura de sequeiro; ii) existência de corpos-d'água perenes (como rios e grandes açudes); iii) grau de sensibilidade da produtividade em relação ao ambiente; iv) dependência econômica das atividades agroprodutivas, entre outras. Por outro lado, informações como as áreas plantada e colhida, bem como o rendimento médio, são indicadores úteis para a avaliação dos impactos associados à seca. Com relação à produção pecuária, podem-se incluir, por exemplo, dados referentes à distribuição espacial e o tamanho dos rebanhos.

No que concerne à seca hidrológica, um indicador relevante é o acesso às cisternas, presença de reservatórios nos municípios ou em municípios adjacentes e o percentual da população rural coberta pela operação carro-pipa.

Hoje, no semiárido, a combinação do Programa Água para todos e operação Carro-pipa do Exército constitui um importante sistema de abastecimento hídrico rural.

Outros indicadores relevantes para o monitoramento do risco, no que se refere ao aspecto socioeconômico, são: i) percentual da população rural; ii) percentual do Produto Interno Bruto municipal dependente da agropecuária; iii) população ocupada em atividades agropecuárias. Por meio desses indicadores é possível uma melhor compreensão da sensibilidade demográfica.

Em função da disponibilidade espacial e temporal dos dados necessários para o monitoramento dos riscos, torna-se essencial definir o nível municipal como a unidade de exposição. A partir dessa definição, os dados de entrada para o sistema de monitoramento devem ser absolutos e normalizados de forma a agregar/compatibilizar diferentes dados provenientes de diversas fontes.

A partir da integração dessas diferentes informações com aquelas de natureza física associadas a eventos de secas, é possível identificar os grupos e setores mais vulneráveis durante o evento de seca e, a partir disso, direcionar investimentos em ações públicas para a mitigação dos efeitos da seca de maneira antecipada.

2.2.1 SISTEMAS DE MONITORAMENTO DE SECAS IMPLEMENTADOS NO BRASIL

No que se refere ao monitoramento da ameaça física, como subsídio do Governo Federal para a implementação de ações de mitigação dos efeitos de seca, em 2013 o então Ministério da Integração Nacional (MI) estabeleceu parcerias com a Agência Nacional de Águas (ANA) e com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme), além de outras instituições, para a implementação de um sistema de monitoramento de seca (ameaça física) para o Nordeste, com base na metodologia adotada pelo Monitor de Secas dos Estados Unidos, desenvolvido pela Universidade de Nebraska (MARTINS et al., 2015).

Denominado de “Monitor de Secas do Nordeste”, tal sistema entrou em operação no início de 2016 e é um mapa mensal que descreve as condições atuais de seca. O Monitor está fundamentado em três indicadores, sendo dois deles meteorológicos, que contemplam curto e longo prazo, e um hidrológico, de curto prazo (DE NYS et al., 2016).

No mesmo ano de 2013, em razão da extensão e severidade da seca que teve início no ano de 2012 no Nordeste, o Governo Federal solicitou ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) apoio na identificação dos municípios impactados pela seca, com a finalidade de subsidiar as ações de suporte emergencial aos municípios. Desde então o Cemaden monitora operacionalmente a região Nordeste e outras regiões do Brasil.

O sistema implementado por esse órgão federal considera vários índices de seca, entre eles o SPI, umidade do solo da rede observacional do Cemaden, evapotranspiração (ET), índices de seca baseados em sensoriamento remoto (Índice de Suprimento de Água para a Vegetação – Isave Índice de Saúde da Vegetação – VHI) e dados de vazão oriundos de diferentes instituições.

Como Unidade de Pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), o Cemaden, além de realizar o monitoramento da seca e dos impactos, tem também como objetivo gerar conhecimento científico-tecnológico sobre ameaças, processos e vulnerabilidade associados às secas e seus impactos, visando subsidiar a sociedade e tomadores de decisão. Assim, o Cemaden tem desenvolvido conhecimento científico e novas metodologias que podem contribuir para a implementação de um SARD associado às secas no Brasil.

A comunicação de riscos se refere às ações que visam informar e notificar diversos atores sociais, como agentes públicos dos diferentes níveis de governo e setores (emergência, saúde e transporte), comunidades expostas, organizações de voluntários que se encontram em uma determinada escala espacial (país, estado, região, município e lugar) e escala temporal (época do ano, meses, dias, períodos do dia e horário do dia) acerca dos possíveis riscos (ameaças e vulnerabilidades).

De forma geral, faz-se necessário construir e/ou aperfeiçoar mecanismos para a comunicação efetiva entre esses atores a fim de aprimorar o sistema de gestão do risco de desastre associado à seca. Além

disso, conforme ressaltado por Wilhite et al. (2014), a integração da ciência e da política durante o processo de planejamento estratégico também é essencial para as definições das pesquisas prioritárias e para o nivelamento do conhecimento atual.

O difícil desafio de criar uma estrutura colaborativa e implementar estratégias adaptativas em escalas que variam de comunidades locais a bacias hidrográficas abrange vários estados e requer uma ampla gama de respostas de políticas científicas.

2.4 CAPACIDADE DE RESPOSTA E AÇÕES DE MITIGAÇÃO

No eixo referente à capacidade de resposta (Figura 3), incluem-se as formas de organização local e as estratégias adotadas para responder aos eventos extremos e riscos no território. Em geral, as capacidades de resposta estão associadas às condições econômicas, sociais, culturais e institucionais para fazer frente às ameaças.

Desde a década de 1950, o Governo Federal do Brasil tem despendido esforços visando subsidiar a formulação de estratégias de prevenção e mitigação dos efeitos da seca (GUTIERREZ et al., 2014). No contexto da prevenção, as principais ações, nas duas últimas décadas, envolveram grandes obras de infraestrutura hídrica (transposição do Rio São Francisco, construção de canais, reservatórios, etc.) combinadas com a descentralização do acesso à água a partir do fomento à construção de pequenos reservatórios para produção e abastecimento humano na escala de estabelecimento.

Em especial, o Governo Federal criou em 2003 o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), posteriormente complementado pelo Programa Água para Todos, em 2011. O programa tinha como proposta a construção de um milhão de cisternas para a captação de água da chuva como forma de suprimento de água durante os períodos de seca no semiárido (LUNA, 2011). O P1MC foi inovador no sentido de buscar descentralizar soluções e reduzir espaços da mediação clientelista, que historicamente permearam as ações governamentais no semiárido (DIAS et al., 2016). Por outro lado, é importante destacar que, diferente do P1MC, a implementação de outras ações e políticas públicas é em geral guiada pela delimitação geográfica do semiárido, a qual é formulada com base apenas em variáveis do clima (SUDENE, 2018).

Entre as principais ações e políticas públicas de mitigação de riscos que focam o semiárido como região prioritária e, muitas vezes exclusiva, de atuação governamental (MI, 2017) destacam-se:

- Linhas de financiamento do BNB (Recursos do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – tratamento diferenciado para o semiárido);
- Crédito Fundiário;
- Seguro Safra para o semiárido;
- Pronaf Semiárido;
- Fomento Brasil Sem Miséria;
- Programa de Aquisição de Alimentos (PAA);
- Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae);
- Programa Emergencial de Distribuição de Água Potável no Semiárido Brasileiro (Operação Carro-pipa do Exército);
- Programa Água Doce;
- Agricultura Familiar – Ater/Cadastro Ambiental Rural;
- Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural – Apoio a Projetos de inovação tecnológica da agricultura familiar no semiárido;

- Programa Agropecuária Sustentável;
- Programa de Pesquisa e Inovações para Agropecuária;
- Programa Água para Todos;
- P1MC;
- Programa 1 terra 2 águas (P1 +2);
- Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015);
- Projeto –Reúso de Águas no Semiárido Brasileiro;
- Programa de Revitalização da Bacia do São Francisco;
- Perímetros de Irrigação;
- Projeto Sistemas agrícolas familiares resilientes a eventos ambientais extremos no contexto do semiárido brasileiro: alternativas para enfrentamento dos processos de desertificação e mudanças climáticas (Insa e Articulação no Semiárido Brasileiro – ASA).

A última grande seca (2012-2017) foi um exemplo de que o desastre associado às secas não está apenas delimitado à região geográfica do semiárido. Municípios localizados fora dessa delimitação também foram severamente impactados (CUNHA et al., 2015; CUNHA et al., 2018). Assim, as ações de mitigação e preparação devem ser subsidiadas por mapeamentos das áreas/sub-regiões de riscos, os quais devem incluir os aspectos da ameaça, além dos aspectos de vulnerabilidade em relação aos efeitos da seca.

Além disso, apesar da implementação de diferentes políticas públicas, os maiores esforços ainda são voltados para a mitigação de impactos, na tentativa de prover respostas emergenciais para uma dada situação de seca (distribuição de água, alimento, transferência de renda, etc.). Embora os programas de transferência de renda tenham melhorado os indicadores de saúde e de qualidade de vida da população do semiárido (PIRES, 2014), em muitas regiões a vulnerabilidade aos impactos da seca ainda é elevada. Uma evidência disso são os números da segurança alimentar¹ da população rural do NEB.

De acordo com a Pesquisa Suplementar de Segurança Alimentar de 2013 (IBGE, 2013), cerca de 50% da população rural do NEB está em situação de insegurança alimentar. Para Lemos et al. (2016), embora o programa Bolsa Família tenha contribuído também para o aumento da renda das pessoas mais pobres, o programa não tem sido suficiente para evitar o risco de insegurança alimentar durante os eventos de seca, de modo que as famílias avançam pouco em questões relacionadas à redução de sua vulnerabilidade.

Para que a vulnerabilidade da população aos efeitos da seca chegue a patamares toleráveis, torna-se necessária a construção de estratégias de desenvolvimento territorial endógeno, de maneira que programas para combater a miséria e a pobreza não se limitem à transferência de renda, mas incorporem políticas de desenvolvimento e de promoção da sustentabilidade, mudando a estrutura da vulnerabilidade social, recuperando os ecossistemas degradados e oferecendo oportunidade de geração de renda adaptadas ao contexto ambiental local.

Nesse contexto, um SARD preconizado no presente trabalho constitui uma ferramenta importante para a gestão do risco de seca. A gestão de risco deve contemplar o levantamento das ameaças e vulnerabilidades existentes no presente e as estratégias para reduzi-las, mas, também, pode considerar a gestão prospectiva do risco, para identificar cenários futuros e evitar que o risco seja criado e/ou intensificado, tomando-se, assim, ações de precaução. Com vistas a avaliar as devidas ações corretivas e prospectivas em discussão e formular propostas de planejamento, torna-se fundamental identificar a matriz de responsabilidade das instituições em relação à governança dos

riscos, prevendo-se instâncias de participação para que a sociedade possa opinar/contribuir na formulação e implementação das estratégias.

3 MATRIZ DE RESPONSABILIDADES PARA UM SARD ASSOCIADO ÀS SECAS

A Tabela 1 apresenta uma primeira tentativa de atribuição de responsabilidades para aprimorar o funcionamento de um SARD associado às secas. Por se tratar de um primeiro levantamento, muitas outras instituições de pesquisa, ensino e desenvolvimento técnico devem ainda ser incorporadas.

No que diz respeito à atribuição de responsabilidades para o conhecimento do risco, assim como para as demais etapas, a complexidade em lidar com os riscos demanda um arranjo multidisciplinar (várias ciências), interdisciplinar (entre as ciências), transdisciplinar (ciência, sociedade e gestores públicos), interinstitucional (entre diferentes instituições relacionadas) e intersetorial (e.g. educação, saúde e meio ambiente). O conhecimento do risco é aprimorado à medida que os conhecimentos técnico-científicos e tradicionais dialogam e avançam, em uma combinação de diferentes esforços em prol de um desafio em comum: reduzir perdas socioeconômicas e ambientais diante de eventos físicos cada vez mais frequentes, intensos e duradouros.

Em relação às instituições que realizam ações nesse primeiro eixo do SARD, podem-se citar aquelas dedicadas a compreender as características da ameaça— por exemplo, Centros Estaduais de Meteorologia, Universidades, o Instituto Nacional de Meteorologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Inmet), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), a ANA, Cemaden, etc. — como também da vulnerabilidade, das capacidades e políticas de mitigação dos impactos da seca: Cemaden, Instituto Nacional do Semiárido (Insa), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, SAFC, Sudene, Conab, Universidades, ONGs, etc. Tais instituições atuam no provimento de dados e informações relevantes sobre a geração de conhecimento, tanto sobre as ameaças quanto sobre as vulnerabilidades.

O desafio que permanece ainda em aberto é como gerar conhecimento sobre o risco de desastre associado às secas. Se o primeiro eixo de um sistema de alertas demanda esforços conjuntos para seu aperfeiçoamento e integração, mecanismos de governança ainda precisam ser aprimorados no que se refere às formas de monitoramento, comunicação do risco e capacidade de resposta.

RISCO DE DESASTRE ASSOCIADO A SECAS

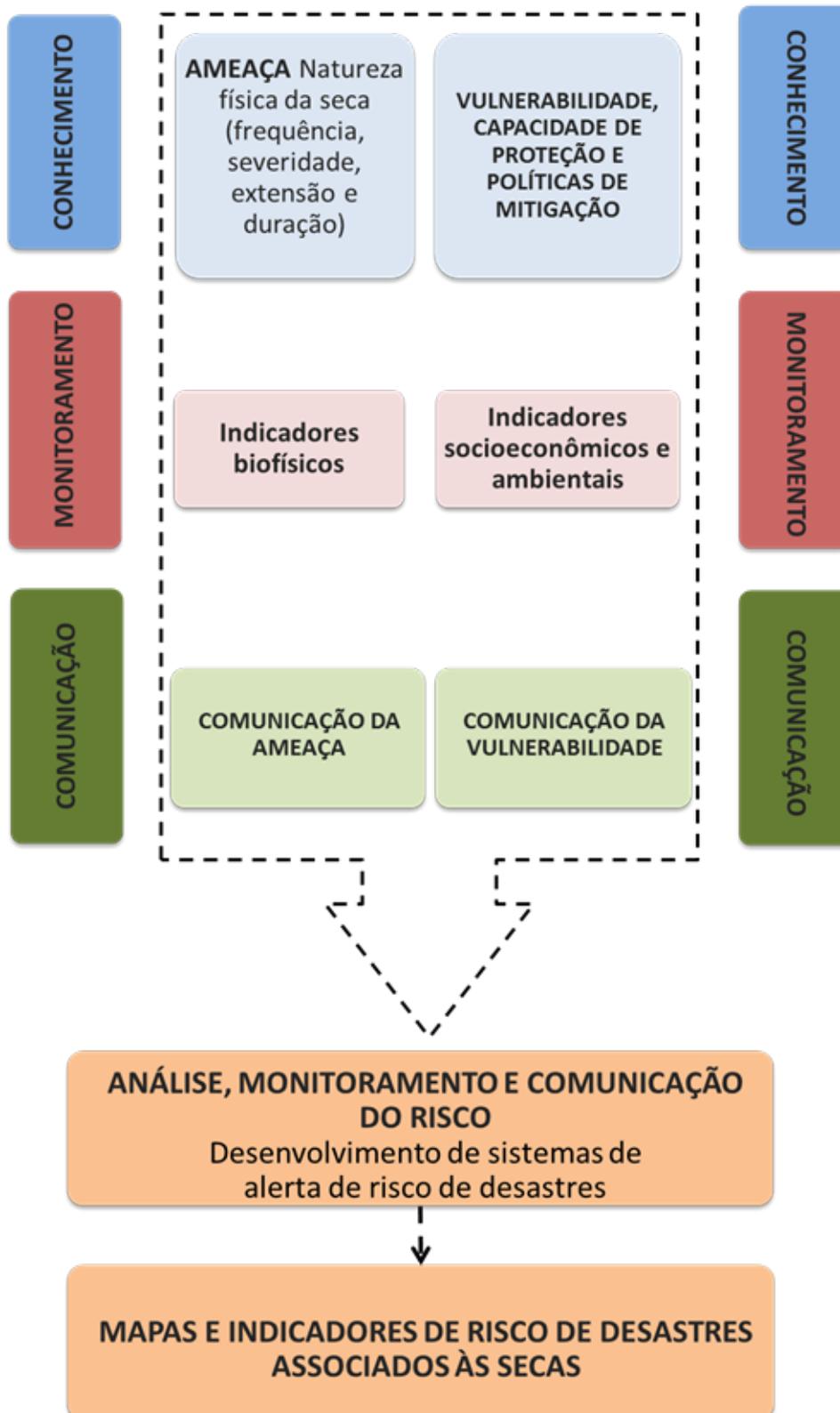


Figura 3 – Sistema de Alerta de Risco de Desastre Associado às Secas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1 – Matriz de responsabilidades para o sistema de alerta de risco de desastres associado às secas no Brasil

INSTITUIÇÃO/ ATRIBUIÇÃO	CONHECIMENTO DO RISCO		MONITORAMENTO E ALERTA	EDUCAÇÃO E COMUNICAÇÃO	CAPACIDADE DE RESPOSTA
	Ameaças	Vulnerabilidades			
ANA	x		x		
Cemaden	x	x	x	x	
Centros estaduais de meteorologia	x		x		
Conab		x			
Emater		x		x	x
Embrapa		x		x	
Gestores públicos				x	x
IBGE		x			
Inpe	x		x		
Inmet	x		x		
Insa		x		x	x
Seds		x		x	x
SAFC		x			x
Secretaria Nacional de Defesa Civil-Sedec				x	x
Universidades	x	x		x	
Sudene		x		x	x

Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os impactos humanos e agroprodutivos durante o período de intenso déficit pluviométrico ocorrido entre os anos de 2012 a 2017 em todo o Nordeste do Brasil levantam novamente questões relacionadas à preparação para a seca. Desde meados da década de 1990 vêm sendo implementadas políticas, programas e ações que tangenciam a vulnerabilidade, avançando apenas de modo pontual em algumas sensibilidades específicas, em especial no que se refere à segurança hídrica.

Verifica-se que o portfólio político, apesar de referenciado à seca, continua organizado em silos, sem uma articulação mais orgânica capaz de promover uma mudança estrutural da vulnerabilidade. As políticas de mitigação dos impactos da seca com maior relevância em termos de abrangência ainda são as de natureza emergenciais, como seguro Garantia-Safra e Operação Carro-pipa do Exército, ou as de transferência de renda, como o Bolsa Família, aposentadorias e benefícios de prestação continuada. A estrutura intrínseca local da vulnerabilidade foi pouco alterada no último século, salvo projetos piloto ou contextos pontuais. A exceção é o P1MC, que alterou de forma significativa e estruturante o acesso à água em muitos contextos de insegurança hídrica, especialmente quando associados à Operação Carro-pipa.

Ademais, outro agravante é a delimitação do semiárido como foco para a aplicação das políticas públicas voltadas para a seca: apenas os municípios inseridos no SAB são beneficiados. No entanto, estudos recentes mostraram que os impactos da seca de 2012-2017 foram além dessa delimitação, o que significa que os padrões de seca antes vistos como restritos ao semiárido podem se tornar frequentes em áreas adjacentes. Os SARDs constituem mecanismos importantes para a criação de percepção pública sobre esses cenários no sentido de permitir sua gestão prospectiva.

Nas últimas décadas, possivelmente relacionadas ao aquecimento global, as secas aumentaram em frequência e intensidade em vários países do planeta. O Brasil não é uma exceção. O País já tem um histórico de impactos severos associados às secas e é provável que no futuro os eventos podem ser mais intensos e frequentes (MARENGO, 2008). Para se preparar para tal situação, é necessário criar um sistema integrado de alerta de riscos de secas no Brasil, de caráter transdisciplinar e interinstitucional, e, sobretudo, centrado nas pessoas (MARCHEZINI et al., 2017b), de modo a guiar a gestão de risco de seca no Brasil.

Na literatura especializada, já é consenso que os riscos de desastres associados às secas para uma região específica é um produto da interação entre a exposição à ameaça natural (déficit pluviométrico) e as vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais a esse evento. A gestão do risco de secas requer o entendimento integrado dessas duas componentes no tempo e no espaço. Assim, o primeiro passo para a consolidação de um SARD associado às secas deve ser então o nivelamento conceitual do “Risco associado a desastres”. A falta desse nivelamento conceitual é, hoje, um dos deflagradores de competitividade institucional, pulverização e sobreposição das ações existentes, sejam elas de caráter técnico, científico ou político.

Um próximo passo para reduzir essa vulnerabilidade institucional consistiria em apoiar-se em uma matriz de responsabilidades para guiar as ações em conhecimento dos riscos, monitoramento e alertas, educação/comunicação e capacidade de resposta. Conforme já exposto, esse sistema pressupõe uma composição sinérgica de todas as instituições envolvidas para seu pleno funcionamento.

Como já mencionado, com relação ao monitoramento da ameaça física da seca, o Brasil realizou avanços significativos, evidenciados pelos dois sistemas de monitoramento desenvolvidos (Monitor de Secas do Nordeste – ANA e Sistema de Monitoramento de Secas e Impactos – Cemaden) pelas diversas instituições dedicadas a esse tema, que muitas vezes atuam sem articulação. Nesse sentido, é necessário criar mecanismos para a integração e a articulação do conhecimento técnico, científico e popular sobre as várias dimensões do risco.

Um avanço equivalente é premente no que tange ao monitoramento da vulnerabilidade socioambiental. A legitimidade e relevância desses sistemas dependem da sua capacidade de dialogar com as diversas instituições e ações já dedicadas e formuladas, respectivamente, para aumentar a resiliência da sociedade às secas. Ao mesmo tempo em que informaria a tomada de decisão das políticas de mitigação dos impactos, o sistema de monitoramento poderia se beneficiar do conhecimento sobre a ocorrência de secas, os efeitos potenciais e as vulnerabilidades de pessoas e atividades econômicas potencialmente afetadas. Isso conduziria, primeiro, a um sistema de monitoramento dialético entre ciência e tomada de decisão, baseado na integração de indicadores socioeconômicos, ambientais e climáticos, que além de informar poderia servir de arcabouço para explicitar e fomentar a transversalidade da gestão da vulnerabilidade como um contexto multidimensional.

No presente artigo foram apresentados os elementos conceituais necessários para um SARD associado às secas para o Brasil nessa direção. No entanto, para a implementação de um sistema como esse é necessário que as instituições assumam responsabilidades concernentes à governança dos riscos de acordo com suas competências e, tão importante quanto, motivadas pela percepção comum de que não só há um déficit adaptativo à vulnerabilidade presente às secas, como também considerando um contexto de mudança climática.

NOTA

¹ Lei nº11.346, de 15 de setembro de 2006. Segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L.Q.; WELLE, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: a proposal based on the world risk index. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 17, p. 251-272, 2016.

- ANDERSON, B. et al. Drought Response, Water Resources Program. Olympia, WA: Washington State Department of Ecology. 2016.
- BASHER, R. Global early warning systems for natural hazards: systematic and people-centred, *Philosophical Transactions. Series A, Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, v. 364, n. 1845, p. 2167-2182, 2006.
- BOKEN, V.K.; CRACKNELL, A.P.; HEATHCOTE, R.L. Monitoring and predicting agricultural drought: a global study. Oxford University Press, Auckland. 2005.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Relatório Final: Grupo de Trabalho para a delimitação do Semiárido, 2017. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/documents>>.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima: sumário executivo / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. – Brasília, DF, 2017.
- BRASIL. Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br>>. Acesso em: 07 mar. 2017.
- BRENES, A. El concepto de la sequía en el marco de la gestión del riesgo de desastre. In: *Reduction of Vulnerability to Disasters: from knowledge to action*. MARCHEZINI, V. et al. (Ed.), p.143-164. São Carlos: Rima Editora, 2017.
- BRITO, S.S.B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Brazilian Semiárido. *International Journal of Climatology*, v.38, n. 2, p. 517-529, 2017.
- CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil. Brasília, DF: 2016. 252p.
- CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2012: volume Brasil. 2013.
- COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES. Disponível em: <<http://www.coter.eb.mil.br/index.php/div-coor-civ-mil>>. 2017.
- CUNHA, A.P.M. et al. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiárido region. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 214-214, p. 494-505, 2015.
- CUNHA, A.P.M.A. et al. Avaliação de indicador para o monitoramento dos impactos da seca em áreas de pastagens no semiárido do Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 69, n.1, 2017.
- CUNHA, A.P.M.A. et al. Changes in the spatial-temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. In Press, *Atmospheric Science Letters*. 2018.
- DEBORTOLI, N. S. et al. An index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. *Natural Hazards (Dordrecht)*, v. 85, p. 1-25, 2017.
- DE NYS, E.; ENGLE, N.L.; MAGALHÃES, A.R. Secas no Brasil: política e gestão proativas. Brasília, DF: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos– CGEE; Banco Mundial, 2016. 292 p.
- DIAS, T.F. et al. Water Resources Management Coexistence and Conflict in Semiárido Brazil. *Desenvolv. Quest.* v. 14, p. 91-136, 2016.
- GUTIERREZ, A. P. A. et al. Drought preparedness in Brazil. *Weather and Climate Extremes*. 2014.
- HUMMEL, B.M.L.; CUTTER, S.; EMRICH, C.T. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v.7, p.111-122, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil. MDA, Brasília, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional por amostra de domicílios: segurança alimentar. Rio de Janeiro: IBGE; 2013.

- KELMAN, I. Lost for Words Amongst Disaster Risk Science Vocabulary? *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 9, n. 3, p. 281-291, 2018.
- LEMOS, M.C. et al. The relative relationship between generic and specific capacities in reducing drought vulnerability in households in NE, Brazil. *Global Environmental Change*, v. 39, p. 170-179, 2016.
- LINDOSO, D. et al. Climate Change and Vulnerability to drought in the Semi-arid: the case of smallholder farmers in the Brazilian northeast. In: MOTTA, S. et al. (Ed.). *Climate change in Brazil: economic, social and regulatory aspects*. Brasília: Ipea, p. 235-256, 2011.
- LINDOSO, D.P. et al. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. *Climatic Change*, v. 127, p. 93-99, 2014.
- LINDOSO, D. et al. Harvesting Water for Living with Drought: insights from the Brazilian human coexistence with semi-aridity approach towards achieving the sustainable development goals. *Sustainability*, v. 10, p. 622, 2018.
- LUNA, C. F. Avaliação do impacto do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) na saúde: ocorrência de diarreia no Agreste Central de Pernambuco. 2011. 207 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2011.
- MAIA, R.; VIVAS, E.; SERRALHEIRO, R. et al. *Water Resour Manage*. v. 29, p. 575, 2015.
- MARCHEZINI, V. et al. Sistema de alerta de risco de desastres no Brasil: desafios à redução da vulnerabilidade institucional. In: MARCHEZINI, V. et al. (Org.). *Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action*. São Carlos: Rima Editora, 2017a, v. 1, p. 287-310.
- MARCHEZINI, V. et al. Participatory Early Warning Systems: youth, citizen science, and intergenerational dialogues on disaster risk reduction in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 8, p. 390-401, 2017b.
- MARENGO, J.A. Água e Mudanças Climáticas. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 83-96, 2008.
- MARENGO, J.A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climate Change*, v. 129, p. 103-115, 2015.
- MARENGO, J.A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semi-arid Northeast Brazil region. In press. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 2017.
- MARGULIS, S. et al. (Ed.) *Economia da mudança do clima no Brasil: custos e oportunidades*. São Paulo: IBEP Gráfica, 2010.
- MARTINS, E. S. P. R. Monitor de Secas do Nordeste: em busca de um novo paradigma para a gestão de secas. *Série Água*, v. 10. 2015.
- MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. *Ambiente & Sociedade*. Ano IV, n. 9, 2001.
- MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA. 1993.
- NAGARAJAN, R. *Drought Assessment*. Springer, Dordrecht, Netherlands, 2009.
- OBERMAIER, M. Velhos e novos dilemas nos sertões: mudanças climáticas, vulnerabilidade e adaptação no semiárido brasileiro. Rio de Janeiro, 2011. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.
- PALMER, W.C. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index. *Weatherwise*, v. 21, p. 156-161, 1968.
- PIRES, F. F. Child as family sponsor: an unforeseen effect of Programa Bolsa Família in northeastern Brazil. *Childhood*, v. 21, n. 1, p. 134-147, 2014.
- SANTOS, D.P.A.; VIDAL, D. de L. Realidade territorial de unidades familiares no semiárido brasileiro. *Tempo Social (USP. Impreso)*, v. 28, p. 55-83, 2015.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. Sensoriamento remoto para desastres. Editora Oficina de textos. 2015.

UNISDR. Developing early warning systems, a checklist: third international conference on early warning (EWC III), 27–29 Março de 2006, Bonn, Germany–UNISDR.

UNISDR. Drought Risk Reduction Framework and Practices: contributing to the implementation of the Hyogo. Framework for Action. United Nations secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Geneva, Switzerland, 213 p. 2012.

UNISDR. Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Geneva, Switzerland, 2017.

UNISDR. Multi-hazard early warning systems: a checklist. First Multi-hazard Early Warning Conference, 22 to 23 May 2017 – Cancún, Mexico.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. International Hydrological Programme – IHP. 20th Session of the Intergovernmental Council. Paris, June 2012.

WILHITE, D.A. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: Drought: a global assessment. DONALD, A. WILHITE, A. (Ed.). Routledge: New York, NY. 2000.

WILHITE, D.A.; SIVAKUMAR, M.V.K.; PULWARTY, R. S. Managing drought risk in a changing climate: the role of national drought policy. *WeatherClimExtrem*, v. 3, p. 4-13, 2014.