

SISTEMAS DE ALERTAS DE RISCO DE DESASTRES: PANORAMA ATUAL E DESAFIOS PARA SUA CONSOLIDAÇÃO NO CONTEXTO BRASILEIRO

DISASTER RISK ALERT SYSTEMS: CURRENT OUTLOOK AND CHALLENGES
FOR THEIR CONSOLIDATION IN THE BRAZILIAN CONTEXT

SILVIA MIDORI SAITO

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) silvia.saito@cemaden.gov.br

MARCIO ROBERTO MAGALHÃES DE ANDRADE

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) márcio.andrade@cemaden.gov.br

CARLA CORRÊA PRIETO

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) carla.prieto@cemaden.gov.br

GRAZIELA BALDA SCOFIELD

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) graziela.scofield@cemaden.gov.br

1 INTRODUÇÃO

Os recentes impactos dos desastres deflagrados por eventos de chuvas extremas no Brasil levantaram questionamentos sobre o que poderia ter sido feito de forma a evitá-los. Durante a temporada chuvosa de outubro de 2021 a junho de 2022, significativos impactos econômicos, ambientais e humanos associados a deslizamentos e inundações ocorreram principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste do país. Diferentes cenários de desastres foram registrados, como aquele em que centenas de municípios foram afetados simultaneamente pelas chuvas na Bahia e Minas Gerais, ou o episódio em fevereiro, que provocou mais de duzentas mortes em Petrópolis, na região Serrana do Rio de Janeiro. No final de maio e início de julho de 2022, vários municípios nos estados de Pernambuco e Alagoas também registraram diversos danos materiais e humanos. Para a maior parte dessas situações, alertas foram enviados por órgãos estaduais e federais do sistema nacional de proteção e defesa civil.

A partir desses cenários, compartilhamos reflexões sobre o panorama atual e os desafios existentes para avançarmos em um sistema de alertas eficiente e capaz de auxiliar na gestão de risco de

desastres no país. Nossa atenção se volta sobretudo a três dimensões, isto é, técnica, científica e social-institucional, motivada especialmente pela experiência dos autores que atuam no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), unidade de pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações. Ainda que o Cemaden atue no monitoramento de outras ameaças, esta análise se restringe ao contexto de inundações, enxurradas e deslizamentos. A questão da seca, por exemplo, pode ser tema para outra avaliação, diante das especificidades técnicas, científicas e operacionais que a envolvem.

O Cemaden foi criado em julho de 2011, como parte do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (PNGRRDN), com recursos previstos no Plano Plurianual 2012-2015, do governo federal. Além do monitoramento e alerta, outras ações também estavam contempladas no PNGRRDN, como os mapeamentos de risco de deslizamentos, enxurradas e inundações, elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil; as obras estruturantes, a cargo do Ministério das Cidades; e ações de resposta e fortalecimento das defesas civis, sob responsabilidade do Ministério da Integração Nacional.

A missão do Cemaden, definida em seu Plano Diretor (Cemaden, 2019), é “desenvolver e disseminar conhecimentos científico-tecnológicos e realizar o monitoramento e a emissão de alertas para subsidiar a gestão de riscos e impactos de desastres naturais.” Desde dezembro de 2011, o Cemaden tem realizado o monitoramento ininterrupto e emissão de alertas para municípios que apresentam áreas de risco a deslizamentos, inundações e enxurradas. No início de sua atividade operacional, em dezembro de 2011, o número de municípios monitorados era 56; alcançando 1038, em julho de 2022. À medida que esses números aumentavam, diversas ações foram necessárias, desde a implementação de uma rede observacional à articulação interinstitucional, que serão discutidas a seguir.

2 DIMENSÃO TÉCNICA: “É PRECISO MONITORAR PARA PREVER OS CENÁRIOS DE RISCO DE DESASTRES”

O monitoramento dos processos geo-hidrológicos é realizado na Sala de Situação do Cemaden, por equipes multidisciplinares 24 horas por dia, 7 dias por semana. A cada turno, trabalham especialistas das áreas de meteorologia, hidrologia, geociências e desastres naturais. Para realizar o monitoramento são necessários dados instantâneos de precipitação e de nível dos rios dos municípios monitorados, e daqueles a montante, além de previsão meteorológica. A equipe de especialistas analisa os riscos geo-hidrológicos, a partir das condições do tempo, da suscetibilidade aos processos, bem como da vulnerabilidade da população. O trabalho é feito através de consulta aos dados dos radares meteorológicos, das estações pluviométricas e hidrológicas do Cemaden e de seus parceiros estaduais e federais.

Desde 2013, o Cemaden adquiriu 3.375 estações pluviométricas, 9 radares meteorológicos, e 301 estações hidrometeorológicas, 135 PCDs geotécnicas com o objetivo de monitorar e alertar riscos geo-hidrológicos (Cemaden, 2019). Grande parte dos equipamentos foi instalada próxima às áreas de risco de inundação e/ou movimento de massa existentes nos municípios monitorados. Dados de instituições parceiras também são con-

sultados, como de radares disponibilizados pela Redemet, FUNCEME, Simepar, Defesa Civil de Santa Catarina, Alerta Rio, entre outros; além das redes hidrometeorológicas dos parceiros como INMET, APAC, ANA, SAISP, FUNCEME e INEA¹.

O SACE/CPRM disponibiliza informações para determinadas bacias hidrográficas e emite boletins de monitoramento, que são utilizados como base para emissão de alertas de risco hidrológico pelo Cemaden. Outra ferramenta utilizada para o monitoramento hidrológico é o *Global Flood Awareness System* (GLOFAS), que fornece informações sobre eventos de inundação por meio do modelo hidrológico e dados de previsão numérica do tempo. Os produtos utilizados são a porcentagem dos membros da previsão meteorológica por conjunto da vazão do rio que excede um determinado de tempo de retorno (2, 5 e 20 anos) nos pontos de controle em vários pontos do Brasil e a possibilidade da previsão por conjunto da vazão do rio exceder um período de retorno de 5 anos, entre outros.

Os alertas de risco de deslizamentos são enviados a partir dos cenários de risco, os quais são construídos com base nos mapeamentos de risco e no histórico de ocorrências, somados à precipitação observada, além da previsão meteorológica. Como avanço em produção de modelos de previsão de deslizamentos foi implementado “Método Comitê”, como resultado do Projeto GIDES (Projeto de Fortalecimento das Estratégias Nacionais para a Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais). Este modelo associa os volumes de precipitação em curto e longo prazo e o histórico de ocorrências de um dado município, sugerindo, assim, a abertura de alertas quando os índices críticos estão próximos de serem atingidos. A despeito da grande demanda nacional, a aplicação desse método está restrita a poucos municípios no país.

¹ Redemet: Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica, FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Simepar: Sistema Meteorológico do Paraná, INMET: Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil, APAC: Agência Pernambucana de Águas e Clima, ANA: Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, SAISP: Sistema de Alerta a Inundações do Estado de São Paulo, INEA: Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro SACE/CPRM: Sistema de Alerta de Eventos Crítico do Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

Técnicas de inteligência artificial são extremamente apropriadas para o ambiente operacional, tendo em vista que o histórico de eventos e o conhecimento existente sobre os fenômenos geo-hidrológicos dos municípios monitorados nos permitem a geração automática de cenários de risco em grande escala e com a rapidez exigida por a emissão de alertas antecipados. O desenvolvimento de ferramentas de “*Machine Learning (Artificial Neural Network, Decision Tree, Support-Vector Machine, etc)*”, ainda é um desafio que requer investimentos no sistema de alerta antecipado do Cemaden.

Como forma de antecipação aos cenários regionais de risco de inundações e deslizamentos, são publicadas diariamente no portal *online* do Cemaden, as Previsões de Risco Geo-Hidrológicos que apresentam as mesorregiões brasileiras com possibilidade de ocorrências de eventos, de acordo com a previsão meteorológica, e/ou acumulado prévio de chuva e características de suscetibilidade de cada região. Nota-se, portanto, a alta dependência de obtenção de dados das variáveis ambientais em tempo real para realizar o monitoramento pelo Cemaden.

As redes de estações hidrometeorológicas e de radares meteorológicos requerem manutenção periódica, para minimizar os problemas de recepção de dados. Há necessidade de se fazer a limpeza dos equipamentos devido à presença de folhas, insetos e outros tipos de sujeira, pois o valor da chuva será subestimado e desta forma o alerta poderá ser emitido tardiamente por não ter alcançado o limiar para determinado município. Somam-se, ainda, os problemas de furto e vandalismo de equipamentos.

Outro desafio consiste nas atualizações dos modelos de previsão numérica do tempo. Para o Brasil, a frequência das atualizações é baixa, uma vez que as saídas dos modelos ocorrem a cada 6 horas, enquanto que em alguns países, a atualização é feita a cada 3 horas e até mesmo com periodicidade horária. Desta forma, eventos de meso-escala (tempestade de verão - chuvas convectivas) poderiam ser detectados de forma mais precisa. Os especialistas da Sala de Situação consultam modelos de instituições parceiras como o CPTEC (*Global Forecast System-GFS*), INMET (*Consortium for Small-scale Modeling-COSMO*), além do

ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*).

Modelos hidrológicos para inundações usando previsão meteorológica por conjunto, ferramentas de previsão de enxurradas usando *nowcasting* e de modelos hidráulicos para zoneamento de áreas inundáveis e previsão de nível e mancha de inundação são ainda poucos diante da demanda, dado o elevado número de bacias hidrográficas monitoradas. Os mapeamentos e setorizações de risco são feitos por órgãos parceiros como o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM) e órgãos estaduais e municipais. Essas informações obtidas em campo auxiliam as equipes do Cemaden na tomada de decisão do envio de alertas, por haver descrição dos processos que podem ocorrer no município, além de serem compostos por fotografias e mapas. Atualizações dos mapeamentos das áreas e setores de risco são importantes para que a tomada de decisão se baseie em dados o mais próximo da realidade em cada município monitorado. Além disso, é preciso avançar em atualização de quantitativos e caracterização de pessoas expostas. Aqui identificamos um desafio a ser superado diante da intensa dinâmica territorial de ocupação em áreas de risco.

3 DIMENSÃO CIENTÍFICA: “É PRECISO CONHECER O RISCO PARA ESTAR PREPARADO”

O Cemaden na sua origem surge como uma estratégia nacional de integração voltada para a construção de um sistema de alertas antecipados de desastres de natureza geo-hidrológica, entre eles as inundações e os movimentos de massa. Para tanto, implantou uma ampla rede observacional que atualmente abrange cerca 25% dos municípios brasileiros e estabeleceu uma estrutura institucional formada por equipes operacionais, de desenvolvimento tecnológico e de pesquisa multidisciplinar.

O sistema de alertas do Cemaden representa o corolário do conhecimento produzido e acumulado por décadas nos diversos centros de pesquisa do Brasil e do mundo, que desenvolveram o conhecimento do risco baseado na necessidade de

informação sobre as diferentes ameaças e vulnerabilidades. Nesta direção, a evolução da dimensão científica do risco de desastres ainda pressupõe alguns desafios, entre eles:

- Aprofundar o conhecimento sobre a fenomenologia dos processos físicos relacionados às diferentes tipologias de inundações e movimentos de massa, identificando os principais agentes, causas e respectivos parâmetros passíveis de monitoramento remoto;
- Desenvolver protótipos de novos sensores para monitoramento remoto de parâmetros ambientais relacionados às inundações e movimentos de massa, de preferência de baixo custo, que permitam a integração em redes observacionais em escala local e regional;
- Proporcionar o maior diálogo e integração entre as diversas áreas técnicas e científicas visando consolidar a abordagem multidisciplinar para produção de conhecimento e efetivação de ações dirigidas a um sistema de alertas antecipados de desastres geo-hidrológicos; e, na mesma lógica estimular e desenvolver aplicações da matemática computacional em pesquisas relacionadas a desastres naturais;
- Estimular a implementação de laboratórios voltados a estudos de modelagem e simulação de processos físicos que envolvem o reconhecimento de mecanismos, agentes, causas e impactos potenciais dos desastres geo-hidrológicos;
- Fomentar a abertura de museus sobre desastres em municípios marcados por histórico de ocorrências de desastres naturais, tecnológicos e mistos; e na mesma lógica, divulgar a metodologia e conhecimento científico e histórico como importante ferramenta na gestão de desastres;
- Proporcionar a participação pública na ciência, co-produção de conhecimento científico por cientistas profissionais e amadores em diferentes níveis e etapas do processo científico, em uma abordagem de pesquisa transdisciplinar que permita a geração de conhecimento científico, educação científica e comunicação pública da ciência;
- Proporcionar ambientes de inovação tecnológica que favoreçam a revelação de deman-

das existentes por ferramentas operacionais nos sistemas de alertas; e na mesma lógica, transferir tecnologia para sistemas de alertas locais;

- Proporcionar balanços periódicos voltados à identificação de lacunas evidenciadas nos componentes que integram sistemas de alertas antecipados de desastres naturais, visando estabelecer uma linha do tempo histórica, consolidar os conhecimentos existentes, integrar diferentes grupos de pesquisa e inovação, buscando a melhoria do sistema nacional de proteção e defesa civil;
- Estimular a elaboração de linhas de pesquisa, induzir o estabelecimento e a publicação de editais de fomento financeiro, dirigidos para o desenvolvimento de projetos técnicos e científicos que atendam a demanda por conhecimento, serviços e infraestrutura voltados a melhoria contínua da gestão de desastres;
- Avançar no desenvolvimento de metodologias de avaliação e mapeamento de perigo que indiquem com maior precisão, no caso dos movimentos de massa, os mecanismos de geração de sedimentos, localização, frequência, volume e alcance; no caso das inundações, os mecanismos de geração de vazão e os índices de perigo baseado na velocidade e profundidade das áreas inundáveis;
- Avaliação de risco específica para os diferentes cenários de vulnerabilidade e condições geotécnicas que permita a elaboração de planos de contingência mais eficazes.

A definição das chuvas efetivas, responsáveis por alterar as características de resistência do solo em diferentes unidades geotécnicas, que permita determinar índices de chuva crítica e limiares operacionais para o sistema de alertas, constitui um desafio posto para as pesquisas em um território de dimensões continentais, complexa diversidade geológica e climática. Para tal, uma significativa base de dados tem sido acumulada e aqui reside também outro desafio que consiste em qualificar e integrar diferentes fontes, formatos e incertezas na contínua formação de uma base nacional de dados geotécnicos.

Os resultados assim esperados devem apontar para novos requisitos de monitoramento visando a produção de previsões mais assertivas para a emissão de alertas antecipados de movimentos de massa e inundações. Estudos pilotos precisam ser ampliados e a melhoria contínua da estratégia nacional entre os agentes científicos do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil deve objetivar a integração dentro de uma agenda comum. Em campo, um desafio a mais se revela na necessidade de transposição do conhecimento científico gerado por especialistas para os diferentes públicos da sociedade e instituições de proteção civil visando a resiliência necessária para a convivência com o risco nos diferentes contextos observados no Brasil.

4 DIMENSÃO SOCIAL E INSTITUCIONAL: "É PRECISO COOPERAÇÃO PARA UM SISTEMA DE ALERTAS EFICAZ"

O Escritório das Nações Unidas para Redução de Risco de Desastres (UNDRR) recomenda que um sistema de alertas seja composto por quatro eixos (conhecimento do risco; monitoramento; disseminação e comunicação; e preparação), que devem trabalhar de forma sinérgica. Nota-se que são áreas de atuação de distintas instituições, evidenciando a necessidade de um trabalho articulado. A relevância da articulação interinstitucional na redução de risco de desastres já é destacada desde o Marco de Ação de Hyogo, 2005-2015. Para melhor contextualização de atuação sistêmica entre os diferentes atores em um sistema de alertas, pode-se evidenciar o protagonismo de universidades e centros de pesquisa para avançar no conhecimento das ameaças, vulnerabilidades e riscos; de órgãos federais, estaduais e municipais no monitoramento meteorológico e hidrológico; das instituições que compõem o sistema nacional de proteção e defesa civil para as atividades de preparação e resposta; da mídia e todos seus canais para comunicação de risco; e da população.

Um exemplo prático de atuação conjunta foi o Projeto GIDES. O Modelo Comitê foi desenvolvido em cooperação entre especialistas da Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA) e do Cemaden, com apoio de técnicos das prefei-

turas de Blumenau, Nova Friburgo e Petrópolis, além dos governos estaduais de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Nessa ação, reuniram-se esforços de desenvolvimento tecnológico e técnico-científico, juntamente aos usuários no nível local para aperfeiçoar o modelo. Outro exemplo, foram os cursos ministrados em 2017 e 2019, pela Casa Militar de São Paulo, o Serviço Geológico do Brasil e o Cemaden, tratando de modo integrado os temas de mapeamento, monitoramento e planos de contingência. O foco nessas formações foi apresentar métodos e ferramentas para que os participantes tenham autonomia para fazer a gestão em seu território, tornando-se mais pró-ativos e independentes.

De outro lado, a articulação entre União, estados e municípios também constitui relevante elo para um sistema de alertas. A sinergia entre os sistemas estaduais e municipais de monitoramento, sobretudo em relação aos níveis de alerta, também é de extrema importância. Cita-se o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) do estado de São Paulo, que considera os alertas do Cemaden em sua atividade operacional, prevendo inclusive a alteração de nível (São Paulo, 2021). Torna-se desejável, portanto, que outros sistemas também sejam coesos, de modo a garantir um fluxo coordenado de informações. Protocolos bem delineados com papéis e atribuições claras de cada ente são essenciais para que os alertas consigam subsidiar ações de preparação e resposta, minimizando potenciais disputas institucionais e sobreposição de atuação.

Finalmente, um desafio ainda a ser superado consiste em progredir na construção de um sistema participativo de alertas, em uma abordagem centrada nas pessoas, como recomendado pela UNDRR que envolva, em especial, a população, gestores públicos e cientistas (Basher, 2005). A priorização de abordagem técnica em detrimento daquela focada na população pode distanciar os usuários do sistema de alertas, reduzindo seu engajamento. Um sistema participativo proporciona espaços de aprendizado, diálogo e entendimento comum entre os entes interessados. Tal abordagem pode ser conduzida de diferentes maneiras, a exemplo das práticas em cartografia social ou do monitoramento das chuvas feito por pessoas voluntárias.

5 PERSPECTIVAS

Retomando à inquietação inicial, ou seja, sobre o que se poderia ter feito para reduzir os impactos dos desastres ocorridos de outubro de 2021 a junho de 2022, procuramos evidenciar que o investimento em sistema de alertas deve ir além de estruturar uma rede observacional, ou seja, não se restringe a monitorar as chuvas. Houve um avanço importante no país na estruturação da rede observacional e na aproximação com os órgãos municipais e estaduais de proteção e defesa civil. Contudo, para que os alertas subsidiem ações de preparação, a previsão e o monitoramento devem atuar de modo sistêmico com o conhecimento do risco, a comunicação e a preparação. Para contribuir ainda com a reflexão, destacamos mais duas ações para consolidação do sistema de alertas no país.

Ações educativas, no nível formal e não formal, a exemplo daquelas que vêm sendo desenvolvidas pelo programa Cemaden Educação, tem grande potencial para colaborar nessa direção. Abordar temas como identificação de riscos, população vulnerável, monitoramento e mapeamento participativo, entre outros, pode auxiliar para a formação de sociedade mais bem preparada para conviver com os riscos de desastres. Esses temas podem ser tratados em ambiente escolar, ou em formação para profissionais que atuam em proteção e defesa civil. Nesse sentido, destacamos que mesmo diante de tantos recursos online e dados disponíveis, capacitações são importantes dado o perfil daqueles que estão à frente das defesas civis municipais no Brasil, seja pelo pouco tempo de experiência no cargo ou por serem de área distinta.

Ao longo dos últimos anos, conseguimos identificar algumas ações-chave que corroboram para um sistema de alertas de risco de desastres. Além dos pontos levantados nas seções anteriores, destacamos por fim, a necessidade de desenvolvimento de uma cultura nacional de autoproteção e prevenção. Essa é uma agenda impreterível, cuja pauta precisa incluir a articulação intersetorial nas esferas federal, estadual e municipal e sobretudo, a população.

REFERÊNCIAS

BASHER, R. Global early warning systems for natural hazards – systematic and people-centred. Published in Royal Society of London Transactions Series A, vol. 364, Issue 1845, pp.2167-2182. 2005 Disponível em: https://www.prevention-web.net/files/8153_8153Basherpaper1704061.pdf. Acesso em: 22 jul 2022

BRASIL – Presidência da República. Lei No 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Brasília, 10 abr. 2012a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 05 jan. 2020.

CEMADEN. Plano Diretor 2019-2022. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2019/06/Plano_Diretor_CEMADEN_2019-2022.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.

SÃO PAULO, Diário Oficial de São Paulo. 2 de dezembro de 2021. Disponível em: http://diariooficial.imprensaoficial.com.br/doflash/prototipo/2021/Dezembro/02/exec1/pdf/pg_0011.pdf. Acesso em: 26 jul. 2022.

UNISDR. Hyogo Framework for Action 2005 - 2015 Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. 2005. Disponível em: <https://www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2022