

São José dos Campos, 11 de maio de 2024

Nota Técnica

CRONOLOGIA DE ESTUDOS NACIONAIS RELACIONADOS AO RISCO DE INUNDAÇÕES, CONSIDERANDO CLIMA DO PRESENTE, MUDANÇAS CLIMÁTICAS FUTURAS E AVALIAÇÕES ENGLOBANDO O ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

JUSTIFICATIVA

Na presente Nota Técnica visa-se apresentar estudos pretéritos que tratam do risco climático associado às inundações, realizados para o território nacional, especialmente aqueles desenvolvidos com a participação, direta ou indireta, do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCTI), com vistas à divulgar os resultados técnico-científicos já obtidos e reiterar a importância dos avanços alcançados como uma das alternativas mais confiáveis para direcionar ações prioritárias de adaptação e redução de risco de desastres. Espera-se que tais estudos, bem como outros correlatos, já publicados e em desenvolvimento, possam subsidiar o poder público e a sociedade na busca por alternativas eficazes para minimizar os riscos que têm sido exacerbados pelas mudanças climáticas e que culminam em desastres como os recentemente enfrentados pelo estado do Rio Grande do Sul.

ANTECEDENTES

Em relação a cenários futuros de clima, em 2015, a Coordenação-Geral de Mudanças Globais do Clima/Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisas e Desenvolvimento (SEPED) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), coordenou a 3ª Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima (TCN), um documento de caráter técnico-científico que trata tanto do inventário nacional de emissão de gases de efeito estufa, bem como

de análises setoriais dos impactos causados pelas mudanças climáticas atuais e futuras.

Dentre outras motivações, a TCN também foi impulsionada pelo processo de desenvolvimento do Plano Nacional de Adaptação às Mudanças Climáticas, liderado pelo então Ministério do Meio Ambiente (MMA), que estava em curso. Naquele momento, o Brasil ainda não contava com estudos específicos que avaliassem especificamente os riscos setoriais relacionados às mudanças climáticas, especialmente que incorporassem análises de projeções do clima futura por meio de modelagem computacional juntamente com outras dimensões do risco, tais como as vulnerabilidades e capacidade de adaptação. Importante salientar que até 2015 havia alguns relatórios e estudos voltados à compreensão geral das mudanças dos padrões climáticos atuais e futuros, tais como o Projeto Brasil 2040, que têm sido muito destacados atualmente, e o INCT-Mudanças Climáticas Fase 1, utilizando-se de resultados de modelagem climáticas obtidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), mas que ainda não contavam o aprofundamento de indicadores climáticos e não-climáticos (como por exemplo, físicos, ambientais, socioeconômicos, etc) e que pudessem expressar todas as dimensões dos riscos, que são fundamentais para análises setoriais que visam direcionar ações de adaptação.

Neste contexto, a TCN propôs uma análise setorial específica para tratar dos “Desastres Naturais”, quando os então consultores Pedro Ivo Camarinha (hoje servidor do CEMADEN/MCTI) e Nathan Debortoli desenvolveram o capítulo “Desastres Naturais de Origem Hídrica”, que consta no Volume 2 da TCN de forma resumida, devido ao caráter objetivo deste documento. Em seguida, o mesmo trabalho foi incorporado pelo MCTI como um capítulo do livro “Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil”, intitulado de “Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais no Brasil, no contexto de mudanças climáticas” (Debortoli et al. 2016). Ainda, como forma de aproveitar os avanços obtidos no referido estudo, um artigo científico foi publicado no periódico internacional Natural Hazards, este intitulado “An index of Brazil’s vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change” (Debortoli et al. 2017).

Os estudos acima mencionados focaram o desenvolvimento e validação de um indicador composto, representativo dos riscos aos desastres relacionados às inundações e deslizamentos de terra, para os tempos presente e futuro, considerando cenários de aquecimento global. O ineditismo do trabalho consistiu em combinar indicadores climáticos específicos com variáveis físico-ambientais e socioeconômicas, no nível Brasil, incluindo validação do método proposto ao comparar com dados reais de histórico de desastres. A seguir, apresenta-se um exemplo dos resultados obtidos para os casos das inundações, em que é possível observar o destaque para a Região Sul do país, especialmente para o estado do Rio Grande do Sul. Estes estudos foram utilizados como referência para a composição dos Capítulos de “Gestão de Risco de Desastres” e “Cidades e Desenvolvimento Urbano” do Plano Nacional de Adaptação, com Pedro Camarinha, sendo o responsável por desenvolver as respectivas minutas setoriais.

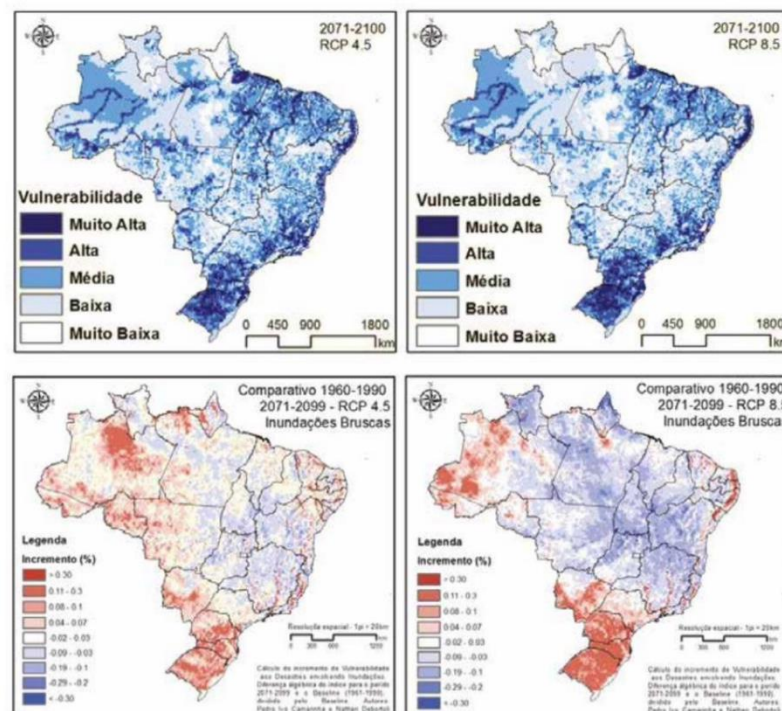


Figura 1 – Resultados dos primeiros estudos incorporando diferentes indicadores climáticos de eventos extremos juntamente com indicadores físico-ambientais e socioeconômicos para avaliar o risco climático às inundações. Na legenda consta o termo “vulnerabilidade”, pois a nomenclatura recomendada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) naquela época era diferente, através de outra abordagem que hoje seria análoga ao que se chama de “risco climático”. Fonte: Brasil (2016).

AVANÇOS A PARTIR DE 2016

Com o intuito de aprimorar os resultados obtidos em 2016, no âmbito do projeto INCT-Mudanças Climáticas Fase 2 (este liderado pelo CEMADEN/MCTI) e também de um estudo encomendado pelo MMA (Identificação Da Vulnerabilidade Dos Municípios Brasileiros Aos Impactos Biofísicos E Socioeconômicos Associados À Mudança Do Clima), foram aprofundadas as análises obtidas anteriormente, como formas de estabelecer critérios de priorização dos municípios brasileiros, tendo em vista que os resultados anteriores estavam disponíveis apenas na forma de pontos-de-grade. Importante mencionar que análises envolvendo dados climáticos de projeções futuras e realizados em escala nacional não são capazes de representar objetivamente especificidades locais, no nível de município. Assim, a técnica utilizada foi aplicada apenas para a obtenção de “hotspots” (regiões de especial atenção) de maior risco no território brasileiro e, após análises técnicas subsequentes, poder definir localidades prioritárias para direcionar ações do projeto de pesquisa INCT-Mudanças Climáticas Fase 2 e eventualmente do MMA. De modo geral, consistente com o Projeto Brasil 2040, os resultados indicaram explicitamente que a Região Sul do país, em especial os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, foram aqueles que se destacaram novamente, conforme apresentado na figura a seguir.

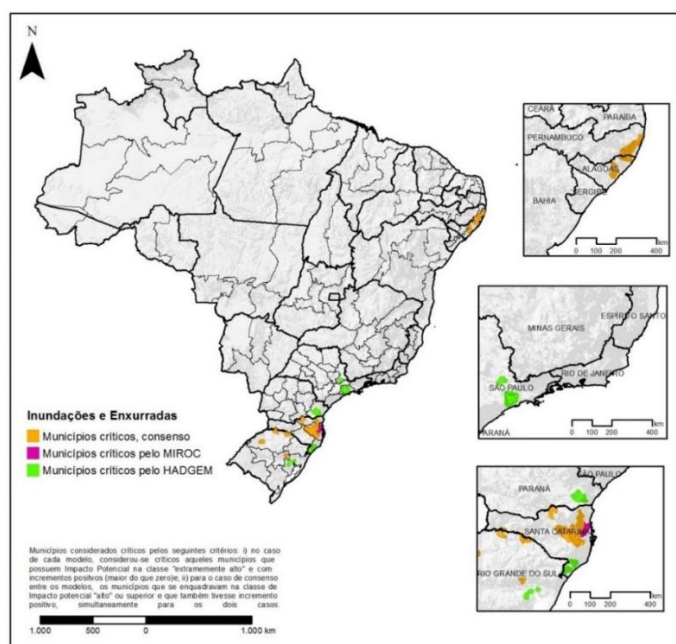


Figura 2 -Localização dos municípios considerados críticos para inundações e enxurradas, considerando o clima presente e futuro (2021-2050). Fonte: Relatório do Ano I, Projeto INCT-2.

Nos anos seguintes, este conjunto de resultados serviram de base para a elaboração de um novo artigo científico, publicado na Revista *Frontiers in Climate* intitulado “Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil” (Marengo et al, 2021). Neste estudo foram considerados novos modelos climáticos para as análises e vários níveis de aquecimento global (1,5; 2,0; e 4,0°C), com a finalidade de avaliar as incertezas associadas aos resultados das projeções climáticas. Neste estudo consideraram-se os níveis de aquecimento e não os cenários SRES usados no Brasil 2040, sendo esta uma atualização importante nas abordagens mais recentes recomendadas pelo IPCC. Anteriormente, a avaliação das incertezas não possível ser feita devido à disponibilidade de somente dois modelos (Eta-Miroc e Eta-Hadgem) disponibilizados INPE. Neste estudo de 2021, os autores utilizaram 6 modelos disponibilizados pela iniciativa (High-End cLimate Impacts and eXtremes), tendo obtido resultados ainda mais contundentes sobre o elevado impacto potencial de inundações no estado do Rio Grande do Sul, conforme pode ser observado nas figuras a seguir.

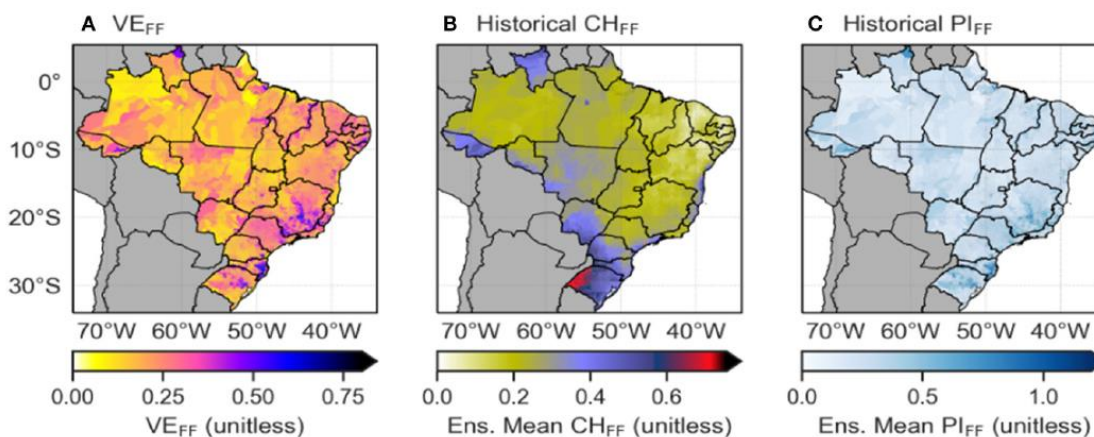


Figura 3 – Mapa de análise para o tempo presente (baseline), sendo: A) Mapa de Vulnerabilidade e Exposição às inundações, que expressa a combinação de locais onde há muitas pessoas próximas à regiões suscetíveis à inundações; B) Mapa de Ameaça Climática para inundações (CH_{FF}) representativo para indicar chuvas potencialmente deflagradoras de inundações; C) Mapa de Impacto Potencial relacionado às inundações, que é a conjunção dos dois anteriores, sendo este o mapa principal. Fonte: Marengo et al. (2021).

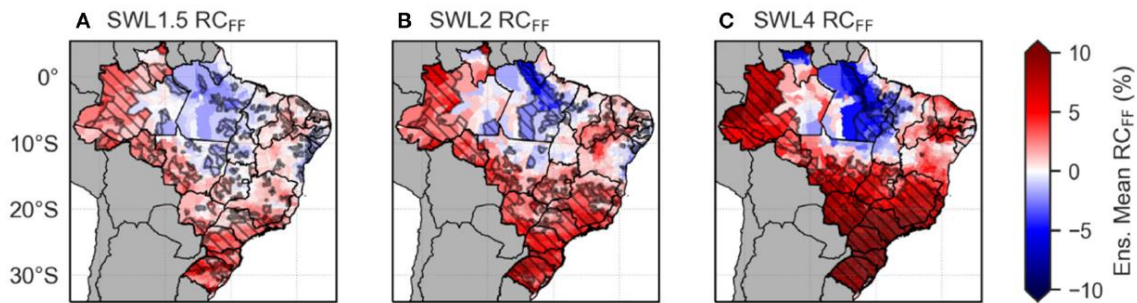


Figura 4 – Mapas da Variação do indicador de Ameaça Climática para inundações (CFhh) em períodos futuros, comparado com a situação apresentada na Figura 3 (anterior). A) resultado para a situação onde o aquecimento global atingisse 1.5°C acima das condições pré-industrial (aproximadamente o que estamos vivenciando hoje); B) acima de 2.0°C e C) acima de 4.0°C. Tons em vermelho indicam a intensificação de eventos extremos com potencial para causar inundações e as hachuras indicam onde há alta confiabilidade dos resultados. Fonte: Marengo et al. (2021).

No mesmo estudo acima referenciado, os autores ainda avaliaram a situação das principais Regiões Metropolitanas do Brasil, tendo a cidade de Porto Alegre, juntamente com o Vale do Itajaí, se destacado como aquelas em que houve maior combinação dos indicadores para o tempo presente (eixo horizontal) e o aumento esperado para o futuro segundo o nível de aquecimento global (eixo vertical), conforme apresentado a seguir.

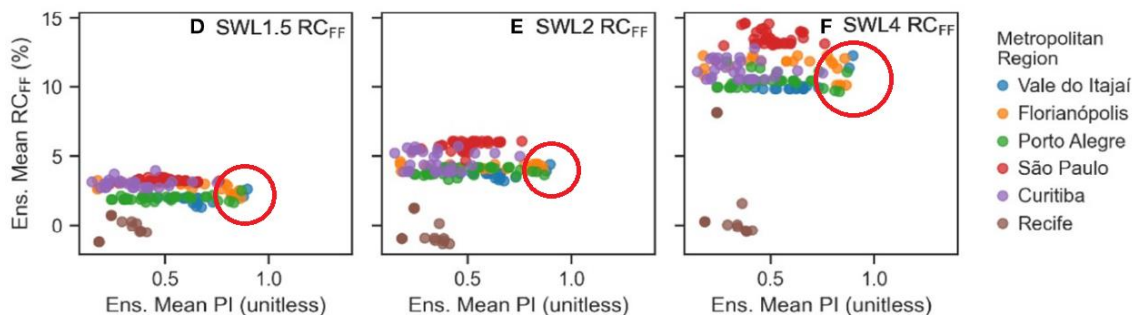


Figura 5 – Gráficos com resultados para algumas regiões metropolitanas do Brasil que se destacaram nas análises de impacto potencial às inundações. Eixo horizontal: média do indicador de Impacto Potencial relacionado às inundações para o tempo presente. Eixo vertical: a média do aumento relativo (em porcentagem) do indicador de chuvas potencialmente deflagradoras de inundações, nos respectivos cenários de aquecimento SWL, conforme legenda. Fonte: Marengo et al. (2021).

Pelas análises, ficou evidente que Porto Alegre (em verde) já era considerada como uma das localidades mais críticas do Brasil na análise de riscos relacionado às inundações (pontos que se localizam mais a direita), e que também se singulariza por significativos aumentos devido às mudanças climáticas, especialmente nos casos com aquecimento global acima de 2,0°C (eixo vertical).

ESTUDOS RECENTES QUE CORROBORAM COM O QUE FOI EVIDENCIADO NO PASSADO

No estudo recentemente publicado por Dunn et al. (2024), ficou evidenciado que a região sul do Brasil tem apresentado uma tendência de aumento de extremos de chuvas desde 1950. Neste trabalho os autores utilizaram-se de dados observados entre 1950-2018 para avaliar alguns indicadores de eventos extremos (destacando-se o indicador RX1day que reflete a maior valor de chuva diário), onde a Região Sul se destaca como aquela onde há grandes áreas contíguas com elevada tendência deste aumento por década (Figura 6).

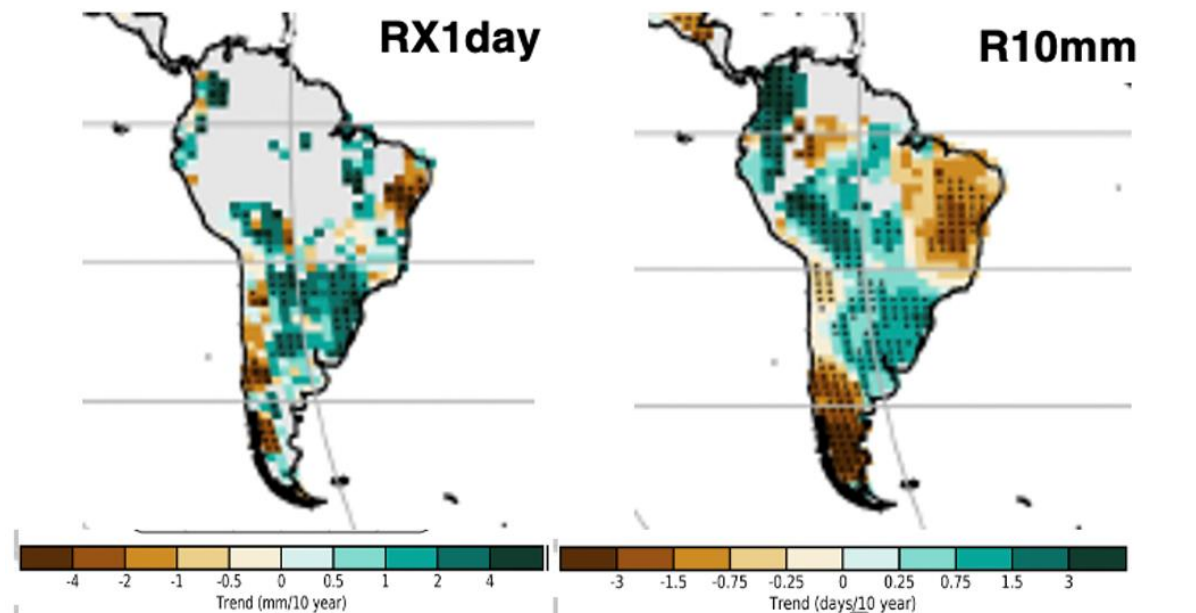


Figura 6. Tendências lineares nas séries anuais de quantidade máxima de precipitação de 1 dia - RX1dia e número de dias com precipitação acima de 10 mm - R10 mm entre 1950–2018. Tendências calculadas apenas para caixas de grade com dados suficientes (pelo menos 66% dos anos com dados e o último ano da série sendo 2009 ou posterior). Tendências significativas são indicadas com pontilhado. O sombreamento cinza nos painéis refere-se à incerteza de cobertura calculada usando a reanálise ERA5. Todos os painéis usam um período de referência de 1961 a 1990, com mapas apresentados em uma grade de 1,875° x 1,25° longitude-latitude. Fonte: Dunn et al (2024).

Dias de precipitação intensa (R10mm) também mostram áreas contíguas de variação positiva em várias regiões da América do Sul, incluindo o Sul do Brasil. Nessa região o índice Rx1day mostra significativos aumentos, de cerca de 2 mm por década, na parte oriental do sul da América do Sul (Figura 6). Estes resultados corroboram com

os estudos anteriores apresentados no que diz respeito a este aumento ser uma ameaça às populações vulneráveis e expostas nesta região do Brasil, pois indicam o aumento de frequência e magnitude de eventos de chuva potencialmente deflagradores de processos geo-hidrológicos, tais como as inundações. Por fim, importante mencionar que resultados deste tipo também tem sido destacado em diferentes estudos sobre a região e reportados nos relatórios do IPCC de 2017 e de 2022, o que está compatível com os resultados gerados no passado que estimavam a intensificação dos eventos extremos no futuro.

Elaborado por:

Pedro Ivo Mioni Camarinha – Tecnologista do CEMADEN

Regina Célia dos Santos Alvalá – Diretora Substituta do CEMADEN

Jose Antonio Marengo Orsini – Coordenador Geral de Pesquisa e Desenvolvimento do
CEMADEN

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Volume II/ Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016. 225 p.: il. ISBN: 978-85-88063-20-4. Disponível em: <https://repositorio.mcti.gov.br/handle/mctic/4312>

CAMARINHA, P. I. M. ; DEBORTOLI, N. S. ; RODRIGUES, R. . Natural Disasters Caused by Water. In: MCTI - Ministry of Science, Technology and Innovation. (Org.). Third National Communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. 1ed. 2016, v. 2, p. 145-159.

DEBORTOLI, N. S. ; CAMARINHA, P. I. M. ; RODRIGUES, R. ; MARENGO, J. A. . Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais no Brasil, no contexto das Mudanças Climáticas. In: Breno Simonini Teixeira; Jose Antonio Marengo Orsini; Márcio Rojas da Cruz. (Org.). Modelagem Climática e Vulnerabilidades Setoriais à Mudança do Clima no Brasil. 1ed. Brasília: MCTI, 2016, v. 1, p. 321-386.

DEBORTOLI, N. S.; CAMARINHA, P. I. M.; MARENGO, J. A. ; RODRIGUES, R. . 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.

DUNN RJH, HEROLD N, ALEXANDER LV et al. (2024) Observed global changes in sector-relevant climate extremes indices - an extension to HadEX3, in press, Earth and Space Science

MARENGO, JOSE A. ; CAMARINHA, Pedro I. ; ALVES, LINCOLN M. ; DINIZ, FABIO ; BETTS, RICHARD A. . Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. Frontiers in Climate, v. 3, p. 610433, 2021.