

Avaliação intermunicipal dos riscos de desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará

João Luís Sampaio Olímpio
UFC

Maria Elisa Zanella
UFC

p. 156-176

Como citar este artigo:

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E. Avaliação intermunicipal dos riscos de desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 21, n. 1, p. 156-176, abril. 2017. ISSN 2179-0892.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/110719>>. 10.11606/issn.2179-0892.geosp.2017.110719.



Este artigo está licenciado sob a Creative Commons Attribution 4.0 License.

revista

Geo 
USP

espaço e tempo

Volume 21 • nº 1 (2017)

ISSN 2179-0892

Avaliação intermunicipal dos riscos de desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará

Resumo

Os desastres naturais associados à dinâmica climática são fenômenos que compõem a própria história do estado do Ceará, na medida em que a escassez e os excessos hídricos desencadearam situações de crise, sobretudo nos pontos mais vulneráveis. Nesse sentido, esta investigação buscou determinar o nível de risco de desastres naturais entre os municípios cearenses. Levantaram-se registros de desastres produzidos por estiagens/secas e inundações entre 2003 e 2012, assim como dados censitários que expressam a vulnerabilidade municipal. Também se elaborou uma proposta metodológica para avaliar os riscos naturais a partir da integração de variáveis que indicam a vulnerabilidade e os perigos existentes na área de estudo, seguida da construção de um índice de risco denominado Irden. Os resultados foram espacializados por meio de um sistema de informação geográfica. A metodologia mostrou-se eficiente ao representar a verdade observada em campo e por ser de facilmente aplicável a outros contextos geográficos.

Palavras-chaves: Risco. Desastre. Vulnerabilidade. Seca. Inundação.

Intermunicipal evaluation of the natural disaster risks associated to the climatic dynamics in Ceará County

Abstract

The natural disasters associated to the climatic dynamics are phenomena that constitute own Ceará's history, since the hydrous shortages and overages initiated crisis situations, especially in the most vulnerable spaces. Thus, this investigation sought to determine the risk level of the natural disasters among the cities from Ceará. We collected records related to the disaster that were

a result of droughts e floods between the years of 2003 to 2012, as well as the census data the express the vulnerability of the cities. It was also created a methodological proposition to do the evaluation of the natural risks from the integration of variables that indicate the vulnerability and the existent dangers in the field of study, followed by the building of a risk index, named IRDEN. The results were spatialized through a Geographic Information System. The methodology showed up to be efficient to represent the truth observed in field because it has easy applicability in other geographic contexts.

Keywords: Risk. Disaster. Vulnerability. Drought. Flood.

Introdução

Brasil, um país sem desastres naturais. Essa afirmativa representa uma noção disseminada na sociedade brasileira no século XX em que no país não haviam desastres naturais. Embora esta percepção venha se modificando diante da crise ambiental contemporânea, ela ainda persiste, principalmente quando da ocorrência de catástrofes naturais vivenciadas por outras nações, onde eventos de grande magnitude atingiram abrupta e brutalmente populações e seus espaços, causando um elevado número de mortes e prejuízos em um curto período.

Infelizmente, a citada afirmativa é errônea. Os desastres naturais são uma constante neste país, seja impactando espaços urbanos, seja afetando os rurais, tendo origem nas disritmias da variabilidade climática, nos processos erosivos exacerbados, nos movimentos de massas, nas epidemias e em outras diversas fontes.

Todavia, estes fenômenos adversos não são produto exclusivo dos eventos intensos da natureza, mas decorrem de uma relação de mútuas influências entre os processos naturais e a ação humana estabelecendo a vulnerabilidade do sistema social e modificando os padrões dinâmicos dos sistemas naturais, por meio do uso e ocupação dos espaços e das formas de exploração do meio (Souza; Zanella, 2009; Veyret; Richmond, 2007).

Os desastres naturais ocorrentes no território brasileiro não são fenômenos contemporâneos, uma vez que sempre estiveram presentes, em menor ou maior intensidade e frequência. Exemplo disto é a região Nordeste do Brasil em que os eventos periódicos de secas e, em menor medida, as precipitações intensas, construíram desde os primórdios da colonização, a cultura, as estruturas social e econômica, bem como a formação territorial.

É este o cenário vivenciado nos municípios cearenses, assim como nos demais da região Nordeste. Historicamente, a escassez hídrica produzida pelas secas é o principal fator para a desestruturação do sistema produtivo, com o conseqüente agravamento das condições econômicas, mas, sobretudo, das tensões sociais. Por outro lado, este território também é suscetível aos episódios pluviais intensos que impactam as cidades,

a agropecuária e a infraestrutura, principalmente (Monteiro, 2011; Olímpio, 2013).

No tempo hodierno, a discussão acerca dos riscos e desastres naturais vem ganhando contornos singulares, pois houve a globalização do debate das mudanças climáticas sob o prisma que considera a adoção de medidas para retardar o aquecimento global como uma etapa necessária à manutenção do padrão de vida. Veja-se o exemplo dos avanços da política internacional obtidos durante a 21ª Conferência do Clima – realizada na França, em 2015 –, que mesmo a passos lentos, demonstram uma apreensão global mais realista, refletindo em metas e mecanismos mais condizentes com o quadro político-econômico-ambiental vigente.

Outro aspecto que particulariza este período é a popularização do debate no cotidiano das pessoas, as quais se encontram no *front* no momento em que o desastre ocorre e, normalmente, não participam da gestão do risco (Hétu, 2003). É nesta trama que se justificam estudos que objetivam a compressão dos riscos e desastres naturais e as múltiplas facetas que resultam em uma construção social dos espaços geográficos em riscos.

É fato consolidado na literatura que embora a ocorrência de eventos naturais extremos seja habitual na própria dinâmica dos sistemas naturais, eles apenas são considerados perigos quanto expõem às adversidades o indivíduo ou os grupos sociais e, desta maneira, podem produzir danos ao bem-estar. Portanto, somente há um risco natural se existir uma sobreposição espacial e temporal de pessoas e/ou de seus bens vulneráveis em uma área potencialmente atingida por processos naturais intensos.

Não obstante, se faz necessário distinguir as noções de risco e desastre. O primeiro é dado como uma situação de probabilidade, de futuro incerto, de que um determinado evento adverso poderá atuar sobre um dado sistema social e que caso se concretize poderá resultar em danos. Já o desastre apenas existe quando há a materialização do risco, dada por uma série de impactos que põem em evidência a magnitude do perigo incidente e sua relação com a vulnerabilidade (Almeida, 2010; ISDR, 2004; Kobiyama et al., 2006; Rebelo, 2008). Em todo o caso, a identificação de espaços em risco deve avaliar o nível de vulnerabilidade do sistema social à magnitude dos efeitos da manifestação de eventos naturais adversos. Logo, a determinação da vulnerabilidade deve buscar a construção de cenários embasados no estado de exposição, resistência e na capacidade de adaptação dos grupos sociais.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo identificar o nível de risco de desastres naturais associadas à dinâmica climática entre os municípios cearenses. Ademais, busca-se a elaboração de um método sintético para avaliação do risco, de fácil aplicação em outros contextos geográficos e escalas de análises.

Materiais e métodos

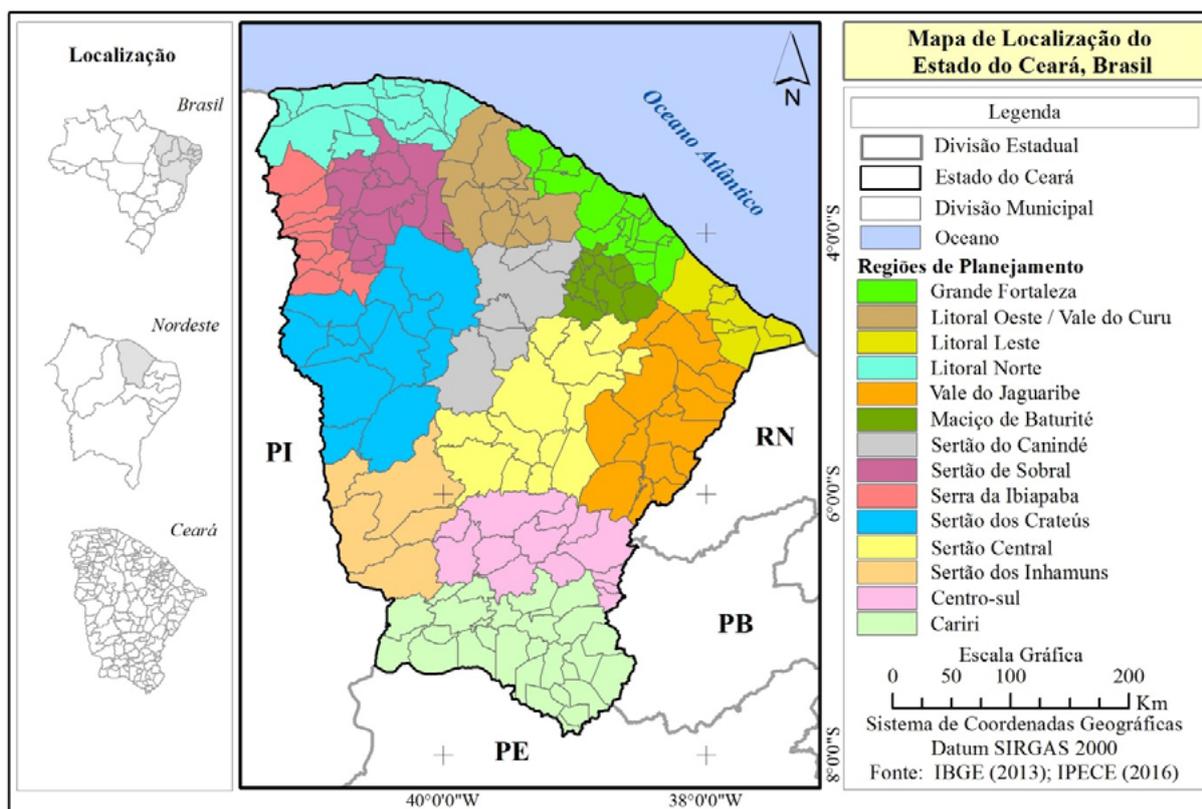
As atividades da pesquisa seguiram um roteiro metodológico norteador das etapas de investigação, a saber: definição da área de estudo e objeto pesquisado, coleta e organização de dados, levantamento de campo e atividades de laboratório.

Definição da área de estudo e objeto pesquisado

A área investigada na presente pesquisa foi os municípios do estado do Ceará. O mesmo está localizado na porção setentrional da região Nordeste do Brasil (Figura 1) e apresenta um conjunto de componentes e características que permitem à formação de uma predisposição do meio natural à ocorrência de eventos naturais perigosos, principalmente os originados dos desvios positivos e negativos da pluviosidade e de forma pontual pelos processos erosivos exacerbados. Por outro lado, a população é, em maior ou menor grau, vulnerável a estes eventos, devido a uma série de condições sociais, econômicas, culturais, institucionais e de infraestrutura, que refletem nos níveis de exposição, resistência e na capacidade de adaptação de cada indivíduo e da sociedade como um todo.

Figura 1

Mapa da localização do estado do Ceará – Brasil



fonte: Os autores.

As características climáticas do Nordeste semiárido são marcadas pela sazonalidade de atuação dos sistemas atmosféricos produtores de precipitações. No Ceará, a tendência habitual é que ocorram chuvas durante o verão-outono do Hemisfério Sul, com maior

intensidade entre fevereiro a maio. Em seguida, durante o inverno-primavera, o estado encontra-se sobre a influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, iniciando a estação de estiagem. Porém, o período chuvoso apresenta alta variabilidade interanual, podendo ocorrer desvios positivos e negativos expressivos em relação aos valores médios. Esta variabilidade está correlacionada com as alterações na configuração normal da circulação atmosférica global, destacando as interações oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico tropicais, as quais podem inibir ou intensificar as precipitações (Kayana; Andreoli, 2009; Molion; Bernardo, 2002; Ferreira; Mello, 2005; Zanella, 2007).

O principal sistema produtor de instabilidades é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que atua sobre o estado entre fevereiro a maio. Outros sistemas secundários provocam precipitações representativas na região. Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) atuam durante a pré-estação chuvosa com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro. As Linhas de Instabilidade ocasionam chuvas entre fevereiro a março. Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são sistemas que se formam por condições locais favoráveis e podem atuar ao longo do período chuvoso. Os Distúrbios Ondulatórios de Leste provocam chuvas em junho e julho (pós-estação chuvosa). Na região costeira, o sistema de brisas gera chuvas de baixa intensidade (Ferreira; Mello, 2005).

Coleta e organização de dados, levantamento de campo e atividades de laboratório

A etapa de coleta e organização visou a seleção dos dados pertinentes à temática, objeto e área de estudo. Foram utilizadas as Portarias de Reconhecimento de Situação de Desastre (PRSD) para situação de emergência (SE) e de estado de calamidade pública (ECP), emitidas pelo poder público executivo federal legitimando a situação de crise instalada nos municípios impactados por fenômenos adversos. As mesmas foram disponibilizadas pela Secretaria Nacional de Defesa Civil (Sedec) abrangendo o período de 2003 a 2012 (Sedec, 2013), sendo este o recorte temporal da pesquisa.

Conforme o Artigo 1º da Instrução Normativa do Ministério da Integração Nacional n. 1 de 24 ago. 2012, entende-se por Situação de Emergência:

Situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo parcialmente sua capacidade de resposta, e; estado de calamidade pública: situação de alteração intensa e grave das condições de normalidade em um determinado município, estado ou região, decretada em razão de desastre, comprometendo substancialmente sua capacidade de resposta (Brasil, 2012).

Vale destacar que foi observado em alguns casos que as Portarias são publicadas bem depois da ocorrência dos desastres, por vezes no ano seguinte. Assim, para uma análise

anual fiel a realidade optou-se por empregar o início da vigência do reconhecimento, a qual é emitida logo após a constituição do desastre.

Também foram utilizados os formulários de avaliação de danos (Avadan), que são o cadastro nacional oficial de registro de danos decorrentes de desastres e onde são detalhadas as características dos espaços afetados e os danos e prejuízos ocasionados (Sedec, 2013).

Foram levantados dados relativos à situação demográfica, nível de escolaridade, economia/renda, situação dos domicílios e disponibilidade de recursos da saúde, cuja integração permitiu avaliar o estado de vulnerabilidade municipal (IBGE, 2016; Ipece, 2011). Por fim, foi realizada a seleção da bibliografia pertinente à temática investigada.

Foram realizadas expedições visando o reconhecimento das circunstâncias físico-naturais, das características socioeconômicas e culturais, bem como a infraestrutura implantada para a prevenção e mitigação dos efeitos das secas/estiagens e inundações.

As atividades de laboratório corresponderam à produção do material cartográfico. Empregou-se o Sistema de Informação Geográfica ArcGIS 9.3, *software* que possibilitou a integração dos dados alfanuméricos (PRSD, dados censitários etc.) com a representação espacial (polígonos dos municípios).

Proposta metodológica para avaliação dos riscos naturais

A proposta metodológica apresentada a seguir foi fundamentada na perspectiva teórico-conceitual largamente aceita pela comunidade científica. Assim, o fenômeno do risco é considerado como uma noção abstrata, de caráter adverso, dada por uma probabilidade de ocorrência, no mesmo espaço e tempo, de um ou de conjunto de eventos naturais intensos sobre os sistemas naturais da superfície terrestre e sobre um sistema social com um determinado nível de vulnerabilidade.

Para a análise dos fenômenos, optou-se pelo emprego das variáveis que retratem as circunstâncias espaciais relativas à possibilidade de manifestação de eventos naturais intensos na área da pesquisa e as que representem o nível de vulnerabilidade municipal, cuja integração foi elaborada na forma de índices, os quais são demonstrados abaixo.

Índice Intermunicipal de Vulnerabilidade – IVul

A proposta metodológica foi desenvolvida a partir de outras investigações que trataram do fenômeno da vulnerabilidade social (Ipea, 2015; Olímpio, 2013; Rosa; Costa, 2009). Contudo, na presente pesquisa, buscou-se adapta-las à temática da vulnerabilidade aos perigos naturais e suas implicações na construção da situação de risco aos fenômenos de secas/estiagens e inundações. Assim, foram selecionados 14 indicadores, distribuídos em 5 critérios, selecionados em razão da sua correlação com a constituição da vulnerabilidade aos mencionados fenômenos. O Quadro 1 discrimina os indicadores utilizados.

Quadro 1

Indicadores selecionadas para a avaliação da vulnerabilidade aos perigos naturais

critérios	indicador	fonte	
demografia	I-1 – população residente	IBGE (2016)	
	I-2 – população residente com idade igual ou inferior a 14 anos		
	I-3 – população residente com idade igual ou superior a 65 anos		
educação	I-4 – população analfabeta com cinco anos ou mais		
	I-5 – pessoas com 10 ou mais anos de idade sem instrução ou ensino fundamental incompleto		
economia e renda	I-6 – mulheres com renda igual ou inferior a salário mínimo		
	I-7 – homens com renda igual ou inferior a salário mínimo		
	I-8 – produto Interno Bruto (PIB)		
situação dos domicílios	I-9 – percentagem municipal de domicílios com abastecimento de água canalizada		
	I-10 – percentagem municipal de domicílios atendidos pela rede geral de esgoto		
	I-11 – percentagem municipal de domicílios com coleta de lixo		
	I-12 – percentagem municipal de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora		
disponibilidade de recursos da saúde	I-13 – número de profissionais de saúde		Ipece (2011)
	I-14 – número de estabelecimentos de saúde que atendem pelo Sistema Único de Saúde (SUS)		

fonte: adaptado de Olímpio (2013).

Os dados selecionados foram inseridos no programa LibreOffice Calc. Inicialmente, buscou-se a padronização dos mesmos, uma vez que têm escalas e grandezas distintas. Para tanto, em cada indicador escolhido foi calculado o percentual de cada município em relação ao total de municípios pesquisados. Em seguida, o valor obtido foi inserido na equação 1.

(1)

$$\text{Índice} = \frac{\text{Valor do indicador na observação (\%)} - \text{pior valor observado no universo análise (\%)}}{\text{Melhor valor observado no universo de análise (\%)} - \text{pior valor observado no universo de análise (\%)}}$$

A equação retorna um conjunto de valores que variam de 0 (zero) a 1 (um), sendo

que os mais próximos de um apresentam condições de vulnerabilidade mais agravantes, enquanto os valores mais próximos de zero correspondem as melhores situações. Os critérios relacionados à saúde, à situação dos domicílios e o indicador PIB tem uma relação inversamente proporcional aos demais, de modo que foi necessário subtrair do valor 1 (um) os valores obtidos na equação acima.

Posteriormente, foram atribuídos pesos para cada indicador (Quadro 2). A proposta adotada foi definida em função da importância de cada indicador na construção da vulnerabilidade aos eventos naturais adversos, baseada em critérios qualitativos. Nesse caso, os pesos maiores conferiram um maior destaque para aqueles indicadores que, subjetivamente, mais contribuem com a vulnerabilidade. Por exemplo, no que tange à situação de domicílios, a presença de água canalizada e rede geral de esgoto é mais importante que a coleta de lixo e o fornecimento de energia elétrica.

Quadro 2

Ponderação dos indicadores de vulnerabilidade

demografia			educação		renda/economia			situação dos domicílios				recursos da Saúde	
I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	I-12	I-13	I-14
2	1	1	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1

fonte: adaptado de Olímpio (2013).

Em seguida, realizou-se a média ponderada dos indicadores. Os valores definitivos foram ordenados e agrupados em cinco classes, determinadas pelo método “intervalos iguais”.

Avaliação dos Perigos Naturais (PEN)

A Avaliação dos Perigos Naturais (PEN) transcorreu sobre o histórico de desastres oficialmente reconhecidos, por meio do levantamento das Portarias de Reconhecimento de Situação de Desastre (PRSD). Atribuiu-se o peso 2 (dois) para SE e 4 (quatro) para ECP, sendo que o maior peso da última situação é motivado pela circunstância mais agravante que representa. Para os municípios que nunca decretaram ou tiveram reconhecidas situações de desastre (sem desastre – SD) foi atribuído peso 0 (zero). Dessa forma, SD somente existe se ECP e SE não ocorrerem, de modo que o PEN é igual a zero. Todavia, quando o município tem registro de desastre, sendo $ECP \geq 1$ ou $SE \geq 1$, o PEN é expresso conforme a equação 2.

$$PEN = 4 \times (ECP) + 2 (SE)$$

(2)

Os valores obtidos foram inseridos na equação 1, de modo que aqueles mais próximos de um indicam a maior probabilidade de recorrência adversidades.

Índice Intermunicipal de Risco de Desastres Naturais (IRDEN)

A determinação do nível de risco aos desastres associados à dinâmica climática foi estabelecido pelo cruzamento entre o PEN e o IVul, representado na equação 3.

(3)

$$\text{IRDEN} = \frac{\text{PEN} + \text{IVul}}{2}$$

Análise dos desastres associados à dinâmica climática

No estado do Ceará, foram emitidas 1.471 Portarias de Reconhecimento de SE ou ECP, sendo que 1.467 foram decorrentes de eventos naturais associados à dinâmica climática (Tabela 1).

Tabela 1

Distribuição das Portarias de Reconhecimento de SEs e ECPs

anos	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	total
estiagem/seca	90	27	298	192	277	62	1	83	6	176	1.212
enchente	22	67	-	-	-	39	107	-	2	-	237
enxurrada	-	-	-	-	-	-	14	-	3	1	18
erosão	-	-	-	-	1	-	1	1	1	-	4

fonte: baseado em dados da Sedec (2013).

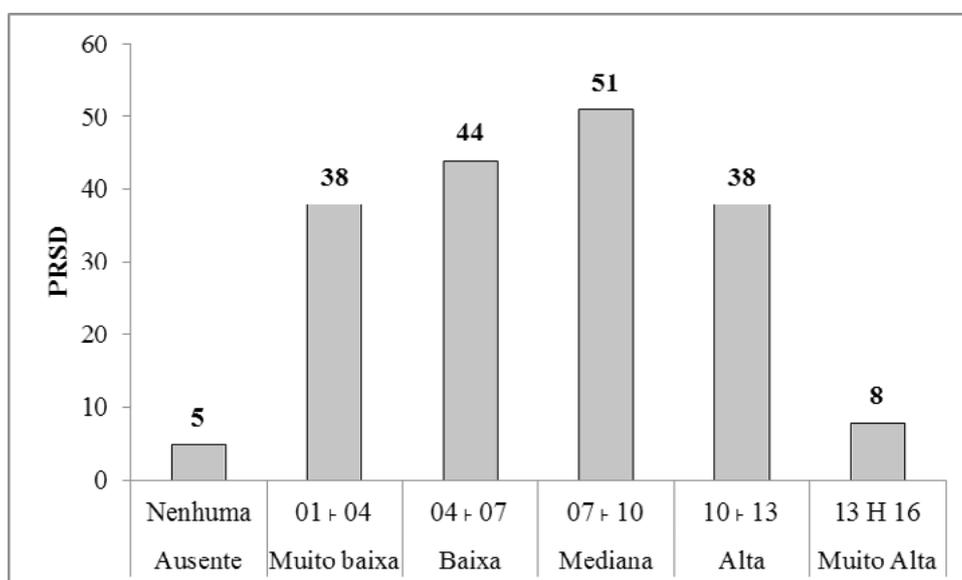
As estiagens e as secas são os eventos naturais mais frequentes e significativos na série histórica analisada, distribuindo-se por todo o estado, mas principalmente nos municípios do sertão semiárido, caracterizado por um meio natural extremamente frágil e bastante degradado, além de habitado por uma parcela significativa da população mais vulnerável às manifestações destes eventos. Por outro lado, a região em estudo também é suscetível aos eventos pluviiais concentrados ou por um período chuvoso muito intenso, expondo as pessoas e os bens que ocupam as terras marginais aos corpos hídricos superficiais.

Entre 2003 a 2012, as secas/estiagens foram responsáveis pela decretação de 1.211 SEs e 1 ECP, correspondendo a 82,4% dos registros e afetando 179 (97,3%) dos 184 municípios. É observado que houve registros em todos os anos da série, porém com

totais anuais diferenciados, que variam conforme a intensidade do período seco. Na Figura 2 é exposta distribuição dos municípios segundo a frequência de PRSD emitidas.

Figura 2

Frequência de PRSD para escassez hídrica entre os municípios do Ceará

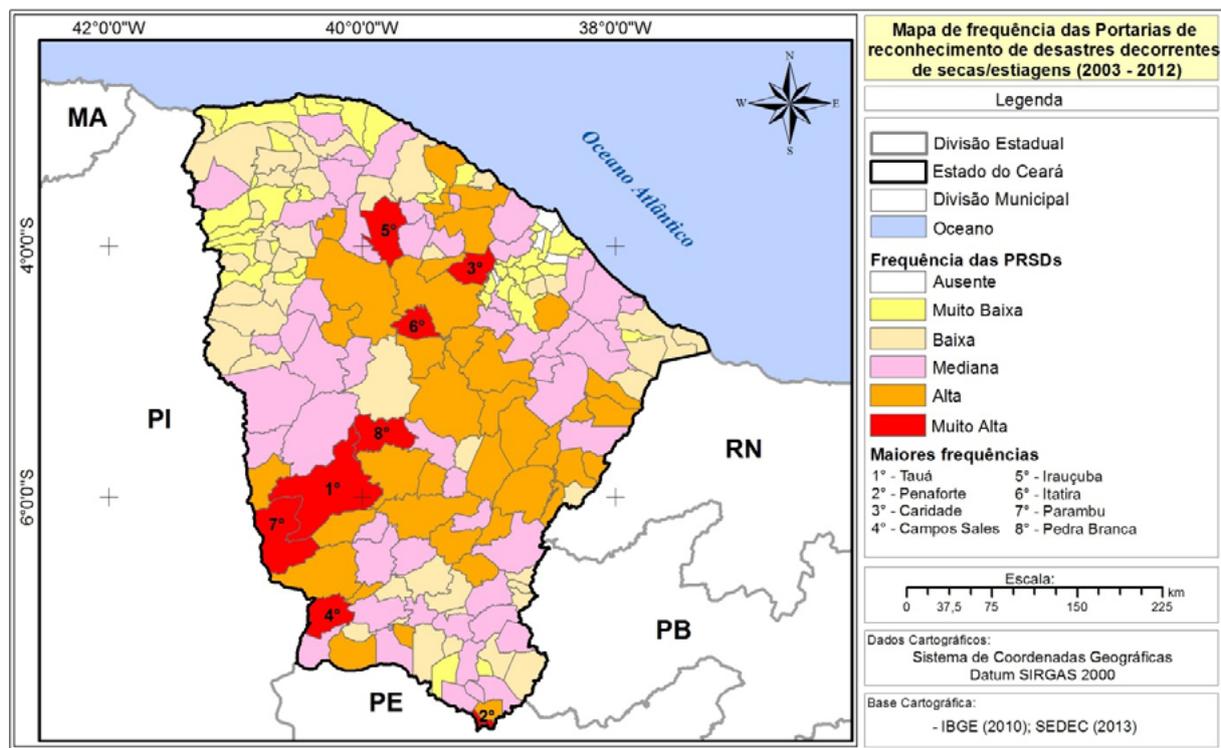


fonte: baseado em dados da Sedec (2013).

Dos 179 municípios com registro de PRSD, 20,65% concentraram-se na classe muito baixa e 23,9% na baixa indicando que são impactados, entretanto apresentam melhores condições para resistir aos eventos de menor intensidade. Todavia, houve um maior agrupamento na classe mediana, com 39,1% dos reconhecimentos. Apenas 4,5% dos municípios tiveram frequência muito alta. A Figura 3 exibe a distribuição espacial das PRSD para seca/estiagem.

Figura 3

Mapa de frequência das PRSD decorrentes de secas/estiagens (2003-2012)



fonte: adaptado de Olímpio (2013).

As regiões mais afetadas foram os sertões dos Inhamuns e do Canindé. Esta situação, como de outros municípios sertanejos, decorre de um contexto de elevada vulnerabilidade, de um espaço natural suscetível à ocorrência das secas e de um alto estado de degradação. Além disso, parte majoritária da população interiorana não tem meios técnicos, financeiros e conhecimento para superar as adversidades proporcionadas pela escassez hídrica. Por fim, outro fator agravante é a própria cultura do sertanejo, habituado a conviver com os sentimentos de esperança e passividade diante da seca, aguardando a ajuda do poder público e, principalmente, das “benesses de Deus”.

Os dados também revelam que alguns municípios nunca decretaram ou tiveram reconhecidas crises motivadas por escassez hídrica. Estes se concentram na Grande Fortaleza e no Maciço de Baturité, devido a maior disponibilidade hídrica destas regiões, seja em decorrência do sistema de abastecimento mais eficiente, seja das condições climáticas mais favoráveis.

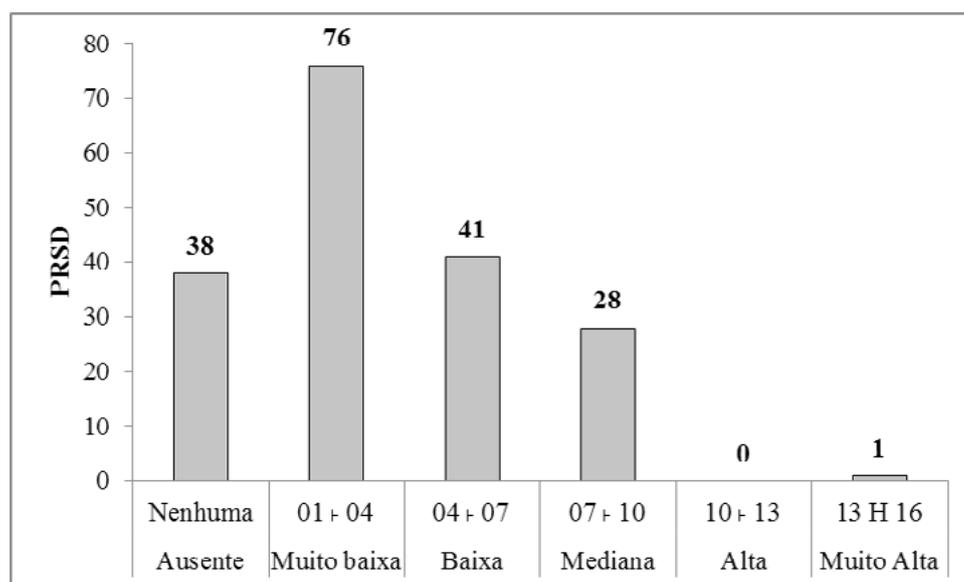
Conforme os dados contidos nos Avadan (2013), os principais impactos gerados foram o desabastecimento dos núcleos populacionais, principalmente dos situados no meio rural, e perdas na agropecuária. Os danos foram mais expressivos entre 2005 a 2007, quando o estado foi afetado por uma seca severa (Olímpio, 2013).

Para o período analisado, as inundações promoveram 255 registros, sendo que 11

resultaram em ECPs e 244 em SEs, estando distribuídas entre 146 (79,35%) municípios. Desse total, as enchentes foram responsáveis por 237 desastres, impactando 135 municípios. Já as enxurradas estiveram condicionadas aos eventos pluviiais extremos e limitando-se a 18 municípios localizados em terrenos elevados ou nos sopés dos planaltos. Na Figura 4 é ilustrada a distribuição de PRSD para inundações entre as classes de frequência.

Figura 4

Frequência de PRSD para inundações entre os municípios do Ceará



fonte: baseado em dados da Sedec (2013).

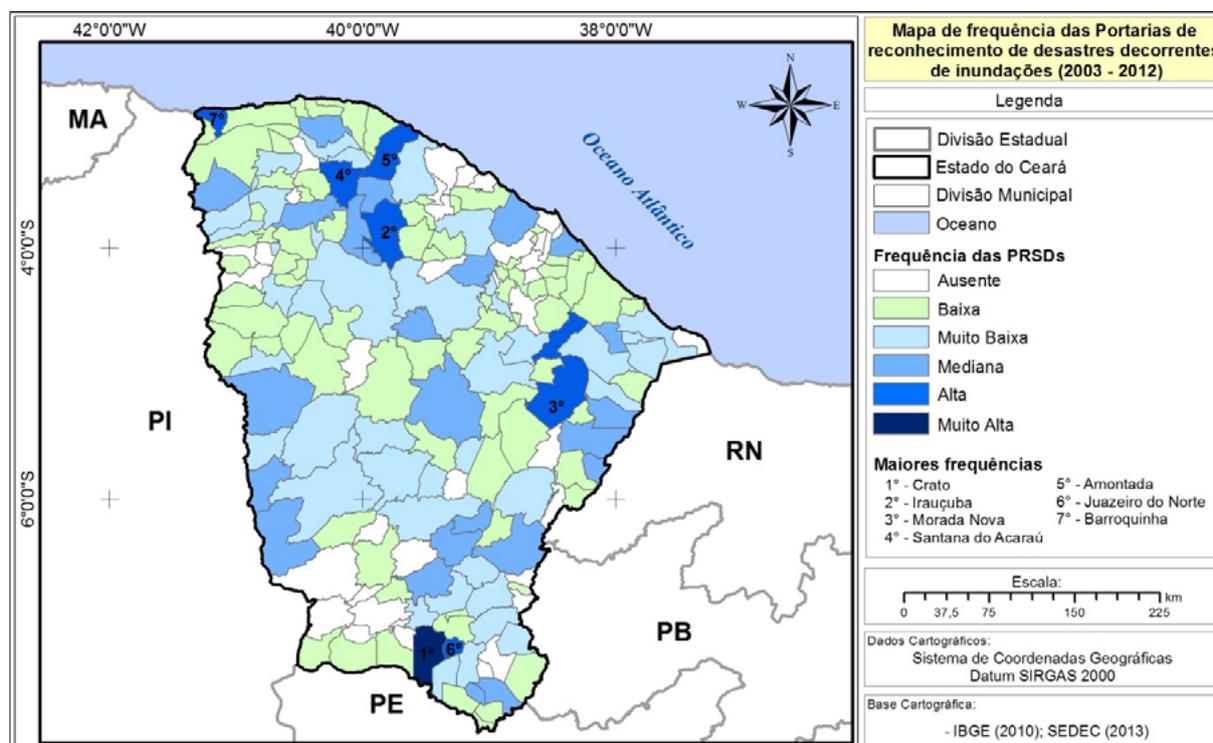
Os dados apontam que a maioria dos municípios registrou apenas uma (41,3%) ou duas (22,3%) situações de desastres por inundação. Em seguida, 15,2% foram agrupados na classe mediana e 0,5% na muito alta. Não há registro equivalente à classe alta. Por fim, 38 municípios (20,65%) nunca decretaram ou tiveram reconhecidas, na série em foco, situações de crise produzidas por inundações (Figura 5).

No que concerne às regiões mais afetadas, destacam-se as que abrangem as bacias dos rios Aracatiaçu (Sertão de Sobral e Litoral Norte), Salgado (Cariri) e baixo Jaguaribe (Vale do Jaguaribe e Litoral Leste). O município do Crato, no Cariri, foi o que apresentou a maior frequência, em virtude das inundações do canal do rio Granjeiro.

Os principais impactos gerados foram inundações de áreas de uso residencial, agropecuário e comercial. Em 2004 e 2009, foram registrados os maiores montantes de danos, pois a condição pluviométrica destes anos foi favorável às chuvas acima das médias (Olimpio, 2013).

Figura 5

Mapa de frequência das PRSD decorrentes de inundações (2003-2012)



fonte: adaptado de Olímpio (2013).

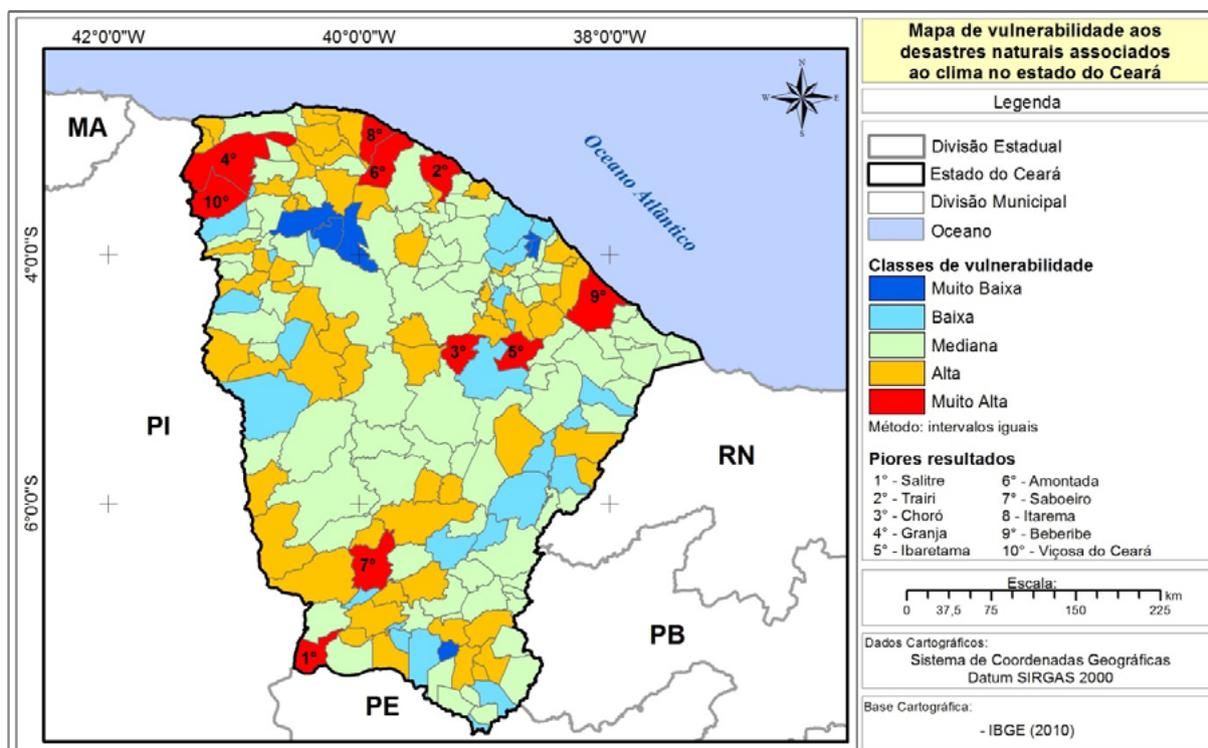
A vulnerabilidade aos eventos climáticos adversos

A mensuração da vulnerabilidade a partir do emprego de índices fundamentados na integração de variáveis que evidenciam uma realidade pode permitir o reconhecimento da situação de bem-estar em que vive a população de um determinado espaço. Além disso, quando os dados são espacializados sempre haverá no espaço a expressão da desigualdade, dada por um conjunto de atributos que refletem as diferenciações interesaciais presentes na sociedade. Assim, essas metodologias tomam destaque ao construir um produto real e, portanto, são imagens da sociedade, cujas diferenças entre os grupos sociais foram exaltadas. É dessa maneira, que esses produtos podem vir a ser fonte de informação e suscitar o debate da alocação de políticas, recursos e empreendimentos públicos, notadamente diante de cenários de crise, como os decorrentes de fenômenos naturais extremos e crises econômicas.

É sob o prisma dos riscos naturais que a Figura 6 apresenta a espacialização do IVul para os municípios cearenses. Vale frisar que os resultados expressam a escala regional tendo os municípios como unidades de análise. Assim, um exame ao nível municipal, certamente, ainda obterá outras desigualdades entre os grupos sociais que habitam o município, pois elas são generalizadas na escala menor.

Figura 6

Mapa de vulnerabilidade aos desastres naturais associados ao clima no estado do Ceará



fonte: adaptado de Olímpio (2013).

Conforme os resultados obtidos, há o predomínio de municípios com vulnerabilidade mediana, totalizando 47,3%, seguidos pelos de alta com 31,5%. No primeiro caso, os municípios estão presentes em todas as regiões, mas, sobretudo no Cariri, Sertão Central, Grande Fortaleza e Litoral Oeste/Vale do Curu. Grosso modo, nesta classe encontram-se aqueles que apresentam o PIB e a renda média *per capita* menores e reduzida oferta de serviços de saúde e esgotamento sanitário. Por outro lado, as variáveis relativas à demografia reduzem a vulnerabilidade. Já nos municípios de vulnerabilidade alta, somam-se aos fatores citados na classe anterior a maior participação negativa das variáveis “abastecimento de água canalizada” e “coleta de lixo por serviço de limpeza”. Posteriormente, 13,0% dos municípios apresentam vulnerabilidade baixa, incluindo Fortaleza, Caucaia, Maranguape e Crato e Quixadá, cidades de maior destaque em âmbito estadual.

A capital cearense, Fortaleza, tem a maior oferta de serviços públicos de saúde e a maior capacidade de implantação de infraestruturas, fatores redutores da vulnerabilidade. Ainda que considerando a baixa qualidade dos serviços públicos, apresenta as melhores condições em relação aos demais municípios. Contudo, os critérios relativos à demografia e à educação induzem a ampliação das condições de vulnerabilidade, tendo em vista que há uma concentração da população residente e da população analfabeta ou com

baixo índice de escolaridade neste município. São nestas circunstâncias que em termos absolutos, Fortaleza tem o maior contingente populacional do estado em condição de vulnerabilidade, notadamente às inundações, alagamentos e, pontualmente, aos deslizamentos de terra. Segundo o IBGE (2016), no ano de 2010, o estado do Ceará possuía 441.937 pessoas habitando aglomerados subnormais,¹ sendo que deste montante 89,7% residiam em Fortaleza. Por outro lado, é menos exposta às adversidades advindas da escassez hídrica, uma vez que a infraestrutura de abastecimento urbano é relativamente eficiente e universalizada.

Há dez municípios em situação de vulnerabilidade muito alta. Nestes, concatenam-se as piores situações entre as variáveis selecionadas, refletindo na capacidade de adaptação e na resistência destes aos fenômenos naturais intensos que os expõem às adversidades sociais, econômicas e até mesmo a manutenção da vida. Dessa maneira, esses municípios apresentam uma maior predisposição ao estabelecimento de crises que podem evoluir para desastres dependendo da intensidade do impacto dos eventos naturais.

Conforme a metodologia desenvolvida, o município de Salitre (Cariri) é o mais vulnerável do estado. Isso ocorre porque tem a menor oferta de abastecimento de água canalizada e encontra-se entre as piores situações nas variáveis “mulheres com renda igual ou inferior a salário mínimo”, “número de profissionais de saúde” e “percentagem municipal de domicílios atendidos pela rede geral de esgoto”.

A região costeira apresenta cinco municípios na situação de vulnerabilidade muito alta. Aparentemente, esses territórios têm melhores condições socioeconômicas em relação a outros municípios, principalmente em virtude da imagem trabalhada pelo setor turístico. No entanto os dados analisados confrontam esta impressão. Na realidade, a população residente adquire, em sua maioria, sua renda da atividade agropecuária, do serviço público e de benefícios sociais. A agropecuária é desenvolvida em um sistema de manejo rudimentar caracterizada pela baixa eficiência, mínimo retorno econômico e elevado risco de perdas. Também contribui para a desproteção social a reduzida cobertura dos serviços analisados.

Por fim, apenas cinco municípios têm vulnerabilidade muito baixa, a saber: Pacatuba e Maracanaú (Grande Fortaleza), Sobral e Forquinha (Sertão de Sobral) e Juazeiro do Norte (Cariri). Os dois primeiros têm boa oferta dos serviços públicos, sobretudo por estarem na região metropolitana e por terem instalações fabris de porte significativo, refletindo nos valores médios de renda da população e dos municípios.

Já Sobral e Juazeiro do Norte são os principais municípios do estado fora da Grande

1 Os aglomerados subnormais são áreas delimitadas pelo IBGE, sendo constituídas por um conjunto de, no mínimo, 51 unidades habitacionais carentes, na maioria, de serviços públicos essenciais, ocupando ou tendo ocupado, até período recente, terreno de propriedade alheia (pública ou particular) e estando dispostas, em geral, de forma desordenada e densa. No censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), no estado do Ceará foram identificados aglomerados subnormais em quatorze municípios.

Fortaleza. O primeiro é o município menos vulnerável. Apresenta à quarta economia do estado, exercendo forte influência sobre a região norte do Ceará e no centro-norte piauiense. Possui algumas indústrias de porte significativo, destacando-se as voltadas ao setor calçadista, alimentício e produtor de cimento. Estes fatores permitem que a renda média dos homens e mulheres seja a quarta maior do estado. Também é um polo regional de educação e saúde. Obviamente, em uma escala de maior detalhe é observada a presença de áreas de risco, em plena expansão, às margens do rio Acaraú.

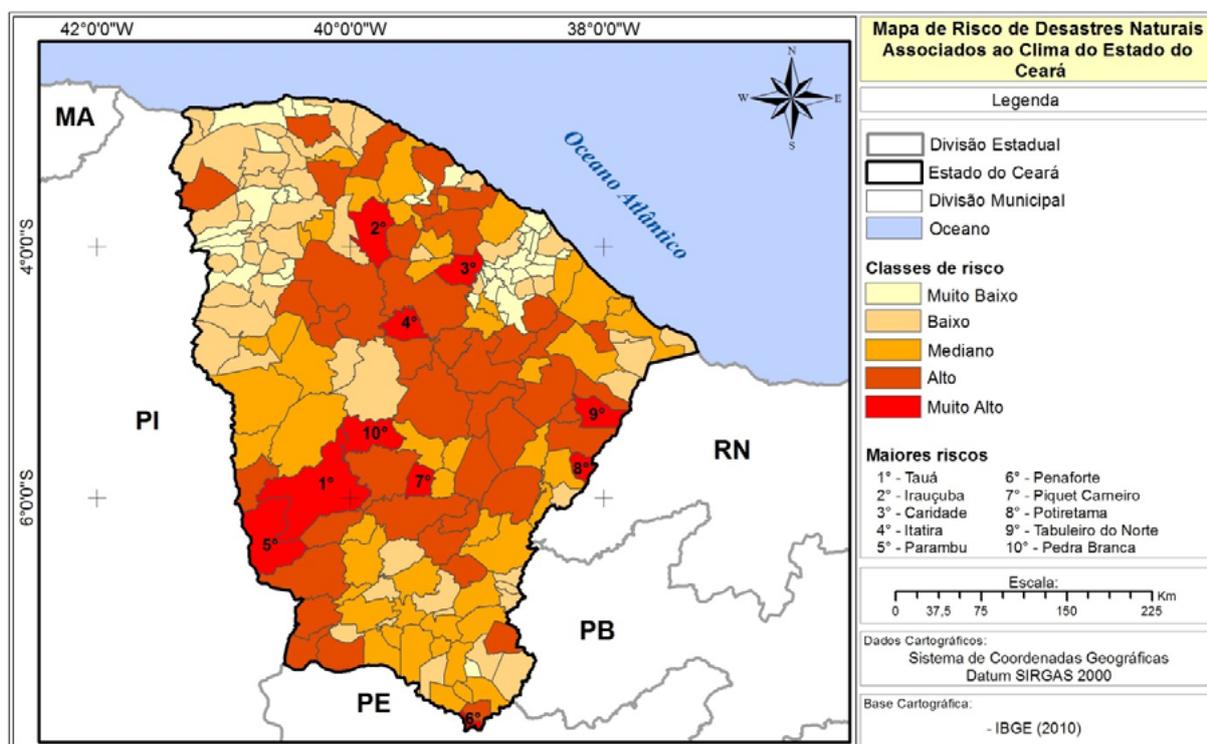
Por sua vez, Juazeiro do Norte é um centro comercial, de saúde, educacional e industrial. A situação de baixa vulnerabilidade resulta, sobretudo, da cobertura dos serviços de coleta de lixo, estabelecimentos e profissionais de saúde, PIB e renda. A presença de Forquilha neste grupo decorre do baixo contingente populacional e, conseqüentemente, as variáveis relacionadas também obtiveram resultados inferiores.

O risco de desastres naturais no estado do Ceará

A partir do cruzamento entre o IVul e o PEN obteve-se o Índice Intermunicipal de Risco de Desastres Naturais (Irden), o qual indica a amplitude de risco dos desastres naturais associados à dinâmica climática entre os municípios do Ceará (Figura 7).

Figura 7

Mapa de risco de desastres naturais associados ao clima do estado do Ceará



fonte: adaptado de Olímpio (2013).

A distribuição dos municípios entre as classes de risco revela que há certa homogeneidade, de modo que 26,6% têm risco mediano, 26,6% baixo, 22,3% alto e 19,0% muito baixo. A exceção foi a classe muito alto, com uma representação de apenas 5,4%, sendo composta por 10 municípios situados nos sertões secos (Tabela 2).

Tabela 2

Distribuição das classes de frequência de risco entre as regiões de planejamento

região de planejamento	total de municípios	muito baixo	baixo	mediano	alto	muito alto
Grande Fortaleza	19	10	4	3	2	0
Litoral Oeste/Vale do Curu	12	2	1	4	4	1
Litoral Leste	6	0	3	3	0	0
Litoral Norte	13	4	7	1	1	0
Vale do Jaguaribe	15	0	2	4	7	2
Maçico de Baturité	13	8	2	2	1	0
Sertão do Canindé	6	0	1	1	2	2
Sertão de Sobral	18	6	9	2	1	0
Serra da Ibiapaba	9	4	4	0	1	0
Sertão dos Crateús	13	0	4	6	3	0
Sertão Central	13	0	0	4	7	2
Sertão dos Inhamuns	5	0	0	0	3	2
Centro-Sul	13	0	4	5	4	0
Cariri	29	1	8	14	5	1
total	184	35	49	49	41	10

fonte: Os autores.

Em termos absolutos, há entre estes dez municípios 249.176 residentes, correspondendo a 2,95% da população estadual, sendo que Tauá, no sertão dos Inhamuns, é o mais populoso. Este município apresenta o maior risco de desastres naturais, principalmente os promovidos pela escassez hídrica agravada pelas condições de vulnerabilidade, especialmente, em função da reduzida renda da população e do próprio município, além da baixa cobertura do esgotamento sanitário, diminuta presença de estabelecimentos e profissionais de saúde e pelo considerável número de residentes. É esperado que quando ocorram eventos naturais intensos, especialmente as secas, o bem-estar dos habitantes seja rapidamente afetado.

Os resultados confirmam que os sertões secos cearenses apresentam o maior risco de desastres naturais associados à dinâmica climática, havendo uma variação da intensidade entre as classes mediano e muito alto, predominantemente.

Em contrapartida, as regiões da Grande Fortaleza, Maciço de Baturité e Sertão de Sobral apresentam a maior número de municípios com situação de risco muito baixo. Pacatuba, localizado na Grande Fortaleza, apresenta o menor risco, tendo em vista que este nunca decretou SE ou ECP para os eventos analisados, além de apresentar uma das melhores condições de vulnerabilidade do estado. Na mesma situação também estão Fortaleza, Maracanaú, Itaitinga, Guaiuba, Eusébio e Horizonte.

Sublinha-se que nestes municípios há grossas camadas da população vivendo em risco, neste caso devido a probabilidade de crises decorrentes de inundações urbanas. Entretanto, este resultado decorre da escala adotada, a qual privilegiou a análise comparativa entre os municípios cearenses, de modo que mesmo o município com menor intensidade de risco, poderá estar sob condições negativas significativas, mas apenas em níveis menores em relação aos demais. Tais diferenciações socioespaciais apenas poderão ser vistas pela análise de unidades espaciais menores (como bairros, setores censitários) e mesmo assim com certo nível de generalismo, visto que no contexto da urbanização dos países em desenvolvimento há a mesclagem no espaço das condições de amenidades e riscos, de modo que convivem lado a lado os indivíduos com as melhores e as piores condições de vulnerabilidade (Olimpio, 2013; Zanella et al., 2009). Entretanto, é notório que estes municípios apresentam melhores condições para superar as adversidades, tanto em funções da competência para resistir dos habitantes, bem como devido a maior capacidade operacional, técnica e financeira da gestão pública.

Na Grande Fortaleza, os municípios têm risco mediano a muito baixo, à exceção se faz em São Gonçalo do Amarante, o qual apresenta uma situação de vulnerabilidade social mediana e está bastante exposto às secas/estiagens. Vale destacar que neste está sendo implantado um distrito portuário-industrial, portanto estão ocorrendo mudanças substanciais na infraestrutura instalada e no padrão socioeconômico da população. Situação diferente é observada em Juazeiro do Norte que, como visto, tem baixa vulnerabilidade, mas apresenta um risco mediano, devido a frequente ocorrência de inundações.

Considerações finais

É fato conhecido que a região semiárida do Nordeste do Brasil, onde está o estado do Ceará, é frequentemente impactada por fenômenos climáticos que produzem ora escassez hídrica, ora excessos pluviais geradores de inundações. Na investigação feita ao longo deste trabalho, comprovou-se não só a ocorrência desses fenômenos, como a espacialização dos municípios que registraram a situação de crise no decorrer do período histórico analisado.

No que concerne à vulnerabilidade, sua determinação passa essencialmente pelo exame de fenômenos sociais. Desse modo, traduzir os fatos de natureza humana

em números exige atenção, pois, ao adotar uma linguagem matemática, pode haver controvérsias e interpretações imprecisas, por se tratar de um terreno pouco previsível. Assim, a mensuração dos fatos sociais é um exercício de extrema dificuldade, haja vista que envolve um nível de generalização ao indicar as informações dos grupos, logo deixando margem a aspirações e características do indivíduo. Não obstante, o emprego de índices embasados em dados numéricos é uma importante fonte de dados para conhecer a verdade terrestre dos espaços em risco e meio mais favorável à consolidação da opinião pública.

A proposta metodológica para avaliar os riscos naturais mostrou-se eficiente, sendo possível identificar os municípios mais ou menos propensos a crises decorrentes da manifestação de processos naturais intensos. Além disso, deve se ressaltar a fácil aplicação da metodologia em outros contextos, seja no que concerne à dimensão da escala, seja do fenômeno investigado. Esse fato é extremamente importante ao suscitar pesquisas que visam construir quadros atuais e cenários futuros e, assim, subsidiar o debate, o planejamento, a tomada de decisão e a execução ações.

Outro aspecto destacável diz respeito ao mapeamento dos fenômenos estudados, pois os eventos naturais perigosos e os fatores indicadores da vulnerabilidade, antes de serem elementos participantes do risco, são fenômenos espaciais que tem localização, forma e distribuição geográfica e, portanto, são passíveis de representação espacial.

Frente aos resultados apresentados, conclui-se que conhecer a realidade no entorno da temática do risco é um mecanismo valioso para construir uma humanidade mais consciente dos processos de gênese e evolução dos espaços em risco, assim como meio pelo qual se deve iniciar a construção de sociedades mais seguras.

Referências

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidade socioambiental dos rios urbanos:** bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

BRASIL. Instrução Normativa n. 1, 24 de agosto de 2012. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 ago. 2012. Seção 1, p. 30-39.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, PR, v. 1, n. 1, p. 15-28, 2005.

HÉTU, B. Uma geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. **Revista Mercator**, Fortaleza, v. 2, n. 3, p. 83-98, 2003.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**: Sidra, 2016. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010RgaAdAgsn.asp. Acesso em: 28 jul. 2016.

_____. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010agsub.asp?o=8&i=P. Acesso em: 25 ago. 2016.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. In: COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. (Ed.). Brasília, DF: IPEA, 2015.

IPECE. INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Anuário Estatístico do Ceará 2011**. Fortaleza: IPECE. Disponível em: www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2011/qualidade/index.htm. Acesso em: 28 jul. 2016.

ISDR. INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Living with risk**: a global review of disaster reduction initiatives. Geneva: UN/ISDR, 2004.

KAYANA, M. T.; ANDREOLI, R. V. Clima da região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A. et al. (Org.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 213-234.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Florianópolis: Organic Trading, 2006.

MONTEIRO, J. B. **Chover, mas chover de mansinho**: desastres naturais e chuvas extremas no estado do Ceará. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.

MOLION; J. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2002.

OLÍMPIO, J. L. S. **Desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará**: subsídios à gestão dos riscos de secas e de inundações. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

REBELO, F. Um novo olhar sobre os riscos? O exemplo das cheias rápidas (*Flash Floods*) em domínio mediterrâneo. **Territorium**, Coimbra, v. 15, p. 7-14, 2008.

ROSA, S.; COSTA, M. C. L. Banco de dados de vulnerabilidade socioambiental da Região Metropolitana de Fortaleza-CE. In: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental**: na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: UFC, 2009. p. 165-190.

SEDEC. SECRETARIA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL. **Sistema integrado de informações sobre desastres – S2ID**, 2013. Disponível em: s2id.mi.gov.br/. Acesso em: 4 mar. 2016.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepções de riscos ambientais**: teorias e aplicações. Fortaleza: UFC, 2009.

VEYRET, Y.; RICHMOND, N. M. Definições e vulnerabilidade do risco. In: VEYTET, Y. (Org.). **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007. p. 25-46.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Org.). **Ceará**: um novo olhar geográfico. 2. ed. Fortaleza: Demócrito Rocha, 2007.

_____ et al. Vulnerabilidade socioambiental de Fortaleza. In: DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L. (Org.). **Vulnerabilidade socioambiental**: na Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: UFC, 2009. p. 191-216.