



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia



Ministério da Ciência,
Tecnologia e Inovações



ELTON KLEITON ALBUQUERQUE DE ALMEIDA

**ANÁLISE DA GESTÃO DO DESASTRE TIPIFICADO
COMO SECA NO BRASIL: uma contribuição metodológica
à gestão de riscos e desastres**

2023

ELTON KLEITON ALBUQUERQUE DE ALMEIDA

**ANÁLISE DA GESTÃO DO DESASTRE TIPIFICADO COMO SECA NO BRASIL:
uma contribuição metodológica à gestão de riscos e desastres**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR pelo Programa de Pós-Graduação em DESASTRES NATURAIS.

Área: Desastres Naturais. Linha de pesquisa: Desastres associados a eventos extremos, secas, estiagens, incêndios florestais e escassez de água.

Orientador: Prof. Dr. Jose Antonio Marengo Orsini
Coorientadora: Profa. Dra. Luana Albertani Pampuch

São José dos Campos

2023

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2023]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Almeida, Elton Kleiton Albuquerque de
Análise da gestão do desastre tipificado como seca no Brasil: uma contribuição metodológica à gestão de riscos e desastres / Elton Kleiton Albuquerque de Almeida. - São José dos Campos : [s.n.], 2023.
128 f. : il.

Tese (Doutorado em Desastres Naturais) - Pós-graduação em Desastres Naturais - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2023.

Orientadora: Jose Antonio Marengo Orsini

Coorientadora: Luana Albertani Pampuch

1. Desastres. 2. Seca. 3. Gestão de riscos e desastres. 4. Adaptação às mudanças climáticas. 5. Gestão de seca. I. Orsini, Jose Antonio Marengo, orient. II. Pampuch, Luana Albertani, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - Unesp. V. Universidade Estadual Paulista (Unesp). VI. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden). VII. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta tese de doutorado tem em sua originalidade apresentar uma proposta metodológica de avaliação institucional da gestão de risco e desastre de seca, e propor uma metodologia estratégica para indicar as etapas de ações prioritárias para as fases do gerenciamento do risco e desastre de seca, além de apresentar uma análise de séries temporais dos registros de ocorrências dos desastres de estiagem e seca no Brasil. As metodologias propostas têm o impacto potencial de auxiliar, ao nível de município, no acompanhamento estratégico direcionado ao aperfeiçoamento do atendimento nas fases do gerenciamento do risco de seca, buscando o aumento da resiliência das populações vulneráveis à seca; evidenciar aos gestores e tomadores de decisões as etapas de ações proativas e reativas prioritárias que precisam ser melhor gerenciadas, como por exemplo na aplicação dos recursos públicos mais focados a cada classe de ações prioritárias; e oferece contribuições úteis em aplicações nas diversas áreas inovadoras no âmbito de desastres associados a eventos de secas, estiagem, escassez de água, análise de dados, gestão de riscos e desastres, políticas de adaptação e resiliência ao desastre de seca.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This doctoral thesis has in its originality presented a methodological proposal for institutional evaluation of risk and disaster drought management and proposes a strategic methodology to indicate the steps of priority actions for the stages of managing risk and drought disaster, in addition to presenting a time series analysis of the occurrence records of drought and dryness disasters in Brazil. The proposed methodologies have the potential impact of helping, at the municipal level, in the strategic follow-up aimed at improving care in the stages of risk drought management, seeking to increase the resilience of populations vulnerable to drought; show managers and decision makers the stages of priority proactive and reactive actions that need to be better managed, such as the application of public resources more focused on each class of priority actions; and offers useful contributions in applications in several innovative areas within the scope of disasters associated with drought events, dryness, water scarcity, data analysis, risk and disaster management, adaptation policies and drought disaster resilience.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jose Antonio Marengo Orsini (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden)

Campus de São José dos Campos-SP

Profa. Dra. Ercília Torres Steinke

Universidade de Brasília (UnB)

Departamento de Geografia (GEA)

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília-DF

Dr. Clebson do Carmo Raimundo

Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME)

Fortaleza-CE

Prof. Dr. Javier Tomasella

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Campus de São José dos Campos-SP

Profa. Dra. Ana Paula Martins do Amaral Cunha

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden)

Campus de São José dos Campos-SP

São José dos Campos, 20 de março de 2023.

DEDICATÓRIA

A minha querida esposa e amiga Juliana Albuquerque da Silva, que sempre me apoiou com muita paciência, compreensão, carinho e amor.

Aos meus queridos pais Eduardo César de Almeida e Aurenita Albuquerque de Almeida (*in memoriam*), minha querida irmã Dra. Andresa Katherinne Albuquerque de Almeida, minha tia Marilda Albuquerque Silva (*in memoriam*), minha queridíssima avó materna Erenita de Albuquerque Silva e a todos meus demais queridos familiares, pelo importante incentivo e exemplos de vida.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram em tudo.

Ofereço e dedico.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo agradeço primeiramente: a Deus pelo fôlego da vida, bênçãos e providências divinas; a Jesus Cristo que é o único caminho da salvação; e ao Espírito Santo que é o nosso auxiliador espiritual que nos capacita com os dons.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Jose Antonio Marengo Orsini e Profa. Dra. Luana Albertani Pampuch, pela oportunidade de orientação, paciência diante das dificuldades enfrentadas, pelo carisma, serenidade e amizade. Seus ensinamentos, recomendações e conselhos, foram imprescindíveis e fundamentais para esta pesquisa. Minha eterna gratidão pela confiança, apoio e incentivos.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, do ICT/UNESP – CEMADEN, Prof. Dr. Enner Herenio de Alcântara, e a todos os docentes que fizeram parte da minha vida e formação acadêmica, em especial, Prof. Dr. Jose Antonio Marengo Orsini, Profa. Dra. Luana Albertani Pampuch, Prof. Dr. Osvaldo Luiz Leal de Moraes, Profa. Dra. Regina Célia dos Santos Alvalá, Prof. Dr. Victor Marchezini, e Prof. Dr. Antonio Carlos Varela Saraiva.

Aos membros da banca de Exame Geral de Qualificação e da defesa desta Tese de Doutorado: Prof. Dr. Antonio Marengo Orsini, Profa. Dra. Luana Albertani Pampuch, Profa. Dra. Ana Paula Martins do Amaral Cunha, Profa. Dra. Ercília Torres Steinke, Prof. Dr. Javier Tomasella, Dr. Clebson do Carmo Raimundo, Profa. Dra. Luz Adriana Cuartas Pineda, e Dr. André Gonçalo dos Santos, que dispuseram muito dos seus preciosos tempos na leitura, correção, sugestões e avaliação geral do trabalho, com críticas e contribuições importantes para a finalização da Tese.

A equipe técnica administrativa do Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, do ICT/UNESP – CEMADEN, em especial, o Sup. Téc. de Seção Adm. Sr. Bruno Shiguemitsu Marques Tanaka, ao Assist. Téc. Adm. Sr. José Marcos da Silva, a Assist. Téc. Adm. Sra. Carolina Lourenço Rei, a Assist. Téc. Adm. Sra. Sandra Mara Cordeiro, e ao Assist. Téc.

Adm. Sr. Jaime Silva Filho, por sempre se colocarem de prontidão para resolverem as questões burocráticas e por todos auxílios prestados.

Os mais sinceros agradecimentos aos gestores e servidores das instituições que, ao disponibilizar os dados e informações, tornaram possível a elaboração desta pesquisa: Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, em especial a Profa. e pesquisadora Dra. Ana Paula Martins do Amaral Cunha pelos dados GeoTIFF do Índice Integrado de Seca (IIS); Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD, em especial o Coordenador de Monitoramento e Alertas Sr. Tiago Molina Schinorr pelos dados brutos de registros de desastres no Brasil; Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, em especial ao Coordenador-geral de Articulação Sr. Reinaldo Soares Estelles pela matriz federal que informa a atuação de órgãos federais que responderam ao questionário online sobre sua participação nas fases do ciclo de gestão de riscos e respostas a desastres, resultado de trabalho de pesquisa realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE para o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MDR.

Agradeço aos amigos conquistados neste período de PGDN – ICT/UNESP – CEMADEN, que pela minha vida passaram e me agregaram valores e conhecimentos, Marcos Leandro Kazmierczak, Nelson Pedro Antonio Mateus, Rodrigo Cesar da Silva, entre outros que não foram citados, mas que apresento minha eterna gratidão.

A todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram na concretização desta Tese.

Meu muito obrigado!

“Os rios não bebem sua própria água; as árvores não comem seus próprios frutos. O sol não brilha para si mesmo; e as flores não espalham sua fragrância para si. Viver para os outros é uma regra da natureza. (...)

A vida é boa quando você está feliz; mas a vida é muito melhor quando os outros estão felizes por sua causa”. Papa Francisco

ALMEIDA, E. K. A. **Análise da gestão do desastre tipificado como seca no Brasil:** uma contribuição metodológica à gestão de riscos e desastres. 2023. Tese (Doutorado em Desastres Naturais) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), São José dos Campos, 2023.

RESUMO

Dentre os tipos de desastres, a seca é o que afeta o maior número de pessoas e causa mais impactos econômicos no Brasil. A seca de longa duração tem ocorrido em todas as regiões do Brasil, inclusive em áreas pouco frequentes, e tem sido mais intensa nas últimas décadas. Uma má gestão quanto ao desastre de estiagem e seca pode exacerbar ou ignorar consequências importantes, comprometendo severamente as seguranças hídrica, alimentar, energética e econômica, sistemas naturais, inclusive biomas, podendo também vitimar lentamente e indiretamente a sociedade nativa do espaço geográfico afetado ou vulnerável. Esta tese de doutorado tem em sua originalidade propor uma metodologia de avaliação da gestão de risco e desastre de seca, apresentar uma metodologia para indicar as etapas de ações prioritárias para as fases do gerenciamento do risco e desastre de seca, além de apresentar uma análise de séries temporais dos registros de ocorrências dos desastres de estiagem e seca no Brasil. As metodologias propostas nesta pesquisa, e o estudo de séries históricas dos desastres de estiagem e seca proporcionam aumento da compreensão e o emprego de etapas de ações mais indicadas para mitigação e de adaptação, buscando aumento da resiliência dos flagelados da seca. São utilizados dados do banco de dados de desastres naturais disponíveis no S2iD, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (Cenad) de 1991 a 2020, e em algumas análises de 1982 a 2020, Índice Integrado de Seca – IIS (que é robusto por sua combinação do Índice Padronizado de Precipitação - *Standardized Precipitation Index* - *SPI*, com o Índice de Saúde da Vegetação - *Vegetation Health Index* – *VHI*, e foi optado pelo IIS-12, com base em 12 meses, por ser mais indicado para a análise com foco em padrões de longo prazo, enquadrando-se assim no tipo de seca hidrológica), obtido do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) de 1982 a 2020, arcabouço legal referentes à seca no Brasil, publicações oficiais do governo brasileiro e principais publicações acadêmicas sobre gestão de riscos e desastres relacionados à seca no Brasil. As metodologias propostas foram desenvolvidas baseadas nas ações definidas pelo Governo Federal brasileiro (Preparação, Prevenção, Mitigação, Resposta, Recuperação e Restabelecimento), visando melhorias no gerenciamento do risco e desastre tipificados como estiagem e seca no Brasil, podendo contribuir significativamente para subsidiar aos legisladores quanto à políticas de adaptação e resiliência aos extremos de secas em partes do país, bem como evidenciar aos gestores e tomadores de decisões os pontos críticos nas ações proativas e reativas do governo que precisam ser melhor gerenciadas e que precisam de adequação na aplicação dos recursos públicos, otimizando a gestão de riscos e desastres no Brasil concernente aos impactos de seca.

Palavras-chave: desastres; seca; gestão de riscos e desastres; adaptação às mudanças climáticas; gestão de seca.

ALMEIDA, E. K. A. Analysis of disaster management typified as drought in Brazil: a methodological contribution to disaster risk management. 2023. Doctorate Thesis (Doctor's degree in Natural Disasters) - São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology, National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden), São José dos Campos, 2023.

ABSTRACT

Among the types of disasters, drought is the one that affects the largest number of people and causes the most economic impacts in Brazil. Long-term drought has occurred in all regions of Brazil, including infrequent areas, and has been more intense in recent decades. Poor management of drought and dryness disasters can exacerbate or ignore important consequences, severely compromising water, food, energy and economic security, natural systems, including biomes, and can also slowly and indirectly victimize the native society of the affected or vulnerable geographic space. This doctoral thesis has in its originality proposes a methodology for the assessment of drought risk and disaster management, to present a methodology to indicate the steps of priority actions for the phases of drought risk and disaster management, in addition to presenting an analysis of time series of records of drought and drought disasters in Brazil. The methodologies proposed in this research, and the study of historical series of drought and drought disasters, provide an increase in the understanding and use of the most suitable action steps for mitigation and adaptation, seeking to increase the resilience of those affected by drought. Data are used from the natural disaster database available in S2iD, National Center for Risk and Disaster Management (Cenad) from 1991 to 2020, and in some analyzes from 1982 to 2020, Integrated Drought Index – IIS (which is robust by its combination of the Standardized Precipitation Index - SPI, with the Vegetation Health Index - VHI, and was chosen for the IIS-12, based on 12 months, as it is more suitable for the analysis with focus on long-term patterns, thus fitting the type of hydrological drought), obtained from the National Center for Monitoring and Early Warning of Natural Disasters (Cemaden) from 1982 to 2020, legal framework referring to drought in Brazil, official publications of the Brazilian government and main publications academic papers on drought-related risk and disaster management in Brazil. The proposed methodologies were developed based on the actions defined by the Brazilian Federal Government (Preparation, Prevention, Mitigation, Response, Recovery, and Restoration), aiming at improvements in the management of risk and disaster typified as drought and drought in Brazil, and can significantly contribute to subsidize legislators regarding adaptation and resilience policies to drought extremes in parts of the country, as well as highlighting to managers and decision-makers the critical points in the government's proactive and reactive actions that need to be better managed.

Keywords: disasters; drought; risk and disaster management; adaptation to climate change; drought management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Danos materiais e prejuízos econômicos com seca e estiagem mais recentes e impactantes no Brasil (2012 a 2021).....	25
Figura 2 – Classificação, propagação e principais impactos das secas	32
Figura 3 – Representação esquemática dos principais parâmetros de uma seca.....	35
Figura 4 – População sob seca excepcional (2012 - 2014)	36
Figura 5 – Registros de estiagem e seca no Brasil, de 1991 a 2012.....	37
Figura 6 – Índice Integrado de Seca (IIS) calculado para os anos hidrológicos 2011-2019 (de Out. a Set.) no Brasil. a) 2011/12; b) 2012/13; c) 2013/14; d) 2014/15; e) 2015/16; f) 2016/17, g) 2017/18, h) 2018/19. A linha azul refere-se a delimitação geografia da bacia do rio São Francisco	38
Figura 7 – Mudança da temperatura média anual (°C) para meados do século (2040–2059, a - d) e final do século (2080–2099, e - h) em relação ao período de referência (1995–2014) em quatro cenários futuros. O pontilhado preto representa as regiões onde as mudanças projetadas são maiores do que a variabilidade da linha de base (desvio padrão), enquanto os pontos brancos representam as regiões onde as mudanças projetadas são maiores que o dobro da variabilidade da linha de base	40
Figura 8 – Mudança de precipitação para meados do século (2040-2059; mm/dia) em relação ao período de referência (1995-2014) em quatro cenários futuros a - d anual. O hachurado cinza representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal de mudança, o que significa que pelo menos 66% dos GCMs concordam com o sinal de mudança de precipitação. Mudanças de meados do século na amplitude de precipitação (mp; mm/dia) em todos cenários futuros. Todas as mudanças na amplitude são robustas em termos do sinal de mudança.....	41

Figura 9 – Mudança de precipitação para o final do século (2080-2099; mm/dia) em relação ao período de referência (1995-2014) em quatro cenários futuros a - d anual. O hachurado cinza representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal de mudança, o que significa que pelo menos 66% dos GCMs concordam com o sinal de mudança de precipitação. Todas as mudanças na amplitude são robustas em termos do sinal de mudança. O hachurado preto representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal e magnitude. A robustez em termos de magnitude é definida usando o desvio padrão do período de referência como um limite 42

Figura 10 – Mudanças projetadas na temperatura média anual (°C), precipitação total anual (%), precipitação máxima anual de 5 dias (%), e dias secos anuais consecutivos (dias), no cenário SSP5-8.5 com aquecimento global de 1,5°C; 2°C; e 4°C, em relação a 1850-1900... 43

Figura 11 – O ciclo de gestão de risco de desastres 46

Figura 12 – Instituições envolvidas na gestão de secas no Brasil 49

Figura 13 – Os “três pilares da preparação para a seca” que proporcionam um marco de referência para o programa de colaboração técnica entre o Banco Mundial e o Ministério da Integração Nacional, para apoiar uma mudança de paradigma da gestão reativa de crise para abordagens mais proativas de gestão de eventos de seca 52

Figura 14 – Fluxograma dos processos utilizados no desenvolvimento da pesquisa..... 59

Figura 15 – Fluxo do processo de informações necessárias para a oficialização do registro e reconhecimento de um desastre..... 62

Figura 16 – Composição do Índice Integrado de Seca (IIS) 63

Figura 17 – Índices de desempenho da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (2010-2020) 72

Figura 18 – Desastres mais recorrentes no Brasil, entre os anos de 1991 a 2020, e comparação entre as últimas três décadas	77
Figura 19 – Municípios com desastres de estiagem e seca informados, entre 1991 a 2020	78
Figura 20 – Desastres de seca e estiagem, entre os anos de 1991 a 2020, e comparação entre as últimas três décadas, por Estados e Regiões do Brasil	80
Figura 21 – Municípios com desastres de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020	83
Figura 22 – Desastres de seca e estiagem, com reconhecimento federal realizado, entre os anos de 2013 a 2020, por Estados e Regiões Políticas do Brasil	84
Figura 23 – Frequência anual dos desastres de seca e estiagem com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020	85
Figura 24 – Danos humanos por estiagem e seca (seca), com reconhecimento realizado pelo governo federal, por Regiões do Brasil, entre 2013 a 2020	87
Figura 25 – Distribuição de frequência anual de pessoas afetadas por seca e estiagem no Brasil e Regiões, de 2000 a 2021: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul. Eixo horizontal: anos de 2000 a 2021; Eixo vertical: afetados (milhões de pessoas) pela seca e estiagem (linha laranja), afetado por outros eventos (linha cinza) e afetado por todos os desastres (linha azul).....	89
Figura 26 – Áreas afetadas pela seca: Índice Integrado de Seca (IIS-12) de 1982 a 2020	90
Figura 27 – Recorrência de seca entre 1982 a 2020. Padrão espaço-temporal de secas.....	93
Figura 28 – Climatologia da seca no Brasil (IIS-12 de 1982 a 2020).....	94

Figura 29 – Municípios com ocorrências de desastres de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 1991 a 2020 95

Figura 30 – Distribuição anual de frequência do IIS-12 para o Brasil e Regiões: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul, e registros de danos informados e com reconhecimentos realizados. Eixo horizontal: anos de 1982 a 2020; Eixo vertical esquerdo: área sob as condições do IIS-12 (%); eixo vertical direito: número de registros de seca/estiagem realizados pelas defesas civis municipais ou estaduais (linha preta) de 1982 a 2020, número de registros de danos informados (linha amarela) de 2013 a 2020, e número de reconhecimentos realizados (linha laranja) de 2013 a 2020 97

Figura 31 – A exposição e as áreas afetadas pela seca X impacto: Índice Integrado de Seca (IIS-12) e desastre de estiagem e seca, entre 2013 a 2020 99

Figura 32 – Dispersão entre o total de pixels das classes de seca do IIS-12 para o Brasil e Regiões: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul, e os registros de danos informados. Eixo horizontal: total de pixels das classes de seca do IIS-12; Eixo vertical: número de registros de danos informados. Os tamanhos dos pontos representam a proporção do número total de reconhecimentos realizados entre os anos de 2013 a 2020 . 102

Figura 33 – Índice de desempenho da gestão de risco e desastre de seca da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, para o município de Nossa Senhora da Glória (ano 2020) 106

Figura 34 – Municípios prioritários no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca, de 2019 a 2020 108

Figura 35 – Representação em diagrama de blocos para automatização da metodologia proposta para indicação de municípios prioritários no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca 112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição das principais variáveis para caracterizar um evento de seca	35
Quadro 2 – O ciclo de gestão de risco de desastres	47
Quadro 3 – Ciclo de gestão de risco e de desastres baseado nas ações definidas pelo Decreto N° 10.593, de 24 de dezembro de 2020.....	48
Quadro 4 – Matriz de responsabilidades das instituições envolvidas nas etapas do gerenciamento de risco e desastre de seca no Brasil.....	50
Quadro 5 – Os três pilares do marco de preparação para a seca	53
Quadro 6 – Legislações federais relacionadas à seca.....	57
Quadro 7 – Dados utilizados no estudo e aspectos temporais e espaciais	61
Quadro 8 – Atributos de verificação para análise da gestão de risco e desastre de seca	67
Quadro 9 – Atributos de verificação para análise da gestão de risco e desastre de seca	69
Quadro 10 – Definição dos tipos de danos humanos	86
Quadro 11 – Óbitos por desastre de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ranking de tipologias pelo total de danos materiais e prejuízos (1995 a 2019)	24
Tabela 2 – Classificação da seca para o Índice de Precipitação Padronizado (SPI), Índice de Saúde da Vegetação (VHI) e possíveis impactos.....	64
Tabela 3 – Fenômenos refletidos pelo Índice de Precipitação Padronizado (SPI), Índice de Saúde da Vegetação (VHI), Índice Integrado de Seca (IIS), e aplicações de acordo com a escala de tempo	65
Tabela 4 – Relação das categorias de ações e respectivos pesos	69
Tabela 5 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2010).....	70
Tabela 6 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2015).....	71
Tabela 7 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2020).....	71
Tabela 8 – Tabulação das listas de verificação dos municípios para as ações prioritárias de gerenciamento de risco e desastre de seca	73
Tabela 9 – Desastres informados no banco de dados S2iD entre os anos de 1991 a 2020	76
Tabela 10 – Desastres com reconhecimento federal realizados, entre os anos de 2013 a 2020	82

Tabela 11 – Desastres mais recorrentes e danos humanos com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020	86
--	----

Tabela 12 – Teste de hipótese, correlação (Pearson) e coeficiente de determinação entre o total de pixels das clases de seca do IIS-12 para o Brasil e Regiões, e os registros de danos informados, anos de 2013 a 2020.....	103
--	-----

Tabela 13 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, para o município de Nossa Senhora da Glória (ano base 2020)	105
--	-----

Tabela 14 – Total de municípios prioritários, por regiões, para as etapas de ações de gestão de risco e desastre de seca.....	110
---	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AVADAN	Avaliação de Desastre
BB	Banco do Brasil
CC	Casa Civil
CD	Câmara dos Deputados
CEF	Caixa Econômica Federal
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gestão de Riscos e Desastres
CENSIPAM	Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia
CEPED	Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CMIP6	<i>Coupled Model Intercomparison Project Phase 6</i>
CNM	Confederação Nacional dos Municípios
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CONAGUA	Comissão Nacional de Águas
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRED	<i>Centre for Research on the Epidemiology of Disasters</i>
CRV	Cruz Vermelha Brasileira
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DSVIA	Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas
ESGF	<i>Earth System Grid Federation</i>

EB	Comando do Exército Brasileiro
FIDE	Formulário de Informações sobre Desastres
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FPDAN	Frente Parlamentar em Defesa da Água no Nordeste
FPSDCN	Frente Parlamentar do Sistema de Defesa Civil Nacional
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GCM	<i>Global Climate Models</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GM	Gabinete do Ministro
GSI	Gabinete de Segurança Institucional
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
IDI	<i>Integrated Drought Index</i>
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IIS	Índice Integrado de Seca
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
LAGAS	Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde
LST	<i>Land Surface Temperature</i>
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
ME	Ministério da Economia
MEC	Ministério da Educação
MC	Ministério da Cidadania
MD	Ministério da Defesa
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MI	Ministério da Integração Nacional
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
MJ	Ministério da Justiça
MMA	Ministério do Meio Ambiente

MME	Ministério de Minas e Energia
MMFDH	Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos
MS	Ministério da Saúde
MT	Ministério do Turismo
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NDMC	<i>National Drought Mitigation Center</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
NOPRED	Notificação Preliminar de Desastre
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONG	Organização Não Governamental
OPAS	Organização Pan-americana de Saúde
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PA	Progressão Aritmética
PPA	Plano Plurianual
PR	Presidência da República
PRF	Polícia Rodoviária Federal
RCP	<i>Representative Concentration Pathways</i>
SAM	Subchefia de Articulação e Monitoramento
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SEDES	Secretaria Nacional de Assistência Social
SENASP	Secretaria Nacional de Segurança Pública
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SIPAM	Sistema de Proteção da Amazônia
SNINT	Secretaria Nacional de Integração Interinstitucional
SNRH	Secretaria Nacional de Segurança Hídrica
SPEI	<i>Standardized Precipitation Evapotranspiration Index</i>
SPI	<i>Standardized Precipitation Index</i>
SQA	Secretaria da Qualidade Ambiental
SRFB	Secretaria da Receita Federal do Brasil
SRI	<i>Standardized Runoff Index</i>
SSP	<i>Shared Socioeconomic Pathways</i>

SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
SUDAM	Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
UNB	Universidade de Brasília
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNDRR	<i>United Nations Office for Disaster Risk Reduction</i>
UNISDR	<i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>
UTNMH	Unidade Técnica de Determinantes da Saúde, Doenças Crônicas Não-Transmissíveis e Saúde Mental
VHI	<i>Vegetation Health Index</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Problema	26
1.2 Hipótese	27
1.3 Objetivo geral	27
1.4 Objetivos específicos	27
1.5 Justificativa	28
1.6 Estrutura da tese	29
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
2.1 Seca	30
2.2 Gestão do risco de secas no Brasil	44
2.3 O monitor de secas da ANA e o monitoramento de secas do CEMADEN	55
2.4 Arcabouço legal relacionado à seca	56
3 PROPOSTA DE PESQUISA.....	58
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	59
4.1 Dados	60
4.2 Delimitação da área e da série histórica adotada.....	60
4.3 Metodologia.....	61
4.3.1 Levantamento dos desastres de seca no Brasil	61
4.3.2 Índice de capacidade de gestão de risco e desastre de seca	66
4.3.3 Apontador de ações prioritárias para gestão de risco e desastre de seca	72
5 RESULTADOS DISCUSSÕES.....	75
5.1 Registros de ocorrências de desastres de seca no Brasil.....	75
5.2 Índice de capacidade de gestão de risco e desastre de seca – caso de atuação da SEDEC no desastre de seca da cidade de Nossa Senhora da Glória – SE, ano de 2020.....	104

5.3 Categorias de ações prioritárias para gestão de risco e desastre de Seca – uma proposta metodológica estratégica para os municípios.....	106
6 CONCLUSÕES	113
REFERÊNCIAS	116
APÊNDICE	126

1 INTRODUÇÃO

A perda de safras e rebanhos, afetando os demais setores produtivos e a economia regional são, muitas vezes, impactos de desastres associados a seca e estiagem. Aprofundar o conhecimento sobre o gerenciamento de riscos e desastres decorrentes de seca no Brasil é de extrema importância para as políticas de adaptação e resiliência aos impactos da seca em partes do país.

No Brasil apenas entre 2012 a 2015 os prejuízos causados pela seca e pelas chuvas superaram os R\$ 173,5 bilhões, afetando vários setores da economia do país (CNM, 2016).

Entre os anos de 2005 e de 2016 ocorreram 24.930 decretações resultantes de desastres, dos quais 17.862 foram associados a seca (mais de 71% dos decretos), enquanto que as chuvas foram responsáveis por 6.771 decretações, e no ano de 2013, a estiagem no Nordeste brasileiro foi considerada como uma das piores ocorrências de desastres naturais registradas no mundo, e os prejuízos somaram cerca de R\$ 18,5 bilhões, superando os limites dos cofres públicos; entre 2012 e 2016 uma a cada cinco cidades brasileiras decretaram situação de emergência ou calamidade devido aos impactos decorrentes da falta de chuvas (CNM, 2017). O Brasil tem uma rica história de secas, algumas delas com centenas de anos de registro no Nordeste do Brasil (MARENGO et al., 2021a, 2021b). Nos últimos anos observou-se secas em todas as Regiões brasileiras (CUARTAS et al., 2022. CUNHA et al., 2019), inclusive a Região Sul em 2020, estiveram expostas a eventos de seca mais severos e intensos, com destaques à seca sem precedentes ocorrida na Região Sudeste, entre os anos de 2014 e 2015 (CUNHA et al., 2019. NOBRE et al., 2016. OTTO et al., 2015), bem como a seca entre os anos de 2015 e 2016 na Amazônia, que foi considerada a mais severa dos últimos 100 anos (CUNHA et al., 2019), a seca plurianual (2012 - 2018) na Região Nordeste (NE), sendo a mais extrema da Região do Semiárido brasileiro (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2018), e a atual seca que afeta a bacia Paraná-La Plata, (NAUMANMN et al., 2021). Entre os anos de 2019 a 2020, a seca prolongada na Região do Pantanal, com incêndios subsequentes que atingiu centenas de milhares de hectares, afetou a biodiversidade natural, o agronegócio, a pecuária, e os níveis baixos dos rios comprometeu vários trechos de transporte hidroviário (LIBONATI et al., 2021, 2022. MARENGO et al., 2021a), e essa seca também se seguiu no ano de 2022 (CUARTAS et al., 2022). A recente seca no sul do país, que resultou em acentuado aumento de registros de impactos em 2020, ainda persiste até o presente.

De acordo com a Tabela 1, de 1995 a 2019, o desastre de estiagem e seca juntos foram responsáveis pelos maiores danos e prejuízos totais (danos materiais, prejuízos privados e prejuízos públicos juntos), R\$ 199,8 bilhões em todo o país (CEPED/UFSC, 2020).

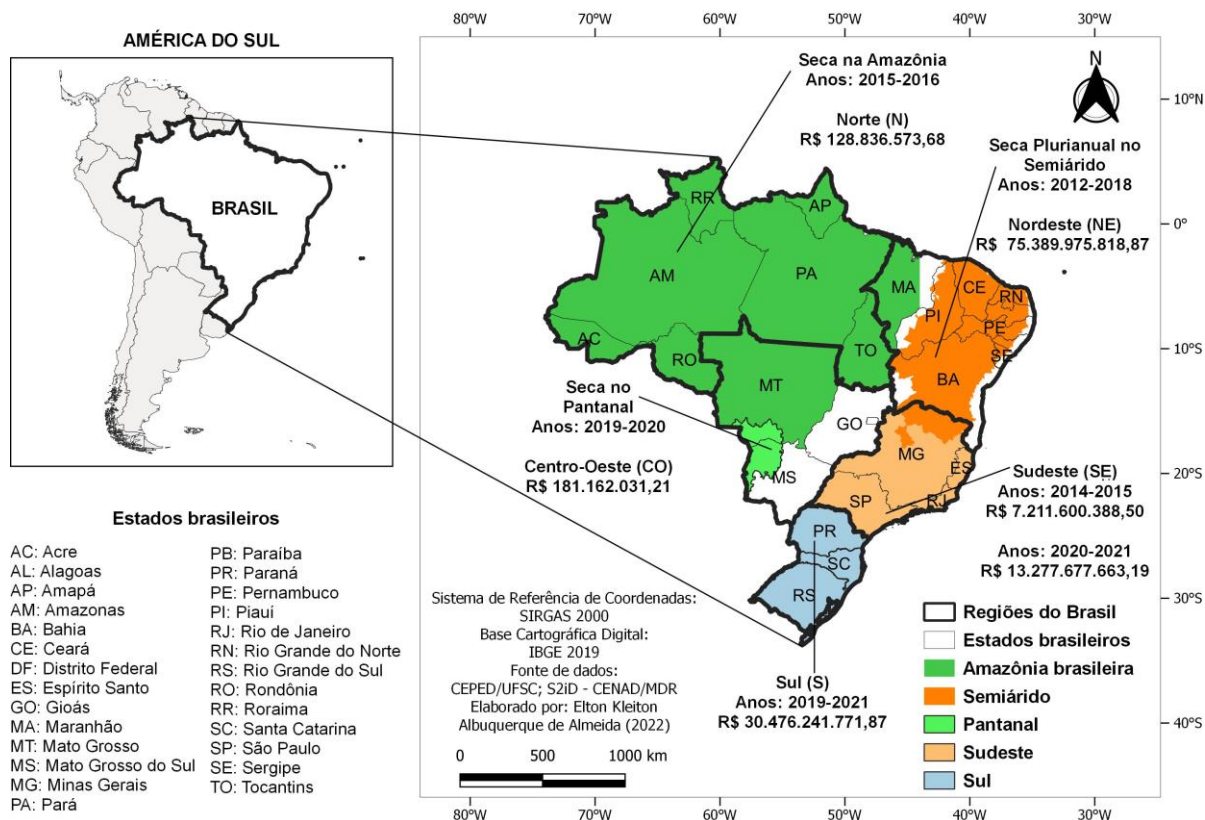
Tabela 1 – Ranking de tipologias pelo total de danos materiais e prejuízos (1995 a 2019)

Classificação	Danos e prejuízos totais (R\$)	Registros
Estiagem e Seca	199.827.733.880,93	17927
Enxurradas	54.973.642.044,00	5411
Inundações	32.176.118.836,78	3238
Chuvas Intensas	16.285.527.029,67	1538
Vendavais e Ciclones	7.001.635.741,41	1757
Granizo	6.310.856.353,56	1110
Movimento de Massa	6.261.391.090,20	446
Alagamentos	5.193.476.097,38	593
Erosão	2.301.897.706,22	341
Outros	906.874.747,40	111
Incêndio Florestal	820.353.374,93	144
Tornado	509.601.620,71	62
Onda de Frio	378.888.652,68	57
Doenças infecciosas	191.922.159,05	46
Onda de Calor e Baixa Umidade	131.849.968,46	6
Rompimento/Colapso de barragens	85.248.513,12	13

Fonte: CEPED/UFSC (2020).

Conforme os registros de danos materiais e prejuízos econômicos totais, de acordo com pesquisa realizada no Banco de Dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2iD (S2iD, 2021), indicam que no período da seca plurianual no semiárido, de 2012 a 2018, o impacto financeiro apenas na Região Nordeste foi de R\$ 75,4 bilhões, na Região Sul, entre 2019 a 2021, os prejuízos econômicos associados à seca foram de R\$ 30,5 bilhões, na seca na Região Sudeste, entre 2014 e 2015, os prejuízos foram de R\$ 7,2 bilhões e entre 2020 e 2021 foram de R\$ 13,3 bilhões, já durante a seca no Pantanal, entre 2019 a 2020, os prejuízos foram de 181,2 milhões, e na Região Norte, entre 2015 e 2016, os prejuízos econômicos foram de 128,8 milhões (Figura 1). É importante ressaltar que pode haver incerteza nos dados de registros de impactos, uma vez que não há um controle de qualidade rigoroso sobre os dados informados, e que inclusive, em alguns casos, são dados estimados.

Figura 1 – Danos materiais e prejuízos econômicos com seca e estiagem mais recentes e impactantes no Brasil (2012-2021)



Fonte: dados até 2019 - CEPED/UFSC; dados de 2020 a 2021 - banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* considera o desastre como uma grave interrupção do funcionamento de uma comunidade ou sociedade (UNISDR, 2015a).

Para Tominaga (2015),

Os desastres naturais podem ser provocados por diversos fenômenos, tais, como, inundações, escorregamentos, erosão, terremotos, tornados, furacões, tempestades, estiagem, entre outros. Além da intensidade dos fenômenos naturais, o acelerado processo de urbanização verificado nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, levou o crescimento das cidades, muitas vezes em áreas impróprias à ocupação humana, aumentando as situações de perigo e de risco a desastres naturais (2015, p. 13).

De acordo com o Marco de Sendai 2015-2030, compreender e abordar fatores criadores de risco é das prioridades estabelecidas. O gerenciamento de riscos de desastres precisa ser baseado em um entendimento claro em todas as suas dimensões de vulnerabilidade, capacidade, exposição de pessoas e ativos, características dos perigos e meio ambiente, onde tal conhecimento deve ser empregado para realizar uma avaliação de risco antes do desastre, para prevenção, mitigação, preparação adequada e resposta eficaz a desastres (UNISDR, 2015b).

Neste estudo, propõe-se apresentar uma análise de séries temporais de registros do desastre de seca no Brasil, propor uma metodologia de avaliação da gestão de risco e desastre de seca, e apresentar uma metodologia para indicar as etapas de ações prioritárias para as fases do gerenciamento do risco e desastre de seca, para contribuir no aperfeiçoamento das fases do ciclo de gestão. Pois no Brasil os flagelados da seca necessitam do apoio do governo, e o diálogo político-científico para a formulação de planos de gestão de secas ainda tem muito a evoluir (BURITI e BARBOSA, 2018). Estratégias mais indicadas para a adaptação às secas no Brasil são imprescindíveis, pois fortalece a capacidade da participação político-científica para contribuir melhor para uma adaptação às mudanças climáticas (COBO, 2018).

1.1 Problema

Aprofundar o conhecimento relacionado ao desastre de seca no Brasil, inclusive em regiões onde tais registros de desastres não eram comuns ou dominante, é de suma importância para subsidiar políticas de adaptação e resiliência aos impactos da seca, e fortalecer a gestão do risco e desastre de seca onde é pouco explorado no país. Pois, considerando que a maior parte das ações e políticas públicas voltadas para a mitigação dos impactos da seca atualmente é exclusiva para a região semiárida, é mister nacionalizar essas ações.

Diante dos impactos causados pela estiagem e seca os quais o Brasil é acometido, desencadeando sérios transtornos e prejuízos socioeconômicos e da necessidade de conhecer os pontos críticos das ações proativas e reativas do governo federal que precisam ser melhor gerenciadas e que precisam de adequação na aplicação dos recursos públicos, otimizando a gestão de riscos de desastres no Brasil concernente aos impactos de seca, espera-se que a pesquisa proposta possa responder a duas questões principais:

- i) É possível mensurar e monitorar a capacidade de gestão das ações proativas e reativas das instituições envolvidas na gestão de seca, que precisam de adequação na aplicação dos recursos públicos, otimizando a gestão de riscos e desastres no Brasil concernente aos impactos de seca?
- ii) Quais são as etapas de ações do ciclo de gestão de risco e desastre mais indicadas para o aumento da resiliência dos municípios que sofrem com desastre de seca no Brasil?

1.2 Hipótese

Tendo em vista a importância dos questionamentos, formulou-se a seguinte hipótese: ao consolidar um mapeamento das fases de gerenciamento de risco e desastre de seca no Brasil, mensurar a capacidade de gestão das etapas de ações proativas e reativas das instituições envolvidas na gestão de seca, e obter uma metodologia que permita indicar as classes de ações prioritárias, é possível contribuir na gestão da seca.

As respostas aos questionamentos poderão contribuir para o auxílio na preparação e melhor convivência com os desastres de seca, além de colaborar na gestão de riscos a desastres e subsídio para aprimoramento das ações de políticas relacionadas às secas no Brasil.

1.3 Objetivo geral

Uma contribuição à gestão de risco e desastre de seca.

1.4 Objetivos específicos

- Realizar uma caracterização da seca prolongada e análises de séries temporais de registros do desastre de seca no Brasil;
- Propor uma metodologia de avaliação das fases do gerenciamento do risco e desastre de seca;

- Propor uma metodologia para indicar as etapas de ações prioritárias para as fases do gerenciamento do risco e desastre de seca;
- Diagnosticar, com base na metodologia acima proposta, as classes de ações prioritárias para o aumento da resiliência dos municípios, no ciclo de gestão de secas.

1.5 Justificativa

A seca tem afetado diferentes regiões do Brasil (CUARTAS et al., 2022. CUNHA et al., 2019), e nesse contexto, a originalidade da presente tese está na sua relevância em aprofundar o conhecimento sobre a gestão do risco e desastre de seca no Brasil e as relações entre secas e vulnerabilidade social, para propor aperfeiçoamento em suas fases do gerenciamento, permitindo também o aprimoramento e subsídio às políticas de enfrentamento à seca no Brasil. Estudos apontam que nos últimos anos as secas tem ocorrido com maior intensidade em partes do país, como por exemplo os impactos causados aos produtores agrícolas na Região Centro-Oeste, sérias restrições de água na Região Metropolitana de São Paulo entre os anos de 2014 e 2015 (CUNHA et al., 2019. NOBRE et al., 2016. OTTO et al., 2015), eventos de secas intensas na Região Amazônica (CUNHA et al., 2019) e Pantanal (MARENGO et al., 2021a), importante seca interanual na Região Nordeste (2012-2018), causando impactos nas seguranças hídrica, alimentar, energética e econômica (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2018). Essas situações poderão ser agravadas em um cenário de mudanças climáticas. Importantes pesquisas apontam que a temperatura média do planeta vem aumentando de 0,10 a 0,25°C acima dos níveis pré-industriais, por década (IPCC 2014a, 2014b), e as projeções indicam tendência de aumento no aquecimento médio do planeta, o que pode ter consequências como episódios de secas mais intensas e prolongadas em regiões como a Amazônia Oriental ou Nordeste do Brasil (ALMAZROUI et al., 2021. IPCC 2014a, 2014b, 2014c. IPCC, 2021, 2022. UNDRR, 2021), podendo gerar consequências como aumento do potencial para focos de incêndios na Amazônia e Pantanal, e se o aquecimento médio ultrapassar os 4°C dos níveis pré-industriais no NE, o déficit hídrico seria irreversível dentre outros impactos (IPCC, 2014a), bem como impactos em outras áreas do país (IPCC, 2021b) e para tornar as regiões menos vulneráveis à seca é cada vez mais necessário a promoção de esforços da pesquisa contínua na gestão do risco e desastre de seca, integrada a uma política cada vez mais eficiente e proativa na

preparação para seca, aumentando a resiliência dos afetados, reduzindo os impactos, inclusive econômicos.

1.6 Estrutura da tese

A tese está dividida em sete capítulos. O primeiro capítulo compreende uma introdução que apresenta as razões que motivaram o desenvolvimento da pesquisa, a hipótese, os objetivos, as justificativas e a estrutura da tese.

O segundo capítulo trata da fundamentação teórica acerca dos temas abordados na pesquisa, tais como: seca, categorização de secas, parâmetros de uma seca, seca e cenários de projeções climáticas, gestão do risco de seca e arcabouço legal relacionado à seca a nível federal.

O terceiro capítulo depreende a proposta metodológica. Já o quarto capítulo refere-se as bases de dados utilizadas e os procedimentos metodológicos, onde foram detalhados, para as análises e desenvolvimento da pesquisa.

O quinto capítulo apresenta os resultados que foram analisados e apresentados com gráficos, mapas, tabelas, quadros e imagens, e as discussões após as análises e desenvolvimento de todas as etapas da pesquisa.

Por último, o sexto capítulo se refere às considerações finais, com apresentação de algumas recomendações para estudos futuros e possibilidades de aprofundamentos na temática.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Seca

A seca não deve ser encarada apenas como um fenômeno físico, devido a sua interação com as várias demandas colocadas no abastecimento de água, e é suscetível a qualquer região (WILHITE, 2000). Para Wilhite e Glantz (1985), as definições de seca podem ser categorizadas como conceituais, que define as secas em termos relativos, portanto de forma genérica, por exemplo, é um período seco prolongado, e as definições operacionais, que são mais específicas, definem as características e limites, como o início, a duração, o término, a frequência, a severidade dos episódios de seca. Wilhite e Glantz (1985) também concluíram que as definições de seca devem refletir um viés regional, uma vez que o suprimento de água é amplamente uma função do regime climático. Assim, não devemos esperar que uma definição universal seja derivada, mas que as definições devam ser específicas ao impacto ou à aplicação, refletindo as características regionais únicas como intensidade, duração e extensão, com a finalidade de serem usadas em modo operacional pelos tomadores de decisão (WILHITE, 2000). Contudo, na década de 1980, pesquisas já apresentavam mais de 150 definições publicadas de seca, refletindo diferenças em regiões, necessidades e abordagens disciplinares (NDMC, 2022a. WILHITE e GLANTZ, 1985).

Atualmente o governo brasileiro define seca como sendo um “fenômeno que ocorre naturalmente quando a precipitação registrada é significativamente inferior aos valores normais, provocando um sério desequilíbrio hídrico que afeta negativamente os sistemas de produção e de consumo” (BRASIL, 2015), e neste sentido, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), define que “a seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico”, e que estiagem é um “período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição” (BRASIL, 2012b, 2013, 2014, 2022).

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (*The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) define a seca como um período anormalmente seco, longo o suficiente para causar um sério desequilíbrio hidrológico (IPCC, 2012).

Secas recorrentes, prolongadas ou severas podem impactar substancialmente a economia, a sociedade e os ecossistemas afetados, com risco de levar à degradação ou à

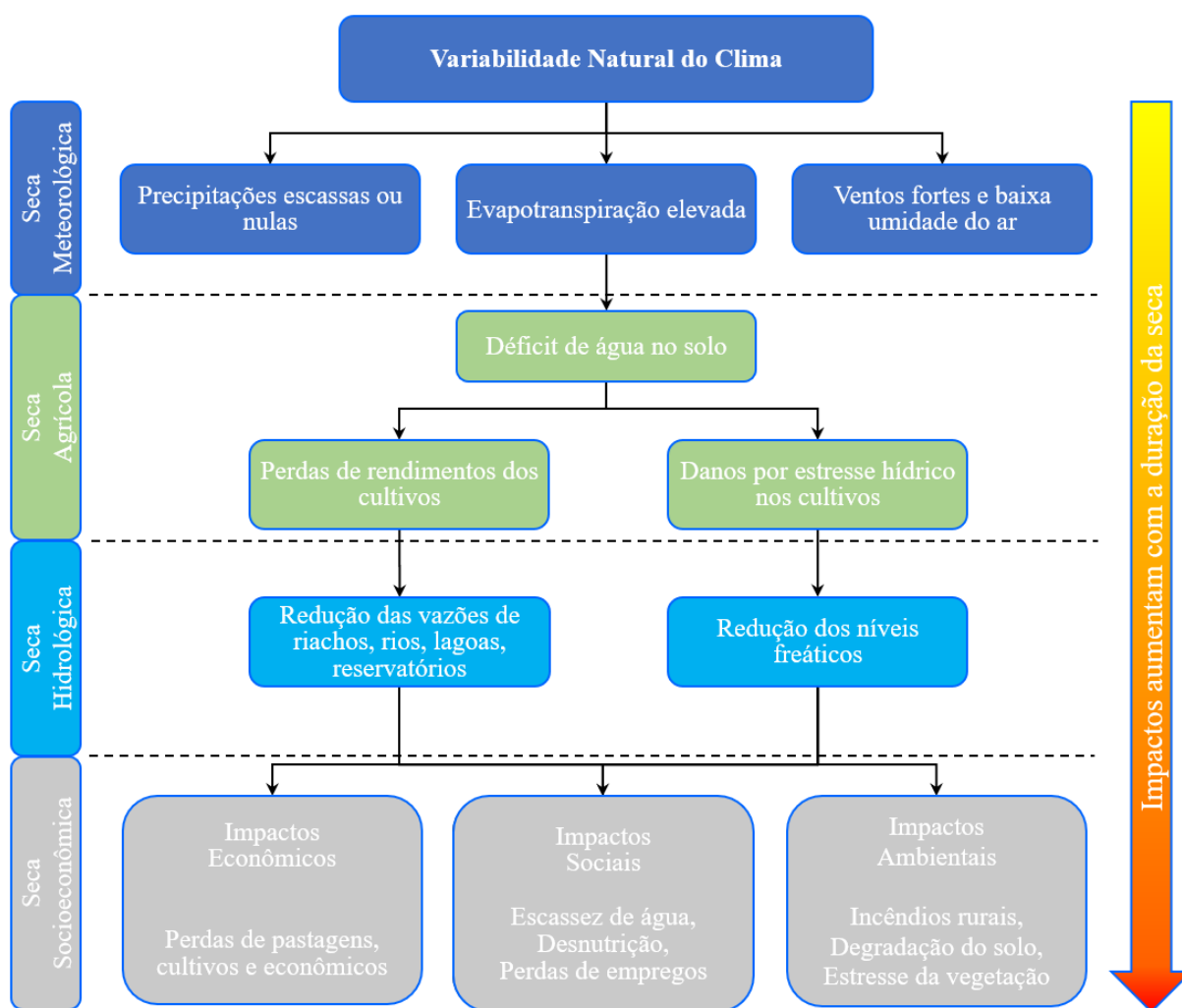
desertificação (CHERLET et al., 2018. UNDRR, 2021). De acordo com o Artigo 1 da UNCCD (2022), a desertificação é a degradação da terra em áreas secas resultante de vários fatores, incluindo variações climáticas e/ou atividades humanas. As pressões humanas quando causam uma instabilidade estrutural excessiva e insustentável, a longo prazo sobre os recursos hídricos, é um desequilíbrio chamado de escassez de água (TALLAKSEN e VAN LANEN, 2004. UNDRR, 2021). E enquanto a seca é um evento natural limitado no tempo, a aridez é uma característica de clima totalmente seco e permanente (TALLAKSEN e VAN LANEN, 2004. UNDRR, 2021. WILHITE, 2000).

A seca pode ter origem em extremos do sistema climático, como condições anticiclônicas persistentes ou advecção de massas de ar quente e seca (UNDRR, 2021). Com a redução da quantidade de precipitação de determinada região durante um período prologando, por exemplo meses ou anos, a seca pode ser intensificada com a combinação de outras condições como altas temperaturas, ventos fortes e baixa umidade do ar (WILHITE, 2000. WILHITE et al., 2014). Estes eventos de secas concomitantes com ondas de calor, ou com incêndios florestais, ou baixa umidade do ar, ou ventos fortes, ou temperaturas elevadas, é chamado de *compound events* (evento composto) (ZSCHEISCHLER et al., 2018, 2020). Por exemplo, a seca que afetou o Pantanal em 2020 foi categorizada como um evento composto de *heat-drought* (seca-calor), pois a seca e as altas temperaturas aumentaram o risco de incêndio (LIBONATI et al., 2022. MARENGO et al., 2021a).

De acordo com o NDMC (2022a), Ravelo et al. (2016), Van Loon (2015), Wilhite et al. (2014), Wilhite e Glantz, (1985), os tipos de seca são: meteorológica; agrícola; hidrológica; e socioeconômica. E uma seca poderá ter impactos mais severos conforme se propaga e persiste no ciclo hidrológico (UNDRR, 2021), Figura 2. Porém, há secas repentinas, de períodos curtos (*flash droughts*) ou verânicos (*dry spells*), de geralmente menos de três meses, resultantes de um aumento da evapotranspiração e rápido ressecamento do solo, devido a temperaturas elevadas e/ou ventos fortes (MO e LETTENMAIER, 2016).

Para Wilhite e Glantz (1985), a classificação de seca meteorológica, seca agrícola e seca hidrológica, tratam da seca como fenômeno físico, enquanto a seca socioeconômica aborda em termos de oferta e demanda, acompanhando os efeitos da escassez de água conforme ela se propaga pelos sistemas socioeconômicos. A Figura 2 ilustra essa classificação e evolução.

Figura 2 – Classificação, propagação e principais impactos das secas



Fonte: elaborado pelo autor, adaptado do NDMC (2022a), Ravelo et al. (2016), Van Loon (2015), Wilhite et al. (2014), Wilhite e Glantz, (1985).

As definições da categorização das secas são:

- **Seca meteorológica:** ocorre quando a precipitação é inferior às médias normais para uma região por um longo período de tempo (MISHRA e SINGH, 2010. RAVELO et al., 2016. VAN LOON, 2015. WILHITE et al., 2014, 1985). Se a falta de chuvas se estender por mais tempo, outras formas de secas podem ocorrer com maior impacto social e econômico (RAVELO et al., 2016). O Déficit de precipitação pode se estender e originar as secas meteorológica e agrícola (TALLAKSEN e VAN LANEN, 2004).
- **Seca agrícola:** ocorre quando há um déficit prolongado de água no solo e consequentemente estresse hídrico das plantas, prejudicando os diferentes

estágios de desenvolvimento da vegetação e colheita (MISHRA e SINGH, 2010. SIVAKUMAR et al, 2010).

- Seca hidrológica: refere-se aos efeitos do déficit prolongado de precipitação sob o suprimento de reservatórios de superfície e subterrâneos, inclusive refletindo em baixas vazões de rios, baixos níveis de lagos e aquíferos, impactando a oferta hídrica (TALLAKSEN e VAN LANEN, 2004. WILHITE, 2000). Geralmente esta classe de seca é consequência das secas meteorológica e agrícola mais severas (WILHITE, 1992).
- Seca socioeconômica: está relacionada aos impactos decorrentes das classes de secas já mencionadas anteriormente, quando o suprimento de água afeta negativamente às demandas das atividades humanas, quer seja de forma direta ou indiretamente, como impactos ecológicos ou à saúde, produção agrícola, seguranças hídrica, alimentar, energética, econômica e na navegação (VAN LOON, 2015. WILHITE, 2000). Os impactos negativos nas comunidades e em todos os elos de atividades das cadeias produtivas e sociais, podem gerar pobreza e exclusão social (RAVELO et al., 2016).

Também surgiram outros tipos de seca, como por exemplo a seca subterrânea, que inicia com a redução de recarga das águas subterrâneas e depois redução de seus níveis de descargas, e geralmente duram de meses a anos (MISHRA e SINGH, 2010), e a seca ecológica, que é um déficit de água que leva os ecossistemas aos seus limites de vulnerabilidade, estressando os sistemas naturais e humanos (CRAUSBAY et al., 2017).

O risco de incorrer em impactos significativos de uma seca depende da taxa espacial e temporal de exposição da população afetada, ativos, setores econômicos e sistemas afetados, bem como suas vulnerabilidades, onde esta última depende da suscetibilidade aos impactos, da falta de capacidade de enfrentamento e da capacidade de se adaptar a mudanças nas condições de longo prazo, e este conceito pode ser expresso pela seguinte equação de risco (UNDRR, 2021. VOGT et al., 2018):

$$\text{Risco} = f(\text{Perigo}, \text{Exposição}, \text{Vulnerabilidade}) \quad (1)$$

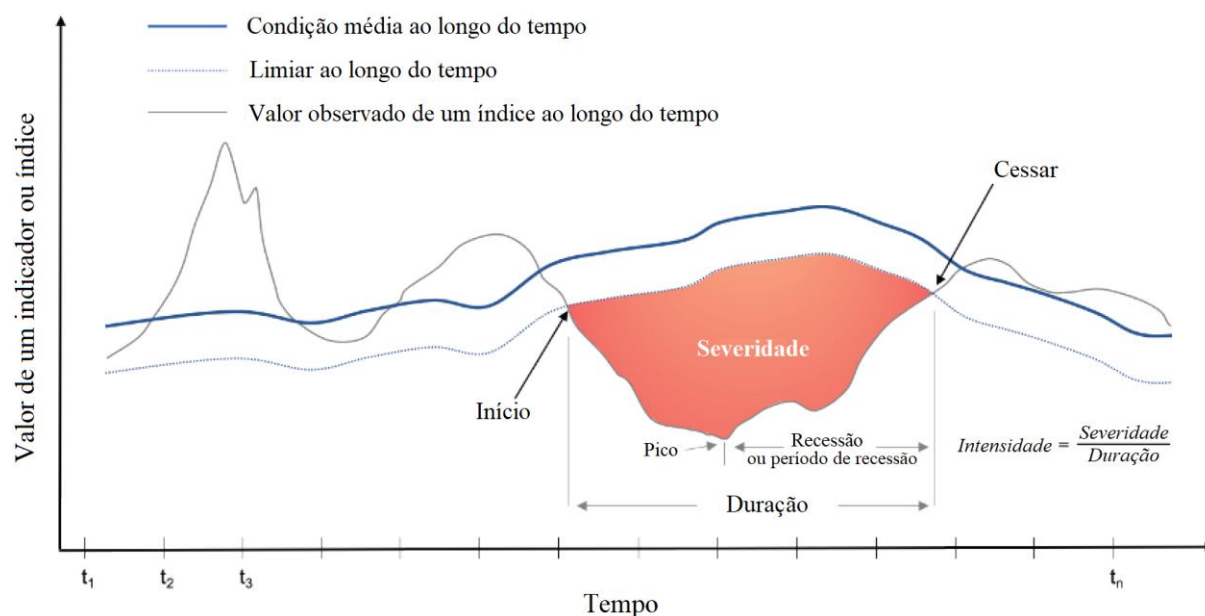
onde,

- Risco: probabilidade de ocorrência de um efeito prejudicial (UNDRR, 2019). Por exemplo, impactos de uma seca.

- Perigo: Magnitude de um déficit hidrometeorológico (VAN LANEN et al., 2017. VOGT et al., 2018).
- Exposição: refere-se a elementos de um sistema localizados em áreas que podem ser afetados adversamente pelo perigo de seca (IPCC, 2014c). Compreende as pessoas afetadas, ativos, setores, espécies ou ecossistemas (VOGT et al., 2018). Quer seja de forma direta ou indireta como sistemas comerciais e financeiros que são afetados pela seca em outras regiões (UNDRR, 2021).
- Vulnerabilidade = f (Susceptibilidade aos impactos, Falta de capacidade de enfrentamento, Falta de capacidade adaptativa) (UNDRR, 2021). Para Vogt et al. (2018) e Van Lanen et al. (2017), a vulnerabilidade é caracterizada pela sensibilidade dos elementos expostos aos efeitos prejudiciais das secas.

Entre as principais variáveis que representam os diferentes aspectos relacionados ao déficit hídrico estão: a) frequência; b) severidade, que em muitas vezes também é chamada de magnitude; c) intensidade; e d) duração. A severidade ou magnitude é representada pela área ou integral entre o início, pico e cessação da seca, descrevendo então o déficit acumulado durante toda a duração de um evento. A intensidade descreve o grau médio de precipitação, umidade do solo ou déficit de armazenamento de água durante uma seca. A duração e a área afetada estão ligadas à propagação no tempo e no espaço do déficit hídrico. Porém, também é importante notar que os impactos de uma seca ainda podem ser sentidos mesmo após o cessar do evento (UNDRR, 2021. VOGT et al., 2018), ou seja, em muitas vezes há uma latência do evento. A Figura 3 e o Quadro 1 ilustram e descrevem a visão geral das variáveis que caracterizam um evento de seca.

Figura 3 – Representação esquemática dos principais parâmetros de uma seca



Fonte: adaptado de UNDRR (2021).

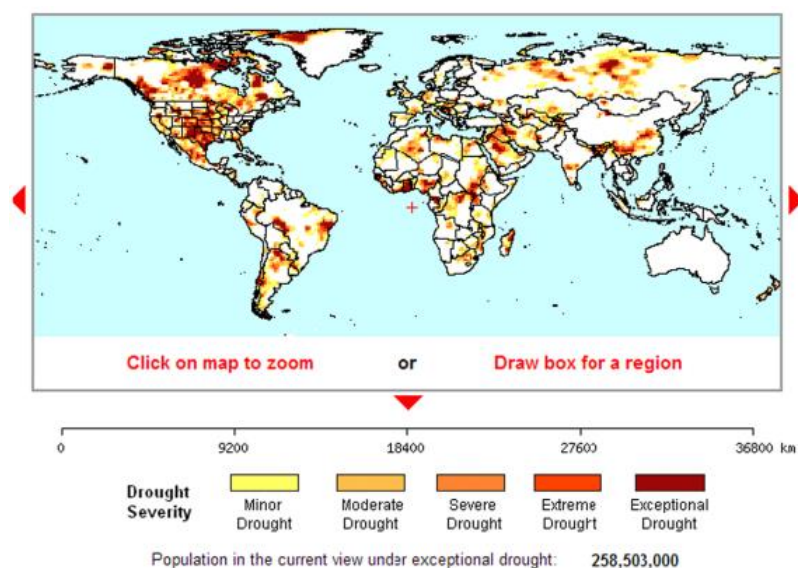
Quadro 1 – Descrição das principais variáveis para caracterizar um evento de seca

Variável	Descrição	Relevância
Frequência	Número de eventos de seca por intervalo de tempo definido	Secas mais frequentes podem causar impactos de longo prazo nos ecossistemas
Severidade (magnitude)	Relacionado ao déficit hídrico; calculado como a soma das diferenças, em valores absolutos, entre os valores do indicador de seca (DI) e o limite usado para definir o nível de seca: $S_i = \sum DI_i < \text{limite}$	Déficit de água em relação ao necessário para usos específicos (por exemplo, irrigação, consumo doméstico de água ou produção de energia)
Intensidade	Gravidade dividida pela duração do evento	Caracteriza o potencial geral de impactos
Duração	Número de dias, meses ou intervalos de tempo do evento	Secas mais longas e generalizadas podem se propagar ainda mais ao longo do ciclo hidrológico, com um maior potencial para desencadear efeitos em cascata, inclusive efeitos secundários
Início	Primeiro dia, mês ou intervalo de tempo para o qual o indicador está abaixo de um determinado valor e limiar dependente do tempo	Relevante se uma seca começar em períodos sensíveis com maior demanda de água, como plantio, floração e amadurecimento; relevante para gestão de seca e declaração de emergências de seca
Cessar	Os índices meteorológicos voltaram ao normal (ou seja, dentro da variabilidade normal), a umidade do solo é restaurada, o crescimento da pastagem se restabelece, o crescimento da floresta se restabelece, reservatórios e lagos reabastecem	Relevante para a gestão
Fim	A produtividade agrícola e do ecossistema natural retorna à condição média anterior à seca; os níveis dos lagos e reservatórios voltam às condições médias anteriores à seca; as condições socioeconômicas voltam ou se estabilizam às condições normais	Relevante para a gestão
Mês de pico	Dia ou mês com o menor valor do indicador de seca	Período com o impacto potencialmente mais forte
Área afetada	Área ou porcentagem de uma região (ou país) com valores do indicador de seca abaixo de um certo limite	Quanto mais ampla a área, mais os ativos expostos são afetados

Fonte: adaptado de Vogot et al. (2018).

As secas são perigos complexos que possuem características variadas e peculiares que afetam várias regiões do mundo e causam graves impactos ambientais e sociais (MEZA, et al., 2019). Pode ocorrer em qualquer continente, como mostrado na Figura 4, que apresenta um mapeamento realizado pela *University College of London*, que afetou mais de 258 milhões de pessoas entre os anos de 2012 a 2014 (MIYAN, 2015).

Figura 4 – População sob seca excepcional (2012 - 2014)

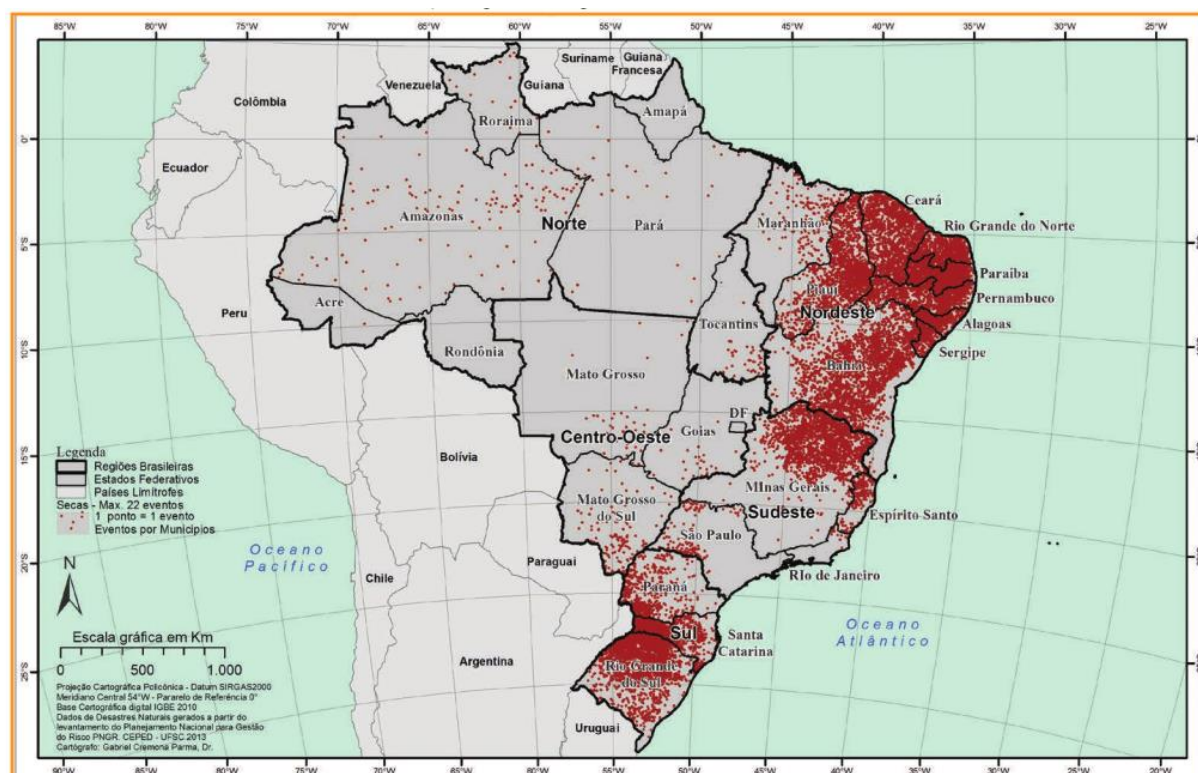


Fonte: University College London *apud* Miyan, 2015.

De acordo com o *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED), o número de afetados pela seca em todos os continentes do globo foi de cerca de 10,8 milhões de pessoas no ano de 2018 e as perdas econômicas foram da ordem de 9,7 bilhões de dólares naquele mesmo ano (CRED, 2019).

As secas estão presentes em todas as regiões do Brasil, impactando as seguranças hídricas, alimentar, energética e econômica (CUNHA et al., 2019. CGEE, 2016). Na Figura 5, cada ponto no mapa representa um evento de seca ou estiagem por cidade brasileira, ocorridos no período entre 1991 e 2012, totalizando 19.517 registros oficiais no período, sendo assim, 48% do total de todos os desastres ocorridos no Brasil (39.837) no histórico de 22 anos (CEPED, 2013).

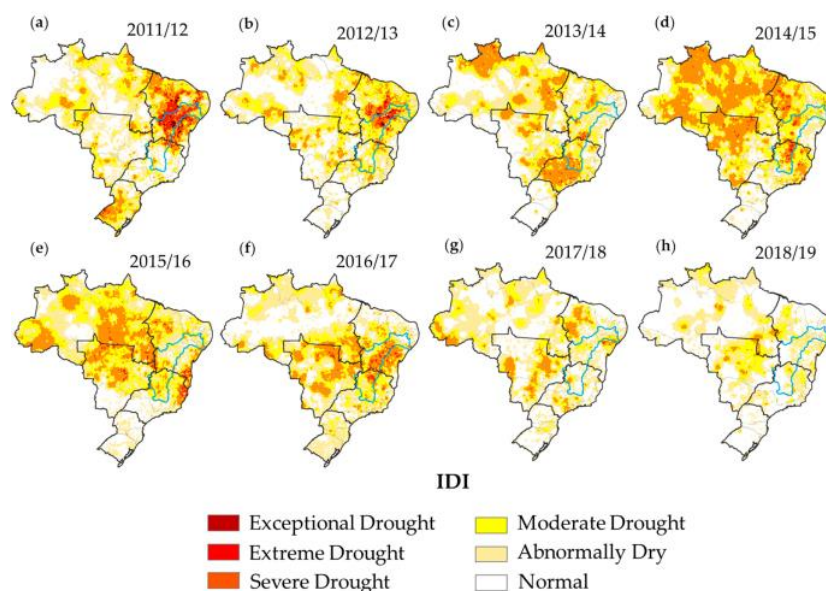
Figura 5 – Registros de estiagem e seca no Brasil, de 1991 a 2012



Fonte: CEPED, 2013.

No Brasil, as secas são mais recorrentes e generalizadas na região do Semiárido, porém, nos últimos anos outras regiões do Brasil também foram mais afetadas por secas, como por exemplo os impactos causados aos produtores agrícolas na Região Centro-Oeste, as sérias restrições de água na Região Metropolitana de São Paulo entre os anos de 2014 e 2015, impactos na Região Amazônica, dentre outras regiões afetadas, conforme observado por meio do Índice Integrado de Seca (IIS-12), Figura 6 (CUNHA et al., 2019), que apresenta a exposição e as áreas afetadas pela seca de 2011 a 2019.

Figura 6 – Índice Integrado de Seca (IIS-12) calculado para os anos hidrológicos 2011-2019 (de Out. a Set.) no Brasil. **a)** 2011/12; **b)** 2012/13; **c)** 2013/14; **d)** 2014/15; **e)** 2015/16; **f)** 2016/17, **g)** 2017/18, **h)** 2018/19. A linha azul refere-se a delimitação geografia da bacia do rio São Francisco



Fonte: Cunha et al. (2019).

O IIS combina informações meteorológicas da seca e dados de sensoriamento remoto, como indicador abrangente de monitoramento, para identificação de áreas afetadas e para avaliar os impactos da seca, e maiores detalhes são encontrados em Cunha et al. (2019). Nos oito anos da série do estudo (2011 - 2019), observou-se eventos de seca em todas as Regiões brasileiras, evidenciando que com exceção da Região Sul, as demais Regiões do Brasil foram expostas aos eventos de seca mais severos e intensos dos últimos 60 anos, com destaques também à seca sem precedentes ocorrida na Região Sudeste, entre os anos de 2014 e 2015, cuja crise hídrica impactou no abastecimento de água e geração de energia elétrica, à seca entre os anos de 2015 e 2016 na Amazônia, considerada a mais severa dos últimos 100 anos (CUNHA et al., 2019) e seca a plurianual (2012 - 2018) no NE, a mais extrema (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2018). Embora, muitas políticas tenham sido implementadas para mitigar os efeitos da seca, os efeitos prolongados das secas mostraram que é necessário mais progresso na preparação da seca em todo o país, o que envolve esclarecer e entender melhor as vulnerabilidades regionais aos efeitos da seca. Ainda é necessário avançar no gerenciamento do risco de seca no Brasil, entendendo que o

risco de seca é um produto da interação entre a exposição ao risco (déficit hídrico) e as vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais associadas ao evento, onde nesse contexto, desde 2014, o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) monitora as condições de seca em regiões importantes do Brasil (como o Semiárido Brasileiro) e, a partir de 2018, o monitoramento foi realizado com o IIS para todo o Brasil (CUNHA et al., 2019).

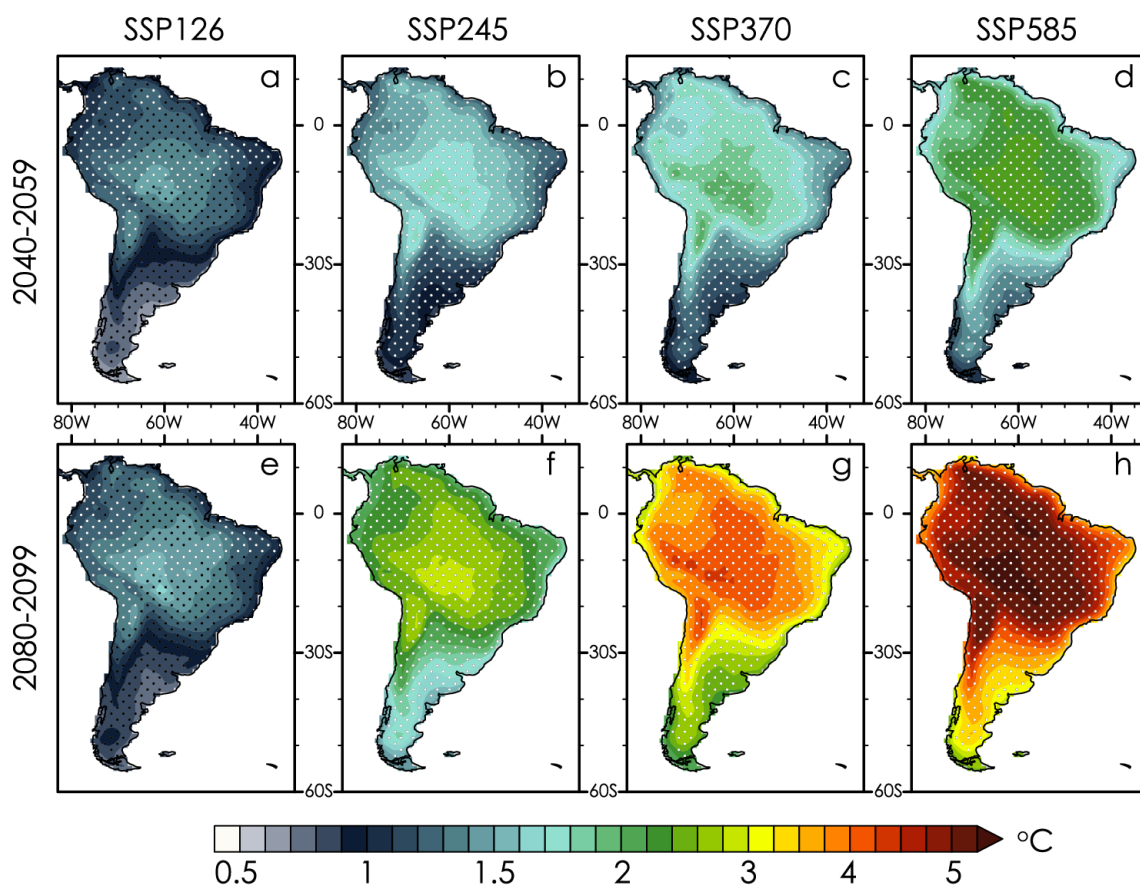
Estudos vêm alertando sobre o aumento da temperatura média do planeta e suas consequências, que já são sentidas em várias regiões do globo, como as secas e inundações, dentre outros impactos. A temperatura média do planeta vem aumentando de 0,10 a 0,25°C acima dos níveis pré-industriais, a cada década (IPCC 2014a, 2014b), e as projeções indicam uma tendência de aumento do aquecimento médio do planeta, o que pode ter consequências como episódios de secas mais intensas e prolongadas em regiões como a Amazônia oriental ou Nordeste do Brasil (Almazroui et al. 2021. IPCC 2014a, b, c, 2021, 2022. UNDRR 2021). O estresse da vegetação no Nordeste do Brasil deverá aumentar se o aquecimento médio ultrapassar os 4°C dos níveis pré-industriais, onde o déficit hídrico seria irreversível e um processo de aridificação afetaria a vegetação natural e a agricultura familiar (IPCC 2014a). Alvalá et al. (2019a), também reforçam que os impactos na agricultura familiar seriam severos e poderá causar crises na economia local. Para Cunha et al. (2015a, 2015b), as recorrentes secas nas regiões semiáridas podem induzir a baixa resiliência da vegetação, afetando consideravelmente sua capacidade de recuperação.

Recentemente, Almazroui et al. (2021) apresentaram projeções que seguem indicando tendência de aumento da temperatura média na América do Sul ao longo do século XXI (Figura 7), e mudanças na precipitação (Figuras 8 e 9). Os autores utilizaram dados simulados de um conjunto de 38 modelos climáticos globais (*Global Climate Models - GCMs*), do Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 6 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 - CMIP6*) obtidos da *Earth System Grid Federation (ESGF)* <https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip6>, para o período histórico e quatro cenários futuros (trajetórias socioeconômicas compartilhadas ou *Shared Socioeconomic Pathways – SSPs*, sobre as trajetórias representativas de concentrações ou *Representative Concentration Pathways – RCPs*): SSP1–2.6 (SSP126), SSP2–4.5 (SSP245), SSP3–7.0 (SSP370) e SSP5–8.5 (SSP585), considerando dois períodos futuros, (2040-2059) como meados do século e (2080-2099) como final do século, em relação a climatologia de referência (1995-2014).

Os estudos indicam que em todos os cenários há tendência de aumento da

temperatura média nas próximas décadas, mesmo após limitar as emissões de gases do efeito estufa, como observado no melhor cenário previsto (SSP126, nas Figura 7a e Figura 7e), e os piores cenários para o final do século XXI indicam temperaturas de 4°C acima da climatologia de referência (Figura 7g-h).

Figura 7 – Mudança da temperatura média anual (°C) para meados do século (2040–2059, **a - d**) e final do século (2080–2099, **e - h**) em relação ao período de referência (1995–2014) em quatro cenários futuros. O pontilhado preto representa as regiões onde as mudanças projetadas são maiores do que a variabilidade da linha de base (desvio padrão), enquanto os pontos brancos representam as regiões onde as mudanças projetadas são maiores que o dobro da variabilidade da linha de base

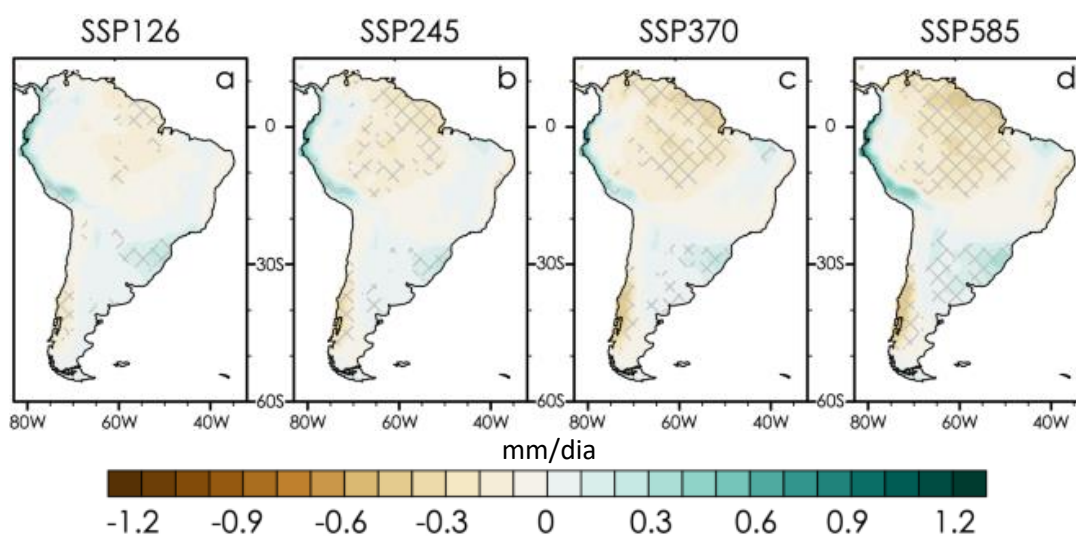


Fonte: Almazroui et al. (2021).

E tanto para meados e final do século, em todos os cenários considerados (Figuras 8 e 9), as projeções sugerem uma redução significativa na precipitação média anual em parte do cinturão tropical central, enquanto aumentos significativos tenderão a ocorrer no sudeste da

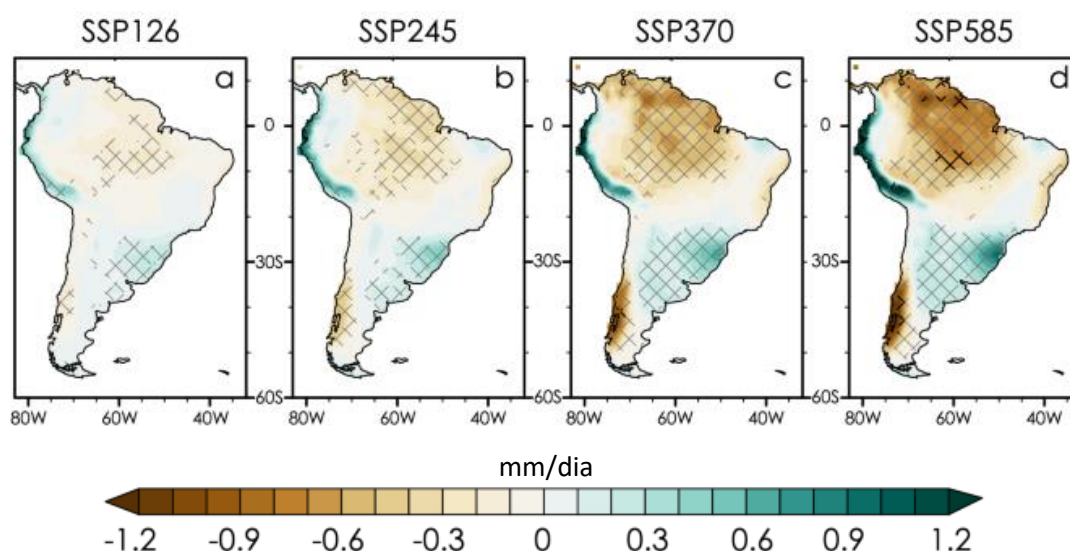
América do sul, abrangendo parte do sul do Brasil. Os autores também encontraram que as mudanças nas amplitudes anuais da precipitação sugerem uma maior contribuição relativa para a média durante os meses mais chuvosos, e diminuição durante os meses mais secos, em toda a América do Sul. Para os autores, a diminuição substancial da precipitação na floresta amazônica poderá ter impactos, como um efeito dominó, sobre os equilíbrios globais de energia, água e carbono. O desequilíbrio no regime de precipitação poderá ter sérias consequências na agricultura e na geração de energia hidroelétrica. Podendo a futura combinação de aumento da temperatura, e extremos de precipitação impactarem em secas prolongadas e frequentes, ondas de calor e incêndios florestais (ALMAZROUI et al., 2021).

Figura 8 – Mudança de precipitação para meados do século (2040-2059; mm/dia) em relação ao período de referência (1995-2014) em quatro cenários futuros **a - d** anual. O hachurado cinza representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal de mudança, o que significa que pelo menos 66% dos GCMs concordam com o sinal de mudança de precipitação. Mudanças de meados do século na amplitude de precipitação (mp; mm/dia) em todos cenários futuros. Todas as mudanças na amplitude são robustas em termos do sinal de mudança



Fonte: Almazroui et al. (2021).

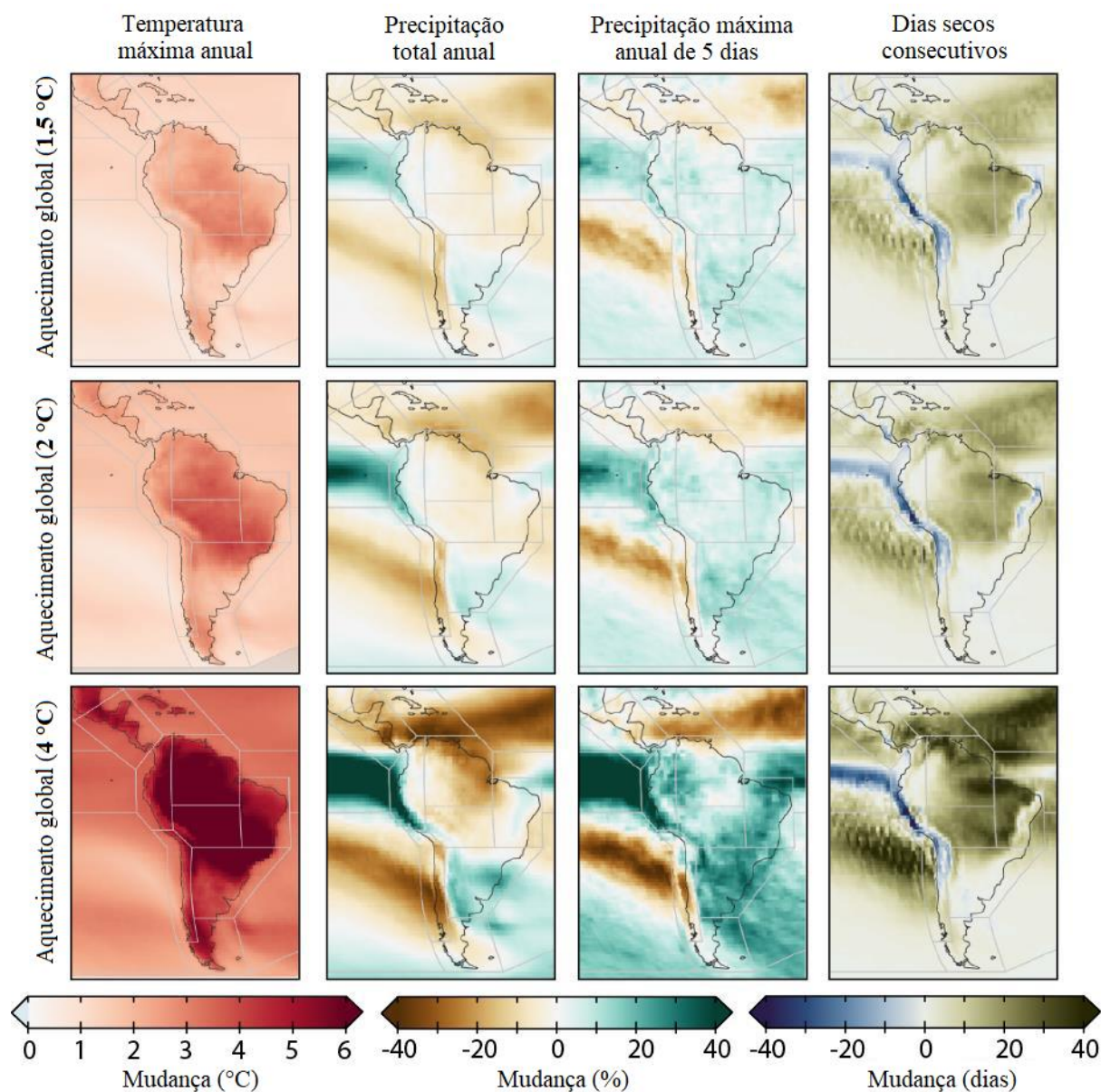
Figura 9 – Mudança de precipitação para o final do século (2080-2099; mm/dia) em relação ao período de referência (1995-2014) em quatro cenários futuros **a - d** anual. O hachurado cinza representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal de mudança, o que significa que pelo menos 66% dos GCMs concordam com o sinal de mudança de precipitação. Todas as mudanças na amplitude são robustas em termos do sinal de mudança. O hachurado preto representa as regiões onde as mudanças projetadas são robustas em termos de sinal e magnitude. A robustez em termos de magnitude é definida usando o desvio padrão do período de referência como um limite



Fonte: Almazroui et al. (2021).

Assim como Almazroui et al. (2021), o sexto relatório do IPCC (AR6) (IPCC, 2021a) utilizou-se de resultados baseados nas simulações climáticas do CMIP6 (utilizaram dados simulados da média de um conjunto de 32 modelos climáticos globais) para cenários futuros, onde aqui destacamos o pior cenário, o SSP-8.5, onde as projeções apontam as tendências de mudanças na temperatura máxima anual; na precipitação total anual; na precipitação máxima anual de cinco dias, que se refere a média anual de maiores acumulados de precipitação em cinco dias consecutivos; e dias consecutivos secos, para o aquecimento global de 1,5°C, mas também para o aquecimento global de 2°C e 4°C, em relação ao período pré-industrial (1850 a 1900) (Figura 10).

Figura 10 – Mudanças projetadas na temperatura média anual (°C), precipitação total anual (%), precipitação máxima anual de 5 dias (%), e dias secos anuais consecutivos (dias), no cenário SSP5-8.5 com aquecimento global de 1,5°C; 2°C; e 4°C, em relação a 1850-1900



Fonte: IPCC (2021b)

Com o aumento do aquecimento, espera-se grandes mudanças regionais na temperatura, chuva e umidade do solo. As projeções apontam que no norte do Brasil a intensidade e frequência das precipitações extremas e inundações tendem a aumentar, e as estatísticas para estas projeções apresentaram uma confiabilidade média, e há alta confiabilidade para um aumento do número de dias secos e na frequência de secas. Na

Amazônia, até o final do século XXI, a confiabilidade é alta para um aumento no número de dias por ano com temperaturas máximas superiores a 35°C, por mais de 150 dias consecutivos. Para o centro-oeste do Brasil, há pouca confiabilidade nas mudanças projetadas quanto a precipitação, mas alta confiabilidade no atraso de monções durante o século XXI. No nordeste e no sul do país o nível de confiabilidade é média para a tendência de um aumento na intensidade e frequência das precipitações extremas e inundações, com o nível de aquecimento global de 2°C. O relatório também pontua que, com alta confiabilidade, as projeções indicam aumentos na precipitação média e extrema desde 1960 no sul do país (IPCC, 2021a. IPCC, 2021b).

Com o aquecimento futuro, as projeções do sexto relatório do IPCC (AR6), também são de secas mais intensas nas Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, e em grande parte da Região Sudeste, como consequência das mudanças climáticas, e esse padrão é semelhante independentemente do cenário de emissões; no entanto, a magnitude da mudança aumenta sob emissões mais altas. Para o norte do Brasil a confiabilidade nas projeções de clima devido a concordância dos modelos é alta para um aumento dominante no número de dias secos e na frequência de secas; Há alta confiabilidade de um aumento dominante na duração da seca no nordeste do país; Para o centro-oeste do país, as projeções são com confiabilidade alta para aumento da seca agrícola para meados do século XXI, e aumento para um ou mais elementos entre seca, aridez e incêndios na vegetação, *compound events*, que poderão afetar uma ampla gama de setores, como agricultura, silvicultura, saúde e ecossistemas (IPCC, 2021a. IPCC, 2021b).

2.2 Gestão do risco de secas no Brasil

As secas meteorológicas são um fenômeno que ocorrem quando a precipitação fica abaixo dos níveis normais registrados, causando sérios desequilíbrios que afetam adversamente os sistemas de produção de recursos da terra (MARENGO, 2007). Eventos de seca se desenvolvem lentamente e muitas vezes passam despercebidos e têm consequências diversas e indiretas (VAN LOON, 2015).

Com o aumento da temperatura e diminuição dos índices pluviométricos, as secas têm sido mais severas nos últimos anos e o número de Municípios afetados cresce a cada ano (CNM, 2018). Estudos sobre os efeitos das mudanças climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI projetam cenários futuros com agravamento dos impactos da seca para

áreas da Amazônia, região do Semiárido e Região Sul do Brasil (MARENGO, 2007). E mais, com o possível aquecimento acima de 4° C acima dos níveis pré-industriais, em um cenário futuro, com alto risco de seca e possível desertificação em regiões do Semiárido, as atividades agrícolas poderão ser afetadas por severo estresse hídrico, podendo impactar profundamente a população dessas áreas vulneráveis (MARENGO et al, 2020).

No Brasil, o desastre tipificado como seca é o que causa maior impacto econômico. Entre 2012 e o primeiro semestre de 2017, os prejuízos causados pela seca foi de cerca de R\$ 215,6 bilhões, tanto no poder público, quanto no setor privado, sendo a Região Nordeste a mais afetada, com mais de R\$ 147,2 bilhões em prejuízos, representando 68,4% do total dos prejuízos causados pelo fenômeno. Entre os anos de 2003 a 2018, foram executadas 32.746 decretações em decorrência de desastres em todo Brasil, sendo que 23.283 (71,1%) foram decorrentes da seca. E economicamente, a saúde em decorrência da seca também tem sido severamente impactada, com cerca de R\$ 3,1 bilhões em prejuízos em todo país apenas entre os anos de 2012 a 2017 (CNM, 2018).

Dentre as prioridades do Marco de Sendai 2015-2030, propõe-se o fortalecimento da governança para gerenciar o risco de desastres, que é, portanto, necessário e promove colaboração e parceria entre mecanismos e instituições para a implementação de instrumentos relevantes para a redução do risco de desastres e para o desenvolvimento sustentável. (UNISDR, 2015b).

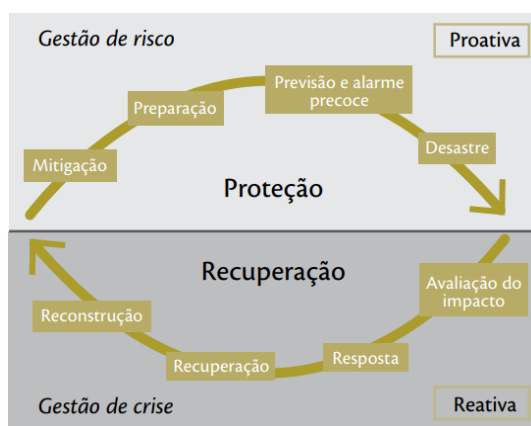
Até o presente, as ações governamentais têm sido muito reativas, ou seja, decide-se o que fazer quando um novo episódio de seca ocorre, e este paradigma precisa mudar. O Brasil precisa caminhar na direção a uma política mais proativa para o enfrentamento dos impactos da seca (CGEE, 2016).

A Confederação Nacional de Municípios (CNM) chama atenção para a necessidade da União e Estados promoverem políticas públicas de convívio com a seca, com o objetivo de socorrer os Municípios assolados por este evento negativo (CNM, 2018).

A gestão de riscos inclui ações proativas que precedem o desastre, inclusive o desastre de seca, com o objetivo de gerenciar, seja evitando ou reduzindo os impactos futuros, enfrentamento de questões complexas, compreende ações associadas à alerta precoce e monitoramento, planejamento, redução da vulnerabilidade e o desenvolvimento de políticas nacionais de gestão da seca com base em risco (CGEE, 2016. WILHITE, 2000), e infelizmente no Brasil a abordagem à seca historicamente se baseia predominantemente na gestão reativa de crises (CGEE, 2016). O gerenciamento do risco de desastres, do qual a

gestão de secas é um subconjunto, exige que cientistas e formuladores de políticas se concentrem na parte de proteção e recuperação do ciclo, Figura 11 (WILHITE, 2000). Ou seja, é necessária uma ampla participação, onde a comunidade científica trabalhe conjuntamente com os tomadores de decisão desde o início da gestão da seca, em todas as etapas dos ciclos de gestão de risco e de crise.

Figura 11 – O ciclo de gestão de risco de desastres



Fonte: Centro Nacional de Mitigação da Seca, Universidade de Nebraska-Lincoln, Lincoln, NE. Organização: CGEE (2016).

Assim, enquanto a parte da gestão de crises compreende apenas ações reativas, após os efeitos e impactos da seca, que ocorrem por consequência direta ou indireta de eventos de seca, na gestão de risco as ações proativas concentram-se em identificar vulnerabilidades e implementar medidas de forma sistemática e iterativa para diminuir os potenciais impactos previamente a ocorrência das secas (CGEE, 2016). Em termos gerais os elementos da gestão de risco de secas são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – O ciclo de gestão de risco de desastres

Ciclo	Ação	Etapa	Definição do elemento
Gestão de crise	Reativa	Avaliação do impacto	Ações que permitem estimativas precoces dos custos e perdas associados à ocorrência de seca. Os impactos são geralmente classificados como econômicos, sociais e ambientais e são difíceis de quantificar devido à sua natureza não estrutural. Metodologias ou técnicas para estimar impactos e a confiabilidade dessas estimativas são altamente variáveis de um risco natural para outro.
		Resposta	Refere-se a intervenções pós-impacto do governo e de outras pessoas que geralmente são implementadas durante ou após uma emergência e direcionadas a salvar vidas, minimizar danos à propriedade ou melhorar ou encurtar o processo de recuperação pós-desastre. Para a seca, a maioria dos esforços de resposta ocorre na forma de programas de assistência de emergência ou empréstimos com juros baixos.
		Recuperação	São ações ou atividades que restauram sistemas críticos de suporte à vida ou devolvem a vida normal às pessoas na área afetada, como serviços de transporte e comunicação, atendimento médico de emergência, moradia temporária e abastecimento de água. Muitos programas de resposta, reabilitação e mitigação são direcionados para reduzir impactos e minimizar o tempo de recuperação.
		Reabilitação	
Gestão de risco	Proativa	Mitigação	São ações, programas ou políticas de curto e longo prazo implementadas durante e antes da seca que reduzem o grau de risco à vida humana, propriedade e capacidade produtiva. Essas ações são mais eficazes se forem realizadas antes do evento. Os tipos ou formas de atividades de mitigação variam de um risco natural para outro. As ações de mitigação relacionadas à seca são, em grande parte, diferentes daquelas usadas para outros perigos naturais devido à natureza insidiosa do perigo. Um primeiro passo na mitigação é a identificação dos impactos associados às secas anteriores e uma avaliação da probabilidade desses impactos (e outros) estarem associados a futuros eventos de seca. A partir deste ponto, ações específicas podem ser identificadas para reduzir os impactos de futuros eventos de seca.
		Preparação	Refere-se a atividades pré-desastre projetadas para aumentar o nível de prontidão ou melhorar as capacidades operacionais e institucionais para responder a uma emergência (por exemplo, sistemas de aviso prévio, planos operacionais). Para a seca, os planos de contingência são úteis para denotar responsabilidades programáticas; melhorar o fluxo de informações sobre gravidade, impactos e políticas entre e dentro dos níveis do governo; e coordenação entre os níveis de governo.
		Previsão e alarme precoce	Previsão refere-se a atividades que fornecem aos usuários e formuladores de decisões / políticas previsões avançadas da ocorrência de seca. Essas previsões podem assumir várias formas, mas a probabilidade de ocorrência (tempo, duração e intensidade ou gravidade) geralmente está associada às previsões. A precisão da previsão é altamente variável entre os riscos naturais e é particularmente limitada para secas na maior parte do mundo. O prazo de entrega também é uma consideração importante para as previsões de seca; portanto, os tomadores de decisão têm ampla oportunidade de incorporar essas informações nas estratégias de planejamento e na implementação de programas de mitigação.
		Desastre	Alerta precoce se referem às atividades que fornecem informações que podem ser usadas para alertar os tomadores de decisão em todos os níveis do início da seca. Essas informações podem ser usadas por planejadores, gerentes de emergência, tomadores de decisão e de políticas e outros para implementar programas e políticas que ajudarão a reduzir o risco associado ao risco. As atividades de monitoramento incluem a coleta e análise de dados, o desenvolvimento de produtos de dados e a comunicação de produtos de dados aos tomadores de decisão e outros usuários. Os dados incluem não apenas dados físicos relacionados a perigos, mas também dados sociais e biológicos que auxiliam na definição de vulnerabilidade. Um sistema abrangente de monitoramento de secas incluiria a coleta de dados climatológicos (por exemplo, temperatura e precipitação), bem como o fluxo, níveis de reservatórios e águas subterrâneas, umidade do solo e dados de detecção remota de satélites. Essas informações são úteis em previsões de seca agrícola e hidrológica. Técnicas de monitoramento e alerta precoce, incluindo o uso de índices para rastrear as condições atuais de seca e visualizá-las em um contexto histórico.

Fonte: Wilhite (2000) e UNISDR (2009). Organização própria.

Uma ênfase maior na previsão, monitoramento, mitigação e preparação pode reduzir bastante os impactos de uma maior frequência e gravidade dos desastres naturais (WILHITE, 2000).

No Brasil, considerando as medidas de ações definidas no Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020a), os elementos da gestão de riscos e de desastres, inclusive secas são apresentados no Quadro 3.

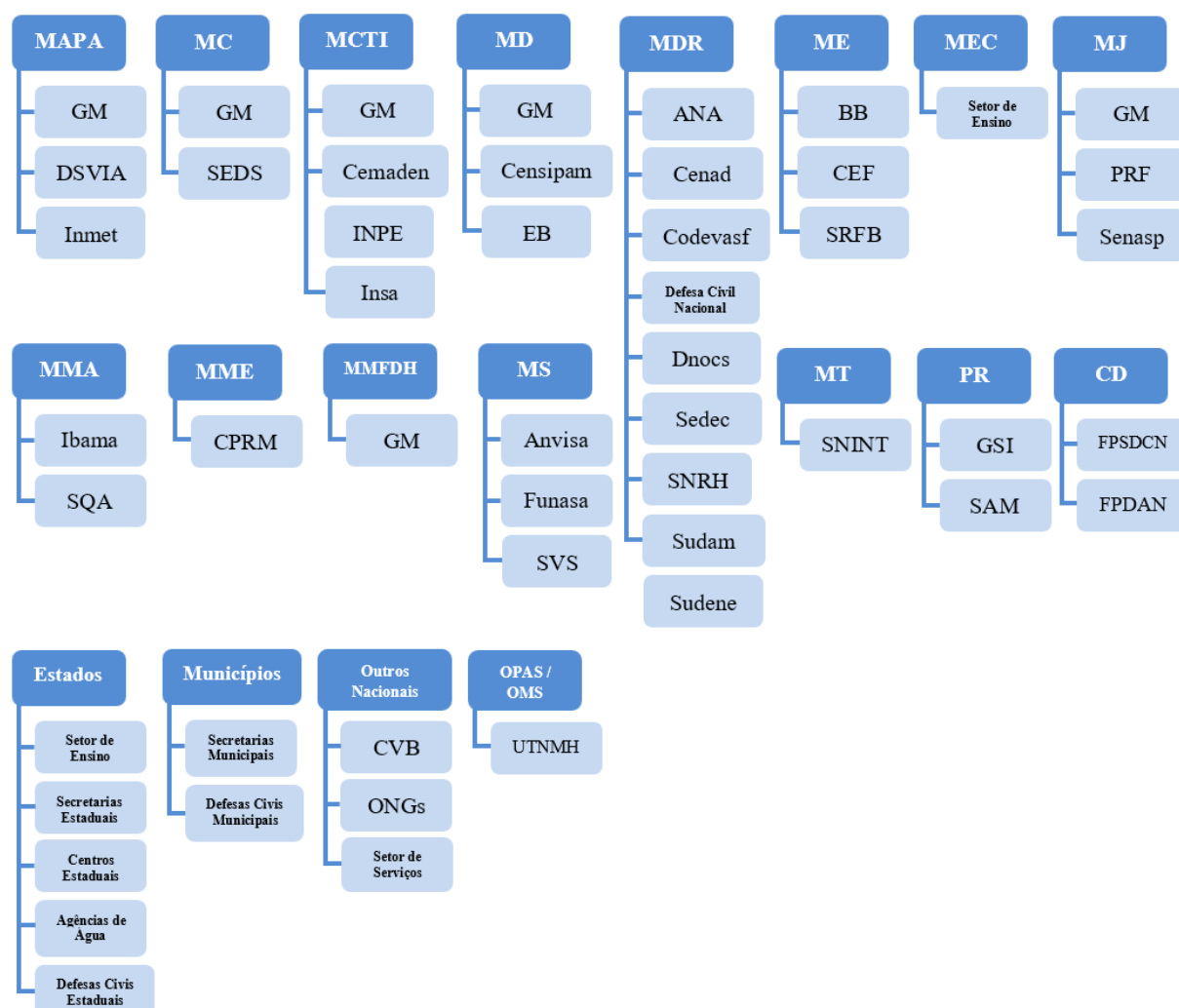
Quadro 3 – Ciclo de gestão de riscos e de desastres baseado nas ações definidas pelo Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020

Ciclo	Ação	Etapa	Definição do elemento
Gestão de risco	Proativa	Mitigação	Medidas destinadas a reduzir, limitar ou evitar o risco de desastre
		Prevenção	Medidas prioritárias destinadas a evitar a conversão de risco em desastre ou a instalação de vulnerabilidades
		Preparação	Medidas destinadas a otimizar as ações de resposta e minimizar os danos e as perdas decorrentes do desastre
Gestão de crise	Reativa	Resposta	Medidas de caráter emergencial, executadas durante ou após a ocorrência do desastre, destinadas a socorrer e assistir a população atingida e restabelecer os serviços essenciais
		Recuperação	Medidas desenvolvidas após a ocorrência do desastre destinadas a restabelecer a normalidade social que abrangem a reconstrução de infraestrutura danificada ou destruída e a recuperação do meio ambiente e da economia
		Restabelecimento	Medidas de caráter emergencial destinadas a restabelecer as condições de segurança e habitabilidade e os serviços essenciais à população na área atingida pelo desastre

Fonte: Brasil (2020a). Organização própria.

Atualmente o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), anteriormente Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e também já denominado Ministério da Integração Nacional (MI), desempenha um papel fundamental na elaboração e execução de estratégias e planos para atenuar os efeitos da seca, porém, outros ministérios e órgãos também contribuem (Figura 12) com suas diferentes ações na gestão de risco e desastre de seca (Quadro 4), e embora muito já se tenha avançado, esses progressos ainda representam apenas os estágios iniciais de uma mudança de paradigma que ainda precisa avançar nos próximos anos (CGEE, 2016).

Figura 12 – Instituições envolvidas na gestão de secas no Brasil



Fonte: elaborado pelo autor, adaptado de CGEE (2016), e com base em pesquisa realizada pelo CGEE para o MDR em 2021.

Legenda: MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; GM, Gabinete do Ministro; DSVIA, Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas; Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia; MC, Ministério da Cidadania; SEDS, Secretaria Nacional de Assistência Social; MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; Cemaden, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais; INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; Insa, Instituto Nacional do Semiárido; MD, Ministério da Defesa; Censipam, Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia; EB, Comando do Exército Brasileiro; MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional; ANA, Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico; Cenad, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres; Codevasf, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba; Denocs, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas; Sedec, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil; SNRH, Secretaria Nacional de Segurança Hídrica; Sudam, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia; Sudene, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste; ME, Ministério da Economia; BB, Banco do Brasil; CEF, Caixa Econômica Federal; SRFB, Secretaria da Receita Federal do Brasil; MEC, Ministério da Educação; MJ, Ministério da Justiça e Segurança Pública; PRF, Polícia Rodoviária Federal; Senasp, Secretaria Nacional de Segurança Pública; MMA, Ministério do Meio Ambiente; IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; SQA, Secretaria da Qualidade Ambiental; MME, Ministério de Minas e Energia; CPRM, Serviço Geológico do Brasil; MMFDH, Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos; MS, Ministério da Saúde; Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Funasa, Fundação Nacional de Saúde; SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde; MT, Ministério do Turismo; SNINT, Secretaria Nacional de Integração

Interinstitucional; PR, Presidência da República; GSI, Gabinete de Segurança Institucional; SAM/CC, Subchefia de Articulação e Monitoramento da Casa Civil; CD, Câmara dos Deputados; FPSDCN, Frente Parlamentar do Sistema de Defesa Civil Nacional; FPDAN, Frente Parlamentar em Defesa da Água no Nordeste; CVR, Cruz Vermelha Brasileira; OPAS, Organização Pan-americana de Saúde; OMS, Organização Mundial da Saúde; UTNMH, Unidade Técnica de Determinantes da Saúde, Doenças Crônicas Não-Transmissíveis e Saúde Mental.

Quadro 4 – Matriz de responsabilidades das instituições envolvidas nas etapas do gerenciamento de risco e desastre de seca no Brasil

INSTITUIÇÕES		GESTÃO DE RISCO		GESTÃO DE DESASTRE/CRISE	
INSTITUIÇÃO	ÓRGÃO	PREVENÇÃO e MITIGAÇÃO	PREPARAÇÃO	RESPOSTA	RECUPERAÇÃO
		(Análise de Risco; Medidas de Redução de Risco)	(Ações de Preparação e Monitoramento)	(Restabelecimento; Assistência humanitária; Socorro)	(Projetos de reconstrução e recuperação econômica)
MAPA	DSVIA	Sim	Sim	Sim	Sim
MAPA	GM	Sim	Não	Sim	Não
MAPA	Inmet	Sim	Não	Não	Não
MC	GM	Sim	Sim	Sim	Sim
MC	SEDS	Sim	Sim	Sim	Sim
MCTI	Cemaden	Sim	Sim	Não	Não
MCTI	GM	Sim	Não	Sim	Sim
MCTI	Inpe	Sim	Sim	Não	Não
MD	Censipam	Sim	Sim	Sim	Sim
MD	EB	Não	Sim	Sim	Não
MD	GM	Não	Não	Sim	Não
MDR	ANA	Sim	Sim	Não	Não
MDR	Cenad/Sedec	Não	Sim	Sim	Não
MDR	Codevasf	Sim	Sim	Sim	Sim
MDR	Dnocs	Sim	Sim	Sim	Sim
MDR	Sedec	Não	Não	Sim	Não
MDR	SNRH	Sim	Não	Não	Não
MDR	Sudam	Sim	Sim	Não	Não
MDR	Sudene	Sim	Não	Não	Não
ME	BB	Não	Não	Sim	Sim
ME	CEF	Não	Não	Sim	Sim
ME	SRFB	Não	Não	Sim	Não
MJ	PRF	Não	Não	Sim	Sim
MJ	GM	Não	Não	Sim	Não
MJ	Senasp	Não	Não	Sim	Não
MMA	Ibama	Sim	Não	Não	Não
MMA	SQA	Sim	Não	Não	Não
MME	CPRM	Sim	Sim	Não	Não
MMFDH	GM	Sim	Não	Sim	Não
MS	Anvisa	Sim	Sim	Sim	Sim
MS	Funasa	Não	Não	Sim	Sim
MS	SVS	Não	Sim	Sim	Não
MT	SNINT	Não	Não	Sim	Não
PR	GSI	Sim	Sim	Sim	Sim
PR	SAM/CC	Sim	Não	Sim	Não
UNB	Lagas	Sim	Sim	Sim	Sim
CD	FPDAN	Sim	Não	Sim	Não
CD	FPSDCN	Sim	Não	Sim	Não
CVB	CVB	Não	Não	Sim	Não
OPAS/OMS	UTNMH OPAS/OMS	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: elaborado pelo autor, com base em dados de pesquisa realizada pelo CGEE para o MDR em 2021.

Legenda: MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; DSVIA, Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas; GM, Gabinete do Ministro; Inmet, Instituto Nacional de Meteorologia; MC, Ministério da Cidadania; SEDS, Secretaria Nacional de Assistência Social; MCTI, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; Cemaden, Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais; INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; MD, Ministério da Defesa; Censipam, Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia; EB, Comando do Exército Brasileiro; MDR, Ministério do Desenvolvimento Regional; ANA, Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico; Cenad, Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres; Sedec, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil; Codevasf, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba; Denocs, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas; SNRH, Secretaria Nacional de Segurança Hídrica; Sudam, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia; Sudene, Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste; ME, Ministério da Economia; BB, Banco do Brasil; CEF, Caixa Econômica Federal; SRFB, Secretaria da Receita Federal do Brasil; MJ, Ministério da Justiça e Segurança Pública; PRF, Polícia Rodoviária Federal; Senasp, Secretaria Nacional de Segurança Pública; MMA, Ministério do Meio Ambiente; IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; SQA, Secretaria da Qualidade Ambiental; MME, Ministério de Minas e Energia; CPRM, Serviço Geológico do Brasil; MMFDH, Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos; MS, Ministério da Saúde; Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Funasa, Fundação Nacional de Saúde; SVS, Secretaria de Vigilância em Saúde; MT, Ministério do Turismo; SNINT, Secretaria Nacional de Integração Interinstitucional; PR, Presidência da República; GSI, Gabinete de Segurança Institucional; SAM/CC, Subchefia de Articulação e Monitoramento da Casa Civil; UNB, Universidade de Brasília; Lagas, Laboratório de Geografia, Ambiente e Saúde; CD, Câmara dos Deputados; FPDAN, Frente Parlamentar em Defesa da Água no Nordeste; FPSDCN, Frente Parlamentar do Sistema de Defesa Civil Nacional; CVR, Cruz Vermelha Brasileira; OPAS, Organização Pan-americana de Saúde; OMS, Organização Mundial da Saúde; UTNMH, Unidade Técnica de Determinantes da Saúde, Doenças Crônicas Não-Transmissíveis e Saúde Mental.

O Brasil mantém um programa de colaboração técnica sobre preparação para a seca e resiliência climática em parceria com o Banco Mundial, tendo apoiado os governos estaduais na gestão de recursos hídricos, abastecimento de água e esgoto, irrigação, desenvolvimento regional e rural e gestão de risco de desastres por muitos anos, bem como desenvolvendo e institucionalizando abordagens proativas para lidar com eventos recorrentes de seca, com o benefício adicional de desenvolver ferramentas, estruturas, processos e plataformas de intercâmbio com os quais outros países também pudessem aprender e promover a inovação em torno desse tema. Alguns projetos financiados pelo Banco Mundial e relacionados à mitigação da seca na Região Nordeste concentraram-se no desenvolvimento comunitário e regional, diversificação de renda e agricultura climaticamente inteligente, entre outras prioridades. O Banco Mundial desempenhou um papel importante no desenvolvimento e organização de um arcabouço conceitual para a mudança de paradigma almejada através da mobilização da experiência nacional e internacional do Estado do Ceará (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme), do México (Comissão Nacional de Águas - Conagua), da Espanha (vários governos locais e especialistas acadêmicos) e dos Estados Unidos (Centro Nacional de Mitigação da Seca – NDMC) e vários outros especialistas acadêmicos. Outro grande feito por meio da parceira foi o desenvolvimento do marco de preparação para a seca (CGEE, 2016), Figura 13. A colaboração também gerou o Monitor de

Secas sob a coordenação da Funceme, que em seguida passou a ser coordenado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Figura 13 – Os “três pilares da preparação para a seca” que proporcionam um marco de referência para o programa de colaboração técnica entre o Banco Mundial e o Ministério da Integração Nacional, para apoiar uma mudança de paradigma da gestão reativa de crise para abordagens mais proativas de gestão de eventos de seca



Fonte: adaptado de CGEE (2016) e UNDRR (2019, 2021), a partir de Pischke and Stefanski (2018).

Embora seja impossível controlar a ocorrência de secas, os impactos resultantes podem ser mitigados por meio de estratégias adequadas de vigilância e gestão em um plano de gestão de secas (UNDRR, 2019, 2021), em uma abordagem proativa à preparação para a seca. E neste sentido, o marco de preparação para a seca é composto de três pilares: monitoramento e previsão/alerta precoce; avaliação de vulnerabilidade/resiliência e de impacto; mitigação e planejamento e medidas de resposta, como instrumentos ou ferramentas-chave para uma política de preparação para a seca (CGEE, 2016. UNDRR, 2019, 2021). A interação entre os três pilares indica que o planejamento para a seca deve ser encarado como um processo contínuo (WILHITE et al., 2005, *apud* CGEE, 2016). Os pilares do marco de preparação para a seca estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5 – Os três pilares do marco de preparação para a seca

Pilar	Descrição
Monitoramento e previsão/alerta precoce	Refere-se a sistemas de monitoramento e alerta precoce que são a base dos outros elementos da preparação para a seca. Ele inclui o monitoramento de indicadores relevantes (ex., precipitação, temperatura, evapotranspiração, previsões meteorológicas sazonais, umidade do solo, vazão, níveis de reservatórios e lagos etc) e a utilização de índices apropriados através do esforço coordenado de indivíduos, instituições e sistemas de informação. Ele exige a análise integrada de dados com ferramentas que podem ser usadas pelos tomadores de decisão para detectar as secas e melhorar a preparação e resposta a elas por meio de ações e gatilhos associados.
Avaliação de vulnerabilidade/resiliência e de impactos	Incentiva as partes interessadas a estabelecer um diálogo sobre os riscos antes da ocorrência de uma seca, para que as prioridades possam ser identificadas e negociadas com base em "quem" (ou seja, quais partes interessadas) e "o que" (que setores econômicos) devem ser envolvidos na preparação e resposta à seca. Além disso, indicadores e procedimentos de notificação de impactos estabelecidos através dessas avaliações podem ajudar a aumentar a tempestividade do planejamento e da gestão no início de um evento de seca. O rastreamento dos impactos também pode fornecer informações críticas para o monitoramento e a avaliação dos benefícios e custos socioeconômicos da preparação para a seca, possibilitando que as comunidades trabalhem para fortalecer sua capacidade e resiliência.
Planejamento e medidas de mitigação e resposta	Diz respeito ao planejamento da mitigação e da resposta para desenvolver medidas proativas que aumentem a capacidade de resposta de uma comunidade, bem como medidas de resposta alinhadas com os princípios de redução de risco. Este pilar inclui um plano operacional de resposta à seca com ações pré-acordadas, definindo quando e como os diferentes setores devem responder para mitigar os impactos da seca.

Fonte: CGEE (2016). Organização própria.

É importante que a preparação para a seca e desenvolvimento de resiliência de longo prazo devam ser implementadas em tempos de “não seca”, ou seja, antes de um evento de seca, e baseado em sistema de monitoramento e alerta precoce robusto, acompanhado da avaliação de vulnerabilidade e resiliência da comunidade ou região e relacionado a gatilhos de políticas e ações de gestão e decisões de investimento de longo prazo (CGEE, 2016).

Vários casos mostram que as mudanças na gestão dos riscos relacionados ao clima (neste caso, seca) podem ser mais prontamente realizadas quando: (a) um evento de foco (climático, legal ou social) ocorre, criando consciência pública generalizada e oportunidades de ação ; (b) a liderança e o público, os chamados “*policy entrepreneurs*”, estão engajados; e (c) uma base para integrar pesquisa e gerenciamento seja estabelecida (PULWARTY & MAIA, 2015; WILHITE & PULWARTY, 2017; GLEICK, S., 2018, *apud* UNDRR, 2019), onde a sinergia entre a sociedade, governo e ciência está intimamente associada aos casos de sucesso na gestão de desastres, inclusive no enfrentamento à seca.

O governo federal brasileiro tem implementado ações ou programas emergenciais frente aos impactos da seca na região do semiárido brasileiro: Operação Carro-Pipa, Construção de Cisternas, Recuperação de Poços, Bolsa Estiagem, Garantia Safra, Linha de Crédito (BRASIL, 2012b. GUTIÉRREZ et al., 2014).

Outro destaque do governo federal dentro da problemática de seca, é o Monitor de Secas, que produz um diagnóstico, a curto e longo prazo, da situação de seca na região Semiárida brasileira, utilizando como indicadores um conjunto de variáveis climáticas e hidrológicas. O Monitor de Secas é mantido pela ANA, e é operado com parceria proativa de Estados do país (ANA, 2021).

O CEMADEN tem exercido protagonismo essencial na pesquisa e desenvolvimento, ensino e operação técnica na gestão do risco de desastre de secas, dentre outros tipos de desastres. Na pesquisa, tem contribuído cada vez mais com conhecimento no estado da arte não só em secas, mas nos diversos temas dentro das linhas de pesquisas: Processos Geodinâmicos Aplicados a Desastres Naturais; Extremos Meteorológicos e Climatológicos Aplicados a Desastres Naturais; Extremos Hidrológicos Aplicados a Desastres Naturais; Monitoramento da vegetação e Riscos de Incêndios Florestais; Extremos Agrometeorológicos Aplicados a Desastres Naturais; Vulnerabilidade Associada a Desastres Naturais; Modelagem Integrada de Desastres Naturais. No ensino, de forma associativa com a Universidade Estadual Paulista (UNESP), iniciou o programa de pós-graduação em Desastres Naturais, com turmas de mestrado e doutorado a partir de 2019. Na operação técnica, tem exercido papel de excelência na etapa de Previsão e Alerta Precoce, em sinergia com outros parceiros das esferas federal, estadual e municipal. Dentre os esforços do CEMADEN, destaca-se a integração do monitoramento de secas com a previsão sazonal e subsazonal para o alerta mais eficiente à tomada de decisões tendo em vista os impactos da seca no território brasileiro, e também a pesquisa e desenvolvimento aplicados ao monitoramento da seca com foco na Região Semiárida do Brasil, para apoiar as atividades do Governo Federal relacionadas à mitigação do impacto da seca (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2018), sendo que a partir de 2018 o monitoramento de seca do CEMADEN foi estendido para todo o Brasil, e hoje também se destaca em seu monitoramento do risco de seca com foco na agricultura familiar. O Programa de Monitoramento de Secas do CEMADEN e o Monitor de Secas coordenado pela ANA também são excelentes exemplos de desenvolvimento científico e tecnológico conjunto na construção de indicadores para monitoramento e previsão de secas (MARENGO et al., 2018).

2.3 O monitor de secas da ANA e o monitoramento de secas do CEMADEN

A ANA e o CEMADEN marcam a quebra do paradigma da gestão de crise (ciclo reativo como forma de gerenciamento de secas) para o fortalecimento da gestão de risco (ciclo proativo) no Brasil.

Coordenado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), o Monitor de Secas, em parceria com várias instituições federais e dos Estados Federativos do Brasil, produzem um mapeamento da ocorrência, severidade e extensão de diferentes intensidades de seca, com indicadores que refletem o curto prazo (últimos 3, 4 e 6 meses) e o longo prazo (últimos 12, 18 e 24 meses)(ANA, 2021), como no Monitor de Secas dos Estados unidos e o Monitor de Secas do México. No Brasil, o Monitor de Secas começou em 2014 com foco na Região Nordeste e teve sua expansão a partir de 2018, com inclusão de 20 Estados e o Distrito Federal, portanto, com participação em todas as regiões do País, sendo quatro por inteiro: Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste (ANA, 2021). A instituição do Programa Monitor de Secas fortalece a consolidação de sua expansão para todo o país (ANA, 2020).

O mapa diagnóstico como ferramenta do processo de acompanhamento regular e periódica, com atualização mensal, do Monitor de Secas é baseado em três índices: Índice Padronizado de Precipitação (*Standardized Precipitation Index - SPI*, McKee et al, 1993), Índice de Evapotranspiração Padronizado por Precipitação (*Standardized Precipitation Evapotranspiration Index - SPEI*, Vicente-Serrano et al., 2010), e o Índice de Escoamento Padronizado (*Standardized Runoff Index - SRI*, Shukla & Wood, 2008). O produto são mapeamentos com a categorização: sem seca relativa, seca fraca (S0), seca moderada (S1), seca grave (S2), seca extrema (S3) e seca excepcional (S4).

O CEMADEN realiza continuamente o monitoramento de secas e impactos, e o prognóstico sazonal e sub-sazonal para todo o Brasil, com atualizações mensais. O diagnóstico das condições de seca leva em consideração a análise de climatologia sinótica e o monitoramento por índices de secas que compõem o Índice Integrado de Seca - IIS (*Integrated Drought Index - IDI*, Cunha et al., 2019) para analisar os impactos de seca nos últimos três e seis meses, e o monitoramento da umidade do solo, mapeado com dados derivados do satélite Grace da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), para estimar a quantidade de água em uma camada a 1 m de solo, bem como dados estimados SMOS (*Soil Moisture Ocean Salinity*) da (ESA – Agência Espacial Europeia). Os mapas têm

categorização: normal, seca fraca, seca moderada, seca severa, seca extrema, e seca excepcional (CEMADEN, 2023).

O CEMADEN também realiza sistematicamente o monitoramento da seca hidrológica para todo o Brasil, apresentando mensalmente os diagnósticos e os cenários dos principais reservatórios do país, compreendendo, portanto, a análise da situação atual dos principais reservatórios, previsão de chuva com foco nas principais bacias de captação, baseado em modelagem numérica, bem como a projeção de vazão e armazenamento para os próximos meses. (CEMADEN, 2023).

A ANA com o Monitor de Secas; e o CEMADEN com o IIS, monitoramento da umidade do solo e climático, caracterizam a realização de ações de preparação fundamentalmente importantes como semelhança de participação na gestão de risco (ciclo de gestão proativa). Porém, o monitoramento da ANA não incorpora o impacto da seca sobre a vida humana (SOUZA & OLIVEIRA, 2019), embora seja caracterizado como atuação em diagnóstico. Por outro lado, o CEMADEN realiza o monitoramento dos impactos da seca no Brasil, baseado no IIS, que leva em consideração a anomalia negativa de precipitação e o déficit hídrico do solo (CUNHA et al., 2019). O CEMADEN também realiza o monitoramento do risco de seca com foco na agricultura familiar, ou seja, não apenas os impactos por meio do IIS ou de índices de vazão, mas também por meio da análise combinada do perigo, vulnerabilidade e capacidades (CEMADEN, 2023), portanto, caracterizado atuação também nos impactos da seca sobre a vida humana.

2.4 Arcabouço legal relacionado à seca

A Constituição aduz que a responsabilidade política pelas catástrofes naturais, como a seca, é de competência do Governo Federal, que articula conjuntamente com os estados afetados (CGEE, 2016).

O Quadro 6 apresenta a atual legislação federal que rege normas relacionadas à seca, e que podem ser utilizadas para se repensar em políticas públicas integradas e integradoras dos aspectos ambientais, sociais, econômicos, culturais, territoriais, políticos, dentre outros, que podem auxiliar na adaptação à seca (CNM, 2017).

Quadro 6 – Legislações federais relacionadas à seca

Legislação	Definição	Conexão com a seca
Lei 13.153/2015 (BRASIL, 2015)	Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências.	Essa política tem como principal objetivo instituir mecanismos de prevenção, proteção, preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais em todo o território nacional. Importante destacar que essa lei busca melhorar as condições de vida das populações afetadas pelos processos de desertificação e pela ocorrência de secas.
Lei 12.608/2012 (BRASIL, 2012a)	Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Conpdec); autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres.	Essa política traz o dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios de adotar medidas necessárias à redução dos riscos de desastre e estimular comportamentos de prevenção capazes de evitar ou minimizar a ocorrência de desastres.
Lei 12.187/2009 (BRASIL, 2009)	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC).	A Política Nacional sobre Mudanças do Clima trata de forma indireta os recursos hídricos ao determinar como objetivos a preservação, a conservação, a recuperação dos recursos naturais e, como diretriz, medidas de adaptação para reduzir os efeitos adversos da mudança do clima e a vulnerabilidade dos sistemas ambiental, social e econômico.
Lei 9.433/1997 (BRASIL, 1997)	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos; cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	Essa política tem por objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos com vistas ao desenvolvimento sustentável e a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos (chuvas, secas e enchentes), sejam eles naturais ou decorrentes do mau uso dos recursos naturais.
Lei 11.445/2007 (BRASIL, 2007)	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.	Problemas com a escassez de água e a ausência de saneamento básico torna boa parte das águas impróprias para o uso humano. Nesse sentido, a efetiva implementação dessa política traz como um dos principais resultados a melhoria da qualidade de vida e das condições ambientais e de saúde pública.

Fonte: CNM (2017).

A existência da legislação vigente relacionada a seca não refreia a necessidade de melhorias significativas na gestão de risco e de desastre da seca. Para Buriti e Barbosa (2018), os flagelados da seca necessitam do apoio do governo, e o diálogo político-científico para a formulação de planos de gestão de secas ainda tem muito a evoluir, e o país ainda não desenvolveu uma capacidade de resposta adequada para a gestão desse evento extremo. Adicionalmente, é necessário fortalecer as instituições vinculadas à gestão do risco de secas, promover a qualificação de seus agentes e articular instituições governamentais, das diferentes esferas de poder (municípios, estados e União), com o objetivo de convergir esforços dos diversos parceiros institucionais para promover a gestão sustentável das secas, com participação social (COBO, 2018).

3 PROPOSTA DE PESQUISA

A presente pesquisa propõe uma metodologia para avaliação das etapas de ações do ciclo de gestão de risco e desastre de seca, ao nível de município, que pode ser utilizado pelas instituições envolvidas no gerenciamento do desastre de seca, e propor uma metodologia como estratégia para indicar as etapas de ações prioritárias para empenho nos esforços nas fases do gerenciamento do risco e desastre de seca para cada município, além de apresentar uma análise de séries temporais de registros de desastre de seca no Brasil, para obter contribuições úteis em aplicações nas diversas áreas inovadoras no âmbito de Desastres Naturais associados a eventos de secas, estiagem, escassez de água, análise de dados, gestão de riscos e desastres, políticas de adaptação e resiliência ao desastre de seca.

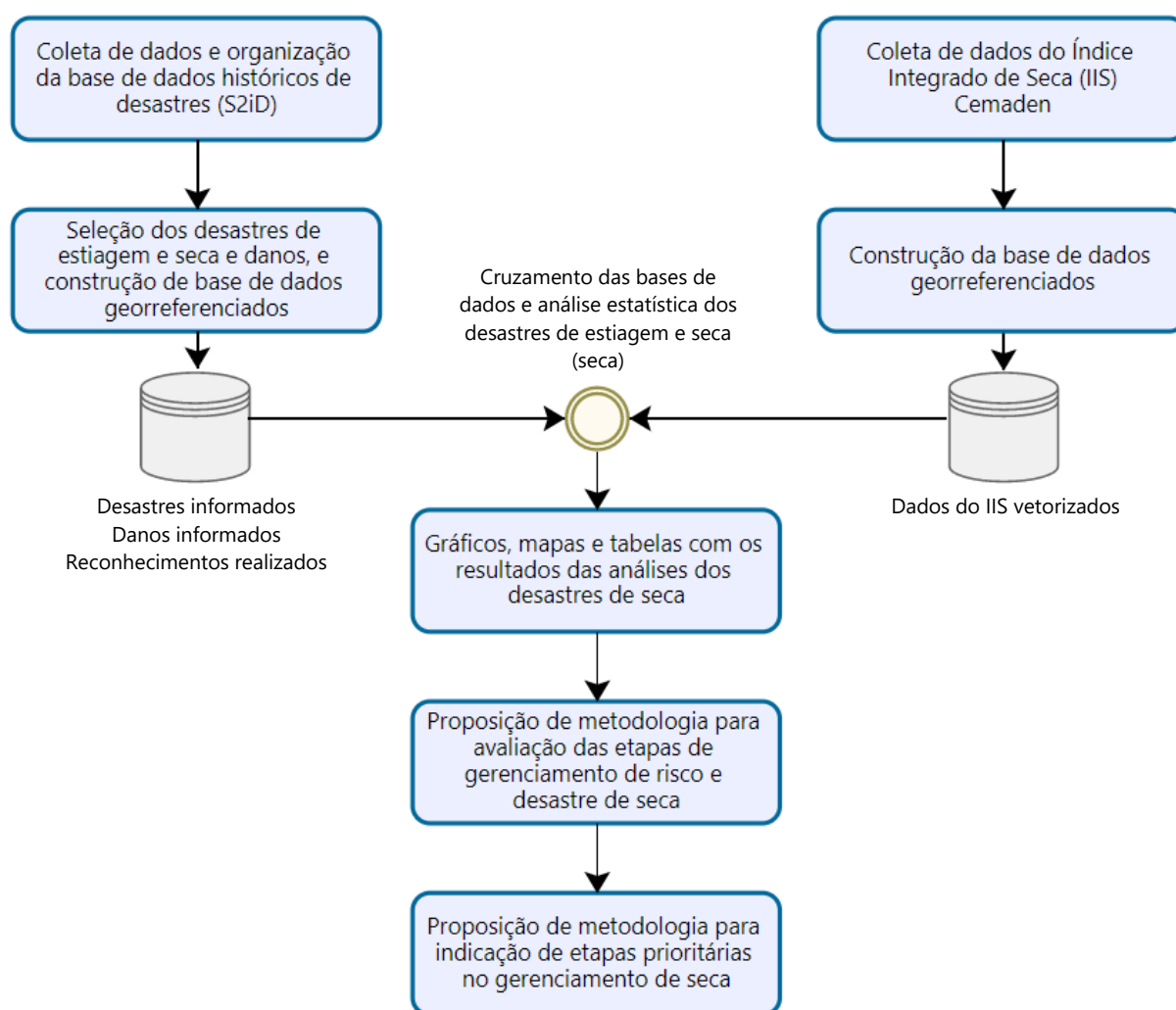
Sua relevância está no contexto das pesquisas na área de concentração em Desastres Naturais, assim como alinhado ao Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais, do ICT/UNESP - CEMADEN, na linha de pesquisa “*Desastres associados a eventos extremos, secas, estiagens, incêndios florestais e escassez de água*”.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada é a exploratória, a qual consiste em reunir o maior número de informações detalhadas apropriando-se de diferentes técnicas de pesquisa (CRESWELL, 2014). A presente pesquisa destaca os desastres de estiagem e seca, abordados como “secas”.

A Figura 14 apresenta o fluxograma de trabalho realizado para atingir os objetivos propostos.

Figura 14 – Fluxograma dos processos utilizados no desenvolvimento da pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

4.1 Dados

O conjunto de dados de desastres utilizados foram obtidos do banco de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), do Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), Índice Integrado de Seca (IIS-12) do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), arcabouço legal referentes à seca no Brasil, publicações oficiais do governo brasileiro e principais publicações acadêmicas sobre gestão de riscos e desastres relacionados à seca no Brasil.

Os dados de desastres, de 1991 a 2012, foram obtidos do CENAD, e os dados de desastres de 2013 a 2020, do Relatório Gerencial - Danos Informados (<https://s2id.mi.gov.br/>), em 22 de janeiro de 2021, para construir a base de dados de desastres dos últimos 30 anos (1991 a 2020). Enquanto os dados de reconhecimentos federal realizados de situação de Emergência e de Situação de Calamidade Pública, entre 2013 a 2020, foram obtidos do Relatório Gerencial - Reconhecimentos Realizados, no dia 23 de janeiro de 2021 (<https://s2id.mi.gov.br/>), para compor a base de dados de desastres e danos com reconhecimentos realizados que estão disponíveis no S2iD. Os dados de danos informados e de reconhecimentos realizados no S2iD estão disponíveis na plataforma a partir de 2013.

Os dados do Índice Integrado de Seca (IIS-12), de 1982 a 2020, foram obtidos do CEMADEN, em fevereiro de 2021. E o cruzamento dos dados do IIS-12 com os dados de registros de seca e estiagem obtidos do CENAD foi realizado para o mesmo recorte temporal (1982 a 2020). Ressalta-se que não é descartado incerteza nos dados de registros de desastres.

4.2 Delimitação da área e da série histórica adotada

A área de estudo é todo o Brasil, com análises a nível de municípios, estados e regiões políticas brasileiras. Na análise dos eventos de secas a série de dados utilizada foi de 1991 a 2020 para uma maior representatividade dos resultados. Na análise dos desastres com reconhecimentos federal realizados, o período foi de 2013 a 2020, devido à limitação de dados, pois no S2iD esses dados de reconhecimentos realizados estão disponíveis a partir de 2013. E, portanto, o cruzamento das bases de dados com o Índice Integrado de Seca (IIS-12) foi realizado para o período de 2013 a 2020. E em algumas análises o cruzamento dos dados de registros de danos informados foi realizado para o período de 1982 a 2020. O Quadro 7 sintetiza os dados e aspectos temporais e espaciais da pesquisa.

Quadro 7 – Dados utilizados no estudo e aspectos temporais e espaciais

Dado	Base de dados	Área	Período	Fonte de dados
Registros de desastres da Defesa Civil, de 1991 a 2020	Ocorrências de desastres	Municípios brasileiros	1991 a 2012	CENAD
	Danos informados	Municípios brasileiros	2013 a 2020	S2iD
	Reconhecimentos realizados	Municípios brasileiros	2013 a 2020	S2iD
Registros de seca/estiagem da Defesa Civil, de 1982 a 2020	Ocorrências de desastres	Municípios brasileiros	1982 a 1990	CENAD
	Atlas Digital de Desastres no Brasil	Municípios brasileiros	1991 a 2019	CEPED/UFSC (2022)
	Danos informados	Municípios brasileiros	2020	S2iD
Dados físicos ou ambientais	IIS-12	Brasil Resolução pixels 4 km	1982 a 2020	CEMADEN

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3 Metodologia

É apresentado uma análise de registros de desastres no Brasil, com foco nos eventos de estiagem e seca, muitas vezes abordados como “seca” nesta pesquisa, para destacar o comportamento dos desastres em 30 anos (1991 a 2020), com foco também nos desastres de seca com reconhecimentos federal realizados de emergência e de Situação de Calamidade Pública, disponíveis no S2iD (2013 a 2020). Já o cruzamento de dados do IIS-12 com os registros de seca foi realizado de 1982 a 2020.

4.3.1 Levantamento dos desastres de seca no Brasil

A motivação desta etapa da pesquisa se deve a necessidade de um levantamento de informações dos desastres no Brasil, com foco no desastre de seca. Os dados foram processados e apresentados em tabelas e gráficos de séries temporais comparativas. Os dados também foram georreferenciados utilizando o Sistema de Informações Geográficas (SIG), QGIS®, versão 3.10. para a compilação de dados geográficos e elaboração de mapas, proporcionando as análises das informações geográficas mapeadas.

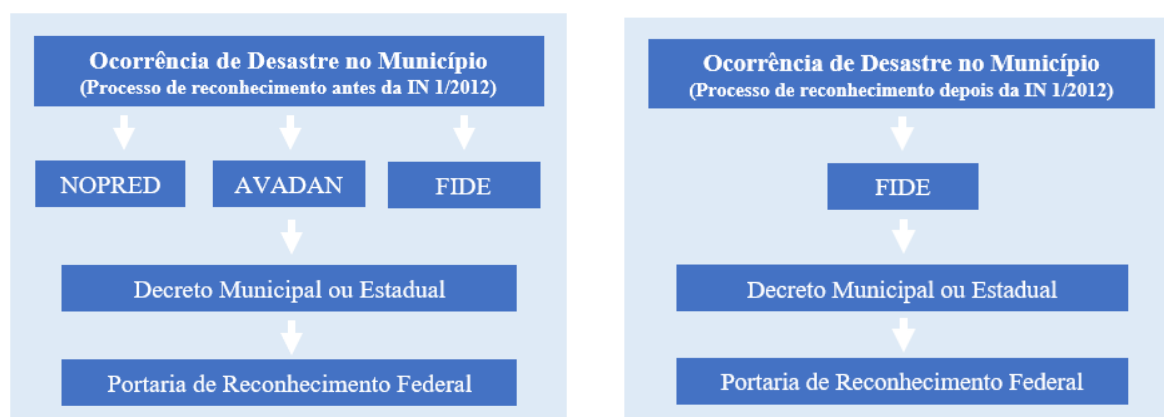
Os dados dos desastres no Brasil foram obtidos das bases de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), CENAD, e a Figura 15 apresenta o fluxo do processo de informações necessárias para o reconhecimento federal de um desastre. Antes

da Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, o processo para o reconhecimento federal, onde consequentemente o município ou estado pode receber recursos da união, destinado à execução de ações no pós-desastre, poderia ocorrer mediante três documentos:

- NOPRED (Notificação Preliminar de Desastre) e Avaliação de Danos (AVADAN), ou Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE);
- Decreto declaratório do estado de calamidade pública ou de emergência; e,
- Plano de trabalho, com proposta de ações de reconstrução em áreas atingidas por desastres.

A Instrução Normativa n. 1, de 24 de agosto de 2012, propiciou a agilização no processo de reconhecimento por meio do S2iD, e após a publicação dessa Instrução Normativa, o FIDE substituiu o NOPRED e o AVADAN.

Figura 15 – Fluxo do processo de informações necessárias para a oficialização do registro e reconhecimento de um desastre



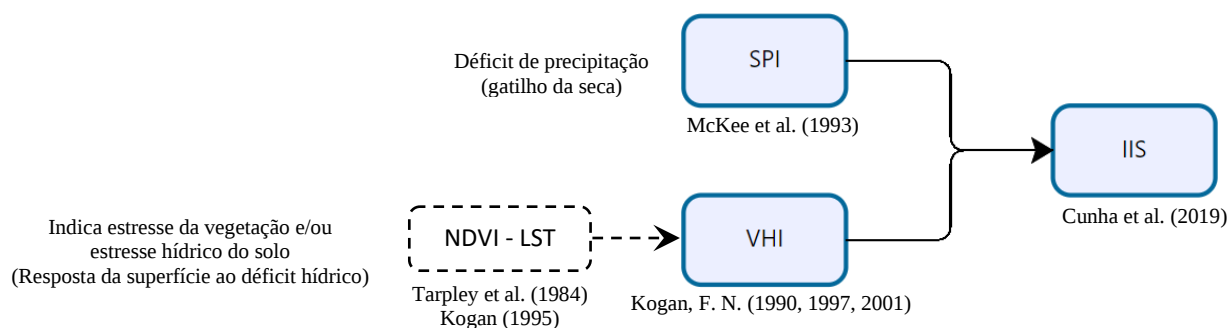
Fonte: elaborado pelo autor, a partir de CEPED (2012, 2013).

Ressalta-se que os registros de desastres são providos de uma mesma fonte, que é a Defesa Civil, seja ela da esfera municipal ou estadual e, portanto, para que as informações sejam consistentes, precisas e confiáveis, estas dependem principalmente dos responsáveis que apuram e inserem os dados necessários, para afastar o máximo de incerteza nos dados.

Foi obtido do CEMADEN o Índice Integrado de Seca – IIS-12 (*Integrated Drought Index - IDI*, calculados com base em 12 meses, Cunha et al., 2019), mais indicado para a análise com foco em padrões de longo prazo, que se enquadram no tipo de seca hidrológica.

O IIS consiste em uma combinação do Índice Padronizado de Precipitação (*Standardized Precipitation Index* - *SPI*, McKee et al, 1993) com o Índice de Saúde da Vegetação (*Vegetation Health Index* - *VHI*, Kogan, F. N., 1990, 1997, 2001), que por sua vez baseia-se no Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (*Normalized Difference Vegetation Index* - *NDVI*, Tarpley et al, 1984. Kogan, 1995) e Temperatura da Superfície (*Land Surface Temperature* - *LST*), e tem sido relacionado à disponibilidade de umidade e resistência do dossel, indicando estresse da vegetação e/ou estresse hídrico do solo, enquanto que o SPI está relacionado ao déficit de precipitação (Figura 16). Porém, embora a precipitação é a principal causa para o desenvolvimento da seca, as anomalias negativas do SPI nem sempre correspondem à seca na realidade, uma vez que não leva em consideração o impacto, enquanto que o VHI representa a resposta da superfície ao déficit hídrico do solo. Portanto, esses dois índices fornecem informações complementares para a identificação de áreas afetadas pela seca (CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2021a, 2021b), tornando o IIS um índice robusto para avaliar áreas com impactos de seca.

Figura 16 – Composição do Índice Integrado de Seca (IIS)



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com Cunha et al. (2019), para compor o IIS, o SPI foi calculado a partir da precipitação mensal acumulada disponibilizada pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudo Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), onde o conjunto de dados consta com medições de aproximadamente 1.500 estações meteorológicas de diferentes fontes, como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e centros meteorológicos regionais para o período de 1982 a 2020, enquanto que os dados do VHI são disponibilizados no *National Environmental Satellite* (<http://www.star.nesdis.noaa.gov>) da *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), com dados a partir de 1982.

Os dados do IIS utilizados neste estudo, para a avaliação anual da seca, foram calculados com base em 12 meses (IIS-12), onde, conforme Cunha et al. (2019), para a integração do IIS, os valores do VHI e SPI foram redimensionados para mesma resolução espacial, de 25 km, e depois os mapas categorizados de SPI e VHI foram combinados para gerar a categorização final da seca, sendo o IIS-12 com resolução dos pixels de 4 km, que apresentam as condições de seca classificadas em categorias de seca (Tabela 2).

A partir da combinação da classificação da seca para os índices de SPI e VHI, foi possível adotar os impactos associados a cada classe de seca do SPI, sendo estes impactos de caráter exemplificativos, também para as classes de seca do VHI, conforme pode ser visto na coluna “Possíveis impactos”, na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação da seca para o Índice de Precipitação Padronizado (SPI), Índice de Saúde da Vegetação (VHI) e possíveis impactos

SPI	VHI	IIS	Classificação da seca	Possíveis impactos
> -0,5	> 40	6	Condição Normal	Condição normal de precipitação
-0,5 a -0,8	30 a 40	5	Seca Fraca	Seca de curto prazo que pode retardar o crescimento das plantas ou pastagens. Na recuperação desta categoria, ainda poderão ser observados déficits de água, e pastagens e cultivos poderão não serem recuperados totalmente
-0,8 a -1,3	20 a 30	4	Seca Moderada	Alguns danos em pastagens e cultivos. Fontes, córregos, reservatórios ou poços com baixos níveis de água, e as condições de escassez de água estão se desenvolvendo ou estão prestes a se desenvolver, o que implica em recomendações de restrições no uso da água
-1,3 a -1,6	12 a 20	3	Seca Severa	Possíveis perdas de pastagens e cultivos. É comum a escassez de água. Restrições do uso da água são impostas
-1,6 a -2,0	6 a 12	2	Seca Extrema	Maiores perdas de pastagens e cultivos. Restrições ou déficits generalizados de água
< -2,0	< 6	1	Seca Excepcional	Perdas generalizadas ou raras de pastagens e safras. Escassez de água em fontes, riachos, reservatórios ou poços, gerando um Estado de Emergência

Fonte: adaptado de Cunha et al. (2019) e do NDMC (2022b).

E partir dos fenômenos refletidos pelo SPI e suas aplicações em escala temporal (NDMC, 2022c. ZARGAR et al., 2011), e considerando as escalas combinadas do SPI e VHI para a classificação da seca para o IIS (Tabela 2), adotou-se nesta pesquisa a estimativa dos fenômenos refletidos pelo SPI e aplicações de acordo com a escala temporal também para o VHI e IIS (Tabela 3, colunas fenômeno refletido e aplicação, respectivamente).

Tabela 3 – Fenômenos refletidos pelo Índice de Precipitação Padronizado (SPI), Índice de Saúde da Vegetação (VHI), Índice Integrado de Seca (IIS), e aplicações de acordo com a escala de tempo

Escala temporal	Fenômeno Refletido	Aplicação
1 mês	Condição de curto prazo	Alterações de curto prazo na umidade do solo e na agricultura (especialmente durante a estação de crescimento)
3 meses	Condições de umidade de curto e médio prazos	Estimativa sazonal de precipitação
6 meses	Tendências de médio prazo	Estimativa da precipitação entre distintas estações do ano
9 meses	Padrões de precipitação em escala de tempo médio	Estimativa de impactos significativos na agricultura, e possivelmente também em outros setores (Ex.: se $SPI-9 < -1,5$)
12 meses	Padrões de longo prazo na precipitação	Associado a impactos nas vazões dos rios, nos níveis de reservatórios e de água subterrânea

Fonte: adaptado de Zargar et al. (2011) e do NDMC (2022c).

Assim, para esta pesquisa, foi adotado o IIS-12 (Índice Integrado de Seca calculado com base em 12 meses, conforme Cunha et al., 2019), que é mais indicado para aplicação de longo prazo, como os associados a impactos nas vazões dos rios, nos níveis de reservatórios e de água subterrânea, mais enquadrados no tipo de seca hidrológica, e devido aos dados completos do VHI estarem disponíveis a partir do ano de 1982, a série temporal anual adotada foi de 1982 a 2020.

Para a geração dos mapas do IIS-12 de 1982 a 2020 ilustrados na Figura 26, nos arquivos GeoTIFF obtidos do CEMADEN, as seguintes estilizações foram realizadas no QGIS®: falsa cor para uma melhor padronização de cada classe de seca, interpolação pelo método exato, modo intervalo igual, classificação em seis classes, e máscaras de contorno dos Estados e Regiões Políticas do Brasil.

Para obter o mapa das regiões mais afetadas pela seca (Figura 27), no processamento foi utilizada a calculadora raster do QGIS®, para calcular a soma de toda a série dos dados

GeoTIFF do IIS-12, e as seguintes estilizações foram aplicadas: falsa cor, interpolação pelo método discreto, modo quartil, com cinco classes.

Já para a climatologia da seca (Figura 28), no processamento foi utilizada a calculadora raster do QGIS®, para calcular a média de toda a série dos dados GeoTIFF do IIS-12. E as seguintes formatações foram aplicadas: falsa cor, interpolação pelo método discreto, modo quartil, com cinco classes.

Os gráficos da distribuição anual de frequência do IIS-12 (Figura 31) para o Brasil e Regiões Políticas, ilustra o cruzamento de dados do IIS-12 com dados de registros de danos informados e de reconhecimentos realizados, de 2013 a 2020, e para a obter os dados do IIS-12 por Regiões, a seguinte manipulação de dados foi realizada no QGIS® a fim de tabelar os pixels e seus atributos (classes de seca) por Regiões: os pixels dos arquivos GeoTIFF (raster) foram convertidos para vetor, tipo de feição ponto, para garantir a geolocalização por seu centroide, e assim, é gerado um arquivo de feições com todos os pixels (agora pontos) e seus atributos vetorizados. Em seguida, por meio do menu “Vetor”, opção “Gerenciar dados”, sub opção “Unir atributos pela posição”, predicado geométrico “dentro”, foi possível realizar a união do arquivo com os pontos que representam cada centro dos pixels e seus atributos, com o arquivo *shapefile* dos municípios ou estados ou regiões, conforme o interesse de espacialização vetorizada, e no caso em tela realizou-se por Regiões Políticas do Brasil. Assim, foi possível obter a tabela de pontos que representam cada pixel com o atributo de classe de seca associado, e finalmente, foi possível realizar a manipulação dos dados e geração dos gráficos, inclusive para a geração dos gráficos de dispersão entre o total de pixels das classes de seca do IIS-12 para o Brasil e Regiões, e os registros de danos informados (Figura 32), bem como para a manipulação de dados para gerar a Tabela 12 de estatística de teste de hipótese, correlação de Pearson e coeficiente de determinação.

4.3.2 Índice de capacidade de gestão de risco e desastre de seca

O Índice de capacidade de gestão de risco e desastre de seca, permite analisar quantitativamente, ao nível municipal, o desempenho da gestão de seca de instituições envolvidas na gestão desse tipo de desastre. Com base no Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020a), se estabeleceu seis categorias de ações (mitigação, prevenção, preparação, resposta, recuperação, restabelecimento) para analisar a variável capacidade de gestão de risco e desastre de seca. Foi elaborado uma lista de verificação

ponderada para pontuar cada uma das seis categorias de ações do gerenciamento do desastre de seca. Para os atributos negativos foram estabelecidos: inexistência de competência de atuação em medidas de ação (Não 1), e atua mas ainda não executa (Não 2), que é quando a ação na categoria é de competência de atuação, mas há total inexistência de atuação no momento da verificação. Para os atributos positivos foram estabelecidos: atua e executa em parte (Sim 1), que é quando há execução de parte de medida de ação, no entanto, esforços foram empenhados para executar completamente em um futuro previsto, e atua e executa completamente (Sim 2) quando há total execução da medida de ação na categoria em questão. O Quadro 8 apresenta a caracterização dos atributos para as categorias de medidas de ações de gestão de seca.

Quadro 8 – Atributos de verificação para análise da gestão de risco e desastre de seca

Categorias ou etapas de Ações	Exemplos de medidas baseadas no Decreto N° 10.593, de 24 de dezembro de 2020	Atributos			
		Não 1	Não 2	Sim 1	Sim 2
Preparação	Medidas de preparação, monitoramento e alerta	Não atua. Inexistência de competência de atuação.	Atua, mas ainda não executa.	Atua e executa em parte.	Atua e executa completamente. Indica que há total execução da ação na categoria em questão.
Prevenção	Medidas de redução do risco		Há competência de atuação, porém há total inexistência de atuação no momento da verificação.	Indica que há execução em parte na categoria de ação, no entanto, esforços foram empenhados para executar completamente em um futuro previsto.	
Mitigação	Medidas para evitar o risco				
Resposta	Medidas de socorro e assistência humanitária				
Recuperação	Medidas de reconstrução, recuperação do meio ambiente e econômica				
Restabelecimento	Medidas emergenciais para restabelecer segurança, habitabilidade e serviços essenciais				

Fonte: elaborado pelo autor.

A ponderação das listas foi feita operando uma progressão aritmética (PA) de seis termos (mesmo número de categorias de ações de gestão de risco e desastre). Assim, foi possível gerar a ponderação para os atributos com base no princípio da atratividade entre as opções ($a > b > c \dots > n$), e geração de pontuações (escala de 0 a 100) para inferir o grau de desempenho institucional da gestão de desastre de seca, mediante a ordenação e definição de níveis de desempenho para cada critério estabelecido. Esta metodologia de ponderação das

listas é o que também realiza o software MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*, BANA e COSTA et al., 2017, 2003). Os maiores pesos foram associados às ações da gestão de risco. Pois, para Wilhite (2000) uma ênfase maior na previsão, monitoramento, mitigação e preparação, que são ações proativas, podem reduzir a frequência e a gravidade dos desastres, e de acordo com o CGEE (2016), infelizmente no Brasil a abordagem à seca historicamente se baseia predominantemente na gestão reativa de crises, devendo o país caminhar na direção de uma política mais proativa para o enfrentamento dos impactos da seca. Marengo et al. (2021c), sugere uma abordagem mais proativa em termos de monitoramento e previsão de risco frente ao desastre causado por precipitação extrema. Entendimento não obstante também ao desastre de seca. A maior pontuação foi associada às ações de preparação, que envolvem medidas de monitoramento e alerta, pois, de acordo com Alvalá et al. (2019b), os sistemas de alerta têm sido propostos como estratégia para reduzir a vulnerabilidade das populações que vivem em áreas de risco.

Para os atributos das listas de verificação, estabeleceu-se diferenças positivas (proporcionais) de atratividade seguindo a ordenação das opções pré-estabelecidas:

$$Sim\ 2 > Sim\ 1 > Não\ 2$$

Sim 2 é mais atrativo que Sim 1, que é mais atrativo que Não 2.

Não 1 é neutro quando há inexistência de competência de atuação com medidas de ação, mas deve ser pontuada com 100 para não penalizar na categoria de ação em questão, e também não refletir negativamente no grau de desempenho global de gestão de seca. E como as instituições tem diferentes ações de atuações ou competências apenas em algumas das ações dos ciclos de gestão de risco e desastre de seca, o Índice de Desempenho de Gestão de seca não deve ser usado para intercomparação com outras instituições, mas para seu acompanhamento e decisões individualizados.

Para essa ordenação e considerando positivas (proporcionais) as diferenças de atratividades entre os atributos, tem-se primeiramente a pontuação ponderada hierarquicamente do índice de desempenho dos atributos (Quadro 9).

Quadro 9 – Atributos de verificação para análise da gestão de risco e desastre de seca

Atributo	Pontuação
Sim 2	100
Sim 1	50
Não 2	0
Não 1	100

Fonte: elaborado pelo autor.

A ponderação entre as seis categorias de ações de gerenciamento de risco e desastre de seca é feita de forma semelhante. Para a ordenação preliminar das seis categorias de ações para a obtenção dos pesos gerados por PA, as diferenças de atratividades entre as categorias de ações são consideradas positivas (proporcionais).

Então, considerando a PA de seis termos cuja soma resulta um, a razão (r) foi obtida da seguinte forma:

$$r + 2r + 3r + 4r + 5r + 6r = 1 \quad (2)$$

que resulta em:

$$r = 1 / 21 \quad (3)$$

onde a solução é:

$$r = 0,0476 \quad (4)$$

logo, os seis termos foram obtidos da seguinte maneira:

$$PA = (a = r, b = a + r, c = b + r, d = c + r, e = d + r, f = e + r) \quad (5)$$

Assim, a pontuação ponderada hierarquicamente do índice de desempenho das categorias é gerada. A Tabela 4 apresenta a ordenação ponderada dos critérios e respectivos pesos obtidos por meio da PA.

Tabela 4 – Relação das categorias de ações e respectivos pesos

Categorias	Pesos (Pesos progressivos)
Preparação	0,2858
Prevenção	0,2381
Mitigação	0,1905
Resposta	0,1428
Recuperação	0,0952
Restabelecimento	0,0476
Σ	1

Fonte: elaborado pelo autor.

O resultado do preenchimento e tabulação das listas de uma pontuação final é obtida baseada no número de categorias identificadas como presentes, mas ajustadas pelos seus pesos individuais. Assim é possível não só quantificar o desempenho nas classes ou categorias de ações da gestão de seca, mas também estabelecer a mensuração do índice de desempenho institucional com base nos critérios definidos. A fórmula geral para o cálculo do índice de desempenho de gestão de seca é apresentada pela seguinte expressão:

$$\text{Índice de desempenho de gestão de seca} = \Sigma (Pa \cdot Pp) \quad (6)$$

Onde, Pa é a pontuação individual recebida em cada atributo, cujos valores podem ser 100, 50 ou 0. Pp é o valor do peso correspondente a categoria de ações de gestão de seca. Então, o Índice de Desempenho de Gestão de Seca é calculado pelo somatório dos resultados da pontuação ponderada de cada atributo correspondente as categorias de ações de gestão de seca.

Assim, a mensuração dos índices, dentro de uma escala de 0 a 100 para as categorias são posteriormente cruzadas numa matriz a fim de que se possa inferir o grau de desempenho de gestão de seca.

As Tabelas 5, 6 e 7 apresentam de forma prática como são obtidos os índices das categorias e o índice de desempenho de gestão de seca com aplicação a uma instituição hipotética “A”, para os anos de 2010, 2015 e 2020, também apresentado na Figura 17.

Tabela 5 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2010)

Categorias	Atributos				Pontuação atributos (Pa)	Pesos progressivos (Pp)	Índice de desempenho (ID) $ID = Pa \cdot Pp$
	Não 1 -	Não 2 0	Sim 1 50	Sim 2 100			
Preparação		✓			0	0,2858	0,00
Prevenção		✓			0	0,2381	0,00
Mitigação		✓			0	0,1905	0,00
Resposta			✓		50	0,1428	7,14
Recuperação		✓			0	0,0952	0,00
Restabelecimento		✓			0	0,0476	0,00
Índice de desempenho de gestão de seca $\Sigma (Pa \cdot Pp)$							7,14

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 6 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2015)

Categorias	Atributos				Pontuação atributos (Pa)	Pesos progressivos (Pp)	Índice de desempenho (ID) $ID = Pa \cdot Pp$
	Não 1 -	Não 2 0	Sim 1 50	Sim 2 100			
Preparação			✓		50	0,2858	14,29
Prevenção			✓		50	0,2381	11,91
Mitigação		✓			0	0,1905	0,00
Resposta			✓		50	0,1428	7,14
Recuperação			✓		50	0,0952	4,76
Restabelecimento			✓		50	0,0476	2,38
Índice de desempenho de gestão de seca $\Sigma (Pa \cdot Pp)$							40,48

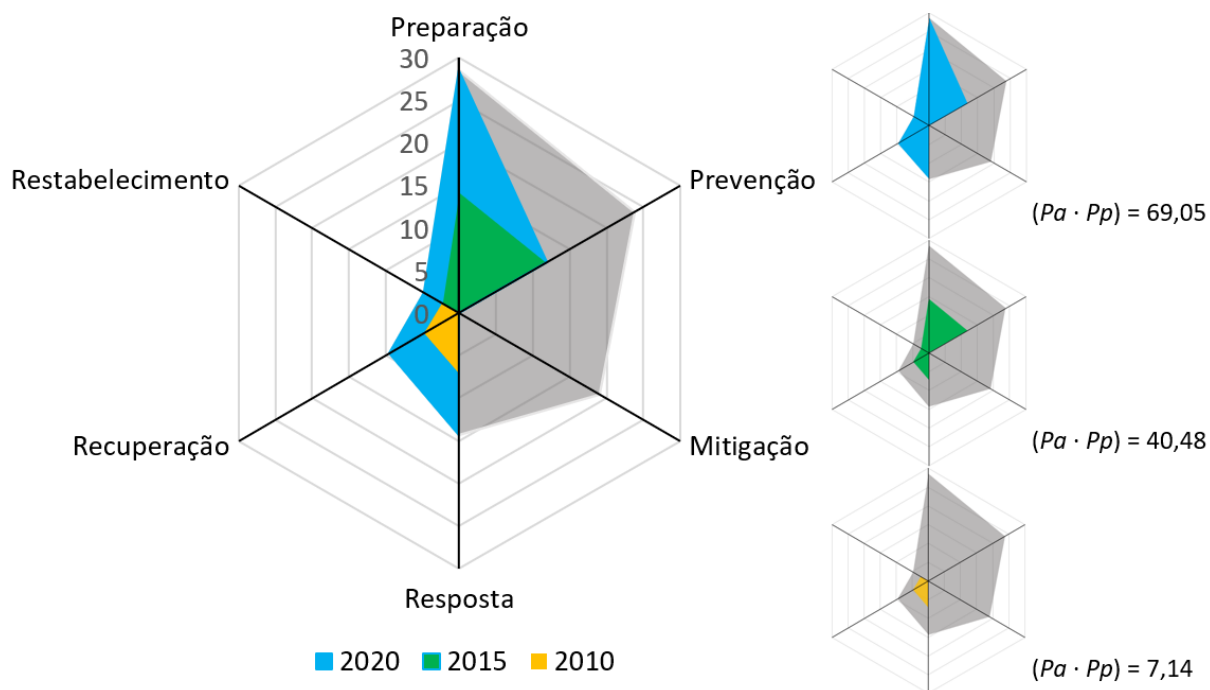
Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (ano base 2020)

Categorias	Atributos				Pontuação atributos (Pa)	Pesos progressivos (Pp)	Índice de desempenho (ID) $ID = Pa \cdot Pp$
	Não 1 -	Não 2 0	Sim 1 50	Sim 2 100			
Preparação				✓	100	0,2858	28,58
Prevenção			✓		50	0,2381	11,91
Mitigação		✓			0	0,1905	0,00
Resposta				✓	100	0,1428	14,28
Recuperação				✓	100	0,0952	9,52
Restabelecimento				✓	100	0,0476	4,76
Índice de desempenho de gestão de seca $\Sigma (Pa \cdot Pp)$							69,05

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 17 – Índices de desempenho da gestão de risco e desastre de seca da instituição “A” para um município “B” (2010-2020). A área cinza indica a pontuação máxima que se pode obter em cada categoria de ações



Fonte: elaborado pelo autor.

A seção 5.2 apresenta uma aplicação do Índice de Capacidade de Gestão de Risco e Desastre de Seca para o caso de atuação da SEDEC no desastre de seca da cidade de Nossa Senhora da Glória – SE, ano de 2020.

4.3.3 Apontador de ações prioritárias para gestão de risco e desastre de seca

Os procedimentos e critérios para análise dos pedidos de reconhecimento federal são estabelecidos na Instrução Normativa N° 36, de 4 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020b), e Portaria N° 260, de 2 de fevereiro de 2022 (BRASIL, 2022), e são baseados na verificação da documentação enviada por meio do S2iD, que corresponde ao correto preenchimento do FIDE, Declaração Municipal ou Estadual de Atuação Emergencial, relatório fotográfico, parecer do órgão de defesa civil, decreto de declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública, requerimento do reconhecimento federal, documentos que esclareçam dados e informações apresentados no FIDE, na Declaração Municipal de Atuação Emergencial e/ou Decreto Estadual de Atuação Emergencial. Porém, não são apontadas ações

mais indicadas ou prioritárias para a gestão do desastre em cada município.

Considerando as seis ações que constam no Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020 (Preparação, Prevenção, Mitigação, Resposta, Recuperação e Restabelecimento)(BRASIL, 2020a), propõe-se, na Tabela 8, os graus de prioridade de investimento por ações de etapas de gestão de risco e desastre de seca, para apontar as classes de ações ou etapas mais indicadas para o aumento da resiliência dos municípios.

Tabela 8 – Tabulação das listas de verificação dos municípios para as ações prioritárias de gerenciamento de risco e desastre de seca

Condição	Desastre				Ciclo de gestão						Grau	
	Seca ou estiagem?	Danos humanos?	Óbitos?	Danos Econômicos ou outros danos?	Gerenciamento de risco			Gerenciamento de desastre			Gerenciamento de risco e desastre (Σ)	Prioridade
					Mitigação	Prevenção	Preparação	Resposta	Recuperação	Restabelecimento		
1	Sim	Sim	Sim	-	1	1	1	1	1	1	6	1
2	Sim	Sim	Não	-	1	1	1	1	2	1	7	2
3	Sim	Não	Não	Sim	1	1	1	1	2	2	8	3
4	Não	Não	Não	Não	2	2	1	3	3	3	14	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Distribuídos os graus de prioridade das ações de gerenciamento de risco e desastre, obtêm-se o somatório dos pontos por municípios, mapeados para melhor visualização dos resultados. Quanto menor é a soma dos graus de prioridade, maior é a prioridade de ação, com maior indicação para investimento de recursos públicos para a minimização dos impactos.

Das seis categorias de ações, a “preparação” é a mais bem identificada, por constituir medidas de preparação, monitoramento e alerta, pois a ocorrência de desastre de seca varia ano a ano e o gerenciamento de risco e desastre de seca não deve ser surpreendido por uma eventual seca não prevista, e a preparação é das ações proativas. Assim, atribui-se prioridade máxima (1) para a ação de preparação em todos os municípios. Segundo Alvalá et al. (2019b), os sistemas de alerta têm sido propostos como estratégia para reduzir a vulnerabilidade das populações que vivem em áreas de risco.

Aos municípios impactados pela seca, nas ações de mitigação, prevenção, preparação

e resposta, foi conferida prioridade máxima (1), por sofrer por algum dano humano. Promovendo também a quebra do paradigma de abordagem historicamente mais reativa de crises no Brasil, para caminhar na direção a uma política mais proativa para o enfrentamento dos impactos da seca (CGEE, 2016), baseado também no fortalecimento dos três pilares de preparação para a seca: monitoramento e previsão/alerta precoce; avaliação de vulnerabilidade/resiliência e de impacto; e planejamento e medidas de mitigação e resposta (CGEE, 2016. UNDRR, 2019, 2021).

O foco desta abordagem são os danos humanos decorrentes de seca. Então, os municípios com prioridade 1 (muito alta) para recursos são aqueles impactados pela seca com danos humanos, inclusive óbitos, com ou sem danos materiais, ambientais e econômicos. Para municípios que se enquadram nessa prioridade, é indicado o investimento prioritário em todas as ações do gerenciamento de risco e desastre.

Os municípios com prioridade 2 (alta), são aqueles com impactos causados pela seca, sendo os danos humanos, sem registro de óbitos associados ao desastre, e com ou sem danos materiais, ambientais e econômicos. Aos municípios com prioridade alta, as ações mais indicadas, em primeiro lugar são: resposta, restabelecimento, mitigação, prevenção e preparação. A ação de recuperação está em segundo plano para municípios com prioridade 2.

Já os municípios com prioridade 3 (média), são os que sofrem com danos econômicos ou outros danos associados à seca, mas sem danos humanos, e também sem óbitos associados ao desastre. Aos municípios que se enquadram na prioridade média, as ações de resposta, mitigação, prevenção e preparação são as mais indicadas para recursos em primeiro plano, e as ações de recuperação e restabelecimento estão em segundo plano.

Os municípios com prioridade 4 (monitoramento), são os municípios que não estão sob o desastre de seca, mas devem permanecer sempre na prioridade da ação de preparação, pois monitoramento permanente e alerta é essencial a todos os municípios.

Assim, com a aplicação dessa metodologia foi tabulada a matriz de verificação na Tabela 8, para apontar as ações mais indicadas para o aumento da resiliência dos municípios.

A Figura 34, na Seção 5.3, apresenta o mapa dos municípios prioritários no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca, de 2019 a 2020.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados todos os principais resultados obtidos no decorrer do trabalho de pesquisa.

5.1 Registros de ocorrências de desastres de seca no Brasil

Conforme descrito na Seção 4.1, os dados de desastres ocorridos entre 1991 a 2012, foram obtidos do CENAD, e os dados de desastres de 2013 a 2020 foram obtidos do S2iD. Tais informações fazem menção ao tipo de desastre por município, permitindo estabelecer uma caracterização espacial das áreas onde os desastres são mais recorrentes no Brasil. Conforme abordado na Seção 4.3.1, foi utilizado o *software* QGIS®, versão 3.10. para a estruturação do banco de dados georreferenciados e geração dos mapas apresentados nesta pesquisa.

Entre 1991 e 2020, foram catalogados 79.344 desastres no Brasil. A Tabela 9 apresenta as diferentes tipologias de desastres. Nota-se que os desastres de estiagem e seca juntos representam 48,77% (38.700 ocorrências) de todos os desastres ocorridos na série de estudo.

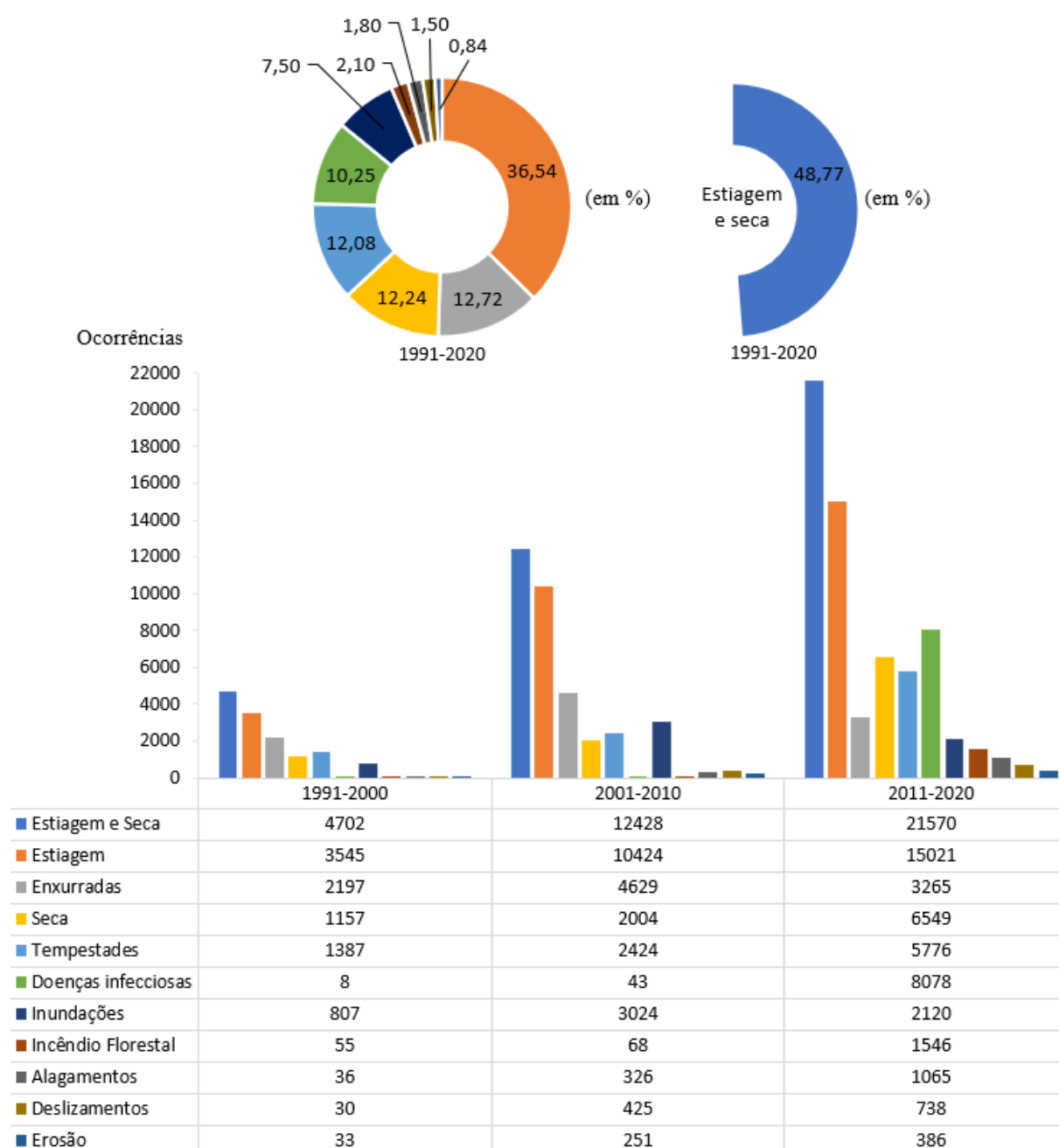
Tabela 9 – Desastres informados no banco de dados S2iD entre os anos de 1991 e 2020

Desastre			Registro	%
Estiagem e Seca			38700	48,77
Estiagem			28990	36,54
Enxurradas			10091	12,72
Seca			9710	12,24
Subgrupo	Registro	%		
Vendaval	4223	5,32		
Chuvas intensas	2983	3,76	Tempestades	9587 12,08
Granizo	2216	2,79		
Tornados	100	0,13		
Raios	65	0,08		
Doenças infecciosas			8129	10,25
Inundações			5951	7,50
Incêndio Florestal			1669	2,10
Alagamentos			1427	1,80
Deslizamentos			1193	1,50
Erosão			670	0,84
Colapso de edificações			398	0,50
Incêndios Urbanos			356	0,45
Transporte passageiros e cargas não perigosas			151	0,19
Onda de Frio - geadas			117	0,15
Derramamento de produtos químicos nos sistemas em ambientes lacustres, fluvial e marinho			112	0,14
Baixa Umidade do Ar			107	0,13
Transporte de produtos perigosos			99	0,12
Rompimento/colapso de barragens			92	0,12
Onda de calor			88	0,11
Corrida de Massa			82	0,10
Tremor de terra			75	0,09
Ciclones - Maré de tempestade (ressacas)			51	0,06
Quedas, Tombamentos e rolamentos			44	0,06
Frentes Frias/Zonas de Convergência			39	0,05
Infestações			39	0,05
Subsidências e colapsos			33	0,04
Onda de Frio - Friagem			18	0,02
Ventos costeiros (mobilidade de dunas)			13	0,02
Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio			7	0,01
Fontes radioativas em processos de produção			3	0,00
Outros			3	0,00
Total			79344	100,00

Fonte: banco de dados S2iD (processamento em 22 de janeiro de 2021). Processado e elaborado pelo autor.

A Figura 18, apresenta os desastres mais ocorrentes entre os anos de 1991 a 2020, e comparação entre as décadas de 1990, 2000 e 2010, destacando-se que tais desastres mais recorrentes vêm aumentando o número de ocorrência nessas últimas três décadas, principalmente as ocorrências de estiagem e seca.

Figura 18 – Desastres mais recorrentes no Brasil, entre os anos de 1991 a 2020, e comparação entre as últimas três décadas

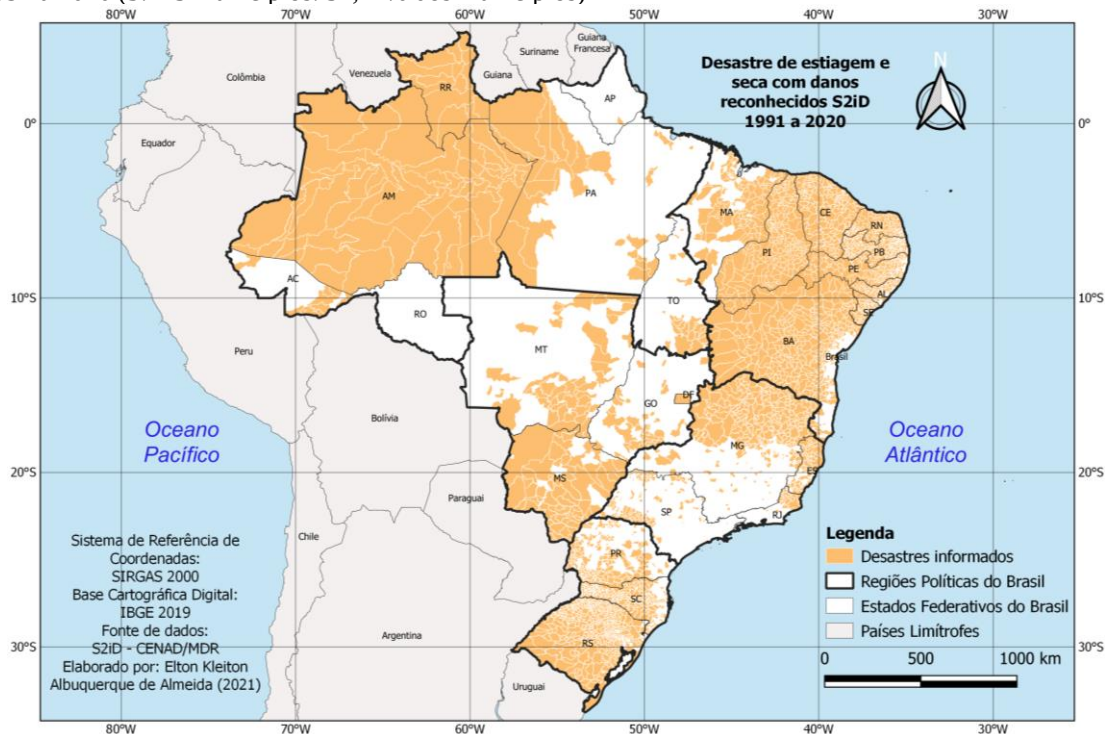


Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A Figura 19(a), apresenta a espacialização dos municípios que sofreram desastre de estiagem ou seca entre 1991 a 2020. Enquanto as Figuras 19(b), (c) e (d), apresentam a espacialização dos municípios que sofreram desastre de estiagem ou seca entre 1991 a 2000, 2001 a 2010, e de 2011 a 2020, respectivamente. Pode-se observar que no geral, o desastre de seca vem ocorrendo em municípios de todas as Regiões Políticas do Brasil.

Figura 19 – Municípios com desastres de estiagem e seca informados, entre 1991 a 2020

a) 1991 a 2020 (3.215 municípios. 57,71% dos municípios)



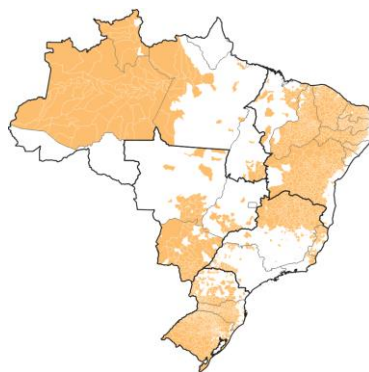
b)



1991 a 2000

(2.056 municípios. 36,91%)

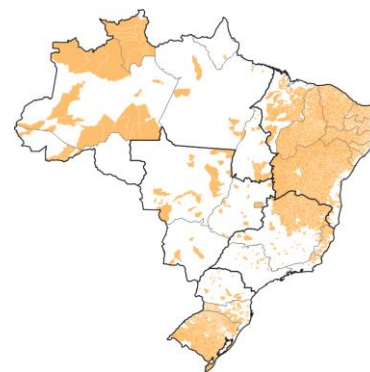
c)



2001 a 2010

(2.704 municípios. 48,54%)

d)



2011 a 2020

(2.411 municípios. 43,28%)

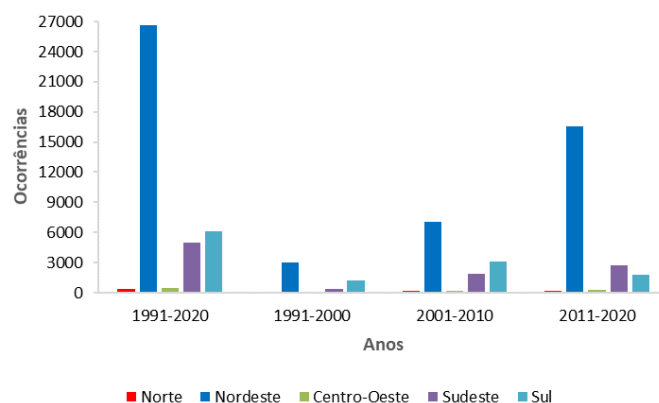
Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Dentre as Regiões que mais sofreram o desastre de estiagem e seca, entre 1991 a 2020, a Região Nordeste é a que se destaca (Figura 20). Na Região Norte, a maior frequência dos desastres de estiagem e seca ocorreram no Estado do Amazonas, com 181 ocorrências, entre 1991 a 2020. Na Região Nordeste, o Estado da Bahia apresentou mais ocorrências, 5.793 registros, entre 1991 a 2020, No Centro-Oeste, o Estado do Mato Grosso do Sul foi o que apresentou mais registros, 306 ocorrências. Já na Região Sudeste, o Estado de Minas Gerais foi o que se destacou com 4.466 ocorrências. E na Região Sul, o Rio Grande do Sul foi o Estado que apresentou mais ocorrências, 3.744 registros, entre 1991 e 2020.

As análises das séries temporais indicaram que, dos desastres relacionados na COBRADE (BRASIL 2012b, 2013, 2014, 2022), as ocorrências de seca e estiagem juntas, segundo os registros dos Relatórios Gerenciais - Danos Informados, obtidos do S2iD e do CENAD, cresceram nas últimas três décadas entre 1991 a 2020 e se mantiveram em superioridade dentre os demais registros de tipos de desastres (Tabela 9, Figuras 18 e 20).

O aumento dos registros de ocorrência de desastres de seca e estiagem, de 1991 a 2020, bem como o destaque do número de afetados no Brasil, em comparação aos demais tipos de desastres, já havia sido indicado no Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2010 (CEPED, 2012), bem como em sua segunda edição revisada e ampliada: 1991 a 2012 (CEPED, 2013)

Figura 20 – Desastres de seca e estiagem, entre os anos de 1991 a 2020, e comparação entre as últimas três décadas, por Estados e Regiões do Brasil



1991-2020			1991-2000			2001-2010			2011-2020		
UF	Registro	Região	UF	Registro	Região	UF	Registro	Região	UF	Registro	Região
AM	181	Norte	PA	2	Norte	AM	123	Norte	TO	86	Norte
TO	125		RR	1		TO	38		AM	58	
PA	46		TO	1		PA	26		RR	25	
RR	42		AC	0		RR	16		AC	20	
AC	20		AM	0		AC	0		PA	18	
AP	2		AP	0		AP	0		AP	2	
RO	0		RO	0		RO	0		RO	0	
BA	5793	Nordeste	BA	1087	Nordeste	PB	1437	Nordeste	BA	3444	Nordeste
PB	4867		PI	576		BA	1262		PB	3279	
CE	3763		RN	331		CE	1122		RN	2481	
RN	3633		PE	294		PI	1034		CE	2416	
PI	3450		CE	225		RN	821		PI	1840	
PE	2926		AL	167		PE	814		PE	1818	
AL	1273		SE	164		AL	387		AL	719	
SE	630	Centro-Oeste	PB	151	Centro-Oeste	SE	144	Centro-Oeste	SE	322	Centro-Oeste
MA	336		MA	38		MA	43		MA	255	
MS	306		MS	7		MS	109		MS	190	
MT	90		MT	2		MT	36		MT	52	
GO	30		DF	0		GO	24		GO	6	
DF	2		GO	0		DF	0		DF	2	
MG	4466	Sudeste	MG	262	Sudeste	MG	1689	Sudeste	MG	2515	Sudeste
SP	135		ES	126		SP	116		ES	170	
RJ	51		RJ	0		ES	84		RJ	39	
ES	380		SP	0		RJ	12		SP	19	
RS	3744		RS	928		RS	1737		RS	1079	
SC	1884		SC	305		SC	1033		SC	546	
PR	525		PR	35		PR	321		PR	169	
Brasil	38700		Brasil	4702		Brasil	12428		Brasil	21570	

Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Vale ressaltar que, até meados de 1990, o documento oficial para registros de desastres era o Relatório de Danos, e foi substituído posteriormente pelo formulário AVADAN e/ou NOPRED, e a partir de 2012 pelo FIDE (CEPED/UFSC, 2012, 2013), que são documentos padronizados e mais detalhados, por isso, nesta pesquisa se utilizou a série histórica de desastres a partir de 1991, abrangendo as três últimas décadas. Porém, “acredita-se que pode haver carência de informações sobre os desastres ocorridos no território nacional, principalmente entre 1991 e 1996, período anterior ao formulário AVADAN” (CEPED/UFSC, 2012). Já quanto à série histórica dos desastres com reconhecimentos realizados, decretados pelo governo federal, estes só estão disponíveis nos relatórios gerenciais a partir de 2013 no S2iD (<https://s2id.mi.gov.br/>). Vale destacar que pode haver incerteza nos dados de registros de impactos, e que em alguns casos os danos são estimados e carecendo também de um controle de qualidade mais rigoroso de validação.

Dos desastres que constam no S2iD, com reconhecimentos realizados a partir do ano de 2013, foram catalogados 23.191 desastres até o ano de 2020 (Tabela 10). Destes, o desastre de estiagem e seca, juntos representaram 50,06% dos desastres com reconhecimentos realizados, totalizando 11.610 desastres. De toda a série, o desastre doenças infecciosas foi o segundo que mais teve reconhecimentos federal realizados, representando 32,14% dos desastres, totalizando 7.454 registros com reconhecimentos realizados, porém, grande parte desses eventos ocorreram apenas no ano de 2020, devido aos casos de Coronavírus.

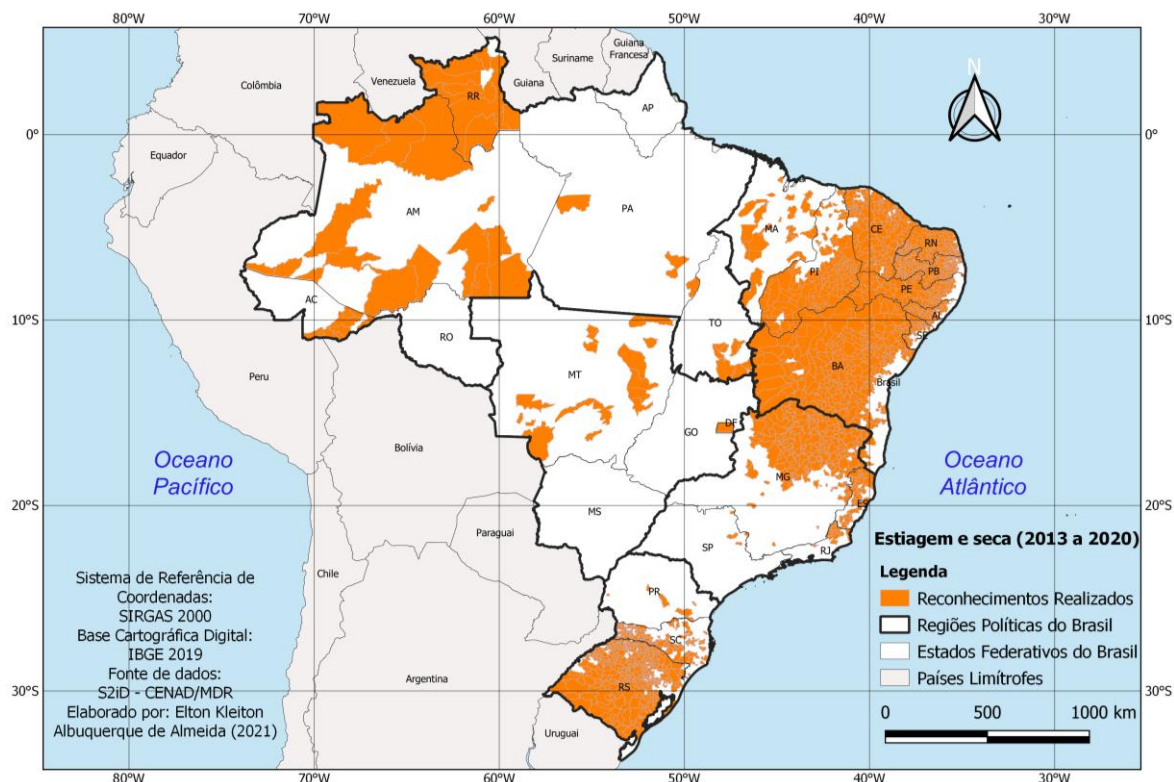
Tabela 10 – Desastres com reconhecimento federal realizados, entre os anos de 2013 e 2020

Desastre				Registro	%
Estiagem e Seca				11610	50,06
Estiagem				8195	35,34
Doenças infecciosas				7454	32,14
Seca				3415	14,73
Subgrupo		Registro	%		
Chuvas intensas		1292	5,57		
Vendaval		440	1,90	Tempestades	2004
Granizo		210	0,91		
Raios		37	0,16		
Tornados		25	0,11		
Enxurradas				931	4,01
Inundações				606	2,61
Incêndio Florestal				264	1,14
Alagamentos				133	0,57
Erosão				50	0,22
Derramamento de produtos químicos nos sistemas em ambientes lacustres, fluvial e marinho				36	0,16
Deslizamentos				33	0,14
Rompimento/colapso de barragens				19	0,08
Corrida de Massa				7	0,03
Ciclones - Maré de tempestade (ressacas)				7	0,03
Infestações				7	0,03
Subsidências e colapsos				7	0,03
Colapso de edificações				6	0,03
Incêndios Urbanos				4	0,02
Transporte passageiros e cargas não perigosas				3	0,01
Quedas, Tombamentos e rolamentos				3	0,01
Onda de Frio - geadas				2	0,01
Tremor de terra				2	0,01
Frentes Frias/Zonas de Convergência				2	0,01
Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio				1	0,00
Total				23191	100,00

Fonte: banco de dados S2iD (processamento em 23 de janeiro de 2021). Processado e elaborado pelo autor.

A Figura 21 apresenta os municípios que sofreram o desastre de estiagem e seca, e tiveram reconhecimentos federal realizado entre os anos de 2013 a 2020, que totalizaram 11.610 reconhecimentos realizados, em 2.120 municípios (38% dos municípios do país).

Figura 21 – Municípios com desastres de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020



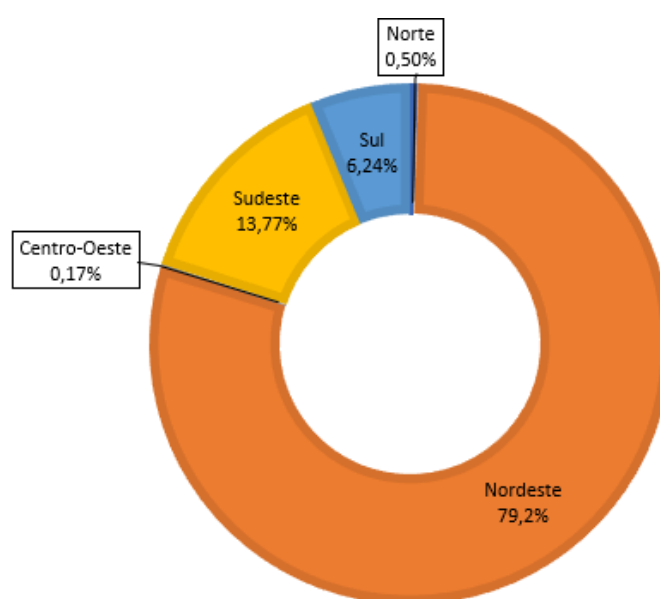
Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A Região Nordeste foi a que teve mais reconhecimentos realizados de estiagem e seca, com 9.209 (79,2%) desses reconhecimentos realizados, e o Estado da Paraíba foi o que teve mais reconhecimentos de estiagem e seca realizados no período, com 2.516 reconhecimentos realizados (Figura 22). A Região Sudeste teve 1.599 reconhecimentos realizados, sendo 13,77% desses desastres. A Região Sul teve 724 reconhecimentos realizados e, portanto, 6,24% desses desastres.

De acordo com os registros dos Relatórios Gerenciais - Reconhecimentos Realizados, do S2iD, os desastres de seca e estiagem juntos foram responsáveis por impactos a um crescente número de pessoas afetadas entre os anos de 2013 a 2020, em todo o Brasil (Tabela 10 e Figura 22).

Figura 22 – Desastres de seca e estiagem, com reconhecimento federal realizado, entre os anos de 2013 e 2020, por Estados e Regiões Políticas do Brasil

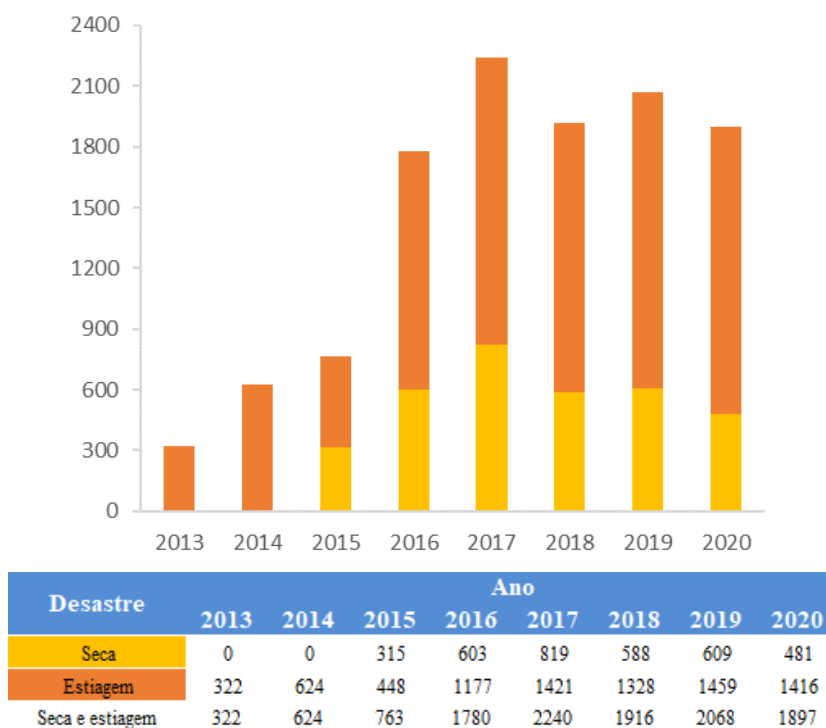
2013-2020		
UF	Registro	Região
AM	17	Norte
RR	14	
AC	13	
TO	10	
PA	4	Total
AP	0	
RO	0	
PB	2516	Nordeste
BA	2022	
RN	1363	
PE	1118	
CE	986	
PI	631	
AL	371	
SE	164	
MA	38	Centro-Oeste
MT	19	
DF	1	
GO	0	
MS	0	
MG	1491	Sudeste
ES	82	
RJ	21	
SP	5	
RS	532	Sul
SC	184	
PR	8	
Brasil	11610	



Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A Figura 23 apresenta a frequência anual dos desastres de estiagem e seca, com reconhecimentos federais realizados entre 2013 a 2020. Nota-se que houve um aumento desses desastres com reconhecimentos realizados até o ano de 2017, e mantendo-se elevados até o ano de 2020. Observa-se que o ano de 2017 foi o que teve mais desastres de estiagem e seca, com reconhecimentos realizados, totalizando juntos 2.240 desses registros.

Figura 23 – Frequência anual dos desastres de seca e estiagem com reconhecimento federal realizado, entre 2013 e 2020



Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Dos danos humanos associados às tipologias de desastres, estiagem e seca foram os que tiveram mais afetados, juntos totalizaram 130.730.231 afetados, mas não se deve descartar incerteza nos dados, que em alguns casos podem ser dados estimados registrados e que podem não ter passado por uma validação rigorosa. O Quadro 10 apresenta a definição dos tipos de danos humanos, e a Tabela 11 apresenta os desastres mais recorrentes no Brasil e os danos humanos com reconhecimentos realizados de 2013 a 2020.

Quadro 10 – Definição dos tipos de danos humanos

Tipificação	Descrição
Mortos	Pessoas que perderam suas vidas em decorrência direta dos efeitos do desastre.
Feridos	Pessoas que sofreram lesões em decorrência direta dos efeitos do desastre e necessitam de intervenção médico-hospitalar, materiais e insumos de saúde (medicamentos, médicos, etc.).
Enfermos	Pessoas que desenvolveram processos patológicos em decorrência direta dos efeitos do desastre.
Desabrigados	Pessoas que necessitam de abrigo público, como habitação temporária, em função de danos ou ameaça de danos causados em decorrência direta dos efeitos do desastre.
Desalojados	Pessoas que, em decorrência dos efeitos diretos do desastre, desocuparam seus domicílios, mas não necessitam de abrigo público.
Desaparecidos	Pessoas que necessitam ser encontradas, pois, em decorrência direta dos efeitos do desastre, estão em situação de risco de morte iminente e em locais inseguros/perigosos.
Outros afetados	Pessoas afetadas diretamente pelo desastre (excetuando as já listadas acima).

Fonte: S2iD (2021). Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Desastres mais recorrentes e danos humanos com reconhecimento federal realizado, entre 2013 e 2020

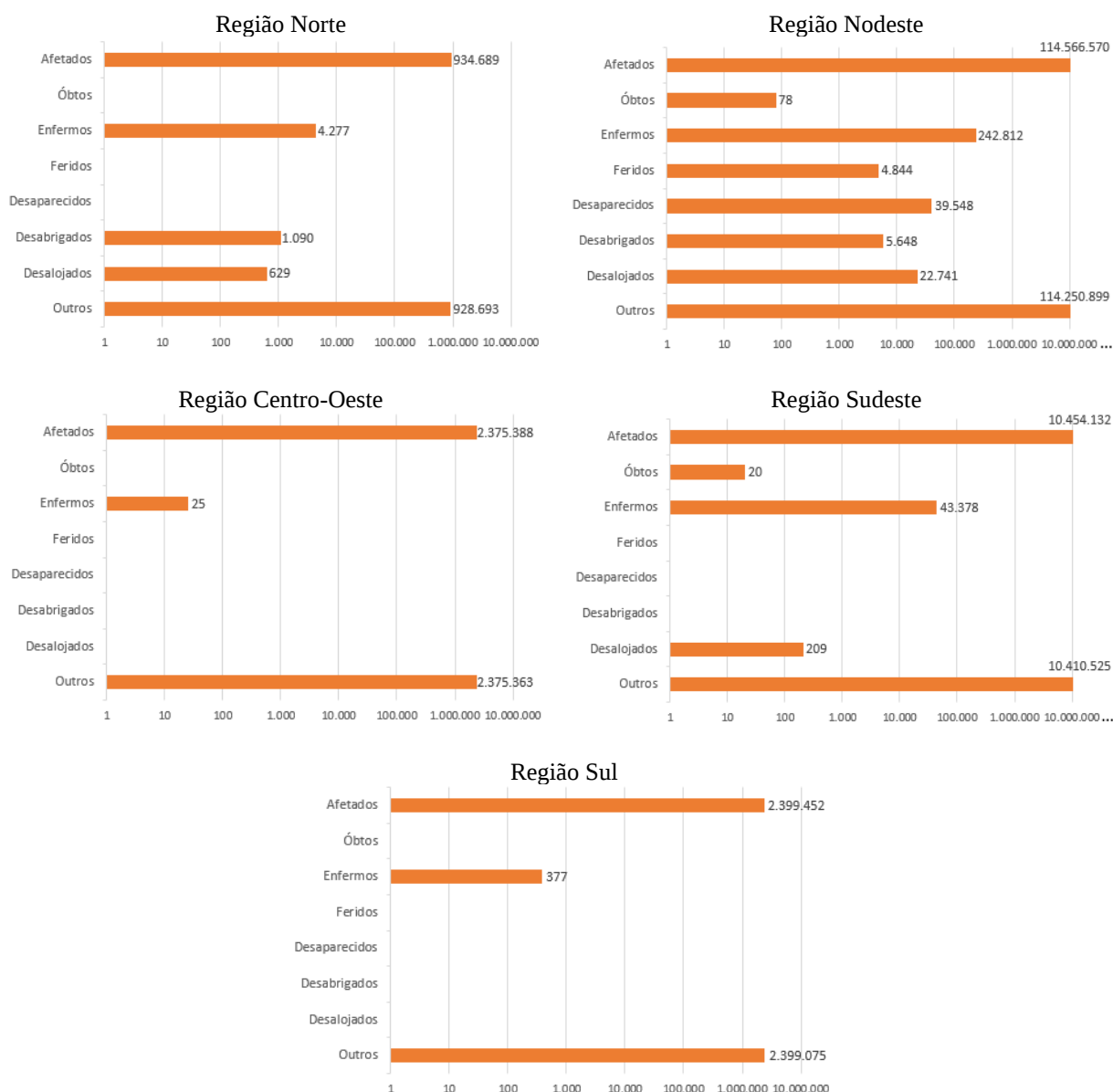
Desastre	Óbitos	Feridos	Enfermos	Desabrigados	Desalojados	Desaparecidos	Outros	Afetados
Seca e estiagem	98	4.844	290.869	6.738	23.579	39.548	130.364.555	130.730.231
Estiagem	97	3.106	177.497	6.550	11.375	39.548	84.315.454	84.553.627
Seca	1	1.738	113.372	188	12.204	0	46.049.101	46.176.604
Doenças infecciosas	4.095	3.400	165.209	80	292	48	36.347.592	36.520.716
Tempestade	276	7.699	15.087	74.495	493.689	1.132	17.126.173	17.718.551
Inundação	126	4.967	128.782	197.597	759.265	76	3.901.346	4.992.159
Enxurrada	55	1.618	8.079	30.433	259.471	8.418	4.681.350	4.989.424
Alagamento	19	665	10.200	69.913	76.481	1	1.117.085	1.274.364
Incêndio florestal	159	2	39.651	0	86	0	420.708	460.606
Deslizamento	67	81	2	5.360	13.952	0	330.735	350.197
Erosão	2	37	0	20	89	0	219.045	219.193

Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Dos danos humanos associados a estiagem e seca, por Regiões Políticas do Brasil, com reconhecimentos realizados de 2013 a 2020, todas as Regiões tiveram registros de afetados. A Região Nordeste teve o maior número de afetados (114.566.570) e maior número de mortes (78), enquanto o ES, na Região Sudeste, teve 20 registros de óbitos, durante o período de reconhecimentos realizados pelo governo federal (Figura 24), mas deve-se

considerar que pode haver incerteza nos dados, podendo haver casos em que foram estimados e podem não ter sido validados rigorosamente antes de sua disponibilização no S2iD.

Figura 24 – Danos humanos por estiagem e seca (seca), com reconhecimento realizado pelo governo federal, por Regiões do Brasil, entre 2013 e 2020



Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Dos dados de óbitos associados ao desastre de estiagem e seca, com reconhecimentos realizados pelo governo federal, entre 2013 a 2020 (Quadro 11), sete municípios tiveram esses registros. Consultando detalhadamente os protocolos no S2iD, é possível acessar ao

Formulário de Informações do Desastre - FIDE de cada município impactado, a descrição de que as mortes das pessoas foram em decorrência direta dos efeitos do desastre. Em Milagres - BA, o desastre foi agravado pela falta de chuva há aproximadamente dois anos até a data de registro da ocorrência do desastre que consta no FIDE, portanto, até 16 de abril de 2013, com 64 mortes associadas. Em Barra de São Francisco - ES, que teve 20 mortes associadas ao desastre, no FIDE foi ressaltado que devido à redução prolongada dos níveis dos reservatórios e a pouca ou nenhuma circulação da água houve uma contaminação das mesmas. No município de Nordestina - BA, com sete mortes, foi registrado no FIDE que o desastre foi em decorrência da escassez de chuva no período de julho de 2016 a fevereiro de 2017. Em Mata Grande - AL, com quatro mortes associadas ao desastre, de acordo com o FIDE, os meses que antecederam o dia 08 de julho de 2014, foram com pouca chuva e não havia um reservatório abastecido. No FIDE de São Bento do Norte - RN e em Amarante do Maranhão - MA, constam uma morte em cada um dos municípios, associadas ao desastre, que foi devido à falta de chuva e escassez de água, respectivamente. No FIDE do município de Orós - CE, consta uma morte associada diretamente ao desastre, e que a duração de cinco anos consecutivos de chuvas abaixo da média ocasionou perdas na agricultura e o esgotamento dos reservatórios. Para validação das informações de mortes associadas à seca, recomenda-se fortemente que sejam atestadas e registradas no DATASUS, e estas passem a constar no S2iD como dados consistentes de óbitos associados à seca.

Quadro 11 – Óbitos por desastre de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 2013 a 2020

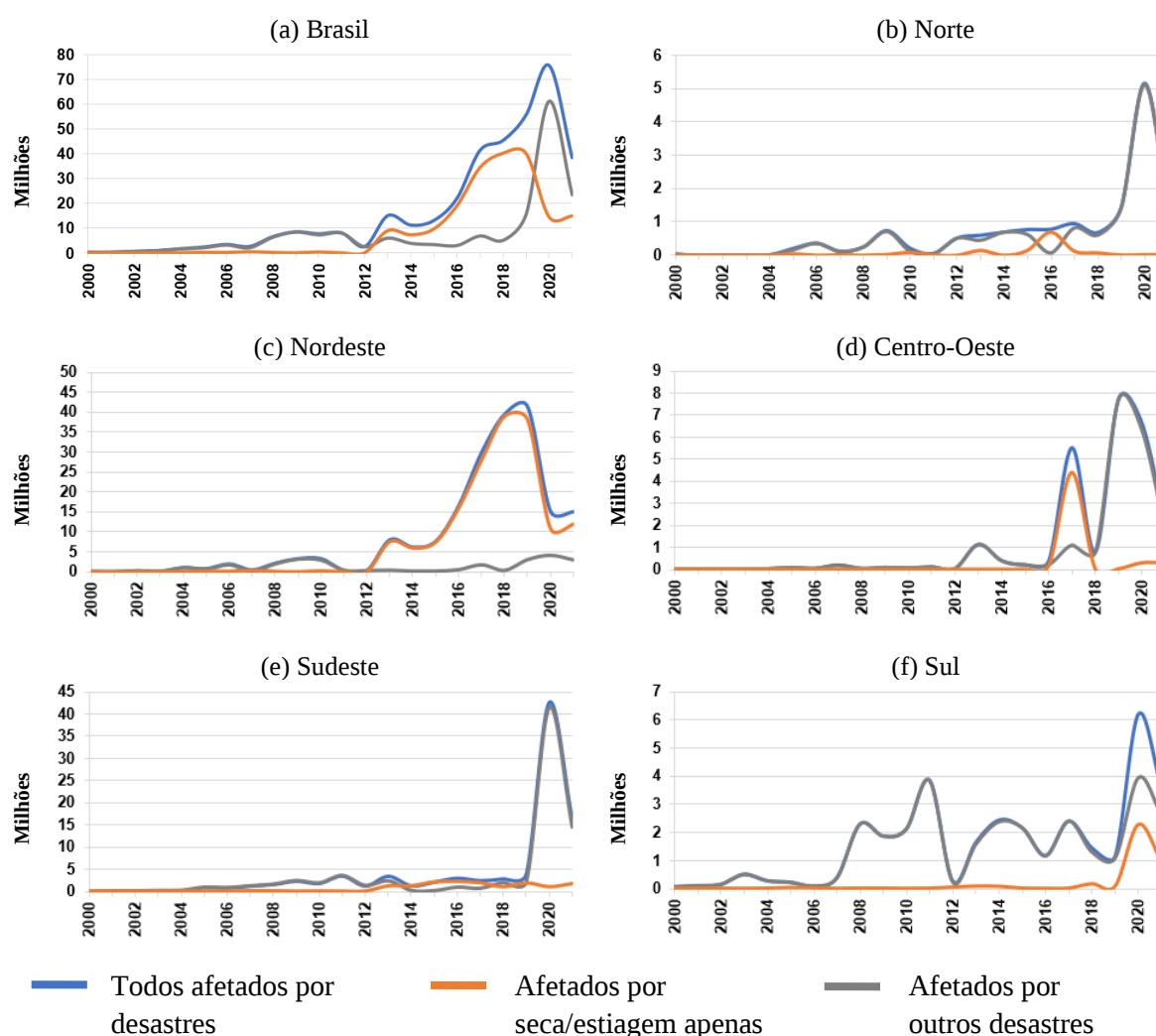
UF	Município	Data da ocorrência FIDE	Registro no S2iD	Protocolo no S2iD	Desastre	Óbitos
BA	Milagres	16/04/2013	26/04/2013	BA-F-2921302-14110-20130416	Estiagem	64
ES	Barra de São Francisco	05/02/2015	06/02/2015	ES-F-3200904-14110-20150205	Estiagem	20
BA	Nordestina	22/02/2017	13/03/2017	BA-F-2922656-14110-20170222	Estiagem	7
AL	Mata Grande	08/07/2014	10/07/2014	AL-F-2705002-14110-20140708	Estiagem	4
MA	Amarante do Maranhão	27/10/2015	28/10/2015	MA-F-2100600-14110-20151027	Estiagem	1
CE	Orós	02/10/2017	02/10/2017	CE-F-2309508-14110-20171002	Estiagem	1
RN	São Bento do Norte	12/09/2018	13/09/2018	RN-F-2411601-14120-20180912	Seca	1

Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Até o ano de 2019, as secas e estiagens foram responsáveis pelo maior número de pessoas afetadas (Figura 25), e a partir de 2020, os totais afetados por outros desastres foram maiores, inflacionados pelo número de pessoas afetadas por infecções por coronavírus, que

consequente refletiu elevando também o total de afetado por todos os desastres. A Região Nordeste (Figura 25c) tem o maior número de pessoas afetadas pela seca e pela estiagem. E a Região Sul (Figura 26f) teve esse número elevado a partir de 2020.

Figura 25 – Distribuição de frequência anual de pessoas afetadas por seca e estiagem no Brasil e Regiões, de 2000 a 2021: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul. Eixo horizontal: anos de 2000 a 2021; Eixo vertical: afetados (milhões de pessoas) pela seca e estiagem (linha laranja), afetado por outros eventos (linha cinza) e afetado por todos os desastres (linha azul)

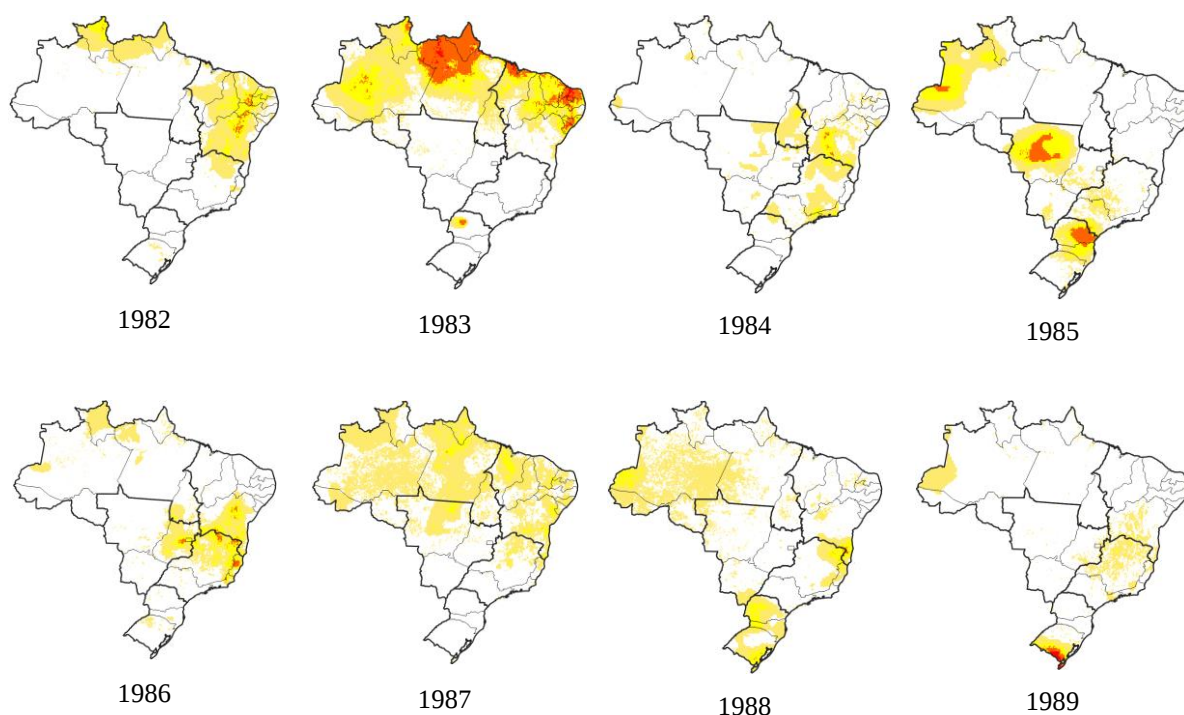


Fonte: elaborado a partir de dados do CEPED/UFSC e do S2iD.

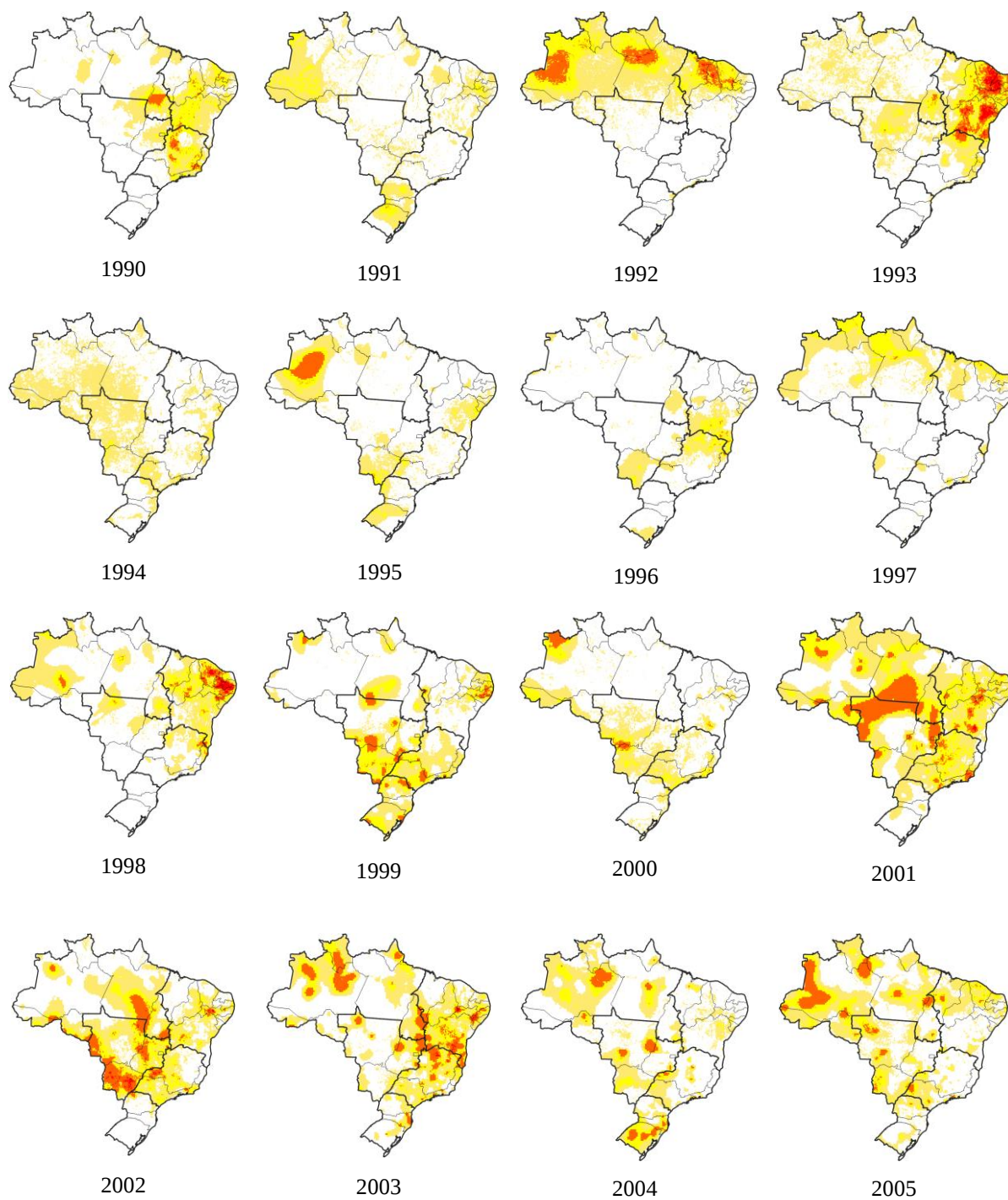
A Figura 26 apresenta o Índice Integrado de Seca - IIS-12, com base em 12 meses, (CUNHA et al., 2019), espacializado com base em 12 meses, de 1982 até 2020. Foi possível

inferir que a seca de longa duração tem ocorrido em todas as regiões do Brasil, inclusive em áreas pouco frequentes e de forma mais intensa nos últimos anos, conforme observado recentemente por Cuartas et al. (2022), que destacaram que “os eventos de seca hidrológica tem sido mais frequentes e intensos nas últimas décadas no Brasil”, e ainda que “particularmente na última década (2010-2021), as secas também ocorreram concomitantemente em várias regiões do país, com impactos perceptíveis em diferentes setores socioeconômicos, que ainda estão sendo vivenciados” (CUARTAS et al., 2022), e corroborando com o que foi observado por Cunha et al. (2019), que utilizaram o IIS-12, de 2011 a 2019, para analisar a seca hidrológica e destacaram que “nos últimos 8 anos (2011–2019), foram registrados eventos de seca em todos territórios brasileiros”. E destarte essas informações, torna-se evidente a necessidade de implementação de políticas públicas de convivência com a seca com abrangência para todo o país, extrapolando-se assim aos limites da região do semiárido brasileiro.

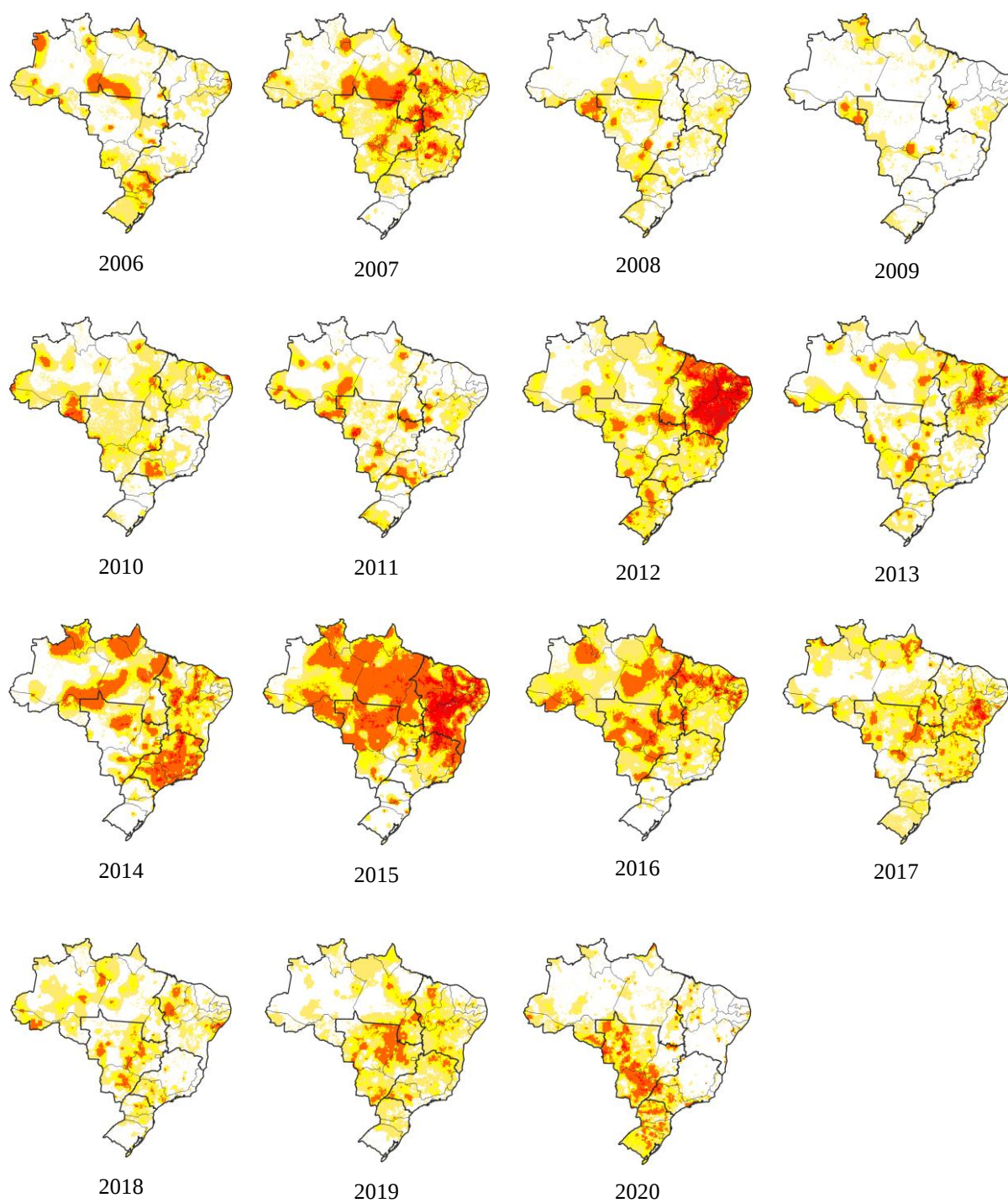
Figura 26 – Áreas afetadas pela seca: Índice Integrado de Seca (IIS-12) de 1982 a 2020



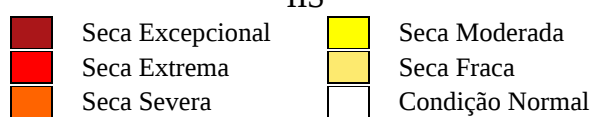
(Continua)

(Continuação)*(Continua)*

(Conclusão)



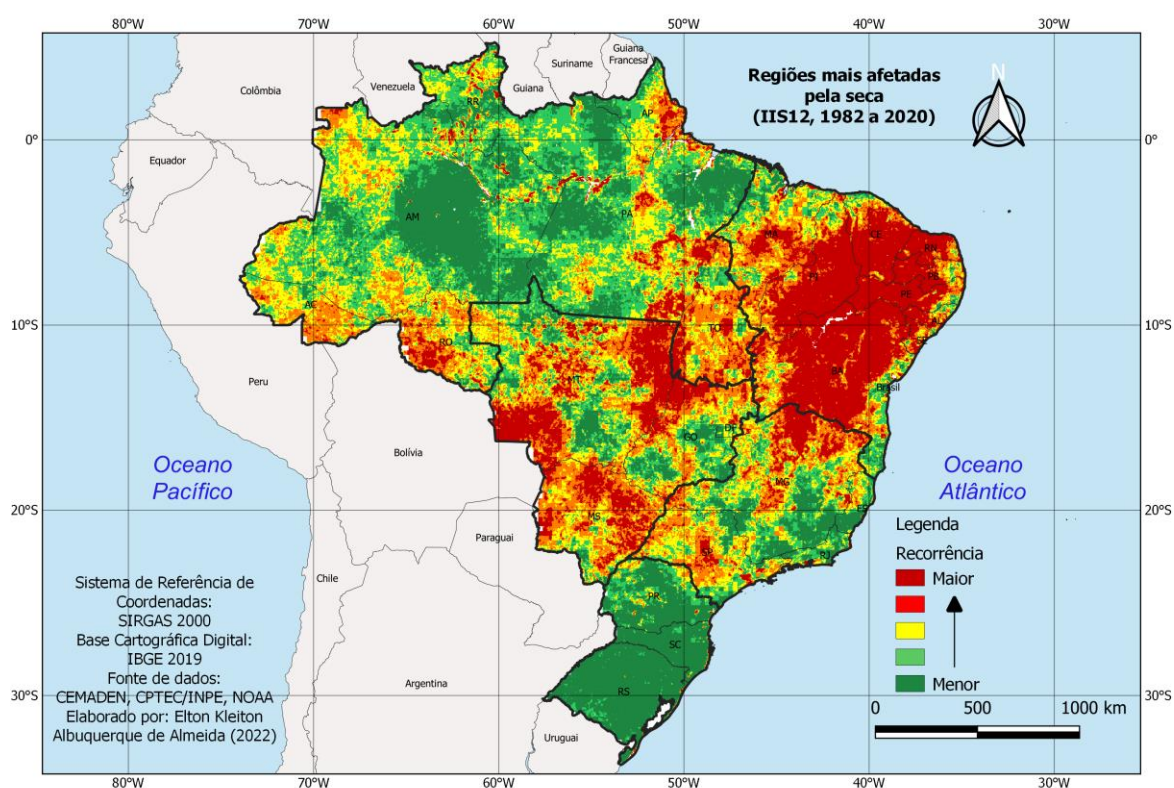
IIS



Fonte: dados obtidos do CEMADEN. Processado e elaborado pelo autor.

E para a indicação das áreas mais afetadas, foi calculado a soma desses índices anuais, e ilustrado na Figura 27. Para gerar o mapa das regiões mais afetadas pela seca (Figura 27), no processamento foi utilizada a calculadora raster do QGIS®, para calcular a soma de toda a série dos dados GeoTIFF do IIS-12. Nota-se que de 1982 a 2020, as áreas mais afetadas pelas secas estão principalmente na Região do Semiárido e partes da Região Centro-Oeste.

Figura 27 – Recorrência de seca entre 1982 a 2020



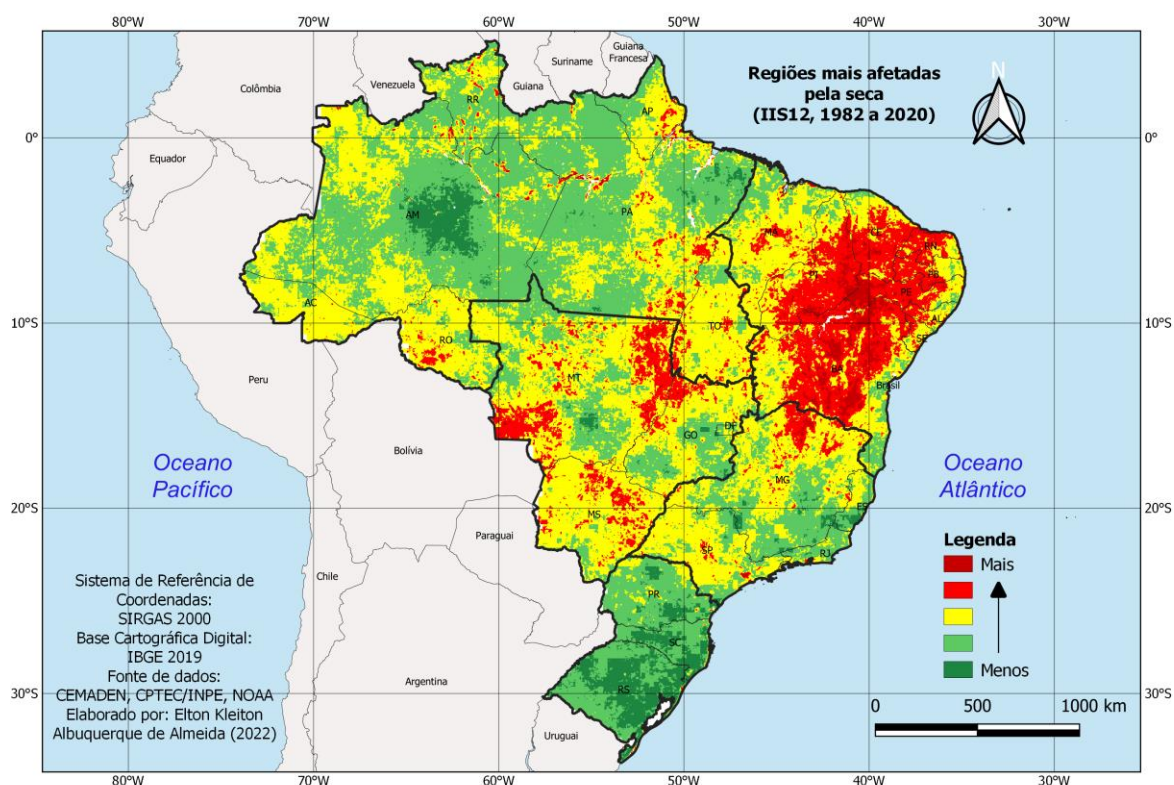
Fonte: IIS-12, CEMADEN; CPTEC/INPE; NOAA. Elaborado pelo autor

A partir dos dados da Figura 26, também foi possível calcular a média dos dados do IIS-12 e obter a climatologia de seca hidrológica, de 1982 a 2020, conforme ilustrado na Figura 28. O mapa foi gerado por meio da calculadora raster do QGIS®, calculando-se a média aritmética de toda a série dos dados GeoTIFF do IIS-12.

Ressalta-se que alguns eventos de seca, como por exemplo a que vem ocorrendo no sul do país nos últimos anos, não apresentam destaque, ou seja, são mascaradas na média de toda a série de 39 anos.

A climatologia da seca no Brasil evidenciou a Região do Semiárido e partes da Região Centro-Oeste como sendo das mais afetadas pela seca, na média histórica de 39 anos, entre 1982 a 2020.

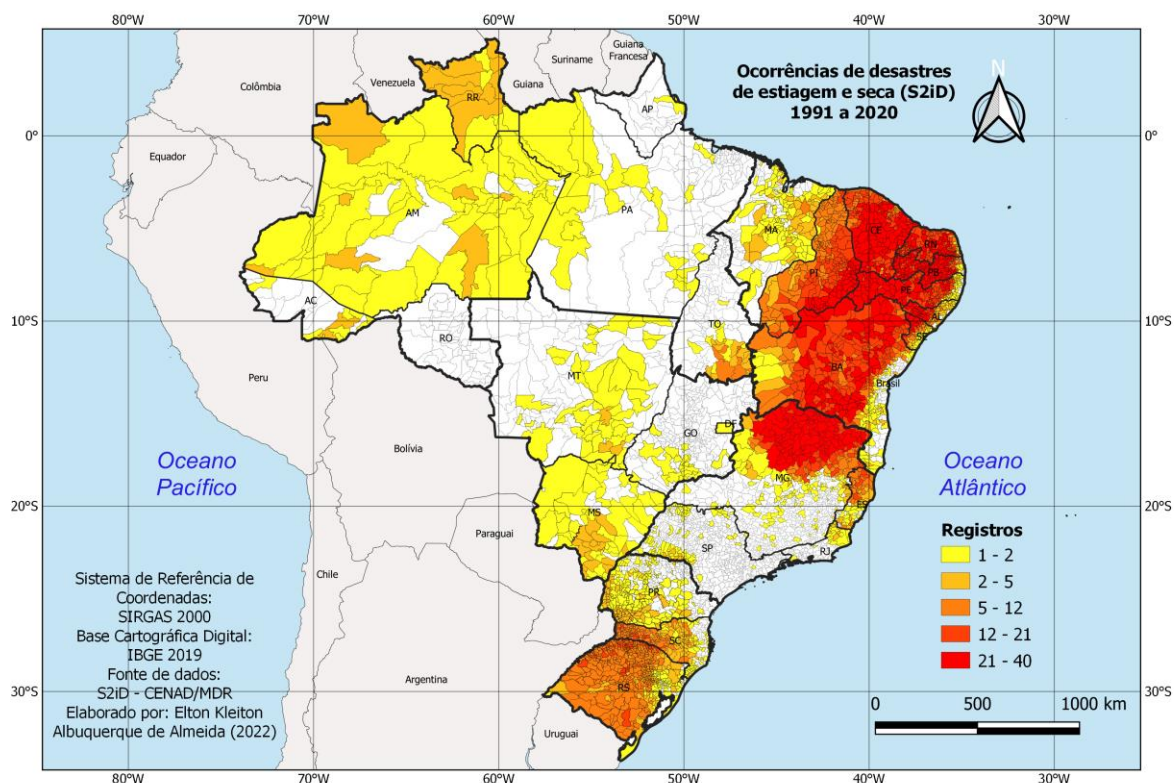
Figura 28 – Climatologia da seca no Brasil (IIS-12 de 1982 a 2020)



Fonte: IIS-12, CEMADEN; CPTEC/INPE; NOAA. Elaborado pelo autor

A partir da base de dados de ocorrências de desastres obtido do CENAD e do Relatório Gerencial - Reconhecimentos Realizados, do S2iD, foi possível processar e gerar o mapa dos municípios e o número de ocorrência de desastres de seca e estiagem, de 1991 a 2020 (Figura 29), onde podemos notar que é na região do semiárido onde se destacam os municípios com maior recorrência de reconhecimentos realizados de situação de emergência e de calamidade pública, mas também em municípios do norte do Espírito Santos, municípios da Região Sul, centro-sul do Mato Grosso do Sul, sul e sudeste do Tocantins e alguns municípios do centro-leste do Maranhão, sudeste do Mato Grosso, leste do Amapá, do centro-norte e oeste de Roraima e em alguns municípios do Amazonas.

Figura 29 – Municípios com ocorrências de desastres de estiagem e seca com reconhecimento federal realizado, entre 1991 a 2020



Fonte: dados até 2019 - CEPED/UFSC (2020); dados de 2020 a 2021 - banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A partir dos dados do IIS-12 apresentados na Figura 26 foram calculados a distribuição anual por classes de seca. As alturas das classes representam a porcentagem de pixels correspondentes a cada intensidade de seca (área sob cada classe do IIS-12), e as linhas representam o número de registros de impactos causados pelas secas, e os reconhecimentos realizados (Figura 30).

Observou-se que grande parte do país (Figura 30a) enfrentou alta frequência de seca entre os anos de 2013 a 2020, sendo os anos de 2015 e 2016 os mais críticos, onde a abrangência da seca no território brasileiro foi de 86,1% e de 83,6% respectivamente, culminando o registro de danos e reconhecimentos realizados com desastre de seca no ano de 2017, mas mantendo esses números elevados nos anos subsequentes.

Conhecida por seus maiores índices pluviométricos entre as regiões brasileiras (CUNHA et al., 2019), a Região Norte (Figura 30b) apresentou aumento na frequência de seca severa entre os anos de 2014 e de 2015, com reflexo no aumento dos danos informados e

reconhecimentos realizados no ano de 2016.

Na Região Nordeste (Figura 30c), a frequência de seca permaneceu elevada até o ano de 2019, apresentado um declínio acentuado em 2020, sendo os anos de 2015 e 2016 os mais extremos em termos de categorias de seca, com reflexo no aumento de registros de danos e reconhecimentos realizados com desastre de seca. No ano de 2015, a seca abrangeu 99,5% da região, sendo que 72,15% da região esteve em seca severa ou extrema, e 3,45% apresentou seca excepcional. Após o aumento do número de reconhecimentos realizados com desastre de seca no ano de 2015, esse número voltou a cair em 2020 quando 82,5% da região estiveram na classe de condição normal.

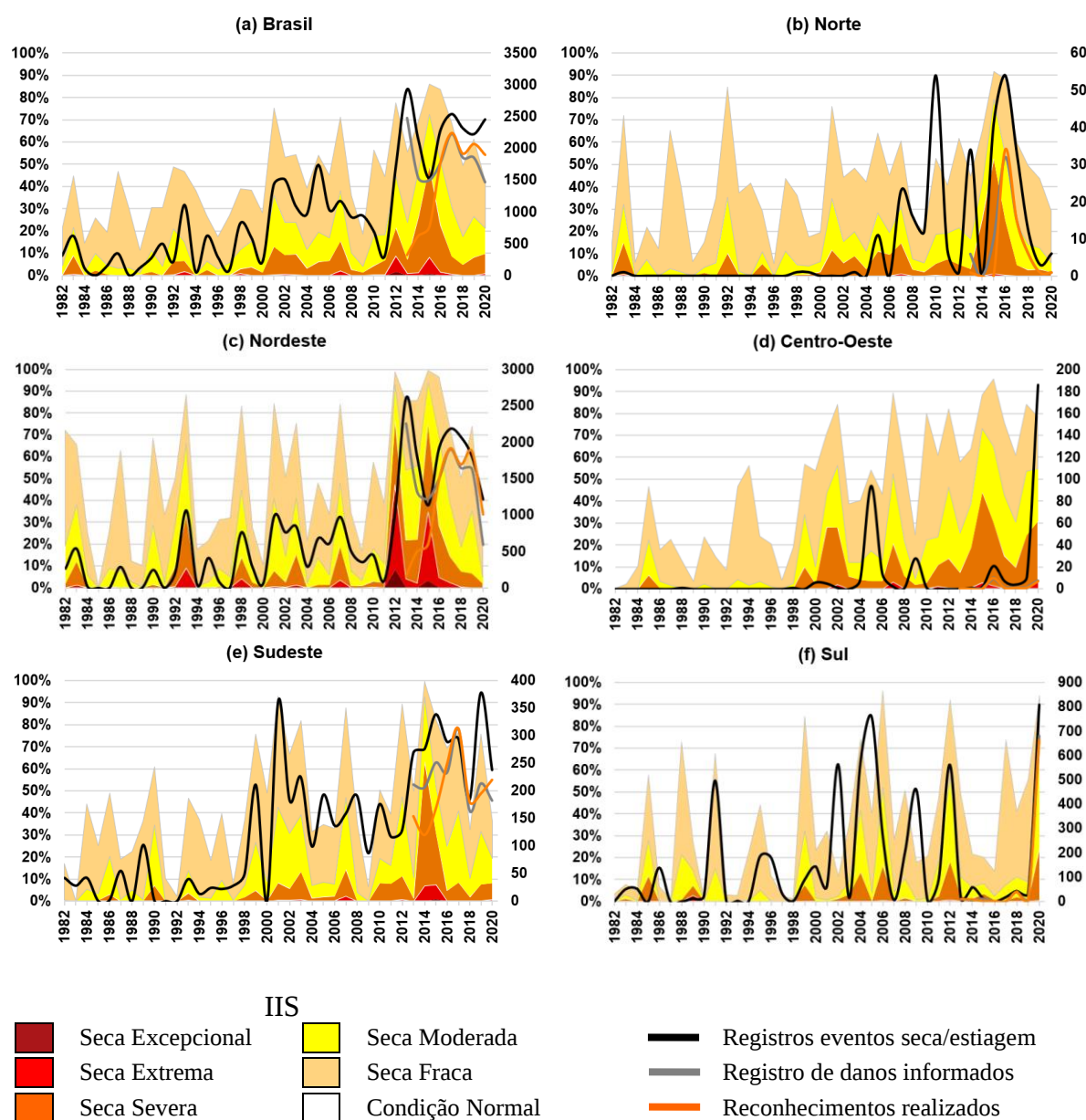
A Região Centro-Oeste (Figura 30d) apresentou aumento na frequência de seca entre os anos de 2013 a 2016, sendo que no ano de 2015 a seca foi severa em 41,7% da região, e extrema em 2,7%. Entre os anos de 2017 a 2020 a frequência de seca oscilou, mas permanecendo elevada na região. O número de registros de danos e reconhecimentos realizados pelo desastre de seca teve pico no ano de 2016, queda no ano seguinte, mas nova forte tendência de elevação a partir do ano de 2019.

Os anos de 2014 e 2015 na Região Sudeste (Figura 30e) foram com alta frequência de seca. No ano de 2014, a seca severa ocorreu em 56,7% da região e seca extrema em 6,8% da região. No ano de 2015, a seca severa ocorreu em 23,9% da região e 7,4% em seca excepcional, culminando na crise hídrica que afetou principalmente a cidade de São Paulo e região metropolitana, e elevação do número de reconhecimentos realizados de desastre de seca.

A Região Sul (Figura 30f) apresentou menos áreas em condição normal no ano de 2020, quando a seca severa ocorreu em 23,9% da região e a seca moderada em 45,2% da região, com aumento acentuado no número de registros de danos e reconhecimentos realizados de desastre de seca.

Na figura 30, nota-se muitas vezes que os picos dos registros de danos informados e de reconhecimentos realizados são precedidos pela intensificação da seca, o que é esperado, pois, os impactos de uma seca ainda podem ser sentidos mesmo após o cessar do evento (UNDRR, 2021. VOGT et al., 2018), e no mesmo sentido, “...os efeitos da seca geralmente se acumulam lentamente durante um período considerável de tempo e podem durar anos após o término do evento...” (WILHITE, 2000), ou seja, em muitas vezes há uma certa latência do evento.

Figura 30 – Distribuição anual de frequência do IIS-12 para o Brasil e Regiões: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul, e registros de danos informados e com reconhecimentos realizados. Eixo horizontal: anos de 1982 a 2020; Eixo vertical esquerdo: área sob as condições do IIS-12 (%); eixo vertical direito: número de registros de seca/estiagem realizados pelas defesas civis municipais ou estaduais (linha preta) de 1982 a 2020, número de registros de danos informados (linha amarela) de 2013 a 2020, e número de reconhecimentos realizados (linha laranja) de 2013 a 2020



Fonte: IIS-12, CEMADEN; danos e reconhecimento de estiagem e seca, S2iD. Elaborado pelo autor.

A relação entre exposição e as áreas impactadas podem ser avaliadas pelo Índice

Integrado de Seca - IIS, que combina a falta de precipitação e a resposta da superfície ao estresse hídrico (CUNHA et al., 2019), e os municípios com registros de danos informados por desastre de estiagem ou seca, e com reconhecimentos realizados que constam no S2iD, estão ilustrados na Figura 31, de 2013 a 2020, período recente com secas mais intensas.

De acordo com a literatura, particularmente na região do Semiárido, de 2012 a 2018, a seca foi considerada a mais extrema (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2019. MARENGO et al., 2018) devido a sua duração, gravidade e recorrência nos últimos 30 anos (ALVALÁ et al., 2019a. CUNHA et al., 2018). Neste sentido, observa-se na Figura 31 que no decorrer de 2013 a 2017, houve um aumento dos danos informados por estiagem ou seca, bem como dos reconhecimentos realizados de municípios da região do Semiárido. Esses danos informados e reconhecimentos realizados permaneceram elevados no ano de 2018 e de 2019, tendo um declínio no ano de 2020, quando o IIS já apresentava uma melhora significativa na categorização da seca.

Entre os anos de 2014 e 2016, conforme observado pelo IIS, a Região Norte sofreu uma seca generalizada, com categorização de seca severa no ano de 2015 em grande parte da Região, com reflexo no aumento dos casos de danos informados em 2015 e 2016, e principalmente dos reconhecimentos realizados em 2016.

Na Região Centro-Oeste, nos anos de 2015 a 2016 e de 2019 e 2020, o IIS mostrou seca ampla na região, com aumento de áreas com seca severa, e houve aumento de municípios com registros de danos nesses períodos, com aumento de municípios com reconhecimentos realizados em 2016 e em 2020. Entre os anos de 2019 e 2020, a Região do Pantanal sofreu com uma seca prolongada com seca fraca a severa, conforme pode ser visto no IIS. Outros impactos como incêndios subsequentes atingiram centenas de milhares de hectares, afetando a biodiversidade natural, o agronegócio, a pecuária, e os níveis baixos dos rios comprometeram vários trechos de transporte hidroviário ao longo do rio Paraguai (MARENGO et al., 2021a).

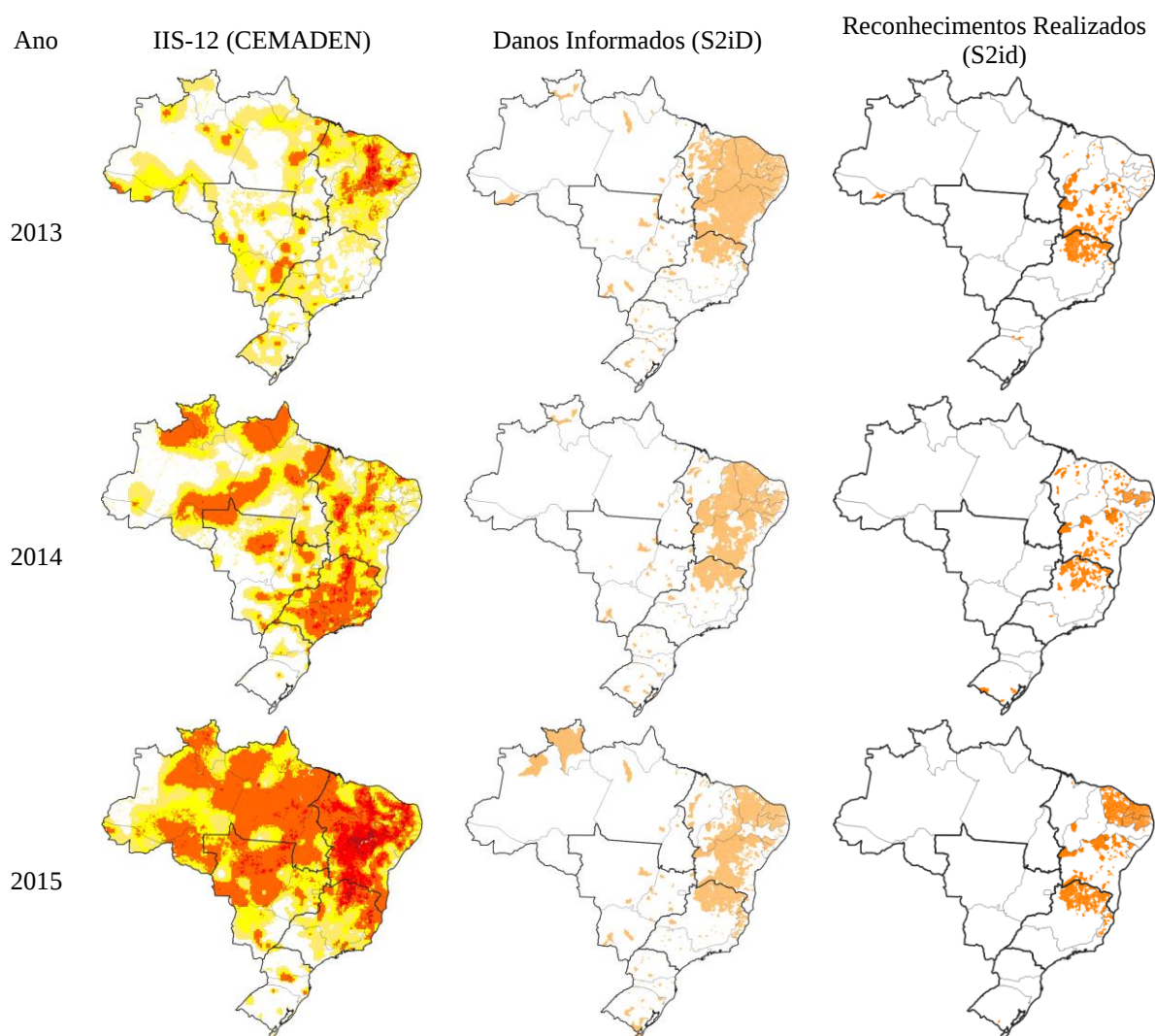
Na Região Sudeste, frequentemente o norte de Minas Gerais sofre com a exposição às secas (IIS de 2013 a 2019), com impactos registrados em muitos municípios dessas áreas, com reconhecimentos realizados. Em 2014 a Região sofreu com seca severa conforme mostrado no IIS, e ocorreu a crise hídrica com impacto também na geração de energia elétrica entre os anos de 2015 e 2016.

O IIS-12 indicou seca generalizada na Região Sul em 2020, com núcleos de áreas expostas a seca severa. Observou-se um aumento dos danos informados, e com reconhecimentos realizados por desastre de estiagem ou seca em municípios da Região,

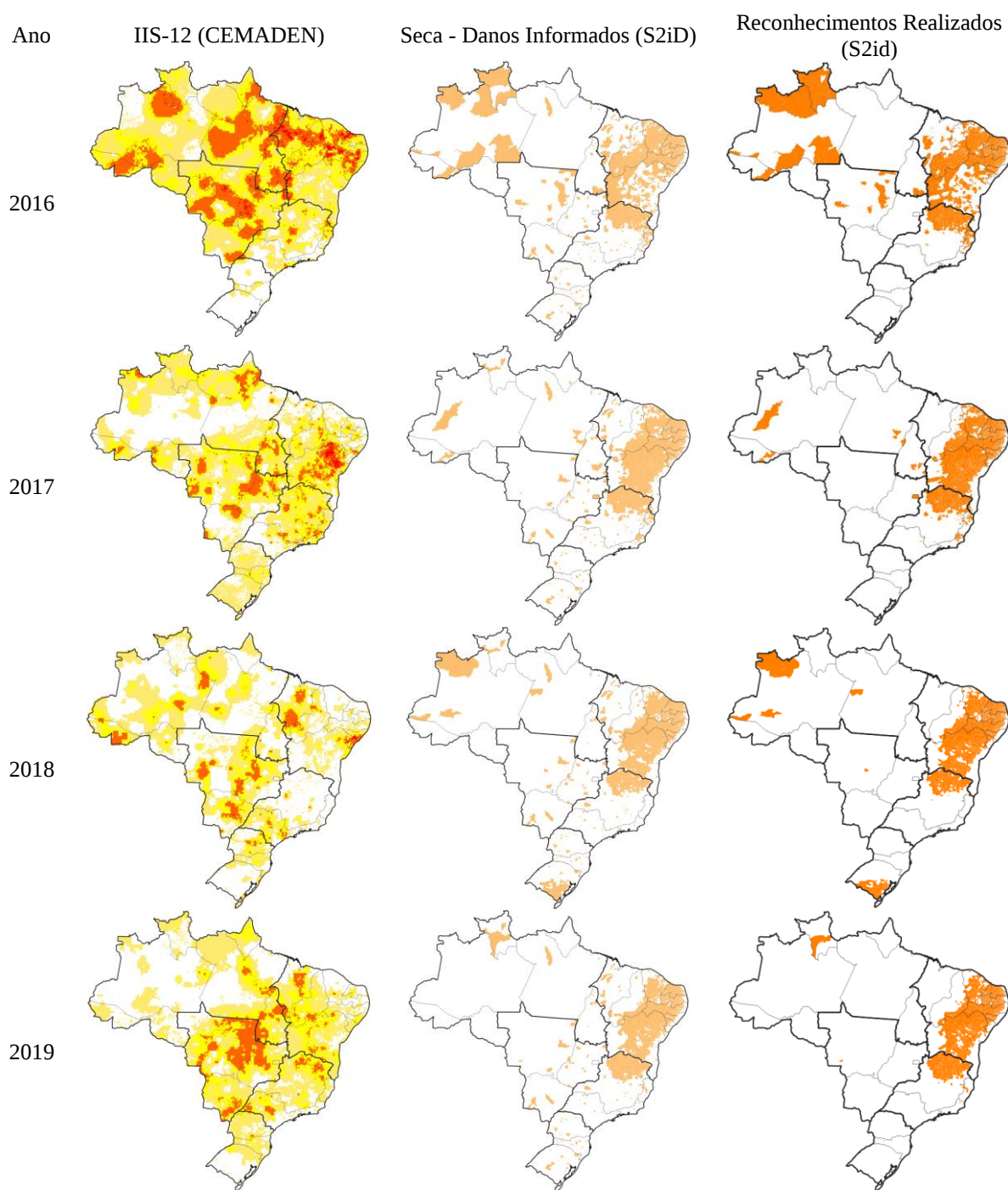
principalmente do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Na relação entre os mapas do IIS-12, dos municípios com danos informados, e dos municípios com reconhecimentos realizados (Figura 31), observa-se muitas vezes uma certa latência do evento físico indicado pelo IIS-12 até o registro dos impactos associados. Pois os efeitos da seca, que geralmente se acumulam lentamente, podem ser sentidos ainda por muito tempo depois (WILHITE, 2000).

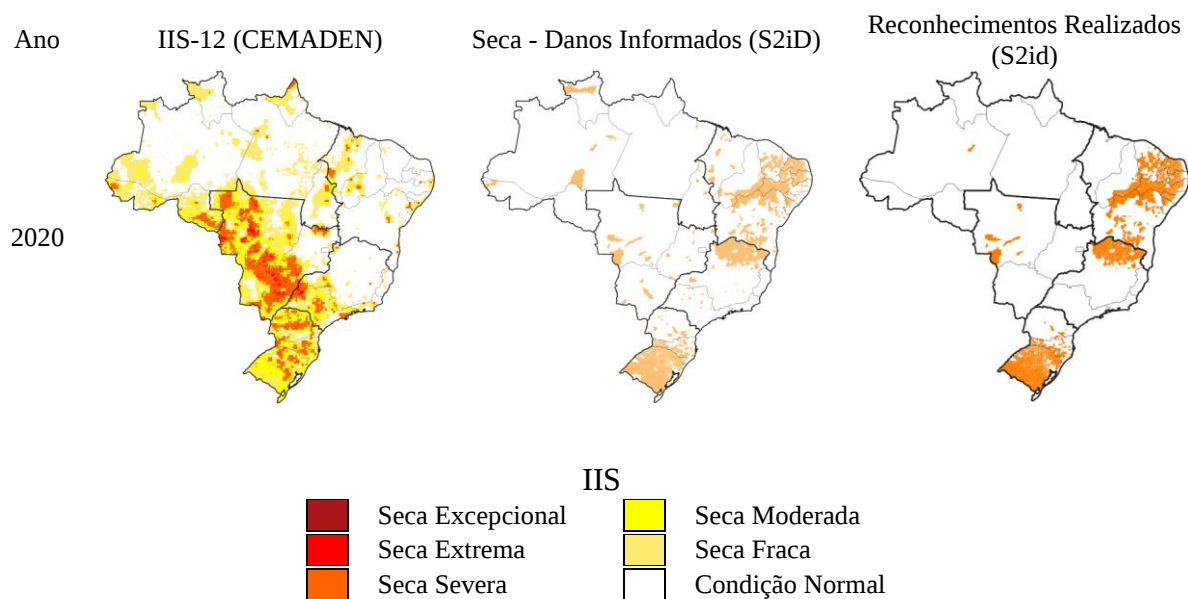
Figura 31 – A exposição e as áreas afetadas pela seca X impacto: Índice Integrado de Seca (IIS-12) e desastre de estiagem e seca, entre 2013 a 2020



(Continua)

(Continuação)*(Continua)*

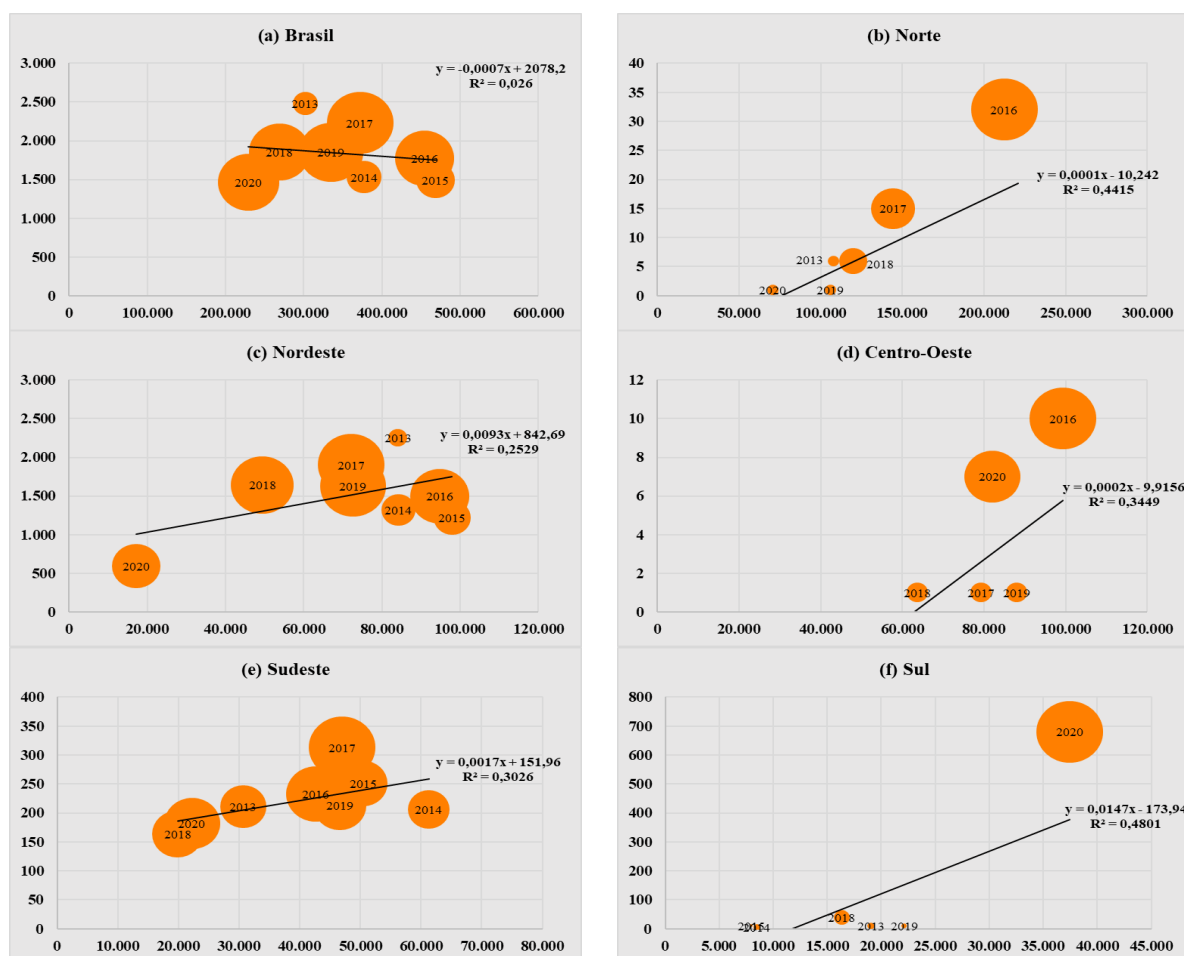
(Conclusão)



Fonte: IIS-12, CEMADEN; danos e reconhecimento de estiagem e seca, S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

Na figura 32, são apresentados os gráficos de dispersão entre os pixels das classes de seca do IIS-12 e o número de registros de danos relacionados à seca no Brasil e regiões, entre os anos de 2013 a 2020. O tamanho dos pontos são para rápida intercomparação dos totais anuais de reconhecimentos realizados de desastre de seca. Observa-se que diante da limitação de registros de danos e reconhecimentos realizados, as correlações se apresentam melhores por Regiões do Brasil.

Figura 32 – Dispersão entre o total de pixels das classes de seca do IIS-12 para o Brasil e Regiões: (a) Brasil; (b) Norte; (c) Nordeste; (d) Centro-Oeste; (e) Sudeste e (f) Sul, e os registros de danos informados. Eixo horizontal: total de pixels das classes de seca do IIS-12; Eixo vertical: número de registros de danos informados. Os tamanhos dos pontos representam a proporção do número total de reconhecimentos realizados entre os anos de 2013 a 2020



Fonte: IIS-12, CEMADEN; danos e reconhecimentos de estiagem e seca, S2iD. Elaborado pelo autor.

A Tabela 12 apresenta uma análise da correlação entre o total de pixels das classes de seca do IIS-12, portanto excluindo-se os pixels da classe de Condição Normal, com os registros de danos relacionados a seca no Brasil e regiões. Para o cálculo do coeficiente de correlação foi utilizado a correlação de Pearson (r). Também foram apresentados o coeficiente de determinação (R^2) e o p -valor. Verificou-se que a correlação foi fraca para o Brasil, porém moderada para as Regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, e forte para a Região Sul.

Os gráficos de dispersão e correlação de Pearson (Figura 32 e Tabela 12), ilustraram uma correlação fraca para o Brasil como um todo, porém moderada para as Regiões Norte,

Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, e forte para a Região Sul, e podemos inferir que diante das limitações de registros de danos e reconhecimentos realizados, as correlações se apresentaram melhores por Regiões

Tabela 12 – Teste de hipótese, correlação (Pearson) e coeficiente de determinação entre o total de pixels das classes de seca do IIS-12 para o Brasil e Regiões, e os registros de danos informados, anos de 2013 a 2020

Área	<i>r</i>	<i>R</i> ²	<i>p</i> -valor	Nº. pares
Brasil	-0,16	0,03	< 0,001	8
Região Norte	0,66	0,44	< 0,001	8
Região Nordeste	0,50	0,25	< 0,001	8
Região Centro-Oeste	0,59	0,34	< 0,001	8
Região Sudeste	0,55	0,30	< 0,001	8
Região Sul	0,69	0,48	< 0,002	8

Fonte: IIS-12, CEMADEN; danos e reconhecimento de estiagem e seca, S2iD. Elaborado pelo autor.

É importante ressaltar sobre os dados de registros de desastres, que “o aumento do número de registros a cada ano pode estar relacionado à constante evolução dos órgãos de Defesa Civil quanto ao registro de desastres pelos documentos oficiais” (CEPED/UFSC, 2013). Mas também é importante destacar “a importância que deve ser dada ao ato de registrar e armazenar, de forma precisa, integrada e sistemática os dados relativos aos eventos adversos ocorridos no país com o propósito de garantir uma fonte de informação confiável para a construção e divulgação de conhecimento” (CEPED, 2012). E neste sentido, patenteia-se ser de grande importância o apoio dos governos municipais, estaduais e federal na manutenção e fortalecimento dos órgãos de defesa civil, bem como às demais instituições integrantes do SINPDEC e envolvidas na gestão de seca, realizar constantemente treinamentos e reciclagens aos responsáveis que registram as informações sobre os desastres, e mais empenho na etapa de validação dos dados de desastres a fim de zelar por dados cada vez mais consistentes.

Contudo, diante da análise das séries temporais de desastres no Brasil apresentadas nesta pesquisa, foi possível conhecer um panorama dos registros de desastres de seca e estiagem em todo o Brasil, desastres os quais juntos têm associados ao maior número de

afetados dentre os demais tipos de desastres, e apontar as regiões mais afetadas por seca e estiagem.

5.2 Índice de capacidade de gestão de risco e desastre de seca – caso de atuação da SEDEC no desastre de seca da cidade de Nossa Senhora da Glória – SE, ano de 2020

Neste estudo de caso, foi aplicada a metodologia proposta na Seção 4.3.2. e a verificação dos atributos foi realizada por meio de pesquisa exploratória às informações, com buscas no S2iD e informações públicas acessíveis em sites oficiais do governo.

De acordo com os dados no S2iD, o município de Nossa Senhora da Glória – SE registrou o desastre de seca no dia 02 de junho de 2020, com detalhamento no FIDE do protocolo SE-F-2804508-14120-20200602, e novamente no dia 30 de novembro de 2020, com descrição informada no FIDE do protocolo SE-F-2804508-14120-20201130.

As competências da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil estão divulgadas no site <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/competencias> (acessado em 01 de março de 2021).

E de acordo com suas competências, a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, após a análise publicou os dois reconhecimentos de situação de emergências solicitados pelo município, no Diário Oficial da União (DOU), respectivamente, em 16 de junho de 2020 (Portaria Nº 1.682, de 15 de junho de 2020, do Ministério do Desenvolvimento Nacional/ Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil), e em 16 de dezembro de 2020 (Portaria Nº 3.140, de 15 de dezembro de 2020, do Ministério do Desenvolvimento Nacional/ Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil). Assim, essas ações caracterizam o total cumprimento de sua atuação na etapa de resposta.

Ainda dentro das competências de atuação da SEDEC, frente ao desastre de seca na cidade de Nossa Senhora da Glória, verificou-se que a etapa de prevenção é contemplada com a promoção de capacitações de recursos humanos, que foram oferecidos e estão disponibilizados à distância (<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/capacitacoes-e-boas-praticas>, acessado em 01 de março de 2021).

Para o ano de 2020, não foi identificada atuação na etapa de mitigação, que é do ciclo de gestão de risco, e também não se verificou atuação nas etapas de recuperação e de restabelecimento, que são do ciclo de gestão de desastre, e estas podem ser consideradas de atuação da SEDEC, já que cabe à SEDEC “estabelecer estratégias e diretrizes das ações de

Proteção e Defesa Civil, gestão de riscos e de desastres”, e estas não se verificaram quanto a execução nas etapas de mitigação, recuperação e restabelecimento quanto ao desastre de seca na cidade de Nossa Senhora da Glória.

O município foi atendido pela Operação Carro-Pipa (<http://sedec.5cta.eb.mil.br/>, acessado em 01 de março de 2021), como medida de ações de assistência humanitária, e caracteriza atendimento na classe de resposta, dentro de sua competência de atuação. A Operação Carro-Pipa é uma cooperação técnica e financiada pelo Ministério do Desenvolvimento Regional/SEDEC e Ministério da Defesa, e a promoção das articulações conjuntas com órgãos integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) também caracterizam ações de preparação.

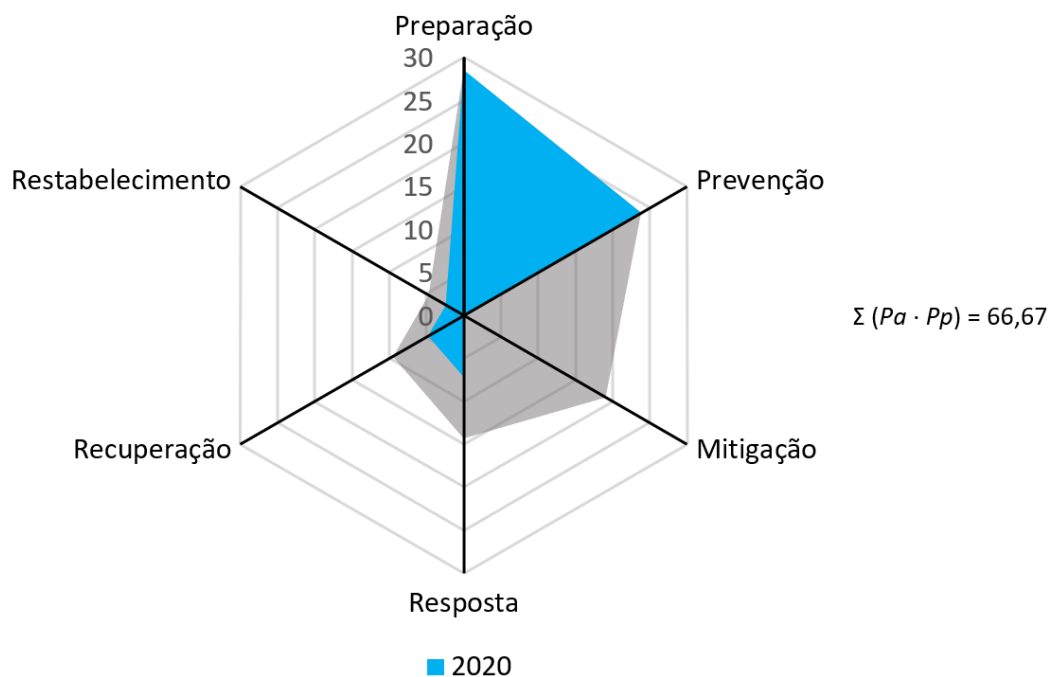
Diante das verificações nas categorias de ações de preparação, prevenção, mitigação (ciclo de gestão de risco), resposta, recuperação e restabelecimento (ciclo de gestão de desastre), foi possível assinalar na coluna dos atributos da Tabela 13, e pontuar conforme a metodologia na Seção 4.3.2 e o Quadro 8, para obter o índice de desempenho em cada categoria de ações, e finalmente, o valor do Índice de Desempenho de Gestão de Seca (*global score*) para o caso foi de 66,67, também representado na Figura 33.

Tabela 13 – Tabulação das listas de verificação da gestão de risco e desastre de seca da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, para o município de Nossa Senhora da Glória (ano base 2020)

Categorias, Classes ou etapas	Atributos				Pontuação atributos (<i>Pa</i>)	Pesos progressivos (<i>Pp</i>)	Índice de desempenho (ID) $ID = Pa \cdot Pp$
	Não 1 -	Não 2 0	Sim 1 50	Sim 2 100			
Preparação				✓	100	0,2858	25,58
Prevenção				✓	100	0,2381	23,81
Mitigação		✓			0	0,1905	0,00
Resposta				✓	100	0,1428	14,28
Recuperação		✓			0	0,0952	0
Restabelecimento		✓			0	0,0476	0
Índice de desempenho de gestão de seca $\Sigma (Pa \cdot Pp)$							66,67

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 33 – Índice de desempenho da gestão de risco e desastre de seca da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, para o município de Nossa Senhora da Glória (ano 2020). A área cinza indica a pontuação máxima que se pode obter em cada categoria de ações



Fonte: elaborado pelo autor.

A metodologia desenvolvida e proposta apresentou ser adequada para avaliar as fases do gerenciamento do risco e desastre de seca, bem como obter um *global score* de todo o ciclo de gestão de risco e desastre de seca. E por levar em consideração as ações do ciclo de gestão de risco e desastre baseadas no Decreto N° 10.593, de 24 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020a), pode ser aplicada às instituições envolvidas na gestão de risco e desastre de seca com atuação nos municípios brasileiros, conforme demonstração e aplicação hipotética na Seção 4.3.2.

A metodologia proposta e sua aplicação específica tem seu ineditismo. E conforme esperado, a aplicação no caso de atuação da SEDEC no desastre de seca no município de Nossa Senhora da Glória – SE, para o ano de 2020, Seção 5.2, permitiu mensurar o índice de desempenho em cada uma das classes de ações nos ciclos de gestão e conhecer o índice de desempenho de gestão de seca.

Os pesos para as pontuações das etapas de gestão de risco e desastre são progressivos (Tabela 4), de tal maneira que os maiores pesos foram associados às etapas de gestão risco,

promovendo assim as ações proativas. Pois, para Wilhite (2000), uma ênfase maior na previsão, monitoramento, mitigação e preparação, que são ações proativas, podem reduzir a frequência e a gravidade dos desastres, e de acordo o CGEE (2016), infelizmente, no Brasil a abordagem à seca historicamente se baseia predominantemente na gestão reativa de crises, devendo o país caminhar na direção de uma política mais proativa para o enfrentamento dos impactos da seca CGEE (2016). E neste sentido, Marengo et al. (2021c), sugerem uma abordagem mais proativa em termos de monitoramento e previsão de risco frente ao desastre causado por precipitação extrema. Entendimento o qual não obstante também ao desastre de seca. E a maior pontuação foi associada às ações de preparação, que envolvem medidas de monitoramento e alerta, pois, de acordo com Alvalá et al. (2019b), os sistemas de alerta têm sido propostos como estratégia para reduzir a vulnerabilidade das populações que vivem em áreas de risco.

Uma limitação da metodologia é que como as instituições têm diferentes medidas de ações, os índices de desempenho das classes de ações e o *global score*, que é o Índice de Desempenho de Gestão de Seca não deve ser utilizado para intercomparação entre as instituições envolvidas na gestão de seca, mas sim em seu monitoramento e decisões individualizadas. E neste contexto, quando em uma instituição há inexistência de competência de atuação com medidas de ação em uma categoria do ciclo de gestão, em tal classe de ações deverá ser pontuada com a nota máxima, para não penalizar na categoria de ações em questão.

E para o estudo de caso nesta pesquisa, a verificação dos atributos foi realizada por meio de pesquisa exploratória no S2iD e informações públicas disponíveis em sites oficiais do governo. Assim, ressaltamos que os índices calculados no estudo de caso apresentado podem não representar perfeitamente a realidade, pois, infelizmente não foi possível a verificação dos atributos por meio de entrevistas diretamente aos gestores de instituições envolvidas na gestão de seca, e isto seria o ideal. E então, a aplicação do estudo de caso de atuação da SEDEC frente ao desastre de seca na cidade de Nossa Senhora da Glória - SE em 2020 foi uma escolha aleatória.

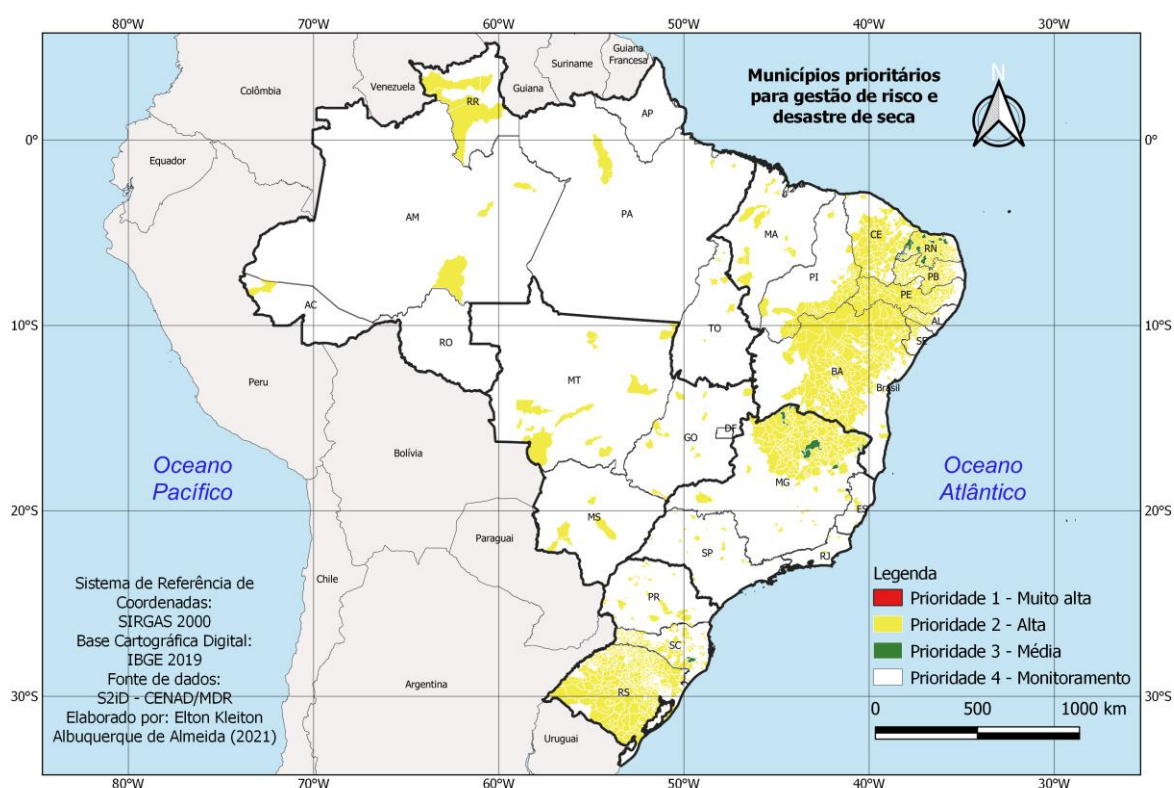
Com a metodologia proposta, demonstrou-se que é possível mensurar e monitorar a capacidade de gestão das classes de ações proativas e reativas de instituições envolvidas na gestão de seca, que precisam de adequação ou otimização na aplicação de recursos públicos em medidas de ações nas etapas dos ciclos de gestão de risco e desastre de seca no Brasil.

5.3 Categorias de ações prioritárias para gestão de risco e desastre de seca – uma proposta metodológica estratégica para os municípios

A aplicação da metodologia proposta na Seção 4.3.3, permitiu realizar um ranqueamento dos municípios com maior prioridade de investimento, tanto nas ações do ciclo de gestão de risco quanto nas ações do ciclo de gestão de desastre, com foco principalmente nas ações proativas, para minimizar os impactos da seca, reduzir a vulnerabilidade dos afetados e aumentar a resiliência dos municípios que sofrem com o desastre.

Utilizando os dados de danos informados do desastre de estiagem e seca, de 2019 a 2020, disponíveis no S2iD, a metodologia na Seção 4.3.3 e a matriz de verificação na Tabela 8, foi possível categorizar os municípios prioritários para as ações do gerenciamento de risco e de desastre, e apresentar esses municípios georreferenciados (Figura 34).

Figura 34 – Municípios prioritários no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca, de 2019 a 2020



Fonte: banco de dados S2iD. Processado e elaborado pelo autor.

A Tabela 14 apresenta o total de municípios por regiões e suas prioridades no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca. Como no período considerado (2019 a 2020) não houve mortes associadas diretamente ao desastre de estiagem e seca, desastres que aqui consideramos como seca, nenhum município recebeu a categorização de prioridade um - muito alta. Porém, 1.649 municípios tiveram danos humanos (exceto óbitos), com ou sem danos materiais, ambientais e econômicos. Assim, esses municípios receberam a categorização de prioridade 2 - alta, situação a qual são indicadas maior prioridade nas ações de resposta e restabelecimento e em todas as ações proativas, ficando as ações de recuperação com a prioridade dois.

A Região Nordeste teve 846 municípios com prioridade dois para as ações de gerenciamento de risco e desastre. 582 municípios tiveram categorização na prioridade alta na Região Sul. A Região Sudeste teve 178 municípios com prioridade alta. A Região Centro-Oeste teve 26 municípios com prioridade dois. E, 17 municípios da Região Norte tiveram categorização na prioridade alta.

Dos 41 municípios que não tiveram danos humanos, mas tiveram danos econômicos ou outros danos associados a seca, categorizados com prioridade 3 - média, 30 municípios estiveram nessa condição na Região Nordeste, a Região Sudeste teve 9, e a Região Sul teve 2. Para esses municípios, são indicados maior prioridade nas ações de resposta e em todas as ações proativas, e as ações de recuperação e restabelecimento ficaram com a prioridade dois.

É importante que os municípios que não sofreram o desastre de seca, 3.882 municípios, categorizados com a prioridade 4 ou monitoramento, permaneçam sempre com as ações de preparação na prioridade 1, uma vez que, atualmente, os sistemas de alerta, que são das medidas de preparação, têm sido propostos como estratégia para reduzir a vulnerabilidade das populações que vivem em áreas de risco (ALVALÁ et al., 2019b). Esses municípios ficaram com a prioridade dois nas demais ações do ciclo de gestão de risco e prioridade três para medidas de ações do ciclo mais reativo.

Tabela 14 – Total de municípios prioritários, por regiões, para as etapas de ações de gestão de risco e desastre de seca

Áreas	Prioridades			
	1 Muito alta	2 Alta	3 Média	4 Monitoramento
Região Norte	0	17	0	433
Região Nordeste	0	846	30	918
Região Centro-Oeste	0	26	0	441
Região Sudeste	0	178	9	1.481
Região Sul	0	582	2	609
Brasil	0	1.649	41	3.882

Fonte: elaborado pelo autor.

Com finalidade semelhante, Souza e Oliveira (2019), apresentaram um estudo que propõe uma regionalização, porém baseada no conceito de suscetibilidade à seca e estiagem, e à cheia, a fim de oferecer um indicativo de priorização de investimento na gestão de risco no Brasil. A metodologia levou em consideração dados de desastres do S2iD (eventos de seca e de cheia em unidades federativas, mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados e desaparecidos), de 2003 a 2016, e criação do Índice de Suscetibilidade à Seca (ISS), Índice de Suscetibilidade à Cheia (ISC), Índice de Suscetibilidade a Danos Humanos Efetivos (IDE), e o Índice de Morbidade por Motivo de Seca ou Cheia (IMO), onde a partir dos valores desses índices, foram criadas classes de suscetibilidade e, em uma matriz de verificação estabelecida, confere-se os critérios de regionalização (se o estado brasileiro é suscetível a desastres de seca ou estiagem, danos humanos intensos, e letalidade), e o grau de prioridade conforme os quatro eixos do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais (Prevenção, Mapeamento, Monitoramento e Aleta, e Resposta, contemplados no Plano Plurianual – PPA 2012-2015), onde a partir do somatório dos graus de prioridade, em fim é indicada a categoria de regionalização enquadrada (unidades federativas com prioridade para investimento: alta, média alta, média, e baixa, em cada um dos quatro eixos do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres), porém, o plano anteriormente citado já foi superado (PPA 2012-2015).

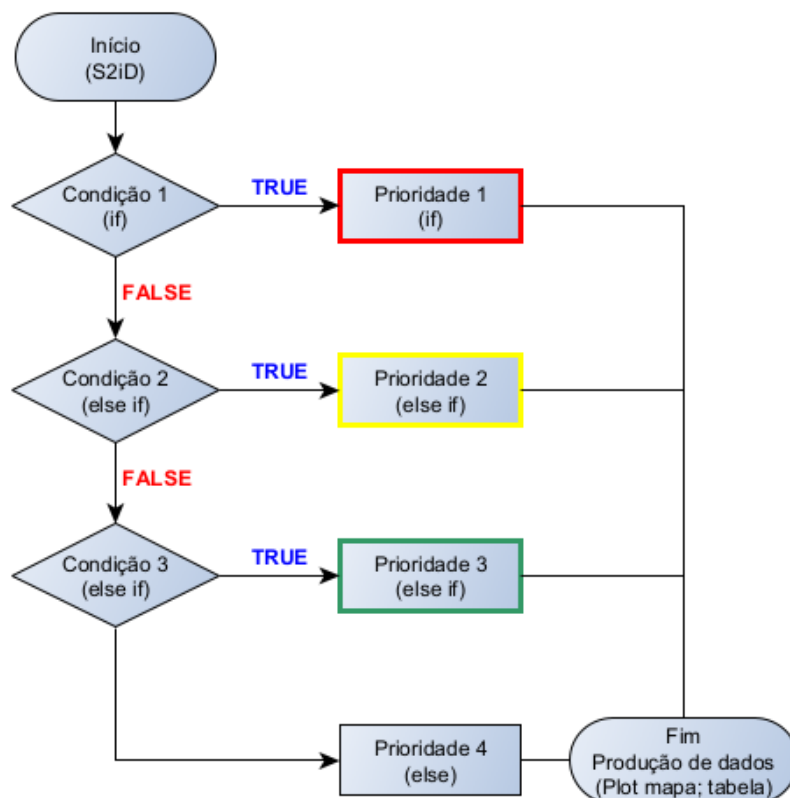
Porém, na metodologia proposta nesta pesquisa também se estabeleceu uma matriz de verificação (Tabela 8), onde utiliza-se de dados de desastres de seca (municípios com eventos de seca e estiagem, danos humanos, óbitos e danos econômicos), e se priorizou os

danos humanos, com destaque para as ações proativas, para minimizar os impactos da seca, reduzir a vulnerabilidade dos afetados e aumentar a resiliência dos municípios que sofrem com o desastre de seca ou estiagem. E, neste sentido, o CGEE (2016) recomenda a abordagem mais proativa para a melhor convivência com a seca. E destaca-se a etapa de preparação, por compreender as ações de monitoramento e alerta com base no destacado e recomendado por Marengo et al. (2021c), Alvalá et al. (2019b) e Wilhite (2000).

Diferentemente dos parâmetros utilizados por Souza e Oliveira (2019), a metodologia proposta nesta tese é mais simples e prática, onde na matriz de verificação (Tabela 8) se verificam o grau de prioridade das classes de medidas de ações do ciclo de gestão de risco e desastre estabelecidas (mitigação, prevenção, preparação, resposta, recuperação e restabelecimento), com base no Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020 (BRASIL, 2020a), conferindo o enquadramento da situação de cada município (se está ou não em seca ou estiagem, se há danos humanos, se há óbitos associados ao desastre, se há danos econômicos ou outros danos). E, após verificar o enquadramento das condições dos municípios na matriz, obtêm-se os pontos para cada classe de ações do ciclo de gestão de risco e desastre mais indicada para cada município, onde a soma dos graus em cada classe de ações de cada município, indica a prioridade daquele município. Quanto menor é a soma dos graus de prioridade, maior é a prioridade de ação, com maior indicação para investimento de recursos públicos para a minimização dos impactos.

Para seu uso prático, a metodologia proposta pode ser automatizada, de modo a obter os dados em tabelas e georreferenciadas para utilização de forma mais prática, direta, objetiva e atualizada, a exemplo do diagrama de blocos na Figura 35. Assim, a produção de dados poderá ser disponibilizada a cada atualização do banco de dados de entrada, processada com base na matriz de verificação (Tabela 8), onde os dados produzidos correspondem a indicação dos municípios prioritários no gerenciamento de risco e desastre de seca, obtendo as informações georreferenciadas (por Ex.: Figura 34), e em relatórios gerenciais no formato de tabelas, podendo ser processada para o auxílio decisão de investimentos e monitoramento da Sedec/Cenad/MDR, bem como aos órgãos e instituições componentes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), pesquisadores e demais interessados.

Figura 35 – Representação em diagrama de blocos para automatização da metodologia proposta para indicação de municípios prioritários no gerenciamento das ações de risco e desastre de seca



Fonte: elaborado pelo autor.

6 CONCLUSÕES

A presente tese propôs uma metodologia de avaliação da gestão de risco e desastre de seca, que pode ser aplicada às instituições envolvidas na gestão de seca que exercem suas classes de ações sobre os municípios, também propôs e aplicou uma metodologia para indicar as etapas de ações prioritárias, ao nível de municípios, com base nas ações definidas pelo Governo Federal brasileiro, que podem subsidiar a tomada de decisões para a otimização da aplicação de recursos mais focados em cada classe de ações prioritárias, para o aumento da resiliência dos municípios, no ciclo de gestão de secas. Também foi apresentado uma análise de séries temporais dos registros de ocorrências de desastres, com foco nos eventos de estiagem e seca, com dados do Cenad, S2iD e IIS-12 do Cemaden, para destacar o comportamento dos desastres nas últimas décadas. A seca de longa duração tem ocorrido em todas as regiões do Brasil, inclusive em áreas pouco frequentes, e tem sido mais intensa nos últimos anos, refletindo no aumento dos registros de impactos.

A aplicação hipotética e estudo de caso da metodologia proposta para mensurar a capacidade das etapas de ações proativas e reativa das instituições envolvidas na gestão de seca, e a aplicação da metodologia proposta para indicar as classes de ações prioritárias para os municípios, podem contribuir significativamente no auxílio decisão para o empenho de esforços mais direcionados à preparação e melhor convivência diante dos desastres de estiagem e seca em todo o Brasil, bem como, consequentemente, podem oferecer subsídios para o aprimoramento das ações de políticas públicas relacionadas à seca no país.

O sucesso das metodologias propostas depende da qualidade dos dados de entrada. E neste sentido, o ideal é que na aplicação da metodologia Índice de Capacidade de Gestão de Risco e Desastre de Seca, a verificação dos atributos seja aferida junto ao gestor da instituição envolvida na gestão de seca a determinado município, inclusive, a instituição interessada pode realizar a aplicação frente a sua atuação aos municípios assistidos por ela na gestão de seca. Já sobre a metodologia Categorias de ações Prioritárias para Gestão de Risco e Desastre de Seca, com o levantamento de dados do S2iD para a análise de séries temporais dos registros de ocorrências de desastres, alguns problemas de consistência de dados foram observados, tais como: dados de óbitos associados à estiagem e seca podem não estar representando fielmente a realidade, e tal inconsistência é decisiva para o enquadramento de município na prioridade muito alta, haja vista que a metodologia foca nos danos humanos, principalmente óbitos, e por isso, recomenda-se que a informação de mortes decorrentes de forma direta e indireta

associadas à seca sejam atestadas e registradas no sistema nacional denominado de Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), e estas passem a constar no S2iD como dados consistentes de óbitos associados à seca, também se observou falhas na caracterização do tipo de desastre de estiagem ou seca, e para minimizar isso, muitas vezes nesta pesquisa ambos tipos de desastres foram abordados como seca, imprecisão das datas de ocorrência dos eventos, onde nesta tese muitas vezes foi considerada a data do decreto de reconhecimento do desastre, imprecisão da abrangência espacial das áreas atingidas pelos desastres, e por isso, nesta pesquisa foi considerada a abrangência do município, e houve casos em que muitos municípios continham descrições muito semelhantes ou iguais no FIDE, sendo que poderiam conter detalhamentos mais específicos para os municípios. Assim, recomenda-se realizar constantemente treinamentos e reciclagens aos responsáveis que registram as informações sobre os desastres, e mais empenho na etapa de validação dos dados de desastres a fim de zelar por dados cada vez mais consistentes e afastar o máximo de incerteza possível nos dados; e considerando que cada município tem uma realidade distinta, é patente a importância do apoio dos governos municipais, estaduais e federal na manutenção e fortalecimento dos órgãos de defesa civil, bem como às demais instituições integrantes do SINPDEC e envolvidas na gestão de seca.

Outro ponto que também merece destaque, é que a revisão bibliográfica e documental elevou que as ações ou programas emergenciais frente aos impactos da seca são voltados principalmente para a região do Semiárido. Porém, nesta tese foi possível reconhecer que todas as regiões brasileiras tem sofrido com os impactos associados aos desastres de estiagem e seca. Logo, já é evidente o desafio de lançar uma Política Nacional de Convivência com a Seca, cuidando-se de evitar recair em projetos políticos de programas de governo, que podem ter data para finalizar junto com o governo do momento, para avançar sempre na direção de políticas públicas de Estado, nacionalizando essas ações para melhor convivência com a seca, mas que essa política possa ser sempre monitorada e oportunamente reavaliada para eventuais adequações do momento, prezando sempre pela melhor governança.

Sugere-se que as metodologias propostas nesta tese possam ser implementadas para auxiliar os gestores públicos nas tomadas de decisão, podendo a metodologia Índice de Capacidade de Gestão de Risco e Desastre de Seca ser aplicada uma vez a cada semestre ou por ano, e a metodologia Categorias de ações Prioritárias para Gestão de Risco e Desastre de Seca pode ser implementada operacionalmente, de forma automatizada, para rápida e prática produção de dados atualizados a cada novo registro de desastres de estiagem e seca inserido

no banco de dados de entrada. Ressalta-se que embora muitas instituições e órgãos participam em etapas da gestão de risco e desastre de secas no Brasil, porém, é necessário mecanismos de monitoramento e avaliação para aferição de suas participações, bem como para inferir quais classes de ações são as mais indicadas para a gestão de seca em cada realidade dos municípios, metodologias estas por hora já apresentadas neta tese.

Como abertura para novas pesquisas e trabalhos futuros, na metodologia Categorias de ações Prioritárias para Gestão de Risco e Desastre de Seca, recomenda-se incluir mais critérios para avaliação, além dos existentes atualmente (se o município está em situação de seca, se tem danos humanos, óbitos, danos econômicos ou outros associados à estiagem ou seca), por exemplo: delimitando também se o município sofre com abastecimento de água, se há perdas agrícolas, dentre tantos outros que possam ser incluídos e verificados.

REFERÊNCIAS

ALMAZROUI, M.; ASHFAQ, M.; ISLAM, M. N. Assessment of CMIP6 performance and projected temperature and precipitation changes over South America. **Earth Systems and Environment**, v. 5, p. 155–183, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00233-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41748-021-00233-6>. Acesso em: 22 jun. 2021.

ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M.; BRITO, S. S. B.; SELUCHI, M. E.; MARENGO, J. A.; MORAES, O. L. L. M.; CARVALHO, M. A. Drought monitoring in the Brazilian Semiarid Region. In: **ANNALS OF THE BRAZILIAN ACADEMY OF SCIENCES**, v. 91, p. 1–15, 2019a. Supl. 1. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170209>.

ALVALÁ, R. C. S.; DIAS, M. C. A.; SAITO, S. M.; STENNER, C.; FRANCO, C.; AMADEU, P.; RIBEIRO, J.; SANTANA, R. A. S. M.; NOBRE, C. A. Mapping characteristics of at-risk population. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 41, p. 101326, 2019b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101326>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Monitor de secas do Brasil**. 2021. Disponível em: <http://monitordesecas.ana.gov.br/>. Acesso em: 1 fev. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Resolução n ° 31 de 13 de Julho de 2020**. Institui o Programa Monitor de Secas, coordenado pela Agência Nacional de Águas. Brasília: Diário Oficial da União (17/07/2020). 2020. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-31-de-13-de-julho-de-2020-*-267269464 ou https://arquivos.ana.gov.br/_viewpdf/web/?file=/resolucoes/2020/0031-2020_Ato_Normativo.pdf?12:35:41. Acesso em: 1 mar. 2022.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. M-MACBETH. **M-MACBET user's guide**, 2017. 54 p. Disponível em: <http://m-macbeth.com/>. Acesso em: 25 jan. 2021.

BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. MACBETH. **MACBET**, Londres: London School of Economics, 2003. 40 p. ISBN 0-7530-1520-X.

BRASIL. **Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Lei n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n°s 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm . Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Lei 12.608, de 10 de abril de 2012.** 2012a. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC); dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (Conpdec); autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2011.** Brasília: Cenad, 2012b. 80 p. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Anuario-de-Desastres-Naturais-2011.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2012.** Brasília: Cenad, 2013. 80 p. Disponível em: https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/AnuariodeDesastresNaturais_2013.pdf. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2013.** Brasília: Cenad, 2014. 106 p. Disponível em: <https://www.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosDefesaCivil/ArquivosPDF/publicacoes/Anurio-Brasileiro-de-Desastres-Naturais-2013.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Lei 13.153, de 30 de julho de 2015.** Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. Disponível: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm. Acesso em: 7 abr. 2020.

BRASIL. **Decreto Nº 10.593, de 24 de dezembro de 2020.** 2020a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.593-de-24-de-dezembro-de-2020-296427343>. Acesso em: 1 jan. 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 36, de 4 de dezembro de 2020.** 2020b. <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788>. Acesso em: 1 jan. 2021.

BRASIL. **Portaria Nº 260, de 2 de fevereiro de 2022.** Estabelece procedimentos e critérios para o reconhecimento federal e para a declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e Distrito Federal. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-260-de-2-de-fevereiro-de-2022-378040321>. Acesso em: 5 fev. 2022.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o Semiárido brasileiro?.** Lisboa: Chiado Books, 2018. 434 p.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Monitoramento de Secas e Impactos no Brasil**. 2023. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/>. Acesso em: 23 mar. 2023.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL/UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (CEPED/UFSC). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010**: volume Brasil. Florianópolis: Ceped/UFSC, 2012. 94 p.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL/UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (CEPED/UFSC). **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012**. 2 ed. Florianópolis: Ceped/UFSC, 2013. 126 p.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL/UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (CEPED/UFSC). **Relatório de Danos Materiais e Prejuízos Decorrentes de Desastres Naturais no Brasil: 1995-2019**. 2 ed. Florianópolis: Ceped/UFSC, 2020. Disponível em: https://ftp.ceped.ufsc.br/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf. Acesso em: 1 mar. 2022.

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ENGENHARIA E DEFESA CIVIL/UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (CEPED/UFSC). **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Disponível em: www.atlas.ceped.ufsc.br. Acesso em: 5 mar. 2022.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Secas no Brasil**: política e gestão proativas. Brasília: CGEE, 2016. 292 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/11009696/seca_brasil-web.pdf/793de1a2-157e-4098-b84a-9d2348266252?version=1.1. Acesso em: 1 jan. 2020.

CHERLET, M.; HUTCHINSON, C.; REYNOLDS, J.; HILL, J.; SOMMER, S.; VON MALTITZ, G. **World atlas of desertification**. Luxemburgo: Publication Office of the European Union, 2018. 248 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.2760/06292>.

COBO, N.; VERBIST, J. K. **Atlas de sequías de América Latina y el Caribe**. París: UNESCO y CAZALAC, 2018. 204 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Prejuízos causados por desastres naturais (2012 a 2015)**. Brasília: CNM, 2016. 18 p. Disponível em: <http://www.desastres.cnm.org.br/principal/publicacoes>. Acesso em: 2 mai. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Municípios e o convívio com a seca**. Brasília: CNM, 2017. 88 p. Disponível em: <http://www.desastres.cnm.org.br/principal/publicacoes>. Acesso em: 2 mai. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **Prejuízos causados pela seca de 2012 ao 1º semestre de 2017**. Brasília: CNM, 2018. 8 p. Disponível em: <http://www.desastres.cnm.org.br/principal/publicacoes>. Acesso em: 2 mai. 2020.

CRAUSBAY, S. D.; CRAUSBAY, S. D.; RAMIREZ, A. R.; CARTER, S. L.; CROSS, M. S.; HALL, K. R.; BATHKE, D. J.; BETANCOURT, J. L.; COLT, S.; CRAVENS, A. E.; DALTON, M. S.; DUNHAM, J. B.; HAY, L. E.; HAYES, M. J.; MCEVOY, J.; MCNUTT, C. A.; MORITZ, M. A.; NISLOW, K. H.; RAHEEM, N.; SANFORD, T. Defining ecological drought for the twenty-first century. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 98, p. 2543–2550, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0292.1>. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/98/12/bams-d-16-0292.1.xml>. Acesso em: 21 jan. 2022.

CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS (CRED). **Natural disasters 2018**. Bélgica: CRED, 2019. 8 p. Disponível em: <https://www.cred.be/publications>. Acesso em: 7 ago. 2020.

CRESWELL, J. W. **Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. 4. ed. Londres: Sage publications, 2014. 273 p.

CUARTAS, L. A.; CUNHA, A. P. M. A.; ALVES, J. A.; PARRA, L. M. P.; DEUSDARÁ-LEAL, K.; COSTA, L. C. O.; MOLINA, R. D.; AMORE, D.; BROEDEL, E.; SELUCHI, M. E.; CUNNINGHAM, C.; ALVALÁ, R. C. S.; MARENGO, J. A. Recent hydrological droughts in Brazil and their impact on hydropower generation. **Water**, v. 14, n. 4, p. 1–27, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/4/601/htm>. Acesso em: 21 fev. 2022.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; KUBOTA, P. Y.; VIEIRA, R. M. S. P. Impacts of land use and land cover changes on the climate over Northeast Brazil. **Atmospheric Science Letters**, v. 16, p. 219–227, 2015a. DOI: <https://doi.org/10.1002/asl2.543>.

CUNHA, A. P. M. A.; ALVALÁ, R. C. S.; NOBRE, C. A.; CARVALHO, M. A. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian Semiarid Region. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 214–215, p. 494–505, 2015b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.09.010>.

CUNHA, A. P. M.; TOMASELLA, J.; RIBEIRO-NETO, G. G.; BROWN, M.; GARCIA, S. R.; BRITO, S. B.; CARVALHO, M. A. Changes in the spatial–temporal patterns of droughts in the Brazilian Northeast. **Atmospheric Science Letters**, v. 19, p. 1–8, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/asl.855>.

CUNHA, A. P. M. A.; ZERI, M.; LEAL, K. D.; COSTA, L.; CUARTAS, L. A.; MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; VIEIRA, R. M.; BARBOSA, A. A.; CUNNINGHAM, C. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. **Atmosphere**, v. 10, n. 11, p. 1–20, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos10110642>.

GUTIÉRREZ, A. P. A.; ENGLE, N. L.; NYS, E. De.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 95–106, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2013.12.001>.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**. Special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2012. 582 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Central and South America. *In*: CLIMATE CHANGE 2014: IMPACTS, ADAPTATION, AND VULNERABILITY. **Part B: regional aspects**. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, United Kingdom e New York: Cambridge University Press, 2014a. p. 1499–1566.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Summary for policymakers in climate change (2014) mitigation of climate change**. Contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2014b. p. 1–30.
<https://doi.org/10.1017/cbo9781107415324>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2014: impacts, adaptation, e vulnerability**. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2014c. 1132 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for policymakers. *In*: CLIMATE CHANGE 2021: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS. **Contribution of working group I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021a. 2391 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate. Working group I – the physical science basis. **Regional fact sheet** – entral and South America. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2021b. 2 p. Disponível em:
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Central_and_South_America.pdf Acesso em: 1 mar. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Summary for policymakers. *In*: CLIMATE CHANGE 2022: IMPACTS, ADAPTATION AND VULNERABILITY. **Contribution of working group II to the sixth assessment report**. Cambridge e New York: Cambridge University Press, 2022. p. 1–33. Disponível em:
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicy_makers.pdf. Acesso em: 1 mar. 2022.

KOGAN, F. N. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 11, p. 1405–1419, 1990.

KOGAN, F. N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data. **Bulletin of the American Meteorology Society**, v. 76, n. 5, p. 655–668, 1995.

KOGAN, F. N. Global drought watch from space. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 78, p. 621–636, 1997.

KOGAN, F. N. Operational space technology for global vegetation assessments. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 82, n. 9, p. 1949–1964, 2001.

LIBONATI, R.; PEREIRA, J. M. C.; DaCAMARA, C. C.; PERES, L. F.; OOM, D.; RODRIGUES, J. A.; SANTOS, F. L. M.; TRIGO, R. M.; GOUVEIA, C. M. P.; MACHADO-SILVA, F.; ENRICH-PRAST, A.; SILVA, J. M. N. Twenty-first century droughts have not increasingly exacerbated fire season severity in the Brazilian Amazon. **Scientific Reports**, v. 11, p. 1–13, 2021. Disponível em <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82158-8>. Acesso em: 15 mar. 2021.

LIBONATI, R.; GEIRINHAS, J. L.; SILVA, O. S.; RUSSO, A.; RODRIGUES, J. A.; BELÉM, L. B. C.; NOGUEIRA, J.; ROQUE, F. O.; DaCAMARA, C. C.; NUNES, A. M. B. Assessing the role of compound drought and heatwave events on unprecedented 2020 wildfires in the Pantanal. **Environmental Research Letter**, v. 17, p. 1–11, 2022. Disponível em <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac462e>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: MMA, 2007. 212 p.

MARENGO, J. A.; ÁLVES, L. M.; ALVALÁ, R. C. S.; CUNHA, A. P. M. A.; BRITO, S.; MORAES, O. L. L. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the Semiarid Northeast Brazil Region. In: ANNALS OF THE BRAZILIAN ACADEMY OF SCIENCES, v. 90, p. 1–13, 2018. Supl. 1. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206>.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P. M. A.; NOBRE, C. A.; NETO, G. G. R.; MAGALHÃES, A. R.; TORRES, R. R.; SAMPAIO, G.; ALEXANDRE, F.; ÁLVES, L. M.; CUARTAS, L. A.; DEUSDARÁ, K. R. L.; ALVALÁ, R. C. S. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. **Natural Hazards**, v. 103, p. 2589–2611, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04097-3>.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P. M. A.; CUARTAS, L. A.; DEUSDARÁ-LEAL, K. R.; BROEDEL, E.; SELUCHI, M. E.; MICHELIN, C. M.; DE PRAGA, B. C. F.; CHUCHÓN, Â. E.; ALMEIDA, E. K.A. de A.; KAZMIERCZAK, M. L.; MATEUS, N. P. A.; SILVA, R. C.; BENDER, F. Extreme drought in the Brazilian pantanal in 2019–2020: characterization, CAUSES, and Impacts. **Frontiers in Water**, v. 3, p. 1–20, 2021. Disponível em <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frwa.2021.639204>. Acesso em: 23 fev. 2021a.

MARENGO, J. A.; GALDOS, M. V.; CHALLINOR, CUNHA, A. P. A.; MARIN, F. R.; VIANNA, M. dos SANTOS.; ALVALÁ, R. C. S.; ÁLVES, L. M.; MORAES, O. L.; BENDER, F. Drought in Northeast Brazil: a review of agricultural and policy adaptation options for food security. **Climate Resilience and Sustainability**, v. 1, p. 1–20, 2021b. DOI: <https://doi.org/10.1002/cli2.17>.

MARENGO, J. A.; CAMARINHA, J. A.; ÁLVES, L. M.; DINIZ, F.; BETTS, R. 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. 1–17, 2021c. DOI: <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.610433>.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. **The relationship of drought frequency and duration to time scales**. Califórnia: American Meteorological Society, 1993. p. 179–184.

MEZA I.; HAGENLOCHER, M.; NAUMANN, G.; VOGT, J. V.; FRISCHEN, J. **Drought vulnerability indicators for global-scale drought risk assessments**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019. 62 p.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. A review of drought concepts. **Journal of Hydrology**, v. 391, p. 202–216, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.

MIYAN, M. A. Droughts in Asian Least Developed Countries: vulnerability and sustainability. **Weather and Climate Extremes**, v. 7, p. 8–23, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wace.2014.06.003>.

MO, K.C.; LETTENMAIER, D. P. Precipitation deficit flash droughts over the United States. **Journal of Hydrometeorology**, v. 17, n. 4, p. 1169–1184, 2016.

NAUMANN, G.; PODESTÁ, G.; MARENGO, J. A.; LUTERBACHER, J.; BAVERA, D.; ARIAS MUÑOZ, C.; BARBOSA, P.; CAMMALLERI, C.; CHAMORRO, L.; CUARTAS, A.; de JAGER A.; ESCOBAR, C.; HIDALGO, C.; LEAL, de M. O.; McCORMICK, N.; MAETENS, W.; MAGNI, D.; MASANTE, D.; MAZZESCHI, M. SELUCHI, M. E.; SKANSI, M. M.; SPINONI, J.; TORETI, A. **The 2019-2021 extreme drought episode in La Plata Basin**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. 48 p. Disponível em: <https://doi.org/10.2760/773>. Acesso em: 10 jan. 2022.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER (NDMC). **Types of drought**. 2022a. Disponível em: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>. Acesso em: 20 jan. 2022.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER (NDMC). **Drought classification**. 2022b. Disponível em: <https://droughtmonitor.unl.edu/About/AbouttheData/DroughtClassification.aspx>. Acesso em: 20 jan. 2022.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER (NDMC). **Map interpretation**. 2022c. Disponível em: <https://drought.unl.edu/Monitoring/SPI/MapInterpretation.aspx>. Acesso em: 21 jan. 2022.

NOBRE, C. A. MARENGO, J. A.; SELUCHI, M. E. Some characteristics and impacts of the drought and water crisis in Southeastern Brazil during 2014 and 2015. **Journal of Water Resource and Protection**, v. 8, n. 2, p. 252-262, 2016. DOI: <http://www.doi.org/10.4236/jwarp.2016.82022>.

OTTO, F. E. L.; COELHO, C. A. S.; PEREZ, A. K. E. C.; WADA, Y; OLDENBORGH, G. J.; HAARSMA, R.; HAUSTEIN, K. UHE, P.; AALST, M. V.; ARAVEQUIA, J. A.; ALMEIDA, W.; CULLEN, H. **Factors other than climate change, main drivers of 2014/15 water shortage in Southeast Brazil**. Colorado: American Meteorological Society, 2015. p. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00120.1>.

RAVELO, A. C.; PLANCHUELO, A. M.; AROCHE, R.; CÁRDENAS, J. C. D.; ALEGRÍA, M. H.; JIMENEZ, R.; MAUREIRA, H.; PAZ, T. P.; TISCORNIA, G.; ZANVETTOR, R.; ZIMMERMANN, R. **Estudio de Caso: Corredor seco de El Salvador, Honduras y Nicaragua**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016. 55p. Disponível em https://euroclimaplus.org/images/Publicaciones/LibrosEUROCLIMA/JRC_Monitoreo-Evaluacion-Sequias_AmericaCentral.pdf. Acesso em: 12 dez. 2021.

SHUKLA, S., & WOOD, A. W. Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. **Geophysical Research Letters**, v. 35, n. 2, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1029/2007gl032487>.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES (S2iD). **Sistema integrado de informações sobre desastres**. Brasília: SEDEC, 2021. Disponível em <https://s2id.mi.gov.br/>. Acesso em: 22 jan. 2021.

SIVAKUMAR, M. V. K.; MOTH, R. P.; WILHITE, D. A.; WOOD, D.A. **Agricultural drought indices**. Genebra: World Meteorological Organization, 2010. 97 p. Disponível em: https://www.droughtmanagement.info/literature/WMO_agricultural_drought_indices_proceedings_2010.pdf. Acesso em: 20 jan. 2022.

SOUZA, F. A. O.; OLIVEIRA, M. M. Panorama dos danos humanos provocados por secas e cheias no Brasil e uma proposta de regionalização de investimentos na gestão de riscos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 51, p. 282–310, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v52i0.70010>.

TALLAKSEN, L.M. e VAN LANEN, H.A. **Hydrological drought: processes and estimation methods for Streamflow and groundwater**. Amsterdam: Elsevier Science, 2004. 579 p.

TARPLEY, J.D.; SCHNEIDER, S. R.; MONEY, R.L. Global vegetation indices from the NOAA-7 meteorological satellite. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 23, p. 491–494, 1984. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1984\)023<0491:GVFTN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1984)023<0491:GVFTN>2.0.CO;2)

TOMINAGA, LÍDIA KEIKO. Desastres naturais: por que ocorrem?. In: DESASTRES NATURAIS – CONHECER PARA PREVENIR. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 14–23.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa**. Bonn: UNCCD, 2022. Disponível em: <https://www.unccd.int/resource/convention-text> e https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-02/UNCCD_Convention_ENG_0_0.pdf Acesso em: 23 mar. 2022.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Global assessment report on disaster risk reduction**. Geneva: UNDRR, 2019. 425 p. Disponível em https://gar.undrr.org/sites/default/files/reports/2019-05/full_gar_report.pdf. Acesso em: 10 abr. 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). Special Report on Drought 2021. In: GLOBAL ASSESSMENT REPORT ON DISASTER RISK REDUCTION. Geneva: UNDRR, 2021. Disponível em <https://www.undrr.org/publication/gar-special-report-drought-2021>. Acesso em: 17 jun. 2021.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). International Strategy for Disaster Reduction. **Terminología sobre reducción del riesgo del desastres**. 2009. Disponível em http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf. Acesso em: 7 ago. 2020.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **Sendai framework for disaster risk Reduction**. Japan: UN General Assembly, 2015. 32 p. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 2 mai. 2019.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNISDR). **Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management**. Global assessment report on disaster risk reduction. Geneva: UNISDR. 2015b. 316 p. Disponível em <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2015>. Acesso em: 2 mai. 2019.

VAN LANEN; VOGT, J. V.; ANDREU, J.; CARRÃO, H.; STEFANO, L DE.; DUTRA, E.; FEYEN, L.; FORZIERI, G.; HAYES, M.; IGLESIAS, A.; LAVAYASSE, C.; NAUMANN, G.; PULWARTY, R.; SPINONI, J.; STAHL, K.; STEFANSKI, R.; STILIANAKIS, N.; SVOBODA, M.; TALLAKSEN, L. M. **Climatological risk: droughts**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2017. p. 271–293. DOI: <https://doi.org/10.2788/688605>.

VAN LOON, A. F. Hydrological drought explained. **Water**, v. 2, n. 4, p. 359-392, 2015. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wat2.1085>. Acesso em: 11 dez. 2021.

VICENTE-SERRANO; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscale drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, n7, p. 1696–1718, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>.

VOGT, J; NAUMANN, G.; MASANTE, D.; SPINONI, J.; CAMMALLERI, C.; ERIAN, W.; PISCHKE, F.; PULWARTY, R.; BARBOSA, P. **Drought risk assessment and management: a conceptual framework**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union. 2018. 68 p. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/55fa1d08-fc2e-11e8-a96d-01aa75ed71a1/language-en>. Acesso em: 12 dez. 2021.

WILHITE, D. A. e GLANTZ, M.H. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. **Water International**, v. 10, n. 3, p. 111–120, 1985.

WILHITE, D. A. **Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries**.

Lincoln: UNEP, 1992. 79 p. Disponível em:

<https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/30153>. Acesso em: 12 dez. 2021.

WILHITE, D. A. Chapter 1 drought as a natural hazard: concepts and definitions. *In*: DROUGHT MITIGATION CENTER FACULTY PUBLICATIONS. Londres: Routledge, 2000. p. 3–18. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/69>. Acesso em: 2 mai. 2019.

WILHITE, D. A.; SIVAKUMAR, M. V. K.; PULWARTY, R. Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. **Weather and Climate Extremes**, v. 3, p. 4–13, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212094714000164>. Acesso em: 11 dez. 2021.

ZARGAR, A.; SADIQ, R.; NASER, B.; KHAN, F. I. A review of drought indices.

Environmental Review, v. 19, p. 333–349, 2011. Disponível em:

<https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/a11-013>. Acesso em: 21 jan. 2022.

ZSCHEISCHLER, J.; WESTRA S.; VAN DEN HURK, B. J. J. M.; SENEVIRATNE, S. I.; WARD, P. J.; PITMAN, A.; AGHAKOUCHAK, A.; BRESCH, D. N.; LEONARD, M.; WAHL, T.; ZHANG, X. Future climate risk from compound events. **Nature Climate Change**, v. 8, n. 6, p. 469–477, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0156-3>.

ZSCHEISCHLER, J.; MARTIUS, O.; WESTRA, S.; BEVACQUA, E.; RAYMOND, C.; HORTON, R. M.; VAN DEN HURK, B.; AGHAKOUCHAK, A.; JÉZÉQUEL, A.; MAHECHA, M. D.; MARAUN, D.; RAMOS, A. M. RIDDER, N. N. THIERY, W.; VIGNOTTO, E. A typology of compound weather and climate events. **Nature Reviews Earth and Environment**, v. 1, n. 7, p. 333–347, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0060-z>.

APÊNDICE - Glossário

Adaptação	<i>É o processo de ajuste ao clima real ou esperado e seus efeitos. Nos sistemas humanos, a adaptação procura moderar ou evitar danos ou explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar o ajuste ao clima esperado e seus efeitos. IPCC. Annex II: Glossary (Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow, eds.). In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer, eds.). Geneva, IPCC. 2014.</i>
Gestão do risco de desastre	<i>A gestão do risco de desastres é a aplicação de políticas e estratégias de redução do risco de desastres para prevenir novos riscos de desastres, reduzir o risco de desastres existentes e gerenciar o risco residual, contribuindo para o fortalecimento da resiliência e redução das perdas causadas por desastres. UNISDR. Terminology. Geneva, 2017.</i>
Índice de seca	<i>São representações numéricas computadas da severidade da seca, avaliadas usando informações climáticas ou hidrometeorológicas, incluindo precipitação, temperatura, vazão, níveis de água subterrânea e reservatório, umidade do solo e acúmulo de neve. Eles visam medir o estado qualitativo da seca na paisagem por um determinado período de tempo. Os índices também são tecnicamente indicadores. WMO/GWP. Handbook of Drought Indicators and</i>

	Indices. (WMO – No. 1173) (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva. 2016.
Marco de Sendai	<i>O Marco de Sendai 2015-2030 foi adotado no dia 18 de março de 2015 por representantes de 187 Estados Membros da Organização das Nações Unidas (ONU) que se reuniram para a 3ª Conferência Mundial para a Redução do Risco de Desastres (WCDRR), realizada na cidade de Sendai no Japão. O resultado esperado é a redução substancial do risco de desastres e perdas em vidas, meios de subsistência e saúde e nos ativos econômicos, físicos, sociais, culturais e ambientais de pessoas, empresas, comunidades e países. UNISDR. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 -2030. Geneva, 2015.</i>
Mudanças climáticas	<i>Uma mudança no estado do clima que pode ser identificada (por exemplo, por meio de testes estatísticos) por mudanças na média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste por um período prolongado, geralmente décadas ou mais. As mudanças climáticas podem ser devidas a processos internos naturais ou forças externas, como modulações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e mudanças antrópicas persistentes na composição da atmosfera ou no uso da terra. IPCC. Annex II: Glossary (Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow, eds.). In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report</i>

	of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer, eds.). Geneva, IPCC. Geneva, 2014.
Resiliência	<i>É a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a um perigo de resistir, absorver, adaptar e se recuperar de seus efeitos de maneira oportuna e eficaz, incluindo a preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas essenciais.</i> UNISDR. Terminología. Geneva, 2009.