



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Hazard (seca) no semiárido da Bahia: Vulnerabilidades e Riscos climáticos *

Rafael Vinicius de São José¹, Priscila Pereira Coltri², Roberto Greco³, Ivonice Sena de Souza⁴, Ana Paula Sena de Souza⁵

¹ Doutorando em Geografia e em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brasil, Tel.: (+55 19) 9898-75951, saojoserafaelvinicius16@gmail.com (corresponding author). ² Professora do Programa de Pós-graduação em Ensino e História de Ciências da Terra da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Instituto de Geociências, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brasil, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brasil, Tel.: (+55 11) 98207-5239, pcoltri@unicamp.br ³ Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brasil, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brasil, Tel.: (+55 19) 98388-3373, greco@unicamp.br ⁴ Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Sergipe (UFS), CEP: 49100-000, Aracaju (SE), Brasil, Tel.: (+55 75) 8124-3371, vonisouza@yahoo.com.br. ⁵ Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), anappaullasouza@gmail.com * Part of the master's thesis of the first author.

Artigo recebido em 23/12/2021 e aceito em 26/06/2022

RESUMO

A seca é o principal fenômeno climático que ocorre no semiárido brasileiro. Nesta região, a constante ocorrência de eventos de seca atrelada aos inúmeros problemas sociais, acumulados ao longo da história desta região, resulta em riscos climáticos, sobretudo, para a produção agrícola. Os graves impactos econômicos e sociais enfrentados pela população do Semiárido, relacionados aos eventos de estiagens e secas, colocaram em destaque a importância do avanço de estudos sobre risco da seca à atividade agrícola na região. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar a distribuição espacial do risco climático referente à seca para a atividade agrícola nas mesorregiões Vale São Franciscano e Centro-Norte. Para a representação do risco climático, analisou-se o perigo climático (representado por categorias de seca) e a vulnerabilidade. As variáveis que compuseram a vulnerabilidade local foram: índice de manejo agrícola, índice de Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM) e índice ambiental. Observaram-se tendências de diminuição das chuvas locais e altas condições de vulnerabilidades dos agricultores da região. Assim sendo, constatou-se que não há condição de risco baixo para os municípios analisados, independente da intensidade da seca. Conclui-se, portanto, que a seca, enquanto um evento de múltiplas proporções, tem seu risco agravado a depender das condições de vulnerabilidades locais.

Palavras-chave: estiagem, perigo, vulnerabilidade.

Hazard (drought) in the semi-arid region of Bahia: Climate Vulnerabilities and Risks

ABSTRACT

Drought is the main climatic phenomenon that occurs in the Brazilian semiarid region. In this region, the constant occurrence of drought events linked to numerous social problems, accumulated throughout the history of this region, results in climatic risks, especially for agricultural production. The serious economic and social impacts faced by the population of the semiarid region, related to the events of droughts and droughts, highlighted the importance of advancing studies on the risk of drought to agricultural activity in the region. In this context, this study aimed to evaluate the spatial distribution of climate risk related to drought for agricultural activity in the Vale São Franciscano and Centro-Norte regions. For the representation of climate risk, climate hazard (represented by drought categories) and vulnerability were analyzed. The variables that made up the local vulnerability were: agricultural management index, Firjan Municipal Development Index (IFDM) and environmental index. Tendencies of decreasing local rainfall and high vulnerability conditions for farmers in the region were observed. Therefore, it was found that there is no low risk condition for the analyzed municipalities, regardless of the intensity of the drought. It is concluded, therefore, that drought, as an event of multiple proportions, has its risk aggravated depending on the conditions of local vulnerabilities.

Keywords: drought, hazard, vulnerability

Introdução

Os problemas relacionados à seca se fazem sentir no Planeta há muito tempo, embora a sua gravidade tenha se acentuado nos últimos anos, principalmente em consequência do aumento populacional em áreas com baixa capacidade produtiva (Mendonça e Danni-oliveira, 2007, p.195). Dentre todos os perigos naturais, a seca parece ser o fenômeno climático que mais afeta pessoas em todo o planeta (Hagman, 1984).

No território brasileiro, a região semiárida nordestina é a mais afetada pela seca (Conti, 2011). A ocorrência deste fenômeno climático atrelada aos inúmeros problemas socioambientais, acumulados ao longo da história do semiárido, pode resultar em riscos de seca para região.

O risco sempre foi algo considerado inerente à vida humana, já que, desde os primeiros vestígios de existência humana, observa-se a presença do risco (Linhares, Monteiro e Pacheco-gramata, 2021).

Os conceitos de risco, vulnerabilidade e adaptação têm sido abordados na literatura científica desde a década de 1940, com o desenvolvimento de um campo de pesquisas evidentemente multidisciplinares aplicadas à ocupação humana em áreas/zonas de risco (White, 1945; White e Hass, 1975).

O conceito de risco, em especial, tem progressivamente adquirido posição de destaque nas ciências, em particular nas ciências sociais, nas quais vêm ganhando maior importância (Marandola JR e Hogan, 2004a). Trata-se de um termo com significados diversos, com múltiplas definições nas diferentes ciências. Desse modo, trata-se de um termo polissêmico (Mendonça, 2021). Sua abordagem é, portanto, variável, e depende do problema pesquisado, podendo tratar tanto de “previsibilidade, quanto de condição ou como estratégia de controle” (Gondim, 2007; Marandola e Hogan, 2004; Spink, 2001; Veyret, 2007).

Para estudos que abordam risco, os conceitos de perigo e vulnerabilidade são essenciais, uma vez que são inerentes na definição e compreensão da noção de risco (Origge et al., 2020). Segundo Tominaga e Santoro (2015), risco pode ser compreendido como a probabilidade de impactos ocorrerem derivados da conjugação do perigo e da vulnerabilidade. O perigo, por sua vez, pode ser compreendido como uma situação

potencialmente prejudicial (Tobin e Montz, 1997), e, por fim, a vulnerabilidade, traduz as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais, que ampliam a susceptibilidade de uma comunidade ao impacto dos riscos (UNISDR, 2004). Este conceito também é considerado como polissêmico e o direcionamento dos métodos determinados para sua mensuração e operacionalização está relacionado com os objetivos de cada pesquisa (Pascoalino e Júnior, 2021).

Por risco de seca compreende-se a combinação da exposição de uma região ao perigo de seca e a sua vulnerabilidade a longos períodos de escassez de água (Kohida et al., 2005). No caso do presente estudo, a compreensão do risco de seca para a agricultura local resulta de uma combinação entre os diferentes processos perigosos da seca (fraca, moderada, grave, extrema e excepcional) e a vulnerabilidade social, ambiental e agrícola das localidades analisadas. Nessa perspectiva, entende-se que para os estudos climáticos, relacionados à seca no semiárido do Brasil, o conceito de risco “torna-se cada vez mais atraente para enquadrar, medir e informar as respostas aos desafios da segurança hídrica futura” (De Brito, De Brito e Rufino, 2022, p.2).

A pesquisa parte da hipótese de que o risco de seca para a atividade agrícola nas localidades analisadas é bastante elevado, sobretudo, devido à vulnerabilidade social e agrícola dos trabalhadores do campo. Portanto, o objetivo consistiu em mapear e analisar a distribuição espacial do risco de seca à atividade agrícola nas mesorregiões do Vale São-Franciscano e do Centro-norte, região do semiárido da Bahia.

Por ser uma região altamente impactada pelo fenômeno da seca, como ficou evidente nos recentes episódios destes eventos climáticos (São José, 2019; Santos, 2020; São José et al., 2020^a; São José et al., 2020^b; São José et al., 2021^a; São José et al., 2021^b), este estudo é de singular relevância tendo em vista que pode apresentar contribuições para o desenvolvimento de uma gestão proativa dos riscos climáticos na região, sobretudo no contexto das mudanças climáticas globais. Um dos tópicos de maior apelo da atualidade diz respeito às mudanças climáticas, riscos associados e estratégias de adaptação (Junior e Nunes, 2021). As mudanças climáticas

são atualmente um dos grandes problemas enfrentados pelas agendas governamentais do planeta Terra (Teixeira et al., 2021). No Brasil, a região Nordeste tende a ser uma das mais afetadas

pelas mudanças climáticas, sendo ainda mais necessário que estratégias de mitigação e adaptação sejam adotadas (De Freitas Rodrigues e Da Silva Bezerra, 2022).

Impactos da recente seca na região

A seca, fenômeno de alta complexidade, tem impactado secularmente a população da Região Nordeste do Brasil, a qual tem 70% de seus municípios situados no semiárido” (Brito, 2021). De acordo com a literatura científica, os eventos de seca na região do semiárido brasileiro ocasionam severos impactos nos setores sociais, econômicos e ambientais, além dos prejuízos humanos. Por exemplo, os impactos da seca 2010-2016 afetaram diretamente a economia do país (Buriti e Barbosa, 2018). Além disso, a escassez de água nos reservatórios em função da seca afetou o desempenho da açudagem, provocando repercussão em muitos sistemas de abastecimento de água nesta região (Ramalho e Guerra, 2018).

Dentre os impactos desse fenômeno climático, destaca-se a deficiência hídrica que assolou a região, onde o volume de água dos rios e reservatórios atingiu níveis extremamente críticos (Barbosa e Kumar, 2016). Além disso, os efeitos dessa seca prolongada por seis anos na região contribuíram para expressivas mudanças na cobertura dos solos, como erosão superficial, ausência de vegetação, baixa fertilidade e, consequentemente, a intensificação da desertificação (Barbosa e Buriti, 2019). Este processo provoca e acentua a escassez de recursos naturais vitais para a sobrevivência humana, tais como água potável, solo agrícola e vegetação (Silva et al., 2009).

Em função do agravamento da recente seca, os prejuízos causados em todo Brasil

Material e métodos

Área de estudo

O presente estudo foi realizado no estado da Bahia, com ênfase nas regiões do Vale São-Franciscano e Centro-Norte, importantes polos agrícolas. A figura 1 apresenta a localização geográfica das mesorregiões estudadas, situadas no semiárido baiano.

A área de estudo é composta por 107 municípios, sendo que 27 deles estão situados na

superaram os R\$ 151 bilhões, tanto no poder público quanto no setor privado. Observou-se que a região do Nordeste foi a mais afetada, apresentando um prejuízo de mais de R\$ 104 bilhões. O setor agrícola foi o mais afetado, com perdas que ultrapassaram os R\$ 116,2 bilhões, seguido pelo setor da pecuária, que acumulou mais de R\$ 24,6 bilhões em prejuízos econômicos. Outros setores como as indústrias também foram afetados pelos impactos da crise hídrica (CNM, 2016).

As consequências mais evidentes das severas secas são a fome, a desnutrição, a miséria e o êxodo rural (McBEAN; Rodgers, 2009). Embora inúmeras políticas públicas sejam implementadas para mitigação do fenômeno climático, os efeitos relacionados à escassez hídrica ainda são bastante severos (De Brito et al., 2021). A região ainda apresenta os maiores índices de pobreza e insegurança alimentar, visto que atividades econômicas básicas tendem a ser impactadas pelos riscos climáticos relacionados à região (Leal, Alencar e Montaña, 2021).

Segundo Buriti e Barbosa (2019), os impactos deste evento climático estão relacionados às vulnerabilidades locais e à capacidade de adaptação e resiliência da população e dos governos. As vulnerabilidades da população do semiárido aumentam o risco de seca.

mesorregião do Vale São-Franciscano e 80 na mesorregião do Centro-Norte. Desse total, apenas oito municípios da região Centro-Norte não estão classificados como pertencentes ao semiárido baiano (são eles: Conceição da Feira, Conceição do Jacuípe, Coração de Maria, Irará, Ouriçangas, Pedrão, São Gonçalo dos Campos e Teodoro Sampaio), de acordo com a delimitação do semiárido brasileiro, definida em 2017, segundo a Resolução nº 107/2017 (MI, 2017).

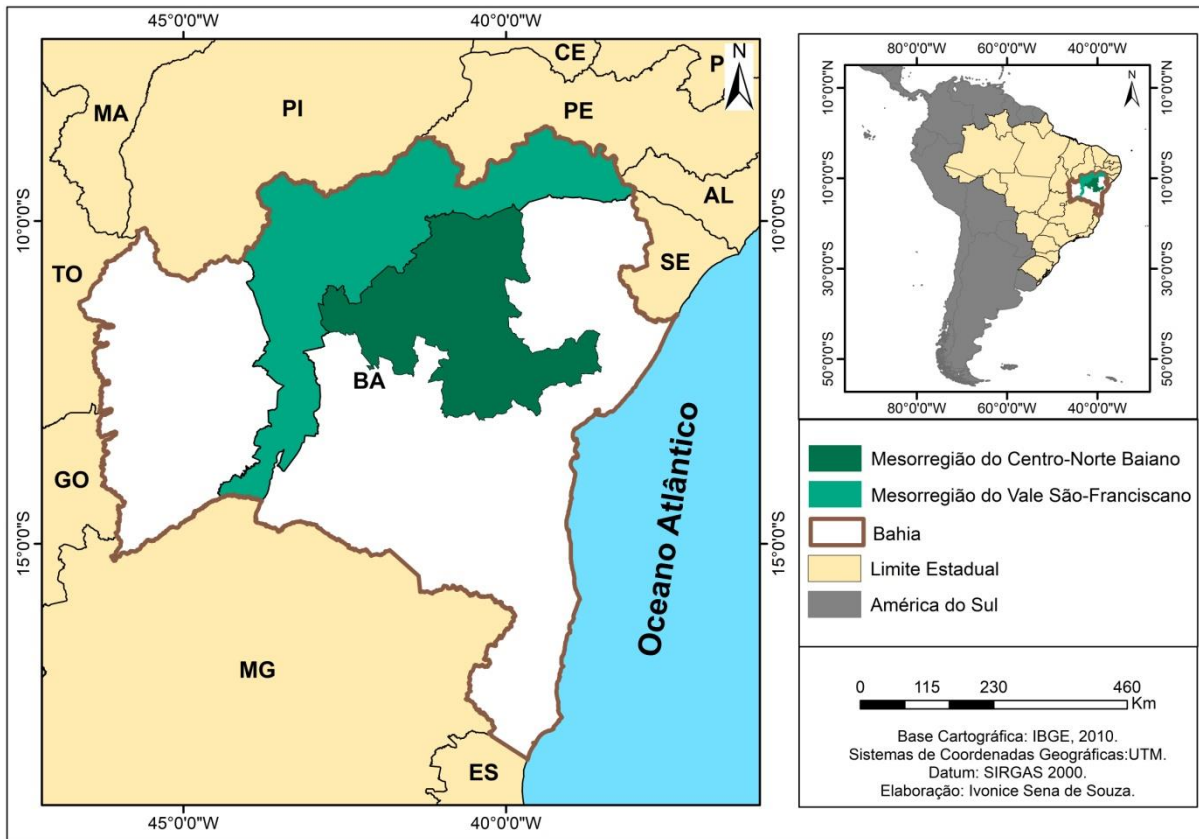


Figura 1- Localização da área de estudo.

Baseado na discussão teórica de “Risco” (REBELO, 1999), dois componentes definem Risco: a vulnerabilidade e o evento perigoso, conforme descrito na equação 1. Dessa forma, o procedimento metodológico foi dividido em duas análises: (i) do perigo e (ii) da vulnerabilidade.

Representação e Análise do Perigo (fenômeno climático)

a.) Classificação Utilizada

Na equação 1, o “Perigo” é o fenômeno da seca. Para avaliação e quantificação deste evento climático diferentes índices podem ser utilizados, que, por sua vez, estimam a intensidade da seca. Um índice amplamente utilizado por órgãos públicos no Brasil, é o Índice Integrado de Seca (IIS), proposto pelo Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais (CEMADEN). O IIS classifica a seca de acordo com sua intensidade: Condição Normal, Seca Fraca, Seca Severa, Seca Extrema e Seca Excepcional). Nesse contexto, para o cálculo do Risco Climático utilizado nesse estudo, as diferentes classes deste perigo foram utilizadas.

b.) Análise de Tendências da precipitação

$$\text{Risco} = \text{Vulnerabilidade} + \text{Perigo} \quad (1)$$

A tendência climática da precipitação pode ser um indicador importante para estudos referentes à seca, uma vez que é possível demonstrar se há tendência para condições mais úmidas ou secas na região. Para analisar estatisticamente a tendência da precipitação nas regiões estudadas, utilizou-se o valor mensal de precipitação pluviométrica, relativo ao período de 1985-2020, do modelo climático NASA POWER(<https://power.larc.nasa.gov/>).

Os parâmetros meteorológicos da NASA POWER são baseados no modelo de assimilação Modern Era Retrospective-Analysis for Research and Applications (MERRA-2) (Bosilovich et al., 2016), que provém de uma grade regular de 0.5° de resolução espacial ininterrupta no tempo e no espaço, facilitando pesquisas climáticas em locais com deficiência de dados meteorológicos. Uma descrição mais detalhada dos parâmetros e procedimentos usados para estimar suas incertezas

e validações foi relatado por White, et al. (2008 e 2011) e Bai, et al. (2010).

Com a finalidade de entender possíveis mudanças positivas ou negativas na série de precipitação da região de estudo, foram realizadas as análises de tendências anuais, por meio do teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975). De acordo com Goossens e Berger (1986), este método é o mais

apropriado para análise de tendências climáticas em séries climatológicas, além disso, permite a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência. Em seguida, utilizou-se o teste estatístico de Pettit (Pettitt, 1979) para determinar se, estatisticamente, há quebra na homogeneidade da série estudada e qual o ano de ruptura. As análises de tendência e de quebra de série foram realizadas em escala anual.

Caracterização da Vulnerabilidade

A vulnerabilidade foi representada por índices que caracterizam processos sociais, agrícolas e ambientais. Os índices escolhidos, sua caracterização e fontes, encontram-se na tabela 1. “Processos de elaboração de índices de vulnerabilidade, que se baseiam em ferramentas estatísticas e geotecnológicas, podem ser considerados como uma das possibilidades mais efetivas para avaliação, controle e gestão dos desastres” (Nascimento Júnior e Sant’anna Neto, 2020, p.66). Assim, a elaboração de indicadores de vulnerabilidade da seca e a avaliação da governança no semiárido são de extrema relevância para apontar alternativas visando melhorar as condições de vida da população (Nunes et al. 2020).

Para a caracterização dos processos sociais, utilizou-se o Índice de Firjan de Desenvolvimento Municipal (IFDM). Esse índice, criado em 2008, acompanha o desenvolvimento socioeconômico de todos os municípios do Brasil, caracterizando a situação de emprego, renda,

saúde e educação. De maneira didática, o índice é classificado em quatro categorias: baixo, regular, moderado e alto desenvolvimento.

A caracterização agrícola foi realizada conforme a metodologia proposta por São José et al. (2020a), utilizando dados do Censo Agrícola, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE). No entanto, diferentemente do trabalho de São José et al. (2020a), o presente estudo não utilizou a variável “agrotóxico” para compor o cálculo do índice do presente estudo, uma vez que o uso de agrotóxico nem sempre se traduz em uma técnica sustentável (Geiger et al., 2010; El Mujtara et. Al., 2019; Tadei et al., 2019).

A caracterização ambiental seguiu a metodologia proposta em São José et al. (2020a). Os três índices utilizados (IFDM, Índice Agrícola e Índice Ambiental) variam em uma escala de 0,0 (maior vulnerabilidade) a 1,00 (menor vulnerabilidade). Esses índices foram calculados para os 107 municípios da área de estudo, gerando, assim, os mapas de vulnerabilidade.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas para caracterização da Vulnerabilidade das Mesorregiões do Vale do São-Franciscano e Centro-Norte

Índice	Variáveis	Fonte
Índice de Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM	Emprego e renda; Educação; Saúde	https://www.firjan.com.br/ifdm/
Índice Agrícola	Realização de preparo do solo; Assistência técnica; Uso de adubação (química ou orgânica); Uso de corretivos agrícolas; Rotação de culturas e Uso de irrigação.	São José et al. (2020a) e IBGE (2017)
Índice Ambiental	Proteção e/ou conservação de encostas; Recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes e nascentes protegidas por matas.	São José et al. (2020a) e IBGE

Simulações do Risco

A simulação do risco de seca foi realizada para as classes descritas na classificação do perigo: seca fraca, seca moderada, seca severa, seca extrema e seca excepcional. Para a simulação do risco, adaptou-se a equação 1 com fatores de importância para cada variável da vulnerabilidade e do perigo, resultando na equação 2. Assim, atribuiu-se um peso para cada componente, definido nas tabelas 3 e 4.

Nos índices que compuseram a “Vulnerabilidade”, ao índice ambiental atribuiu-se peso 0,20, porque o fator ambiental pode intensificar este evento (Buriti e Barbosa, 2018). Às demais variáveis, atribuiu-se peso 0,15, visto que representam elementos de menor importância, quando comparado à variável ambiental.

Na tabela 3 encontra-se o peso, convencionalmente, atribuído para cada tipo de severidade da seca. Para a condição normal

$$\text{Risco de seca} = (\text{IIS}/\text{seca} \cdot 0,50) + (\text{IFDM} \cdot 0,15) + (\text{IA} \cdot 0,20) + (\text{IMA} \cdot 0,15) \quad (2)$$

Onde:

IIS é o Índice Integrado de Seca;
IFDM- índice de Firjan de desenvolvimento municipal; IA- índice ambiental e IMA- índice de manejo agrícola.

atribuiu-se peso 0, visto que esta categoria indica que não há ocorrência de seca. No caso do perigo climático (seca), atribuiu-se o maior peso, como descrito na tabela 4, uma vez que se trata de um evento climático bastante peculiar, que “difere de outros perigos naturais de várias maneiras”, cujos efeitos se acumulam lentamente por um período de tempo significativamente considerável (Wilhete e Buchanan-smith, 2005, p.5).

Tabela 2- Pesos utilizados para os mapas no processo de álgebra.

Variável	Peso (0 – 1)
Índice de Manejo Agrícola	0,15
Severidade do Evento de seca	0,50
Índice de IFDM	0,15
Índice Ambiental	0,20

Tabela 3- Valores de reclassificação das variáveis do mapa de cada intensidade da seca

Eventos meteorológicos/Seca	Nota	
Condição Normal	0	a agricultur a das mesorregi ões da área de estudo. Os mapas foram realizados utilizando -se o
Seca Fraca	1	
Seca Moderada	2	
Seca Severa	3	
Seca Extrema	4	
Seca Excepcional	5	

Com os resultados da equação 2, elaborou-se, então, os mapas de riscos à seca para

processo de álgebra de mapas e os valores

resultantes foram classificados em: risco baixo, moderado, alto, muito alto e crítico, conforme a

Tabela 4.

Tabela 4- Valores para cada categoria do risco.

Categoria do risco	Valores
Baixo	0 a 1,0
Moderado	1,1 a 1,9
Alto	2,0 a 3,0
Muito alto	3,1 a 4,0
Crítico	4,1 a 4,9

Resultados e discussão

Análises de Tendências Climáticas

As análises estatísticas demonstram que a região do Vale São-Franciscano apresentou tendência estatística de diminuição da precipitação anual (dados de 1985 a 2020) ($p=0.032$) e a quebra estatística da homogeneidade da série se deu no ano de 2011. Portanto, até o ano de 2011, a média anual da precipitação dessa localidade era de 681,83mm e, a partir de 2011, a média passou a ser de 473,94mm. Esses dados indicam uma redução de precipitação pluviométrica para esta região (Figura 2a).

A região do Centro-Norte Baiano, por sua vez, não apresenta tendência estatística de

diminuição da precipitação anual nos dados de 1984 a 2020 ($p=0.573$). No entanto, os testes estatísticos demonstram que, a partir do ano de 2010 houve uma diminuição da quantidade de precipitação média anual (Figura 2b). Embora o valor não seja estatisticamente diferente, uma redução da precipitação pluviométrica pode ser significativa visto que se trata de um local de particularidades climáticas, podendo refletir na disponibilidade hídrica da região.

Além disso, observa-se que tanto o Vale São-Franciscano quanto o Centro-Norte Baiano podem estar sujeitos a maiores riscos de seca, podendo resultar em consequências severas para atividades que dependem da chuva, como a agricultura local.

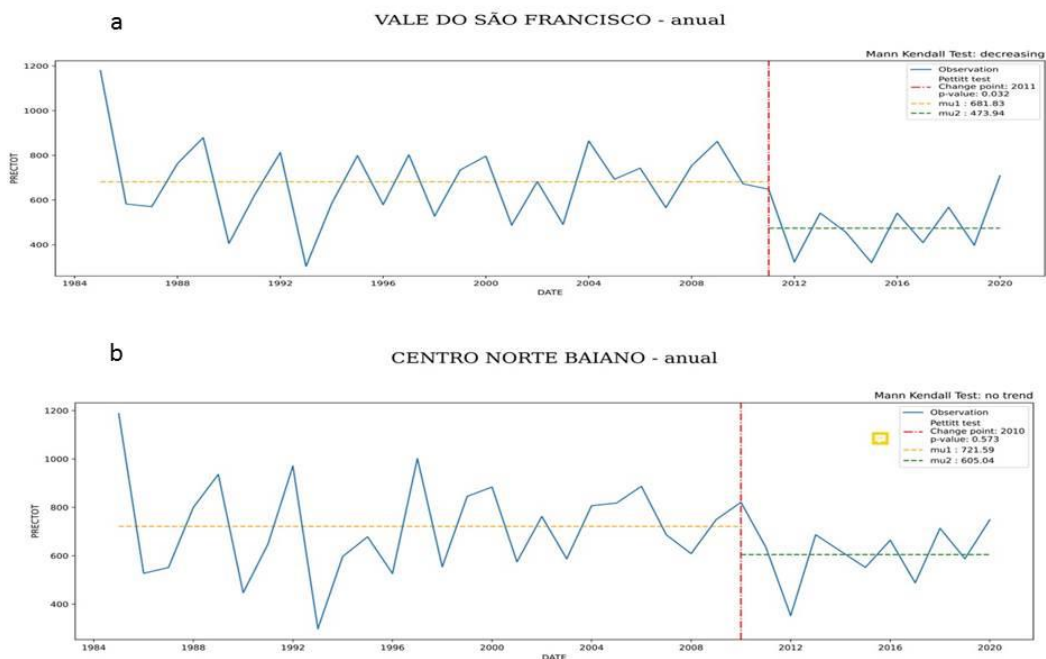


Figura 2- Tendência estatística da chuva do Vale São-Franciscano (a) e do Centro-Norte Baiano (b). Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados utilizados no presente estudo, 2021.

Vulnerabilidade

A figura 3, referente à caracterização local do índice de Firjan de desenvolvimento municipal, demonstra que a maior parte dos municípios da área de estudo (86,8%) apresenta um desenvolvimento classificado como “regular”. Não há nenhum município em situação de “alto desenvolvimento” e apenas 5 (no caso Centro-Norte baiano) e 7 (Vale São-Franciscano) têm um desenvolvimento “moderado”. Observou-se, também, que na região do Centro-norte existe apenas um município em condição de desenvolvimento inferior aos demais. Com base nesses resultados, verifica-se que, no geral, estes municípios carecem de uma infraestrutura social adequada capaz de minorar os efeitos de um evento de seca.

Os efeitos de um duradouro período de seca em uma determinada região dependem,

entretanto, não somente da duração e intensidade da seca, mas também das condições socioeconômicas e culturais da população atingida (Freitas, 2008). Em regiões com baixa infraestrutura para a população, a seca tende a causar profundos impactos sociais, econômicos e ambientais (Buriti e Barbosa, 2018; Shiferaw et al., 2014). Tem-se observado que, nessas localidades, as secas de intensidade moderada vêm desencadeando graves consequências econômicas (Oliveira, 2017). Nesse sentido, Feitosa et al. (2010) ressalta que a falta de uma infraestrutura de convivência com o clima seco tem sido a principal fonte dos riscos no semiárido nordestino.

O risco de impactos negativos relacionados às secas não está apenas associado à gravidade, frequência e duração da seca, mas também ao grau de exposição, suscetibilidade e incapacidade de manejo de um determinado sistema socioecológico (Meza et al., 2020).

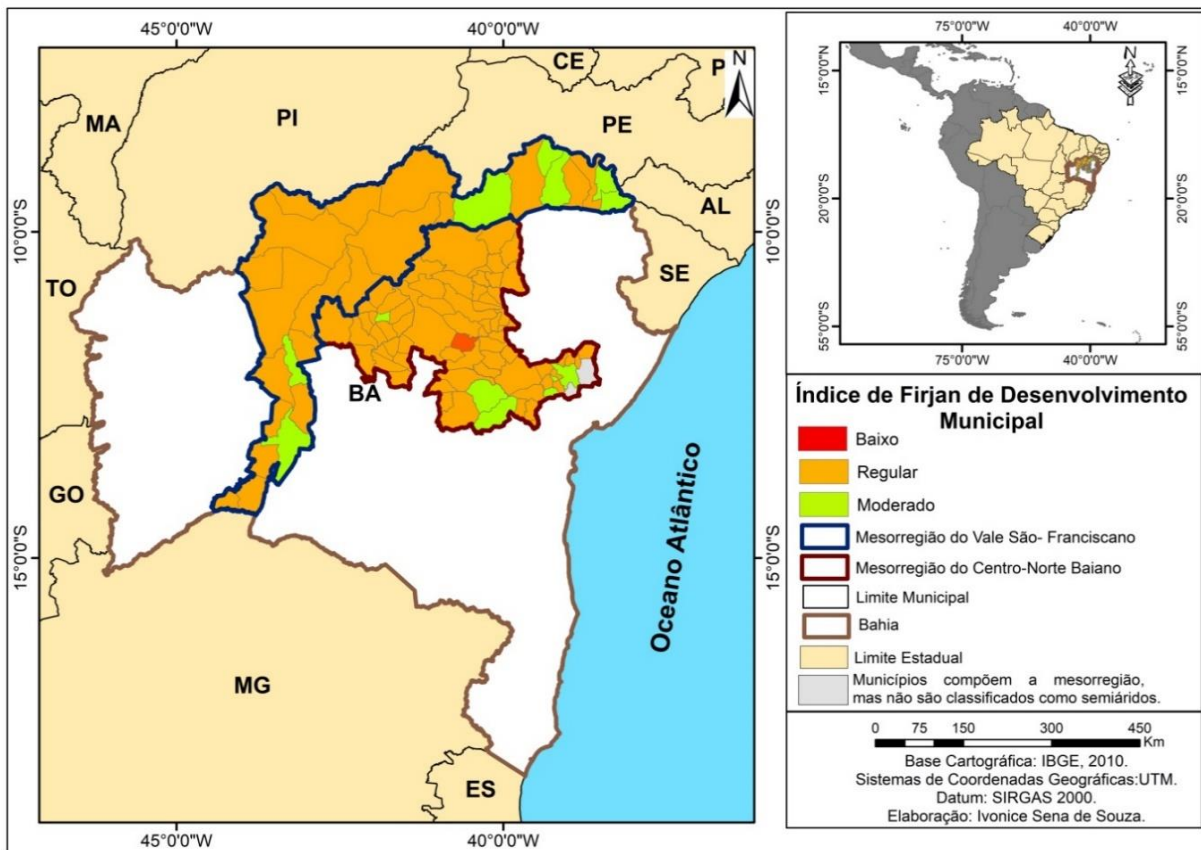


Figura 3 – Índice de Firjan de Desenvolvimento Municipal. Fonte: Elaboração dos autores, a partir dos dados do IFDM, 2020.

O índice de manejo agrícola, apresentado na Figura 4, varia entre as categorias média e crítica. A maioria dos municípios das duas mesorregiões analisadas encontra-se com uma capacidade de infraestrutura agrícola bastante baixa, demonstrando assim nível de criticidade agrícola muito alto (37,5% no Centro-Norte Baiano e 48,1% no Vale São-Franciscano). Com relação à categoria de criticidade agrícola alta, observa-se no Centro-Norte Baiano um total de 30,6% dos municípios. Nesta região, apenas o município de Lajedinho foi classificado na categoria de criticidade agrícola média. No Vale São-Franciscano, somente 18,6% dos municípios encontram-se classificados na categoria de maior criticidade agrícola (condição mais crítica), 22,2% estão na categoria alta e 11,1% estão na categoria média.

A partir dos resultados desta análise, pode-se inferir que, de modo geral, os produtores rurais destas áreas (Centro-Norte Baiano e Vale São-Franciscano) são bastante vulneráveis à seca.

Embora muitos setores sejam afetados pela seca, a alta dependência da agricultura à água significa que esse setor costuma ser o primeiro dos mais afetados (Dilley et al., 2005; UNDRR, 2019). Em razão disso, faz-se necessário reduzir as vulnerabilidades dos agricultores das áreas de risco à seca. Assim, entende-se que é de singular importância a aplicação de estratégias de manejo adequadas para ampliar os rendimentos e a eficiência dos sistemas de produção no SAB (Alves et al., 2022).

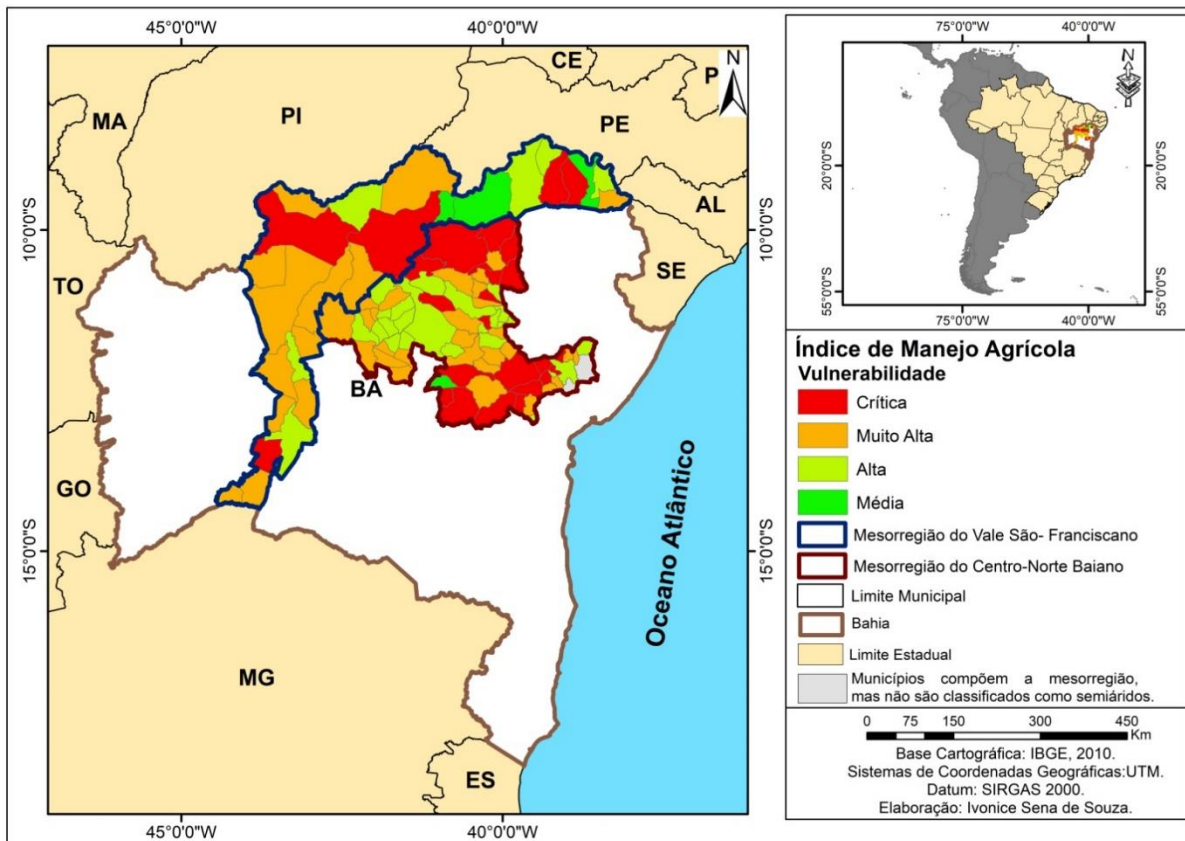


Figura 4- Índice de manejo agrícola. Fonte: Elaboração dos autores, a partir dos dados do IBGE e a metodologia proposta por São José et. al, 2020a.

Em relação à situação calculada pelo índice ambiental, apresentada na Figura 5, observa-se que todos os municípios analisados se encontram na categoria de situação crítica, apresentando um índice ambiental muito baixo, sugerindo, assim, que são áreas altamente frágeis no aspecto físico e ambiental. Resultados semelhantes foram encontrados por São José et al. (2020a) em toda região do Semiárido Brasileiro. A degradação ambiental é a expressão de qualquer alteração adversa dos processos ou componentes ambientais, quer dizer, uma modificação negativa da qualidade ambiental (Sánchez, 2008). Em região semiárida, a supressão da cobertura vegetal

ocasiona a degradação de terras em razão da fragilidade dos tipos de solo da região (EMBRAPA, 2007).

Ainda de acordo com Silva (2020), parte dos impactos ambientais provocados por riscos climáticos na região semiárida são evidentes na paisagem e manifestam-se de forma sutil na destruição da biodiversidade, na menor disponibilidade de recursos hídricos, assoreamento de fontes hídricas, como, por exemplo, os rios e reservatórios, na perda de características físicas e químicas dos solos, ocasionando processo de redução do potencial biológico da terra e da produtividade agrícola.

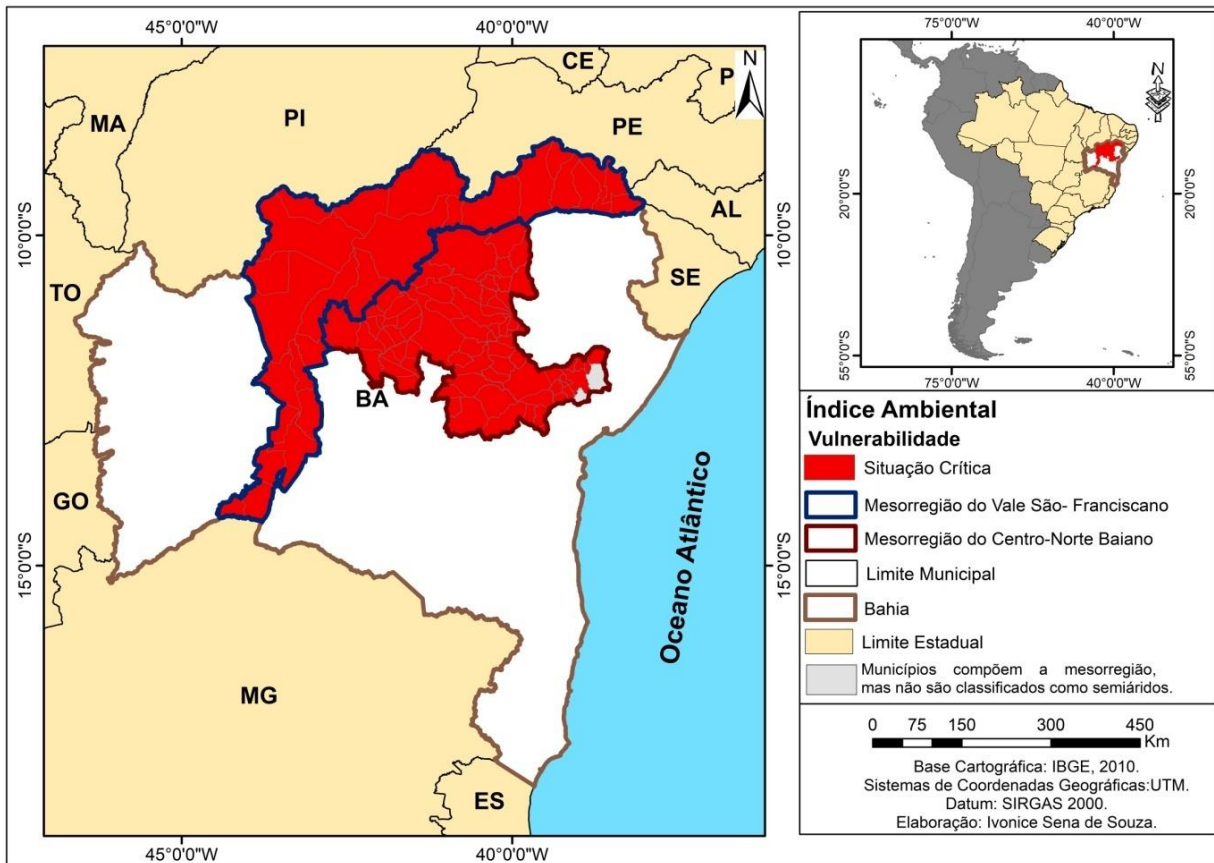


Figura 5- Índice ambiental. Fonte: Elaboração dos autores, a partir dos dados do IBGE e a metodologia proposta por São José et. al, 2020.

Risco

Pode ser observado, na Figura 6, a simulação do risco do referido fenômeno climático para a agricultura, a partir da vulnerabilidade em conjunto com as diferentes categorias de seca (fraca, moderada, severa, extrema e excepcional).

A figura 6a representa a simulação do risco do evento de seca para a agricultura em episódio de seca fraca. Nota-se que, mesmo em episódios de seca nesta condição, o risco varia entre médio e alto nas mesorregiões estudadas. No Vale São-franciscano, a maioria (55,6%) dos municípios apresenta um risco médio e a outra parcela (44,4%) tem alto risco em condição de seca fraca. No caso do centro-norte, 58,3% dos municípios apresentam risco médio e 41,7% têm um alto risco. É importante destacar que embora seja um evento de seca fraca, não foi diagnosticado risco baixo para nenhum município que constitui estas mesorregiões.

A figura 6b apresenta a simulação para ocorrência de uma seca moderada. Nesse caso, os

resultados encontrados indicam que o risco varia entre as classes alto e muito alto. Observa-se que, para ambas as mesorregiões, apenas 2 municípios apresentaram risco na classe “alto”. Os demais municípios apresentaram risco na classe “muito alto”. Assim, constatou-se que, no caso da seca moderada, 92,6% dos municípios da mesorregião do Vale São-Franciscano apresentaram um risco muito alto, e 97,2% dos municípios da Mesorregião do Centro-norte também foram classificados no risco “muito alto”.

Embora o fenômeno climático da seca moderada não assuma uma proporção elevada de gravidade, chama-se a atenção para o fato destes municípios terem sido classificados com risco “muito alto”. Oliveira (2017) destacou que secas de moderada intensidade, que antigamente causavam só um pequeno impacto, podem resultar em consequências econômicas sérias e grandes impactos no meio ambiente (Oliveira, 2017).

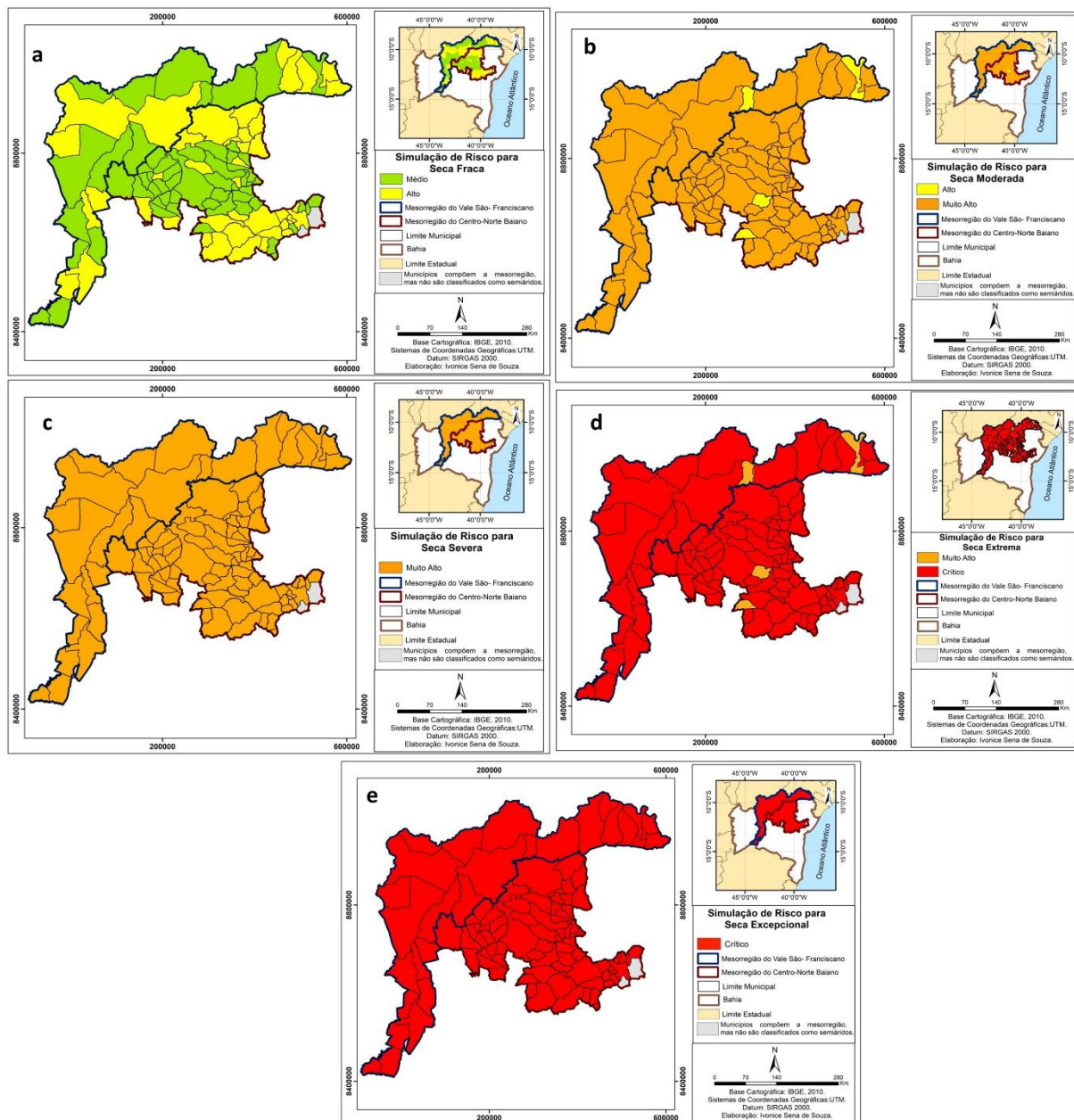


Figura 6- Simulação de risco em condição de seca fraca (em a), seca moderada (em b), seca severa (em c), seca extrema (em d) e seca excepcional (em e). Fonte: Elaboração dos autores, a partir de dados utilizados no presente estudo, 2021.

No caso de seca severa para as mesorregiões analisadas, de acordo com a simulação apresentada na Figura 6c, o risco foi classificado em muito alto para todos os municípios. Sendo assim, pode-se destacar que estas condições meteorológicas, ao lado das vulnerabilidades sociais dos agricultores e da baixa infraestrutura agrícola destes municípios, são fatores extremamente limitantes para o desempenho das atividades agrícolas na região.

A figura 6d apresenta a simulação do risco em cenário de seca extrema. Neste caso, o risco varia entre muito alto e crítico, sendo este o

predominante na maioria dos municípios das mesorregiões Vale São-Franciscano e Centro-Norte baiano. No Vale São-Franciscano, observa-se que 92,6% dos municípios têm risco crítico. No Centro-norte, por sua vez, 97,2% dos municípios têm risco crítico. Em ambas as mesorregiões, aparecem apenas 7,4% (Vale São-Franciscano) e 2,8% (Centro-Norte baiano) dos municípios em situação de risco muito alto.

Por fim, na simulação do risco para a categoria de seca excepcional apresentada na Figura 6e, observa-se que todos os municípios das mesorregiões analisadas apresentam um risco

crítico. Sob estas condições, aumenta-se a chance de insucesso agrícola, sendo, portanto, uma condição bastante desfavorável para a atividade agrícola tanto pelas condições meteorológicas quanto pelas condições de vulnerabilidades sociais e agrícolas dos trabalhadores rurais, além do baixo índice ambiental destes municípios.

O entendimento das causas do risco de seca e as formas que os impactos deste perigo climático se efetivam constituem-se em um elemento de inquestionável importância para a definição de melhores avaliações, caracterização e planejamento (espacial) da redução desse risco climático, bem como opções de adaptação (Hagenlocher et al., 2019). Essas informações relacionadas às causas e os padrões espaciais do risco de seca em todas as dimensões de perigo, exposição e vulnerabilidade podem fornecer bases para identificação de medidas de redução deste risco, além de contribuir para aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas (Meza et al., 2020).

No caso dos municípios analisados no presente estudo, observa-se a extrema necessidade de um manejo eficiente e sustentável das áreas ambientais e o uso adequado das técnicas agrícolas (que compuseram o índice agrícola) para o desempenho das atividades agrícolas, bem como de uma melhora nos indicadores sociais. A partir do uso sustentável do meio aliado às práticas agrícolas adequadamente manejadas e melhorias na qualidade social da população, é possível contribuir para redução do risco deste perigo climático na agricultura local.

Considerações finais

A seca, principal fenômeno climático que ocorre no semiárido da Bahia, pode inviabilizar inúmeras atividades, dentre elas a agricultura. Este fato reforça a relevância dos estudos desse risco climático para a produção agrícola. Nesse contexto, o presente trabalho avaliou o Risco à Seca das atividades agrícolas das mesorregiões do Vale São-Francisco e Centro-Norte, localizadas no estado da Bahia, nordeste do Brasil. Os resultados encontrados sugerem que a seca, enquanto um evento de múltiplas proporções, tem seu risco agravado a depender das condições de vulnerabilidades sociais da população, confirmando a hipótese inicial do trabalho.

Este estudo permitiu constatar que os agricultores dos municípios que compõem estas mesorregiões apresentam altas condições de vulnerabilidade, fato evidenciado pelos baixos

índices sociais, agrícolas e ambientais. Assim, com base nestas condições, considera-se que não há risco baixo à seca para área de estudo, independentemente da intensidade deste fenômeno climático, conforme as simulações de risco realizadas para as diferentes categorias de seca demonstraram.

Portanto, a partir desses resultados, entende-se que quanto mais intenso for este fenômeno climático, maiores serão as limitações para a prática das atividades agrícolas nas áreas estudadas devido à vulnerabilidade dos trabalhadores do campo. A abordagem espacial do risco climático, realizada nesse estudo, pode auxiliar na definição de áreas prioritárias para intervenções de manejos à seca. Além disso, mostra-se viável de ser utilizada em outras regiões para análises de mesma magnitude. Por fim, ressalta-se a necessidade de pesquisas sobre o risco deste evento para a agricultura, com a perspectiva de elaborar metodologias cada vez mais sofisticadas para a caracterização da distribuição espacial dos riscos climáticos. Sendo assim, pretende-se ampliar este estudo, bem como abranger todos os municípios do semiárido do estado da Bahia.

Referências

- Alves, Hygor Kristoph Muniz Nunes et al. Uma abordagem sobre práticas agrícolas resilientes para maximização sustentável dos sistemas de produção no Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 1, 373-392, 2022.
- Bai, J. et al., 2010. Evaluation of NASA satellite- and model-derived weather data for simulation of maize yield potential in China. *Agron J* 102:9–16.
- Barbosa, H. A.; KUMAR, T. V. L., 2016. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*. v. 124, p. 377-387.
- Bosilovich, M. G., F. R et al., 2016. Atmospheric Water Balance and Variability in the MERRA-2 Reanalysis. *J. Clim. - Special MERRA-2 Collection*. doi: 10.1175/jcli-d-16-0338.1
- Brito, a. G. M. De. Vulnerabilidade socioambiental à seca: uma perspectiva do seridó potiguar. 2021. 163f. Dissertação (mestrado em geografia) - centro de ciências humanas, letras e artes, universidade federal do rio grande do Norte, natal, 2021.
- Buriti, c. O.; barbosa, h. A., 2018. Um século de secas: por que as políticas hídricas não

- transformaram o semiárido brasileiro? 1 ed. São paulo: chiado books.
- Buriti, c. O.; Barbosa, H. A., 2019. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. *Ciência geográfica*, v. Xxiii, p. 267-282.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. CNM. 2016. Brasília: CNM. 176 p. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/biblioteca/exibe/2505>
- Conti, j. B., 2011. Clima e meio ambiente. São paulo: atual, 7. Ed. 96 p
- De Brito, yáscara maia araujo et al. Panorama da seca plurianual 2012–2018 no semiárido brasileiro: impactos hidrológicos, agrícolas e medidas de convivência. *Desenvolvimento e meio ambiente*, 58, 2021.
- De Brito, H. C.; de Brito, Y. M. A.; Rufino, I. A. A. O índice de segurança hídrica do brasil e o semiárido brasileiro: desafios e riscos futuros. *Rev. Bras. Cartogr*, 74, 2022.
- De Freitas Rodrigues, J. R.; da silva bezerra, l. G. Arborização urbana como estratégia de adaptação frente às mudanças climáticas no semiárido brasileiro: uma revisão teórica. *Educação ambiental–atitudes e ações resilientes para o equilíbrio do planeta*, p. 74, 2022.
- Dilley, M., Chen, Rs, Deichmann, U., Lerner-lam, A. L, Arnold, M., Agew, J., Buys, P., Kjevstad, o., lyon, b. e yetman, g., 2005. natural disaster hotspots: a global risk analysis, world bank publications, washington, dc.
- EMBRAPA, 2007. Informação Tecnológica. ABC da Agricultura Familiar: Preservação e uso da Caatinga, Brasília/DF. 36 p. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/>. Acesso em: 20 fev. 2021.
- El mujtara, v.; Muñozb, n.; prack mc cormickc, b.; pulleman, m.; tittonella, p., 2019. Role and management of soil biodiversity for food security and nutrition; where do we stand? *Global food security* 20, 132–144
- Feitosa, P. H. C et al., 2010. Estudo comparativo das vulnerabilidades no cenário seca/desertificação em municípios do semiárido brasileiro e Norte de portugal. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, 5, 01 - 09, 28.
- Freitas, M. A. S., 2008. O fenômeno das secas no Nordeste do Brasil: uma abordagem conceitual. In: simpósio de recursos hídricos do Nordeste, 9, salvador, 2008. *Anais...salvador: abrh*.
- Geiger et al., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on european farmland. *Basic and applied ecology* 11, p. 97–105.
- Goossens, c.; berger, a., 1986. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere nd europe during the last century. *Annales geophysicae*, berlin, 4, 385-400.
- Gondim, g.m.m., 2007. Do conceito de risco ao da precaução: entre determinismos e incertezas. in.: Fonseca, F. A; Corbo, A. D. (Orgs.), *O território e o processo saúde-doença*. 1 ed. Editora Fiocruz, Rio de Janeiro, pp.87-119
- Hagman, g., 1984. Prevention better than cure, report on human and environmental disasters in the third world, preparado para a cruz vermelha da suécia, estocolmo.
- Hagenlocher, m.; meza, i.; anderson, c.; min, a.; renaud, fg, walz, y.; sebesvari, z., 2019. Drought vulnerability and risk assessments: state of the art, persistent gaps and research agenda, *environ. Res. Lett.*, 14, 083002, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab225d>.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Semiárido Brasileiro. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=sobre> >. Acesso em: 07 de Jun 2020.
- Kendall, M.G., 1975. Rank correlation methods. Charles griffin, london. 1975.
- Júnior, a. C. O.; nunes, l. H. Desafios da governança territorial à mudança climática: a capacidade adaptativa na região metropolitana do rio de janeiro. *Revista brasileira climatologia, dourados*, ms, 29, 2021.
- Koshida, G.; Alden, M.; cohen, S. J.; Halliday, r. A.; Mortsch, L. D.; wittrock, v.; maarouf, a. R., 2005. Drought risk management in canada–u.s. transboundary watersheds: now and in the future. In: wilhite, d. A. *Drought and water crises science, technology, and management issues*. Boca raton, flórida: crc press taylor & francis group.p.288-309.
- Leal, T. L. M. C.; Alencar, N. R. O.; Montañó, R. A. M. Segurança alimentar e o semiárido brasileiro: uma revisão sistemática. *Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar*, 10, 78-90, 2021.
- Linhares, l. I. M.; Monteiro, J. B.; Pacheco-Gramata, A. P. P. Geografia dos riscos e vulnerabilidades: uma breve discussão teórica e

- metodológica. *Revista da casa da geografia de sobral*, sobral/ce, 23, 75-98, 2021.
- Mann, h.b., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13, 245-259.
- Marandola jr., e.; hogan. D. J., 2004a. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente e sociedade*, 7, 95-109.
- Mcbean, g.; rodgers, c., 2009. Climate hazards and disasters: the need for capacity building. *Wiley interdisciplinary reviews*. 1, 871-884.
- Mendonça, f.; danni-oliveira, i. M., 2007. *Climatologia: noções básicas e climas do brasil*. São paulo: oficina de textos. P. 206.
- Mendonça, Francisco. *Riscos híbridos*. Oficina de Textos, 2021.
- Meza, I., Siebert, S., Döll, P., Kusche, J., Herbert, C., Eyshi Rezaei, E., Nouri, H., Gerdener, H., Popat, E., Frischen, J., Naumann, G., Vogt, J., Walz, Y., SEBESVARI, Z., E Hagenlocher, M., 2020. Global drought risk assessment for agricultural systems, *Nat.Hazards Earth Syst. Sci.*, 20, 695–712, <https://doi.org/10.5194/nhess-20-695>.
- MI. Ministério da Integração Nacional. Resolução nº 107/2017. Recife-PE, 27 de julho de 2017.
- NASA. Surface meteorology and Solar Energy. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/>. Acesso em 16 mai 2020.
- Nascimento Júnior, I.; Sant'anna neto, j. L. Índice de vulnerabilidade social à desastres naturais para áreas urbanas. *Revista de geociências do nordeste*, [s. L.], 6., 65–72, 2020.
- Nunes, S. H. P et al. Indicadores de vulnerabilidade da seca e avaliação da governança de 1991-2010 no semiárido Paraibano. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11, 210-228, 2020.
- Oliveira, R. B., 2017. *Vulnerabilidade à seca para a região semiárida: um estudo de caso de quatro municípios do estado da Paraíba*. Dissertação Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- ORIGGE et al.,2020. Mapeamento de Risco em áreas urbanas densamente habitadas: o morro do Juburuna (VILA VELHA, ES, BRASIL). *Territorium*, Coimbra, Portugal 51-66.
- Pascoalino¹, Aline; Júnior, Eduardo Marandola. A Vulnerabilidade na Cidade e as Escalas do Clima Urbano: o Potencial das Unidades Climáticas para o Planejamento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, . 2711-2726, 2021.
- Pettitt, A.N., 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics*, 28.126-135.
- Ramalho, M.F.D.J.L.; guerra, a.j.t., 2018. O risco climático da seca no semiárido brasileiro. *Territorium*, 25, p.61-74.
- Rebelo, f., 1999. A teoria do risco analisada numa perspectiva geográfica. *Cadernos de geografia*, coimbra, 18, p. 3-13.
- Sánchez, L. E., 2008. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São paulo: oficina de textos.
- Santos, K. A. Dos. *Programa cisternas nas escolas e a sua contribuição para a convivência com a seca no semiárido brasileiro*. 2020. Dissertação de mestrado (programa de pós-graduação em ensino e história de ciências da Terra) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP, 2020.
- São José et al., 2020a. Avaliação de vulnerabilidade agrícola à seca: um estudo de caso no semiárido do estado da Bahia. *Caminhos de Geografia*, 21 96-110.
- São José, R. V. et al. *Seca no Semiárido Baiano e o Hidrometeoro (Chuva) no Contexto da Mídia Impressa do Estado da Bahia*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S.l.], 13, 249-255, 2020b.
- São José, R. V., Coltri, P. P., Greco, R., Santos, K. A., Souza, I. S., Torres, G. A. L., & Charles, R. COBERTURA JORNALÍSTICA DO PERIGO CLIMÁTICO (SECA) 2012-2015 NA BAHIA: ENTRE O COMBATE E A CONVIVÊNCIA COM A SECA. *Caminhos De Geografia*, 22(84), 136–153, 2021a.
- São José, R. V. et al. *Seca extrema de 2012 no semiárido baiano e seus impactos: informações climáticas difundidas pela mídia*. *Revista Brasileira de Climatologia*, Dourados, MS, v. 29, 2021b.
- Shiferaw B, Tesfaye K, Kassie M, Abate T, Prasanna Bm, Menkir, a., 2014. Managing vulnerability to drought and enhancing livelihood resilience in sub-saharan africa: technological, institutional, and policy options. *Weather climate extremes* 3:67–79
- Silva, A. F., 2020. Práticas agroecológicas para enfrentar riscos na agropecuária do semiárido brasileiro. In: MAGNONI JUNIOR, L. et. al. *Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano [recurso eletrônico]*. 2. ed. – São Paulo: CPS. 865 p. Disponível em:https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/Reducacao2020/Reducao_2ed-2020-11.pdf. Acesso em: 22 mar 2021.

- Silva, N. P. N. et. al., 2009. Dinâmica espaço-temporal da vegetação no semi-árido de Pernambuco. *Revista Caatinga*. 22, 195-205.
- Spink, M., 2001. Trópicos do discurso sobre risco: risco-aventura como metáfora na modernidade tardia. *Cadernos de Saúde Pública*. 17, 1-15. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csp/v17n6/6944.pdf> Acesso em: 16 de maio de 2020.
- Tadei, R.; Domingues, C. E. C.; Malaquias, J. B.; Camilo, E. V.; Malaspina, O.; Silva-Zacarin, E. C. M., 2019. Late effect of larval co-exposure to the insecticide clothianidin and fungicide pyraclostrobin in Africanized *Apis mellifera*. *Scientific Reports*, 9:3277.
- Tominaga, L. K. e Santoro, J., 2015. Desastres Naturais: Conhecer para prevenir. São Paulo, Instituto geológico. (3ª edição, revista).
- Teixeira, Rylanneive Leonardo Pontes et al. Mudanças climáticas, capacidade adaptativa e sustentabilidade: reflexões a partir das cidades da região semiárida brasileira. *GEOTemas*, Pau dos Ferros/RN, 11, 01-24, 2021.
- UNDRR: Relatório de Avaliação Global sobre Redução de Risco de Desastres, Genebra, Suíça, disponível em: <https://gar.unisdr.org>, último acesso: 17 de janeiro de 2021.
- Veyret, I., 2007. Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1 ed. Editora Contexto, São Paulo.
- Silva, F. B. R. et al., 2001. Zoneamento agroecológico de Pernambuco - ZAPE. Recife: Embrapa Solos UEP Recife. (Embrapa Solos. Documentos, n. 35). 1 CD-ROM.
- Tobin, G. A.; Montz, B. E., 1997. Natural hazards: explanation and integration. The Guilford Press, New York. 388p.
- UNISDR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. 2004. Living with Risk: A global review of disaster reduction initiatives. Vol. II - Annexes. Geneva: UNISDR.
- Wilhite, D. A.; Buchanan-Smith, M., 2005. Drought as Hazard: Understanding the Natural and Social Context. In: WILHITE, D. A. Drought and Water Crises Science, Technology, and Management Issues. Boca Raton, Flórida: CRC Press Taylor & Francis Group. p. 4-29.
- White, G.F., 1945. Human Adjustment to Floods. Research Paper n° 29. Department of Geography – Chicago: The University of Chicago.
- WhitE, G.F.; Hass, J.E., 1975. Assessment of Research on Natural Hazards. Cambridge, MA: MIT Press.
- White, J. W. et al., 2008. Evaluation of NASA satellite- and assimilation model-derived long-term daily temperature data over the continental US. *Agricultural and*