

# Vulnerabilidade agrícola no Semiárido Baiano à seca: Uma proposta de índice para avaliação regional

Agricultural vulnerability of the Bahia's semiarid region to drought: A proposal for an index for regional assessment

Vulnerabilidad agrícola de la región semiárida de Bahía a la sequía: Propuesta de índice de evaluación regional



**Rafael Vinícius de São José**

Universidade Estadual de Campinas – São Paulo – Brasil  
[saojoseraphaelvinicius16@gmail.com](mailto:saojoseraphaelvinicius16@gmail.com)



**Priscila Pereira Coltri**

Universidade Estadual de Campinas – São Paulo – Brasil  
[pcoltri@cpa.unicamp.br](mailto:pcoltri@cpa.unicamp.br)



**Roberto Greco**

Universidade Estadual de Campinas – São Paulo – Brasil  
[greco@unicamp.br](mailto:greco@unicamp.br)

**Resumo:** As secas são fenômenos climáticos que ocorrem em diversas partes do mundo. Contudo, em locais com pessoas vulneráveis, elas podem resultar em impactos negativos. Este estudo objetivou integrar diferentes indicadores (agrícola, ambiental, educacional e tecnológico) para a elaboração de um índice de vulnerabilidade agrícola a eventos de seca. Os procedimentos metodológicos consistiram na seleção de indicadores, cálculo dos índices de vulnerabilidade e definição das classes de vulnerabilidade. A maioria dos municípios do Semiárido Baiano apresentou “vulnerabilidade crítica”, “vulnerabilidade muito alta” e “vulnerabilidade alta”. Conclui-se que a capacidade de resistência dos agricultores e a capacidade de suporte do setor agrícola

são demasiadamente baixas, o que propicia a ocorrência do desastre da seca na região.

**Palavras-chave:** estiagem; riscos; clima.

**Abstract:** Droughts are climate phenomena that occur in several parts of the world. However, when in vulnerable locations, they can have negative impacts. This study aims to integrate different indicators (agricultural, environmental, educational, and technological) for the creation of an index of vulnerability to drought events. The methodological procedures consist of selecting indicators, calculating vulnerability indexes and defining vulnerability categories. Most municipalities in the semiarid region of Bahia presented “critical vulnerability”, “very high vulnerability”, and “high vulnerability”. In conclusion, the population’s resilience and supportability are incredibly low, which favors the occurrence of the drought disaster in the region.

**Keywords:** drought; risks; climate.

**Resumen:** Las sequías son fenómenos climáticos que ocurren en diferentes partes del mundo. Sin embargo, en lugares vulnerables, las sequías pueden generar impactos negativos. Este estudio tuvo por objetivo integrar los diferentes indicadores (agrícolas, ambientales, educativos y tecnológicos) para elaborar un índice de vulnerabilidad a eventos de sequía. Los procedimientos metodológicos consistieron en la selección de indicadores, cálculo de índices de vulnerabilidad y definición de clases de vulnerabilidad. La mayoría de los municipios de la región semiárida de Bahía presentó “vulnerabilidad crítica”, “vulnerabilidad muy alta” y “vulnerabilidad alta”. Se concluye que la resiliencia de la población y su capacidad de apoyo son demasiado bajas, lo que favorece la ocurrencia de desastres por sequía en la región.

**Palabras clave:** sequía; riesgos; clima.

## Introdução

Os desastres relacionados aos eventos hidrometeorológicos são consequências da ocorrência de “excesso de chuvas, extremos de temperaturas e seca” em localidades ocupadas por pessoas em situação de vulnerabilidade social (BALAGANESH et al., 2020). A seca é um dos mais desafiadores e complexos eventos naturais (MERA, 2018), caracterizada pela deficiência de precipitação durante um período prolongado (NOVAES; FELIX; SOUZA, 2013). Dependendo das características dos locais onde a seca se instala, há impactos negativos nas esferas sociais, econômicas (BRYANT, 1991; MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016; WILHITE, 1992), agrícolas, ambientais (BEGUERÍA; VICENTE-SERRANO; ANGULO-MARTÍNEZ., 2010; KESHAVARZ; KARAMI; VANCLAY, 2013; VICENTE-SERRANO; BEGUERÍA; LÓPEZ-MORENO, 2010; WILHITE, 2011); causando fome, desnutrição, epidemias, degradação da terra, miséria e êxodo rural (MCBEAN; RODGERS, 2009). É um fenômeno gradual, sendo difícil delimitar o início e o fim (CAROLWICZ, 1996; MOLINAS; LIMA, 1999). Em localidades fragilizadas, seus impactos podem ser, inicialmente, não observáveis, o que torna esse evento perigoso (MERA, 2018).

Como um fenômeno natural, a seca ocorre em diversas partes do mundo, mas a ocorrência desse evento em áreas com ambientes degradados, alta incidência de pobreza, desigualdade social, alta concentração populacional e infraestruturas deficientes ou inadequadas resulta em impactos mais severos (ANTWI et al., 2014; EBI; BOWEN, 2016; MIYAN, 2014). Uma região que apresenta essas características, acumulando problemas sociais ao longo da sua história, é o Semiárido Brasileiro (SAB) (BURITI; BARBOSA, 2019; MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016).

Essa região apresenta um caráter excepcional, um enclave de precipitação escasso em um país predominantemente tropical úmido, uma área marcada por secas recorrentes (MACIEL; PONTES, 2015). Ao longo da história, diferentes políticas governamentais foram implementadas no Semiárido Brasileiro com a finalidade de mitigar os efeitos das secas nessa região (BURITI;

BARBOSA, 2018). No entanto, essas ações não estiveram fundamentadas em uma visão integrada do território e consistiram simplesmente em promover soluções tecnológicas específicas para um espaço heterogêneo do ponto de vista sicionatural (SOUZA FILHO, 2011). Desse modo, observa-se que, historicamente, essa região acumulou complexas condições de vulnerabilidade, expondo milhões de pessoas aos efeitos das periódicas secas.

O termo vulnerabilidade é dinâmico, de caráter multidimensional e polissêmico (ADGER, 2006; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004) e, embora nos últimos anos tenha ocorrido um avanço no estado da arte das avaliações de vulnerabilidade, o termo continua abstrato e ambíguo (MALONE; ENGLE, 2011). A vulnerabilidade é essencialmente uma condição humana, uma característica da estrutura social e um produto de processos sociais e históricos (LAVELL, 1994). É resultado do incremento das desigualdades sociais e econômicas (ACOSTA, 1996), e pode ser entendida como a exposição de indivíduos ou grupos ao estresse — mudanças repentinas e rupturas nos sistemas de vida — decorrentes de sistemas sociais e ambientais (CONFALONIERI, 2001). Aqueles que têm menos recursos e alta dificuldade de adaptação são os mais vulneráveis (IPCC, 2001). O conceito de vulnerabilidade está vinculado a um ou mais dos seguintes fatores: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa ou resposta do sistema (ADGER, 2006).

Há quatro grupos de fatores de vulnerabilidade importantes no contexto de redução de desastres: os fatores físicos; econômicos; sociais; e os fatores ambientais (UNITED NATIONS, 2004). As pesquisas relacionadas a esse tema podem ter abordagens diferentes (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003), que variam de uma população para outra e englobam diferentes dimensões (TÁNAGO et al., 2016; ZARAFSHANI et al., 2016).

Um das formas de sintetizar os diferentes parâmetros considerados para a definição da vulnerabilidade são os índices (CUNHA, 2013), que integram dados de diferentes naturezas (FEITOSA et al., 2010; SALVATI et al., 2009; ZARAFSHANI et al., 2012), podendo ser utilizados para auxiliar nas tomadas de decisões que abordem diferentes ângulos da complexidade que a seca traz

(BABAEI; ARAGHINEJAD; HOORFAR, 2013). Essa abordagem ganha ainda mais destaque quando aplicada em diferentes escalas integradas (ANTWI-AGYEI et al., 2012).

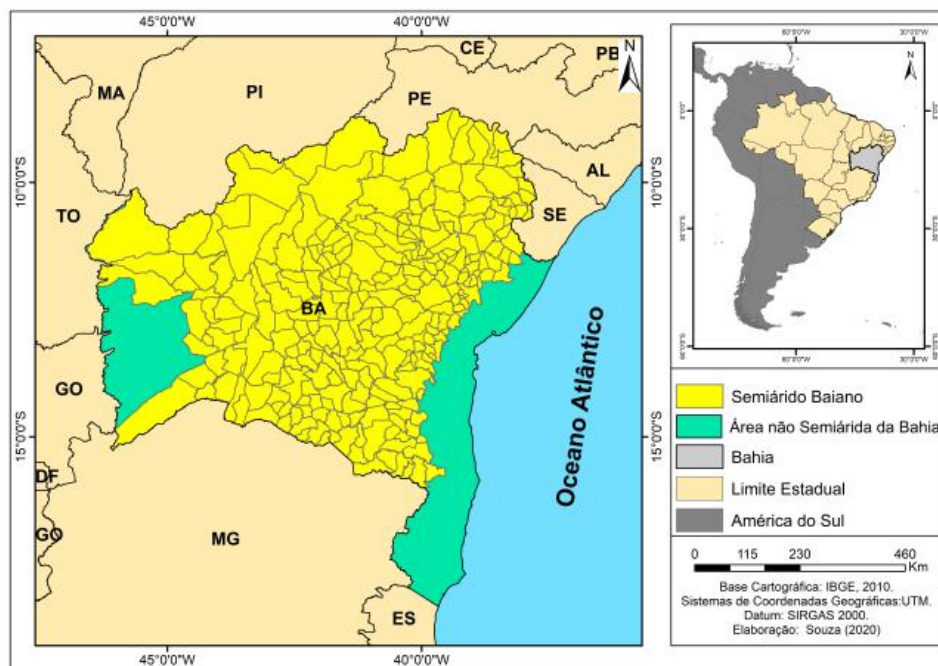
Este estudo busca contribuir com essa discussão a respeito do Semiárido Baiano por meio da análise quantitativa da abordagem de indicadores com ênfase na vulnerabilidade do setor agrícola à seca. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi integrar diferentes indicadores (agrícola, ambiental, educacional e tecnológico) para a elaboração de um índice de vulnerabilidade geral agrícola (IVGA) a eventos de seca.

## Material e Método

### Área de estudo

O Semiárido Baiano, localizado na região Nordeste do Brasil (Figura 1), apresenta clima tropical semiárido, caracterizado por altas temperaturas, normalmente superiores a 25 °C, e baixo total de precipitação pluviométrica, com chuvas escassas e irregulares (TORRES; MACHADO, 2016).

Figura 1 – Localização do Semiárido Baiano



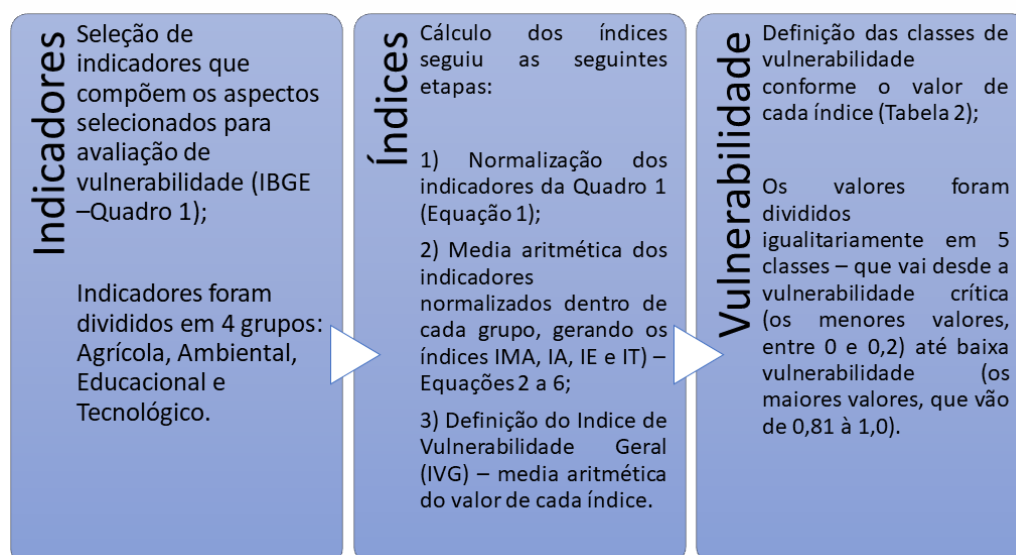
Fonte: Elaborado pelo autor.

O Semiárido Baiano não é uma região homogênea e apresenta uma grande diversidade de relevos e microclimas (MENDONÇA et al., 2002), além de ser heterogêneo do ponto de vista social.

## Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram separados em 3 etapas, descritas no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Etapas do procedimento metodológico



Fonte: São José et al. (2020).

## Seleção de Indicadores

Para avaliar quantitativamente a vulnerabilidade dos municípios do Semiárido Baiano, foram identificados fatores locais que envolvem as diferentes dimensões dos impactos da seca. Neste estudo, a vulnerabilidade do Semiárido Baiano com ênfase na questão agrícola foi avaliada a partir de quatro aspectos importantes: agricultura, ambiental, educação e tecnologia.

**Quadro 1** – Composição dos indicadores

<b>Indicadores</b>	<b>Letras correspondentes</b>
<b>Agricultura</b>	
Preparo de solo	a
Assistência técnica	b
Uso de adubação (química ou orgânica)	c
Uso de corretivos agrícolas	d
Rotação de culturas	e
Uso de irrigação	f
<b>Educação</b>	
Número de pessoas que nunca frequentaram a escola	g
Número de pessoas com Ensino Fundamental	h
Número de pessoas com Ensino Médio/Técnico	i
Número de pessoas com Ensino Superior	j
<b>Ambiente</b>	
Proteção e/ou conservação de encostas	k
Recuperação de mata ciliar	l
Reflorestamento para proteção de nascentes	m
Nascentes protegidas por mata	n
<b>Tecnológico</b>	
Acesso à internet	o
Acesso à energia elétrica	p
Acesso à assistência técnica	q

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada um desses aspectos foi composto por indicadores obtidos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo 2017. Os aspectos que compuseram a avaliação da vulnerabilidade agrícola à seca do semiárido da Bahia foram separados em quatro grupos: (1) Agricultura: utilizando dados de realização de preparo do solo, assistência técnica, uso de adubação (química ou orgânica), uso de corretivos agrícolas, rotação de culturas e uso de irrigação; (2) Educação: utilizando dados de número de pessoas que nunca frequentaram escola, com Ensino Fundamental, Ensino Médio/Técnico e Ensino Superior; (3) Ambiente: utilizando dados de proteção e/ou conservação de encostas;

recuperação de mata ciliar; reflorestamento para proteção de nascentes, nascentes protegidas por matas; e (4) Tecnológico: utilizando dados de acesso à internet, energia elétrica e assistência técnica.

Cada um dos indicadores que compuseram os grupos individuais foi transformado em porcentagem, levando em consideração a área de cada município. Em seguida, para permitir a comparação entre valores, cada um dos 17 indicadores foi normalizado separadamente, considerando os valores mínimos e máximos da série do indicador, conforme Equação 1.

$$z = \frac{(x - \min(x))}{(\max(x) - \min(x))} \quad (1)$$

Nessa equação,  $z$  = valor normalizado;  $x$  = valor observado;  $\max(x)$  = máximo valor observado na série, e  $\min(x)$  = mínimo valor observado na série. Assim, cada valor observado ( $z$ ) pode variar de zero (0,0) a um (1,0). Quando  $Z=0$ , há maior vulnerabilidade local e, por outro lado, quanto mais próximo de 1, menor a vulnerabilidade.

## b.2 Cálculo dos Índices

Para cada um dos quatro aspectos avaliados, foi calculado um índice: Índice de Manejo Agrícola (IMA); Índice Ambiental (IA); Índice Educacional (IE) e Índice Tecnológico (IT). O cálculo dos índices está descrito na Tabela 1 (Equações 2 a 6), e foi realizado utilizando a média aritmética de cada indicador normalizado que compôs aquele aspecto. Didaticamente, cada um dos 17 indicadores utilizados no cálculo dos índices foram transformados em letras (de “a” a “q”). O Índice de Vulnerabilidade Geral (IVG) foi contabilizado com a média aritmética dos demais índices. Cada um dos índices variou do menor valor (0 = maior vulnerabilidade) ao maior valor (1 = menor vulnerabilidade).



**Tabela 1** – Índice e indicadores utilizados para calcular o Índice de Vulnerabilidade Geral

Índice	Indicadores das Equações	
IMA	$\frac{a+b+c+d+e+f+g}{7}$	(2)
IA	$\frac{h+i+j+k}{4}$	(3)
IE	$\frac{l+m+n}{3}$	(4)
IT	$\frac{o+p+q}{3}$	(5)
IVG	$IVG = \frac{IMA+IA+IE+IT}{4}$	(6)

Fonte: São José et al. (2020).

### b.3 Classes de Vulnerabilidade

Cada um dos índices calculados, IMA, IA, IE, IT e o IVG, foi geoespacializado nos municípios da área de estudo, e os valores foram separados em cinco classes de vulnerabilidade, que vão desde a vulnerabilidade crítica (os menores valores, entre 0 e 0,2) até baixa vulnerabilidade (os maiores valores, que vão de 0,81 a 1,0). As classes são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2** – Classes de vulnerabilidade

Valor do Índice	Classe de Vulnerabilidade
0-0,19	Crítica
0,20-0,4	Muito alta
0,41-0,6	Alta
0,61-0,8	Média
0,81-1,0	Baixa

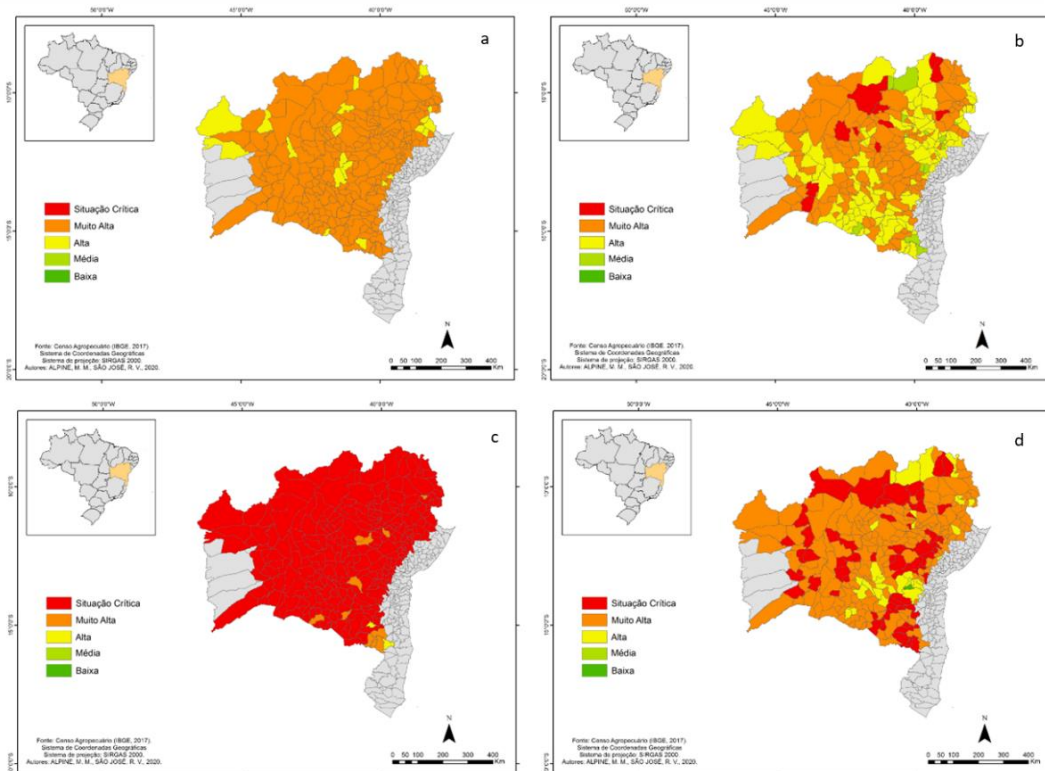
Fonte: São José et al. (2020).

## Resultados e Discussão

A Figura 3 (a, b, c, d) apresenta as categorias de vulnerabilidade da área de estudo. Ao analisar o Índice Educacional (IE), na Figura 3a, verifica-se que a maior parte dos municípios oscilou entre 0,25 e 0,36. Assim, 92,5% da região apresentou vulnerabilidade educacional muito alta e 7,5% do semiárido tem

vulnerabilidade alta. Nesse contexto de baixo índice educacional do Semiárido da Bahia, inúmeros desafios aparecem, como por exemplo: a dificuldade na capacidade adaptativa da população (BURITI; BARBOSA, 2018; MACIEL; PONTES, 2015). A educação desempenha papel essencial na capacitação e no engajamento para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação de desastres ambientais (TABETE; MUCH, 2015).

**Figura 3** – Índices calculados para os municípios do Semiárido Baiano. Em (a), Índice Educacional (IE); em (b) Índice Tecnológico (IT); em (c) Índice Ambiental (IA); e em (d) Índice de Manejo Agrícola (IMA)



Fonte: Adaptado de São José et al. (2020).

Em termos de adaptação à seca, a educação contribui para o desenvolvimento de programas de convivência com o ambiente tropical semiárido, oferecendo à população importantes ferramentas de adaptação, sobretudo para aqueles que lidam com a atividade agrícola. O desenvolvimento de sistemas locais de alerta precoce à seca, por exemplo, é uma medida adaptativa que depende de diversos fatores, e a educação se torna essencial para o manuseio e aplicação desses sistemas.

A educação, portanto, está associada ao grau de vulnerabilidade de uma localidade (ADGER, 2006) e desempenha papel fundamental na percepção da população sobre as potencialidades do semiárido e com a convivência nessa região, que implica em um processo contínuo de aprendizado e “requer instrução e educação para todos, por métodos formais (para os mais jovens) e processos menos ortodoxos (para a população mais velha)” (CARVALHO; EGLER, 2003, p. 164). Nesse contexto, Buriti e Barbosa (2019) destacam que o esperado progresso para a região do SAB estaria associado a um programa educacional que preparasse a população para a adoção de novas práticas sociais de adaptação à semiaridez. Duque (2004) ainda expõe que é função dos governos locais a preparação da população para o trabalho nas terras secas a partir da popularização de técnicas para o aproveitamento, em larga amplitude, dos empreendimentos irrigatórios.

Os trabalhos metodizados e científicos da população são fundamentais para a superação dos efeitos da seca, sendo necessário educar os cidadãos (BURITI; BARBOSA, 2018). “Somente a educação permitiria que a população aprendesse ou aperfeiçoasse técnicas e métodos compatíveis com o ambiente, bem como manejasse adequadamente os recursos naturais da região” (BURITI; BARBOSA, 2018, p. 198).

A educação, portanto, ocupa uma posição de destaque para a elaboração, consolidação e manuseio de sistemas agrícolas locais eficientes de monitoramento desses eventos climáticos para o desenvolvimento e aplicação de programas educacionais de cunho ambiental, bem como para gestão proativa dos efeitos da seca, com participação efetiva da população afetada.

O Índice Tecnológico (IT), apresentado na Figura 3b, demonstra que 48,2% da área de estudo foi classificada na classe “vulnerabilidade muito alta”, 43,1% apresentaram “vulnerabilidade alta”, 4% encontra-se na classe de “vulnerabilidade crítica”, e 4,7% foi classificado como “vulnerabilidade média”. Não houve município com situação de “vulnerabilidade baixa”. Esses resultados sugerem que, de modo geral, o setor agrícola dessa região tem um índice tecnológico demasiadamente baixo, com baixa capacidade de acesso à internet

e assistência técnica, fator que pode ser limitante para o uso de técnicas de manejo agrícola e ambiental aliadas à convivência com o semiárido.

Esse cenário de baixo índice tecnológico repercute diretamente no planejamento local de manejo dos efeitos da seca, uma vez que limita o desenvolvimento e a utilização de informações, como operacionalização de sistemas de previsão e detecção da seca em escala local, bem como para o emprego e manuseio de tecnologias de mitigação pela população. Wilhite (2005) destaca a importância de desenvolver sistemas de alerta precoce para monitoramento da seca e das reservas hídricas para a gestão desse risco climático. Para tanto, faz-se necessário alto investimento em tecnologia e informação, além de capacitar a população afetada. Uma vez empregadas tecnologias adequadas e apropriadas (UNITED NATIONS, 2011), o total de chuvas sazonais do Semiárido Baiano será suficiente para as necessidades hídricas das lavouras, podendo aumentar de forma significativa os rendimentos nessas localidades (MACIEL; PONTES, 2015).

Nesse contexto, o acesso às informações agrometeorológicas proporciona subsídios e alternativas para o desenvolvimento de práticas sustentáveis para uma agricultura de melhor qualidade e lucratividade, o que pode diminuir os riscos, custos e impactos negativos ao ambiente (TAZZO et al., 2007). Gbangou et al. (2020) destacaram que a aplicação de tecnologia em um processo de coprodução aliado ao treinamento e monitoramento é capaz de melhorar tanto o acesso quanto o uso de informações de previsão do tempo e do clima por parte dos pequenos agricultores. No entanto, o limite de acesso à internet, a equipamentos técnicos, e a não capacitação humana para acessar e manusear ferramentas informacionais não contribui para reduzir a vulnerabilidade nem os riscos climáticos.

O Índice Ambiental (IA), apresentado na Figura 3c, aparenta ser o mais crítico dos quatro índices calculados. Os estabelecimentos agrícolas da região, no geral, encontram-se em áreas classificadas nas classes de “vulnerabilidade crítica” e “muito alta”. A análise dos dados demonstrou que 95% dos municípios

foram classificados como “vulnerabilidade crítica” e 5% foram classificados como “vulnerabilidade muito alta”.

As paisagens semiáridas variam entre chapadas, maciços e serras baixas, planaltos, depressões e enclaves subúmidos (ARAÚJO et al., 2019). Nesse sentido, a proteção e/ou conservação de encostas e a recuperação de mata ciliar são de alta importância. A vegetação ciliar, além de evitar os processos de degradação, também possui função hidrológica associada às nascentes (VENZEL et al., 2016).

Silva (2016) destaca a importância das nascentes para o uso pelas populações rurais difusas, inclusive nos períodos de seca, sendo imprescindíveis políticas de conservação e preservação das nascentes. Mas, corroborando com os resultados aqui encontrados, Jesus, Oliveira e Gama (2018) encontraram alto grau de degradação das nascentes no Centro-Leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, no Semiárido da Bahia, atestando a falta ou inadequado manejo dos recursos hídricos. Os mesmos autores ainda destacam a necessidade de identificar as nascentes e realizar o diagnóstico dessas áreas a fim de reconhecer o seu estado de conservação, as formas de uso e ocupação do solo e, conseqüentemente, a necessidade de recuperação. As nascentes são elementos de vital importância na dinâmica hidrológica e se tornaram um ponto crucial na preservação ambiental de qualquer região. Sua escassez pode afetar de forma determinante a manutenção da vida (VIEL et al., 2013; FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2009).

O baixo IA pode diminuir a resistência da população aos episódios de seca, além de esses eventos contribuírem para o agravamento dos problemas ambientais. É, portanto, um processo que se retroalimenta, conforme explicado por Buriti e Barbosa (2019). Os autores relatam que os eventos de seca ocorridos nos últimos anos provocaram expressivas mudanças na cobertura dos solos, como erosão superficial, ausência de vegetação, baixa fertilidade e a intensificação da desertificação. As secas tendem, portanto, a aumentar a vulnerabilidade dos ecossistemas naturais da região semiárida à degradação (ALVES, 1982; POMPEU SOBRINHO, 1982).

O resultado desta análise demonstra o estado de degradação ambiental do Semiárido Baiano. Estudos realizados por Araújo, Nunes e Souza Filho (2014) ainda ressaltam que a elevada degradação ambiental pode estagnar a atividade econômica, baseada principalmente na agropecuária, com repercussão nos índices de desenvolvimento regional.

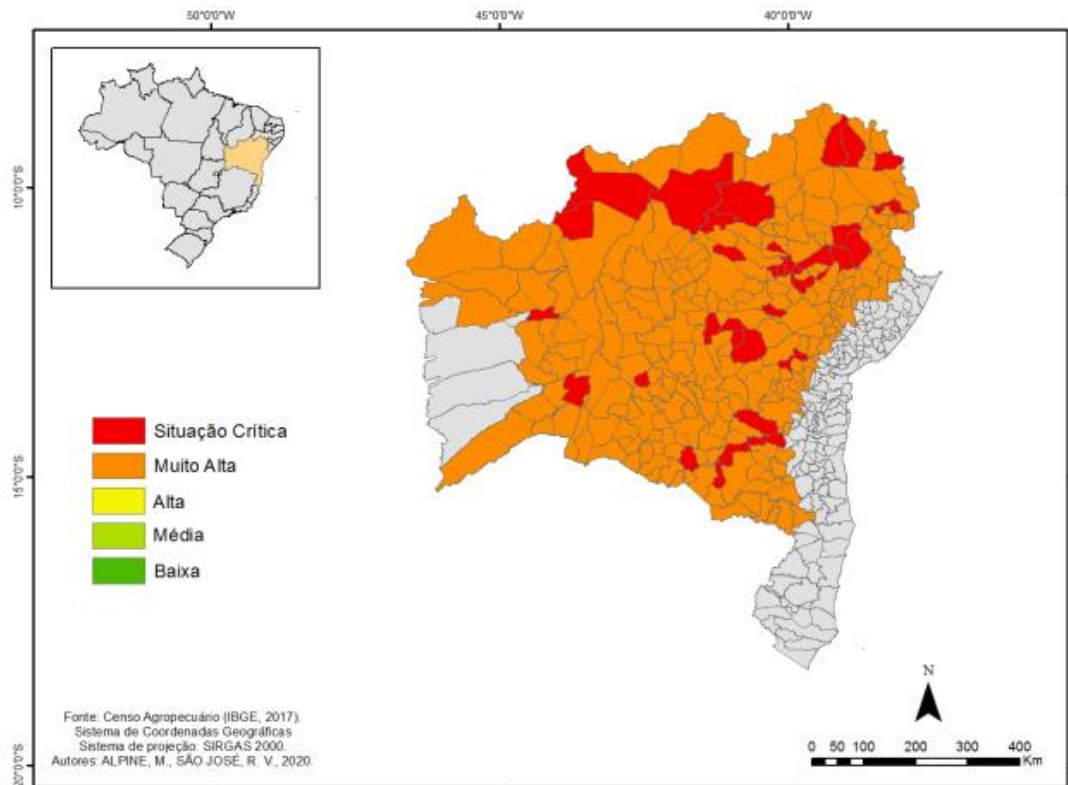
A Figura 3d apresenta o Índice de Manejo Agrícola (IMA) para os municípios do semiárido da Bahia, como foco nos estabelecimentos agrícolas. Da área de estudo, 24,1% foram classificada como “vulnerabilidade crítica”, 65,1% foi classificada como “vulnerabilidade muito alta”, 10,4% como “vulnerabilidade alta”, e 0,4% se encontra em uma situação de “baixa vulnerabilidade”. O IMA dessa localidade é, portanto, precário, corroborando com São José et al. (2020) e indicando baixa capacidade de manejo agrícola.

Para Liverman (1990), a modernização da agricultura com irrigação e utilização de outros insumos é extremamente relevante para o diferencial de vulnerabilidade à seca. Esse autor ainda estabelece uma relação entre o diferencial de vulnerabilidade e tipos de propriedades rurais coletivas ou privadas com e sem sistema de irrigação, constatando que as propriedades que empregam tecnologia são menos vulneráveis à seca.

A análise simultânea desses índices contribui na caracterização do estado de vulnerabilidade socioambiental e agrícola dos estabelecimentos agrícolas do Semiárido do Estado da Bahia. De maneira geral, os resultados dos índices demonstram a elevada criticidade dos produtores do semiárido e a baixa capacidade de suporte desta região.

Por fim, a Figura 4 apresenta o Índice de Vulnerabilidade Geral Agrícola, calculado a partir da média gerada pelos demais índices. Constata-se que 43 municípios apresentam uma situação “crítica” e 235 municípios têm “vulnerabilidade muito alta”. Essa alta vulnerabilidade dos produtores constitui um fator suficientemente capaz de potencializar que os eventos climáticos, como estiagens e secas, recorrentes em todo SAB, se traduzam como riscos severos.

Figura 4 – Índice de Vulnerabilidade Geral Agrícola



Fonte: Adaptado de São José et al. (2020).

Há, portanto, uma necessidade urgente do gerenciamento da seca nessa região, principalmente com enfoque agrícola. Nesse sentido, Wilhite (1992) demonstrou uma sequência de dez deficiências no enfoque do gerenciamento da seca com relação à avaliação e à resposta a esse evento, que vão desde a falta de índices climáticos adequados e sistemas de alerta precoce até a falta de coordenação de políticas e programas dentro dos diversos níveis governamentais e entre eles. Corroborando com essas deficiências, há necessidade da melhora dos índices de vulnerabilidade aqui relatados.

Tendo em vista esse panorama do Semiárido Baiano, ainda há muitos desafios na organização e sistematização de uma política eficiente de gestão dos riscos e efeitos da seca. A consolidação de um gerenciamento dentro dos padrões defendidos por Wilhite (1992) requer investimento em educação e capacidade tecnológica. Destacam-se ainda, como elementos (componentes)

indispensáveis, a necessidade de preservação ambiental e manejo agrícola adequado ao bioma e clima local.

## Considerações Finais

Neste trabalho apresentamos uma análise quantitativa de indicadores que se traduziram em índices para avaliar a vulnerabilidade agrícola à seca do Semiárido Baiano. A partir da avaliação conjunta dos indicadores, verificou-se que a maioria dos municípios do Semiárido Baiano se enquadrou nas classes de “vulnerabilidade crítica”, “vulnerabilidade muito alta” e “vulnerabilidade alta”, o que significa que os estabelecimentos agrícolas da região são vulneráveis à seca. A partir desses resultados, não é incoerente presumir que a capacidade de resistência dos produtores e a capacidade de suporte do setor agrícola (condições de resiliência ou capacidade de recuperação da sociedade frente à ocorrência de um evento perigoso) são demasiadamente baixas.

Ressaltou-se, nesta pesquisa, que as secas fazem parte das características climáticas. Contudo, é possível reduzir a vulnerabilidade por meio de um gerenciamento adequado desse risco, que inclui melhores níveis nas áreas educacionais, ambientais, tecnológicas e agrícolas.

Enquanto os esforços se inclinarem apenas para as medidas emergenciais, de curto prazo, as secas vão continuar ameaçando a atividade agrícola, o bem-estar e a segurança alimentar da população local, além de constituir um elemento limitador para o desenvolvimento social e econômico da região por falta de gestão adequada.

## Referências

ACOSTA, V. G. **Historia y desastres en América Latina**. Santafé de Bogotá: Ciesas & Lared, 1996. 290 p.

ADGER, W. N. Vulnerability. **Global Environmental Change**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 268-281, 2006.



ALVES, J. **História das secas**: Século XVII a XIX. Fortaleza: Fundação Waldemar Alcântara, 1982. 296 p.

ANTWI, E. K.; OTSUKI, K.; SAITO, O.; OBENG, F. K.; GYEKYE, K. A.; BOAKYE-DANQUAH, J.; BOAFO, Y. A.; KUSAKARI, Y.; YIRAN, G. A. B.; OWUSU, A. B.; ASUBONTENG, K. O.; DZIVENU, T.; AVORNYO, V. K.; ABAGALE, F. K.; JASAW, G. S.; LOLIG, V.; GANIYU, S.; A. DONKOH, S. A.; YEBOAH, R.; KRANJAC-BERISAVLJEVIC, G.; GYASI, E. A.; MINIA, Z.; AYUK, E. T.; MATSUDA, H.; ISHIKAWA, H.; ITO, O.; TAKEUCHI, K. Developing a Community-based resilience assessment model with reference to Northern Ghana. **Journal of Integrated Disaster Risk Management**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 73-92, 2014.

ANTWI-AGYEI, P.; FRASER, E. D. G.; DOUGILL, A. J.; STRINGER, L. C.; SIMELTON, E. Mapping the vulnerability of crop production to drought in Ghana using rainfall, yield and socioeconomic data. **Appl. Geogr.**, v. 32, n. 2, p. 324-334, 2012.

ARAÚJO, E. D. S.; SOUZA, J. O. P. de; MACHADO, C. C. C. Considerações sobre as paisagens semiáridas e os enclaves subúmidos do Nordeste seco – uma abordagem sistêmica. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 36, n. 3, p. 128-146, 2019.

ARAÚJO, F. T. de V.; NUNES, A. B. de A.; SOUZA FILHO, F. A. Desertificação e pobreza: existe um equilíbrio de baixo nível? **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 45, n. 1, p. 106-119, 2014.

BABAEI, H.; ARAGHINEJAD, S.; HOORFAR, A. Developing a new method for spatial assessment of drought vulnerability (case study: Zayandeh-Rood river basin in Iran). **Water Environment Journal**, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 50-57, 2013.

BALAGANESH, G.; MALHOTRA, R.; SENDHIL, R.; SIROHI, S.; MAITI, S.; PONNUSAMY, K.; SHARMA, A. K. Development of composite vulnerability index and district level mapping of climate change induced drought in Tamil Nadu, India. **Ecological Indicators**, [S. l.], v. 113, 2020.

BEGUERÍA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M.; ANGULO-MARTÍNEZ, M. A Multiscalar Global Drought Dataset: The SPEIbase – A new gridded product for the analysis of drought variability and impacts, **Bulletin of the American Meteorological Society**, [S. l.], v. 91, n. 10, p. 1351-1356, 2010.

BRYANT, E. **Natural Hazards**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

BURITI, C. de O.; BARBOSA, H. A. Secas e vulnerabilidade socioambiental no semiárido brasileiro: a institucionalização dos estudos científicos e das políticas hídricas na região. **Ciência Geográfica**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 276-282, 2019.

BURITI, C. de O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: por que as políticas hídricas não transformaram o semiárido brasileiro?** Lisboa: Chiado Editorial, 2018. 454 p.

CARVALHO, J. O. de; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o Nordeste semi-árido.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2003.

CONFALONIERI, U. E. C. Global environmental change and health in Brazil: review of the present situation and proposal for indicators for monitoring these effects. In: HOGAN, H. J.; TOLMASQUIM, M. T. **Human Dimensions of Global Environmental Change: Brazilian Perspectives.** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001. p. 43-78.

CUNHA, L. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. In: LOURENÇO, L. F.; MATEUS, M. A. **Riscos naturais, antrópicos e mistos: Homenagem ao Professor Doutor Fernando Rebelo.** Coimbra: Editora da Universidade de Coimbra, 2013. p. 153-165.

CUTTER, S. L.; BORUFF, J.; SHIRLEY, W. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, [S. l.], v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003.

DUQUE, J. G. **Perspectivas nordestinas.** 2. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 424 p.

EBI, K. L.; BOWEN, K. Extreme events as sources of health vulnerability: drought as an example. **Weather and Climate Extremes**, [S. l.], v. 11, p. 95-102, 2016.

FEITOSA, P. H. C.; ANDRADE, K. S.; BARBOSA, M. P.; RIBEIRO, G. N. Estudo comparativo das vulnerabilidades no cenário seca/desertificação em municípios do semiárido brasileiro e norte de Portugal. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 5, n. 3, p. 01-09, 2010.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte-MG.** Belo Horizonte: ABEP, 2009. 19 p.

GBANGOU, T.; SARKU, R.; SLOBBE, E. V.; LUDWIG, F.; KRANJAC-BERISAVLJEVIC, G.; PAPARRIZOS, S. **Coproducing Weather Forecast Information with and for Smallholder Farmers in Ghana: Evaluation and Design Principles.** Atmosphere, [S. l.], v. 11, n. 9, p. 902-926, 2020.

IPCC. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.** Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

JESUS, J. B.; OLIVEIRA, L. S.; GAMA, D. C. Composição florística e caracterização do estado de conservação de nascentes no centro-leste da bacia hidrográfica do

Rio Itapicuru, semiárido da Bahia. **FLORESTA**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 245-254, 2018.

KESHAVARZ, M., KARAMI, E., VANCLAY, F. The social experience of drought in rural Iran. **Land Use and Policy**, [S. l.], v. 30, p. 120-129, 2013.

LAVELL, A. **Comunidades Urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación**: una propuesta de investigación-acción para Centroamérica. In: LAVVEL, A. (comp.). *Viviendo en riesgo: comunidades vulnerables y previsión de desastres en América Latina*. Curridabat: La Red/FLACSO, 1994. p. 69-82.

LIVERMAN, D. M. **Drought impacts in Mexico**: climate, agriculture, technology, and land tenure in Sonora and Puebla. *Annals of the Association of American Geographers*, [S. l.], v. 80, n. 1, p. 49-72, 1990.

MACIEL, C.; PONTES, E. T. **Seca e convivência com o semiárido**: adaptação ao meio e patrimonialização da Caatinga no Nordeste. Rio de Janeiro: Consequência Editora, 2015.

MALONE, E. L.; ENGLE, N. L. Evaluating regional vulnerability to climate change: purpose and methods. **WIREs Climate Change**, [S. l.], v. 2, n. 3, p. 462-474, 2011.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidades e riscos: entre Geografia e Demografia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 14., 2004, Caxambú. **Anais** [...]. Belo Horizonte: ABEP, 2004. p. 29-53.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 49-54, 2016.

MCBEAN, G.; RODGERS, C. Climate Hazards and Disasters: the need for capacity building. **Wiley Interdisciplinary Reviews**, [S. l.], v. 1, n. 6, p. 871-884. 2009.

MENDONÇA, J. O.; TORRES FILHO, P.; BLAMONT, E.; VARGENS FILHO, J. R. C. O **Semi-árido da Bahia**: problemas, desafios e possibilidades. *Revista Bahia Agrícola*, Salvador, v. 5, n. 2, p. 45-49, 2002.

MERA, G. A. Drought and its impacts in Ethiopia. **Weather and climate extremes**, [S. l.], v. 22, p. 24-35, 2018.

MIYAN, M. A. Droughts in Asian least developed countries: vulnerability and sustainability. **Weather Clim. Extremes**, v. 7, p. 8-23, 2014.

MOLINAS, P. A.; LIMA, L. C. T. M. Estudo de secas agrícolas no Nordeste Brasileiro. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 13., 1999, Belo Horizonte. Anais [...]. Belo Horizonte: [s. n.], 1999. 1 CD-ROM.

NOVAES, R. L. M.; FELIX, S.; SOUZA, R. F. de. Brazil: Save Caatinga from drought disaster. **Nature**, [S. l.], v. 498, n. 7453, p. 170, 2013.

POMPEU SOBRINHO, T. **História das secas**: século XX. 2. ed. Mossoró: ESAM, 1982.

SALVATI, L.; ZITTI, M.; CECCARELLI, T.; PERINI, L. Developing a Synthetic Index of Land Vulnerability to Drought and Desertification. **Geographical Research**, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 289-291, 2009.

SÃO JOSÉ, R. V.; COLTRI, P. P.; GRECO, R.; SOUZA, I. S.; TORRES, G. A. L.; CHARLES, R.; SANTOS, K. A. Avaliação de vulnerabilidade agrícola à seca: um estudo de caso no semiárido do estado da Bahia. **Caminhos de Geografia**, [S. l.], v. 21 n. 77, p. 96-110, 2020.

SILVA, L. C. S. Importância das nascentes do Semiárido Alagoano no abastecimento das populações rurais difusas. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 534-544, 2016.

SOUZA FILHO, F. A. de. A política nacional de recursos hídricos: desafios para sua implantação no semiárido brasileiro. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Org.). **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011. p. 1-26.

TÁNAGO, I. G.; URQUIJO, J.; BLAUHUT, V.; VILLARROYA, F.; STEFANO, L. Learning from experience: a systematic review of assessments of vulnerability to drought. **Natural Hazards**, [S. l.], v. 80, n. 2, p. 951-973, 2016.

TAZZO, I. F.; DALMAGO, G. A.; CONTERATTO, I. F.; TRENTIN, G.; NIED, A. H.; WILSMAN, S.. Benefícios das informações agrometeorológicas. In: CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; HELDWEIN, A. B. **Usos e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2007.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à Climatologia**. Ubá: Ed. Geographica, 2016.

UNITED NATIONS. **Global Drylands a UN system-wide response**. 2011. Disponível em: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu//issue07/1107-eng.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

UNITED NATIONS. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives.** Geneva: United Nations, 2004. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/657\\_lwr1.pdf](http://www.unisdr.org/files/657_lwr1.pdf). Acesso em: 10 jun. 2022.

VENZEL, S. M.; PAIXÃO, M. V. S.; PAIXÃO, G. P.; PAIXÃO, P. P. Revitalização de nascentes. **Natureza on line**, Santa Teresa, v. 14, n. 2, p. 1-6, 2016.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, [S. l.], v. 23, p. 1696-1718, 2010.

VIEL, J. A.; ARRUDA, D. C.; BERRETA, M. S. R.; FANTIN, M. L.; FARIAS, A. R.; HOFF, R. Geotecnologias e aprendizagem espacial em ambiente educacional: o mapeamento de nascentes utilizando técnicas de geoprocessamento por meio de softwares livres. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais [...]. São José dos Campos: TecArt Editora Ltda, 2013. p. 2650-2656.

WILHITE, D. A. **Breaking the Hydro-Illogical Cycle: Progress or Status Quo for Drought Management in the United States.** *European Water*, [S. l.], v. 34, p. 3-16, 2011.

WILHITE, D. A. Drought and water crises: science, technology, and management issues. **Boca Raton**: CRC Press, 2005. 432 p.

WILHITE, D. A. Drought. In: HOLTON, J. R.; PYLE, J. A.; CURRY, J. A. (ed.). **Encyclopedia of atmospheric sciences.** New York: Elsevier, 2003. p. 650-658.

WILHITE, D. A. **Preparing for Drought: A Guidebook for Developing Countries.** Climate Unit, United Nations Environment Program. Nairobi: United Nations Environment Program, 1992.

ZARAFSHANI, K.; SHARAFI, L.; AZADI, H.; HOSSEININIA, G.; MAEYER, P.; WITLOX, F. Drought vulnerability assessment: the case of wheat farmers in Western Iran. **Global and Planetary Change**, [S. l.], v. 98, n. 99, p. 122-130, 2012.

ZARAFSHANI, K.; SHARAFI, L.; AZADI, H.; VAN PASSEL, S. Vulnerability Assessment Models to Drought: Toward a Conceptual Framework. **Sustainability**, [S. l.], v. 8, n. 6, p. 2-21, 2016.

## Contribuições dos autores

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo. As tarefas de concepção e design do estudo, preparação e redação do manuscrito, bem como, revisão crítica foram desenvolvidas em grupo. Sendo Rafael Vinicius de São José, Priscila Pereira Coltri e Roberto Greco responsáveis pelo desenvolvimento teórico conceitual, pela aquisição de dados e suas interpretações e análise, bem como pelos procedimentos técnicos.

**Rafael Vinicius de São José**, Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual de Feira de Santana. Mestre em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas. Doutor em Geografia pela Universidade Estadual de Campinas. Doutorado em Ensino e História de Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Campinas. Trabalha com Climatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Clima Tropical Semiárido; Eventos hidrometeorológicos, riscos climáticos, vulnerabilidades e desastres no contexto dos eventos meteorológicos e climáticos; e Ensino e difusão da climatologia

**Priscila Pereira Coltri** Possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade de São Paulo, Licenciada em Ciências Agrárias pela Universidade de São Paulo. Possui especialização em Gerenciamento Ambiental pela Universidade de São Paulo. Mestre em Agronomia, na área de Fitotecnia pela Universidade de São Paulo. Foi Bolsista (Modalidade DTI, CNPQ) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Possui doutorado pela Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. Atua principalmente nas seguintes linhas de pesquisa: Agrometeorologia e Modelagem; Mudanças Climáticas; Educação e Comunicação em Climatologia.

**Roberto Greco** Professor Doutor do Departamento de Política Científica e Tecnológica, do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. Licenciado em Ciências Naturais e doutor pela escola de doutorado Ciência do Sistema Terra: ambiente, recursos e patrimônio cultural, pela Universidade de Modena e Reggio Emilia, Itália. Coordena o grupo de pesquisa Geociências e Sociedade. Interesses de pesquisa incluem os processos de ensino aprendizagem relacionados com os conteúdos de Ciências da Terra e Educação Ambiental.

Data de recebimento 12 de novembro de 2021

Aceite em 20 de julho de 2023

Publicação em 20 de outubro de 2023