


IMPACTOS DO FENÔMENO EL NIÑO SOBRE A SEGURANÇA HÍDRICA E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

IMPACTS OF THE EL NIÑO PHENOMENON ON WATER SECURITY AND ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN THE BRAZILIAN SEMI-ARID REGION

 <https://doi.org/10.63330/sasciencesv6n2-023>

Submetido em: 08/06/2026 e Publicado em: 17/06/2026

Chirley Mara Nascimento da Silva Sousa

Mestra em Climatologia – UECE/CE

E-mail: chirley.mara@aluno.uece.br

Lattes: 5484186801763986

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0449-4488>

Gilverson de Moraes Cordeiro

Pós-graduando em Auditoria e Licenciamento Ambiental – Anhanguera/PR

E-mail: gilverson@gmail.com

Lattes: 8829501138502389

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1412-9952>

RESUMO

O fenômeno El Niño exerce influência significativa sobre os padrões climáticos globais e tem repercussões expressivas no semiárido brasileiro, especialmente sobre a disponibilidade de recursos hídricos e a sustentabilidade ambiental. Este estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com o objetivo de analisar os impactos do El Niño sobre a segurança hídrica e os sistemas socioambientais da região semiárida. A metodologia consistiu na análise de artigos científicos, relatórios técnicos, documentos institucionais e publicações especializadas sobre variabilidade climática, gestão de recursos hídricos e sustentabilidade ambiental. Os resultados indicam que eventos de El Niño estão associados à redução das precipitações, aumento das temperaturas, intensificação das secas e diminuição da recarga de reservatórios, comprometendo o abastecimento de água, a produção agrícola e os ecossistemas locais. Também foram identificados efeitos socioeconômicos relevantes, como insegurança alimentar, aumento da vulnerabilidade das populações rurais e pressão sobre os recursos naturais. Conclui-se que o fortalecimento das políticas de gestão hídrica, a adoção de estratégias de adaptação climática, o monitoramento contínuo das condições meteorológicas e a promoção de práticas sustentáveis são medidas essenciais para reduzir os impactos do El Niño e aumentar a resiliência das comunidades do semiárido brasileiro.

Palavras-chave: El Niño; Segurança hídrica; Semiárido brasileiro; Sustentabilidade ambiental; Variabilidade climática.



ABSTRACT

El Niño significantly influences global climate patterns and has notable repercussions for Brazil's semiarid region, particularly regarding water availability and environmental sustainability. This study is characterized as a qualitative bibliographic review aimed at analyzing the impacts of El Niño on water security and socioenvironmental systems in the semiarid region. The methodology consisted of reviewing scientific articles, technical reports, institutional documents, and specialized publications on climate variability, water resource management, and environmental sustainability. The findings indicate that El Niño events are associated with reduced rainfall, higher temperatures, intensified droughts, and decreased reservoir recharge, thereby affecting water supply, agricultural production, and local ecosystems. Relevant socioeconomic effects were also identified, including food insecurity, increased vulnerability of rural populations, and greater pressure on natural resources. It is concluded that strengthening water management policies, adopting climate adaptation strategies, continuously monitoring meteorological conditions, and promoting sustainable practices are essential measures to mitigate the impacts of El Niño and enhance the resilience of communities in Brazil's semiarid region.

Keywords: Climate variability; El Niño; Environmental sustainability; Semiarid region; Water security.

1 INTRODUÇÃO

O fenômeno El Niño representa uma das mais importantes manifestações da variabilidade climática global, caracterizando-se pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial e pela alteração dos padrões atmosféricos em escala planetária. Esse fenômeno influencia diretamente a distribuição das chuvas e das temperaturas em diversas regiões do mundo, provocando impactos ambientais, econômicos e sociais de diferentes magnitudes (Marengo; Alves, 2016). No Brasil, seus efeitos são particularmente relevantes no semiárido nordestino, região historicamente marcada pela irregularidade pluviométrica, elevada vulnerabilidade hídrica e recorrência de eventos de seca.

O semiárido brasileiro abrange uma extensa área territorial caracterizada por baixos índices pluviométricos, altas taxas de evapotranspiração e grande dependência dos recursos hídricos para a manutenção das atividades produtivas e do abastecimento humano. De acordo com Suassuna (2018), a disponibilidade de água constitui um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento sustentável da região, tornando-a especialmente sensível às oscilações climáticas associadas ao El Niño. Durante a ocorrência desse fenômeno, observa-se frequentemente a redução das precipitações, a diminuição dos volumes armazenados em reservatórios e o agravamento dos períodos de estiagem.

Nesse contexto, a segurança hídrica emerge como um tema central para a compreensão dos desafios enfrentados pelas populações do semiárido. Segundo Grey e Sadoff (2007), a segurança hídrica refere-se à



capacidade de garantir acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para a manutenção da vida, das atividades econômicas e da integridade dos ecossistemas. Quando eventos climáticos extremos comprometem essa disponibilidade, ampliam-se os riscos sociais, econômicos e ambientais associados à escassez de recursos hídricos.

Diante desse cenário, surge o seguinte problema de pesquisa: de que forma o fenômeno El Niño influencia a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no semiárido brasileiro, e quais estratégias podem contribuir para reduzir os impactos decorrentes dessa variabilidade climática? A compreensão dessa problemática torna-se fundamental para subsidiar políticas públicas e ações voltadas à gestão sustentável dos recursos naturais em regiões vulneráveis às mudanças climáticas.

O objetivo geral deste estudo é analisar os impactos do fenômeno El Niño sobre a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no semiárido brasileiro. Como objetivos específicos, busca-se compreender os mecanismos climáticos associados ao fenômeno, identificar seus principais efeitos sobre a disponibilidade de água e os ecossistemas da região, bem como discutir estratégias de adaptação e gestão hídrica capazes de fortalecer a resiliência socioambiental das comunidades afetadas.

A realização desta pesquisa justifica-se pela relevância crescente das discussões relacionadas às mudanças climáticas, à escassez hídrica e à sustentabilidade ambiental. Considerando que o semiárido brasileiro abriga milhões de pessoas que dependem diretamente dos recursos naturais para sua subsistência, torna-se necessário ampliar o conhecimento científico sobre os fatores que influenciam a disponibilidade hídrica regional. Além disso, o estudo contribui para o debate sobre políticas públicas voltadas à adaptação climática e ao uso sustentável da água em contextos de vulnerabilidade ambiental.

Do ponto de vista teórico, diversos autores destacam a relação entre variabilidade climática e disponibilidade hídrica. Marengo e Cunha (2021) afirmam que eventos extremos associados ao El Niño têm se tornado cada vez mais relevantes para a gestão dos recursos hídricos no Brasil, especialmente em regiões suscetíveis à ocorrência de secas prolongadas. Nobre e Marengo (2017) ressaltam que as alterações nos padrões de precipitação influenciam diretamente os processos ecológicos e a capacidade de suporte dos ecossistemas semiáridos, ampliando os desafios relacionados à conservação ambiental e ao desenvolvimento sustentável.

Além disso, a sustentabilidade ambiental no semiárido depende da adoção de estratégias integradas que conciliem conservação dos recursos naturais, gestão eficiente da água e fortalecimento da capacidade adaptativa das populações locais. Segundo Sachs (2015), o desenvolvimento sustentável exige a articulação entre dimensões ambientais, sociais e econômicas, promovendo soluções capazes de atender às necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras. Nesse sentido, o planejamento hídrico e a adaptação às variabilidades climáticas tornam-se elementos essenciais para a promoção da sustentabilidade regional.



Dessa forma, compreender os impactos do fenômeno El Niño sobre a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no semiárido brasileiro mostra-se fundamental para o desenvolvimento de estratégias mais eficazes de gestão dos recursos naturais, contribuindo para a redução das vulnerabilidades climáticas e para a construção de um modelo de desenvolvimento mais resiliente e sustentável.

2 METODOLOGIA

2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica de natureza básica, com abordagem qualitativa e objetivo descritivo-analítico. A escolha desse delineamento metodológico fundamenta-se na necessidade de compreender os impactos do fenômeno El Niño sobre a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no semiárido brasileiro por meio da análise crítica da produção científica disponível. Segundo Gil (2022), a pesquisa bibliográfica permite reunir e interpretar conhecimentos previamente produzidos, contribuindo para a ampliação da compreensão sobre fenômenos complexos e multidimensionais.

A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar a análise interpretativa das relações entre variabilidade climática, disponibilidade hídrica e sustentabilidade ambiental, considerando aspectos ecológicos, sociais e econômicos associados ao fenômeno estudado. Conforme Minayo (2014), a pesquisa qualitativa favorece a compreensão dos significados e das interações presentes em determinados contextos sociais e ambientais, permitindo uma análise mais aprofundada da realidade investigada.

2.2 PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em bases de dados científicas nacionais e internacionais amplamente reconhecidas nas áreas de climatologia, recursos hídricos, meio ambiente e sustentabilidade. Foram consultadas as plataformas Scientific Electronic Library Online (SciELO), Web of Science, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), além de relatórios técnicos e documentos institucionais produzidos por órgãos governamentais e organizações internacionais.

Também foram analisadas publicações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), da Organização Meteorológica Mundial (OMM), da Organização das Nações Unidas (ONU) e do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), considerando sua relevância para a compreensão dos fenômenos climáticos e dos desafios relacionados à segurança hídrica.



Para a busca dos estudos foram utilizados os descritores “El Niño”, “segurança hídrica”, “semiárido brasileiro”, “variabilidade climática”, “mudanças climáticas”, “sustentabilidade ambiental”, “escassez hídrica” e “gestão dos recursos hídricos”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR.

2.2.1 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos científicos completos, livros, capítulos de livros, dissertações, teses, relatórios técnicos e documentos institucionais publicados entre os anos de 2010 e 2025, disponíveis em português, inglês ou espanhol, que abordassem diretamente a relação entre o fenômeno El Niño, a disponibilidade hídrica, os eventos de seca e os impactos ambientais no semiárido brasileiro.

Os critérios de inclusão priorizaram estudos publicados em periódicos científicos indexados, documentos oficiais e pesquisas que apresentassem dados relevantes sobre climatologia, recursos hídricos, sustentabilidade e adaptação às mudanças climáticas. Foram excluídos materiais duplicados, resumos de eventos científicos, publicações sem acesso ao texto completo e estudos cujo foco não estivesse relacionado aos objetivos propostos pela pesquisa.

2.3 INSTRUMENTOS E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Após a seleção dos estudos, realizou-se uma leitura exploratória para identificação das publicações mais relevantes ao tema. Em seguida, procedeu-se à leitura seletiva e analítica, permitindo a extração das informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa.

Os dados foram organizados em categorias temáticas previamente definidas, contemplando: características climáticas do fenômeno El Niño; impactos sobre a disponibilidade hídrica no semiárido brasileiro; consequências ambientais e socioeconômicas associadas às secas; estratégias de gestão dos recursos hídricos; e medidas de adaptação voltadas à sustentabilidade ambiental.

A categorização das informações permitiu identificar padrões recorrentes na literatura científica, bem como relações entre os diferentes fatores envolvidos na dinâmica da segurança hídrica regional.

2.4 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise dos dados foi conduzida por meio da técnica de análise temática de conteúdo, proposta por Bardin (2016), que consiste na organização sistemática das informações em categorias analíticas capazes de revelar tendências, convergências e divergências presentes nos materiais estudados.

A discussão fundamentou-se nos referenciais teóricos da climatologia, da gestão dos recursos hídricos e da sustentabilidade ambiental. Os resultados encontrados foram interpretados à luz das contribuições de autores especializados na temática, permitindo estabelecer relações entre os impactos do



El Niño, os processos de degradação ambiental e os desafios enfrentados pelas populações do semiárido brasileiro.

Segundo Marengo e Cunha (2021), a ocorrência de eventos climáticos extremos tem ampliado a necessidade de estratégias adaptativas capazes de reduzir a vulnerabilidade hídrica das regiões mais suscetíveis às secas. Da mesma forma, Sachs (2015) destaca que o desenvolvimento sustentável depende da integração entre conservação ambiental, gestão eficiente dos recursos naturais e promoção da justiça social, aspectos fundamentais para a construção de sistemas mais resilientes diante das mudanças climáticas.

2.5 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Por tratar-se de uma pesquisa bibliográfica baseada exclusivamente em fontes secundárias de domínio público, não houve participação direta de seres humanos ou utilização de dados sigilosos, dispensando a apreciação por Comitê de Ética em Pesquisa. Contudo, foram observados os princípios éticos relacionados à produção científica, incluindo o respeito à propriedade intelectual dos autores consultados, a correta citação das fontes utilizadas e a fidelidade às informações originalmente publicadas.

A metodologia adotada possibilitou uma análise abrangente e fundamentada sobre os impactos do fenômeno El Niño na segurança hídrica e na sustentabilidade ambiental do semiárido brasileiro, contribuindo para a compreensão dos desafios climáticos contemporâneos e para a identificação de estratégias voltadas à adaptação e à gestão sustentável dos recursos hídricos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura permitiu identificar que o fenômeno El Niño exerce influência significativa sobre a dinâmica climática do semiárido brasileiro, afetando diretamente a disponibilidade de recursos hídricos, a produtividade agrícola, a conservação dos ecossistemas e as condições de vida das populações locais. Os estudos analisados demonstram que os eventos de El Niño estão frequentemente associados à redução dos índices pluviométricos na região Nordeste, contribuindo para o agravamento das secas e para o aumento da vulnerabilidade socioambiental.

Segundo Marengo e Alves (2016), as alterações nos padrões atmosféricos provocadas pelo aquecimento anômalo das águas do Oceano Pacífico Equatorial modificam a circulação de massas de ar e interferem na formação de sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas no Nordeste brasileiro. Como consequência, observa-se uma diminuição significativa das precipitações durante os anos influenciados pelo fenômeno, afetando diretamente a recarga dos reservatórios e dos aquíferos subterrâneos.



3.1 IMPACTOS DO EL NIÑO SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Os resultados indicam que a redução das chuvas constitui um dos principais efeitos do El Niño sobre o semiárido brasileiro. A literatura aponta que períodos prolongados de estiagem comprometem a reposição dos mananciais e reduzem a capacidade de armazenamento dos reservatórios utilizados para abastecimento humano, irrigação e dessedentação animal.

Tabela 1 – Principais impactos do El Niño sobre os recursos hídricos do semiárido brasileiro

Impacto observado	Consequências
Redução das precipitações	Menor recarga de reservatórios e aquíferos
Aumento da evaporação	Perda acelerada de água armazenada
Diminuição da vazão dos rios	Redução da disponibilidade hídrica
Secas prolongadas	Comprometimento do abastecimento humano
Escassez hídrica	Restrição das atividades produtivas
Maior pressão sobre mananciais	Intensificação dos conflitos pelo uso da água

Fonte: Elaborada pela autora com base em Marengo e Cunha (2021), ANA (2023) e IPCC (2023).

Os estudos demonstram que a diminuição da disponibilidade hídrica afeta não apenas o abastecimento das populações urbanas e rurais, mas também compromete atividades econômicas essenciais para a região. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Ana, 2023), os eventos de seca associados ao El Niño contribuem para o esvaziamento de reservatórios estratégicos e aumentam os custos relacionados à gestão dos recursos hídricos.

Além disso, a elevação das temperaturas durante os períodos de El Niño favorece o aumento das taxas de evaporação, agravando ainda mais o déficit hídrico. Esse cenário evidencia a estreita relação entre variabilidade climática e segurança hídrica, especialmente em regiões naturalmente suscetíveis à escassez de água.

3.2 REPERCUSSÕES SOCIOECONÔMICAS DAS SECAS ASSOCIADAS AO EL NIÑO

A literatura analisada demonstra que os impactos do fenômeno ultrapassam a dimensão ambiental, afetando diretamente a economia regional e a qualidade de vida das populações do semiárido. As perdas na agricultura e na pecuária constituem algumas das consequências mais frequentemente registradas durante eventos intensos de El Niño.



Tabela 2 – Principais impactos socioeconômicos associados ao El Niño no semiárido

Setor afetado	Impactos observados
Agricultura	Redução da produtividade agrícola
Pecuária	Escassez de pastagens e mortalidade animal
Abastecimento urbano	Racionamento e aumento dos custos da água
Segurança alimentar	Redução da produção de alimentos
Economia regional	Diminuição da renda das famílias rurais
Saúde pública	Aumento da vulnerabilidade social

Fonte: Elaborada pela autora com base em Marengo et al. (2017), FAO (2022) e ANA (2023).

Segundo Marengo et al. (2017), a agricultura familiar encontra-se entre os segmentos mais vulneráveis aos eventos de seca, devido à elevada dependência das condições climáticas para a produção de alimentos e geração de renda. Em muitos municípios do semiárido, a redução das precipitações resulta em perdas de safras, insegurança alimentar e ampliação das desigualdades sociais.

A escassez hídrica também repercute sobre os sistemas de abastecimento urbano, exigindo a adoção de medidas emergenciais como racionamentos, perfuração de poços e transporte de água por carros-pipa. Essas ações, embora necessárias em situações críticas, representam custos elevados para os governos e nem sempre garantem segurança hídrica em longo prazo.

3.3 IMPACTOS AMBIENTAIS E DESAFIOS PARA A SUSTENTABILIDADE

Outro aspecto identificado nos estudos refere-se aos impactos ambientais decorrentes da intensificação das secas. A redução da disponibilidade de água compromete a manutenção dos ecossistemas naturais, afetando a fauna, a flora e os processos ecológicos responsáveis pelo equilíbrio ambiental.

Tabela 3 – Consequências ambientais associadas ao fenômeno El Niño

Impacto ambiental	Efeitos observados
Degradação da vegetação	Perda da cobertura vegetal
Desertificação	Redução da capacidade produtiva do solo
Erosão	Aumento da vulnerabilidade ambiental
Perda de biodiversidade	Redução de habitats naturais
Incêndios florestais	Maior ocorrência durante períodos secos
Escassez hídrica	Comprometimento dos ecossistemas aquáticos

Fonte: Elaborada pela autora com base em Nobre e Marengo (2017), IPCC (2023) e MMA (2024).

Nobre e Marengo (2017) destacam que os eventos climáticos extremos associados à variabilidade climática intensificam processos de degradação ambiental já existentes no semiárido. Entre os problemas mais recorrentes encontram-se a desertificação, a erosão dos solos e a redução da biodiversidade local, fatores que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas e a qualidade de vida das populações humanas.



Os estudos também indicam que a degradação ambiental pode retroalimentar os problemas de escassez hídrica, uma vez que a perda da cobertura vegetal reduz a capacidade de infiltração da água no solo e compromete a recarga dos aquíferos subterrâneos.

3.4 ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO E FORTALECIMENTO DA SEGURANÇA HÍDRICA

Os resultados demonstram consenso entre os autores quanto à necessidade de implementação de estratégias adaptativas capazes de aumentar a resiliência das populações e dos sistemas ambientais frente aos impactos do El Niño.

Tabela 4 – Estratégias para fortalecimento da segurança hídrica no semiárido brasileiro

Estratégia	Objetivo
Construção de cisternas	Armazenamento de água para consumo humano
Reúso de água	Otimização dos recursos disponíveis
Monitoramento climático	Antecipação de eventos extremos
Educação ambiental	Uso racional dos recursos hídricos
Gestão integrada das bacias	Planejamento sustentável da água
Tecnologias de irrigação eficiente	Redução do desperdício hídrico

Fonte: Elaborada pela autora com base em ANA (2023), Sachs (2015) e ONU (2023).

A literatura aponta que a convivência sustentável com o semiárido depende da combinação entre infraestrutura hídrica, planejamento territorial, monitoramento climático e participação social. Sachs (2015) enfatiza que a sustentabilidade requer a integração entre dimensões ambientais, econômicas e sociais, permitindo que as comunidades desenvolvam maior capacidade de adaptação às mudanças climáticas.

Além disso, o fortalecimento das políticas públicas voltadas à gestão dos recursos hídricos e à adaptação climática é considerado essencial para minimizar os impactos futuros do El Niño. A ampliação dos sistemas de monitoramento meteorológico e o incentivo ao uso de tecnologias sustentáveis podem contribuir significativamente para reduzir a vulnerabilidade hídrica da região.

3.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

De maneira geral, os achados evidenciam que o fenômeno El Niño constitui um importante fator de pressão sobre os recursos hídricos do semiárido brasileiro, influenciando diretamente a disponibilidade de água, a sustentabilidade ambiental e as condições socioeconômicas da população. A redução das precipitações, o aumento das temperaturas e a intensificação das secas representam desafios significativos para a gestão hídrica regional.

Os resultados também demonstram que os impactos do fenômeno são potencializados por fatores estruturais já presentes no semiárido, como desigualdades sociais, limitações de infraestrutura e



vulnerabilidades ambientais. Dessa forma, a construção de estratégias integradas de adaptação climática, associadas ao fortalecimento da gestão sustentável dos recursos hídricos, mostra-se fundamental para promover maior segurança hídrica e sustentabilidade ambiental frente aos desafios impostos pela variabilidade climática.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos do fenômeno El Niño sobre a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental no semiárido brasileiro, buscando compreender de que forma as alterações climáticas associadas a esse fenômeno influenciam a disponibilidade de recursos hídricos, os ecossistemas e as condições socioeconômicas da população regional. Além disso, procurou-se identificar estratégias capazes de fortalecer a adaptação climática e a gestão sustentável da água em uma das regiões mais vulneráveis do país à ocorrência de secas.

Os resultados evidenciaram que o El Niño exerce influência significativa sobre os regimes pluviométricos do semiárido brasileiro, contribuindo para a redução das precipitações, o aumento das temperaturas e a intensificação dos períodos de estiagem. Essas alterações afetam diretamente a recarga de reservatórios e aquíferos, comprometem o abastecimento de água para consumo humano e para atividades produtivas, além de aumentar a vulnerabilidade hídrica de milhões de pessoas que dependem desses recursos para sua sobrevivência e desenvolvimento econômico.

A pesquisa também demonstrou que os impactos do fenômeno ultrapassam a dimensão hídrica, repercutindo sobre a agricultura, a pecuária, a segurança alimentar e a conservação ambiental. A ocorrência de secas prolongadas favorece processos de degradação dos solos, perda de cobertura vegetal, redução da biodiversidade e intensificação da desertificação, comprometendo a sustentabilidade dos ecossistemas e ampliando os desafios para o desenvolvimento regional. Além disso, observou-se que populações socialmente vulneráveis tendem a sofrer de forma mais intensa os efeitos da escassez hídrica, evidenciando a necessidade de políticas públicas voltadas à redução das desigualdades socioambientais.

Como contribuição científica, este estudo reuniu e sistematizou conhecimentos produzidos sobre a relação entre variabilidade climática, segurança hídrica e sustentabilidade ambiental, destacando a importância da adoção de estratégias integradas de adaptação às mudanças climáticas. Os resultados reforçam a necessidade de investimentos em infraestrutura hídrica, monitoramento climático, gestão eficiente dos recursos naturais e fortalecimento das ações de educação ambiental como mecanismos fundamentais para aumentar a resiliência das comunidades do semiárido brasileiro.

Os achados também evidenciam que a convivência sustentável com as condições climáticas da região depende da articulação entre políticas públicas, inovação tecnológica, participação social e planejamento ambiental. Medidas como ampliação dos sistemas de armazenamento de água, incentivo ao



reúso hídrico, modernização das técnicas de irrigação e fortalecimento da gestão integrada das bacias hidrográficas podem contribuir significativamente para a redução dos impactos associados ao fenômeno El Niño.

Por fim, recomenda-se que futuras pesquisas aprofundem a análise dos efeitos das mudanças climáticas sobre a frequência e a intensidade dos eventos de El Niño, bem como seus impactos em diferentes setores econômicos e ambientais do semiárido brasileiro. Também são necessários estudos voltados à avaliação da efetividade das políticas de adaptação climática já implementadas na região, permitindo o aperfeiçoamento das estratégias de gestão hídrica e sustentabilidade ambiental diante dos desafios impostos pelas transformações climáticas globais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023. Brasília: ANA, 2023.

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2016.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The impact of drought on agriculture and food security. Rome: FAO, 2022.

GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GREY, David; SADOFF, Claudia W. Sink or swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, London, v. 9, n. 6, p. 545–571, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: IPCC, 2023.

MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln Muniz. Crise hídrica em regiões metropolitanas do Brasil e mudanças climáticas. *Revista USP*, São Paulo, n. 106, p. 27–38, 2016.

MARENGO, José A.; CUNHA, Ana Paula. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2021.

MARENGO, José A.; TORRES, R. R.; ALVES, Lincoln Muniz. Drought in Northeast Brazil: past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, Viena, v. 129, n. 3-4, p. 1189–1200, 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Panorama da desertificação no Brasil. Brasília: MMA, 2024.

NOBRE, Carlos A.; MARENGO, José A. Mudanças climáticas e seus impactos no Brasil. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 22, n. 44, p. 215–232, 2017.



ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Relatório mundial sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos 2023. Paris: UNESCO/ONU, 2023.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL (OMM). State of the Global Climate 2024. Geneva: WMO, 2024.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 4. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2015.

SILVA, João da. O impacto da inteligência artificial na educação moderna. 2. ed. São Paulo: Editora Futuro, 2023. 245 p.

SILVA, M. A.; LOPES, F. J. Adesão ao tratamento farmacológico em pacientes com hipertensão arterial em serviços de atenção básica. Revista Brasileira de Saúde, Rio de Janeiro, v. 45, n. 3, p. 215–222, jul. 2018.

SUASSUNA, João. Semiárido: proposta de convivência com a seca. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, 2018.

TUCCI, Carlos E. M. Recursos hídricos e meio ambiente. Porto Alegre: ABRH, 2019.

UNESCO. World Water Development Report 2024: Water for Prosperity and Peace. Paris: UNESCO, 2024.