



Artigo

Tecnologias Sociais na Redução da Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas nos Municípios do Ceará, Brasil

Daniela Bastos de Queiroz¹, Arnóbio de Mendonça Barreto Cavalcante^{1,2} ,
Patrícia Verônica Pinheiro Sales Lima³, Emerson Mariano da Silva¹ 

¹*Mestrado Profissional em Climatologia e Aplicações nos Países da CPLP e África, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.*

²*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Eusébio, CE, Brasil.*

³*Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.*

Recebido em: 23 de Maio de 2022 - Aceito em: 27 de Julho de 2022

Resumo

As previsões climáticas para o Semiárido Brasileiro nesse século incluem aumento da temperatura do ar, redução das chuvas e aridização. As previsões alertam também para danos em sistemas humanos que já enfrentam uma infinidade de outras ameaças, requerendo que a vulnerabilidade nesses sistemas seja melhor identificada, para contribuir na gestão da convivência e adaptação às mudanças climáticas. A pesquisa teve por objetivo analisar vulnerabilidades municipais no estado do Ceará e identificar potenciais Tecnologias Sociais (TS) para redução da vulnerabilidade climática. Para tanto, utilizou-se do Índice Municipal de Alerta, período 2010 a 2020 e informações sobre TS disponíveis, seguindo um percurso metodológico com quatro etapas. Os resultados mostraram que os municípios cearenses se distribuem em três classes de vulnerabilidade: Classe (1) com 10 municípios em expansão; Classe (2) com 15 municípios em retração e; Classe (3) com 159 municípios sem alteração significativa. As TS instaladas no Ceará totalizam 375.708 unidades de 17 tipos com destaque para o Tanque de Pedra e a Cisterna 16 mil litros, com 61% e 26% das unidades, respectivamente. Para melhorar os resultados de convivência e de enfrentamento às mudanças climáticas é necessário levar em conta a aderência entre número/tipo das TS com as demandas locais.

Palavras-chave: semiárido brasileiro, mudança ambiental, adaptação, avaliação.

Social Technologies in Reducing Vulnerability to Climate Change in the Municipalities of Ceará, Brazil

Abstract

Climate forecasts for the Brazilian semiarid region in this century include increased temperature, reduced rainfall and aridification. The forecasts also warn of damage to human systems that already face an infinity of other threats, requiring that the vulnerability in these systems be better identified, to contribute to the management of coexistence and adaptation to climate change. The research aimed to analyze municipal vulnerabilities in the state of Ceará and identify potential Social Technologies (TS) to reduce climate vulnerability. For that, we used the Municipal Alert Index, period 2010 to 2020 and information about available TS, following a methodological route with four steps. The results showed that Ceará's municipalities are distributed into three vulnerability classes: Class (1) with 10 expanding municipalities; Class (2) with 15 municipalities in retraction and; Class (3) with 159 municipalities without significant change. The TS installed in Ceará total 375,708 units of 17 types, with emphasis on the Stone Tank and the 16,000-liter Cisterna with 61% and 26% of the units, respectively. In order to improve the results of living together and facing climate change, it is necessary to take into account the adherence between the number/type of TS and local demands.

Keywords: brazilian semiarid, environmental change, adaptation, assessment.

1. Introdução

O Sexto Relatório de Avaliação do Clima elaborado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) diz claramente, que as mudanças recentes no clima são generalizadas, rápidas, intensas e sem precedentes em pelo menos 6.500 anos. Isso significa que o clima da Terra está mudando em todos os lugares rapidamente e sem antecedentes nos últimos séculos. Mudanças no clima são alterações na temperatura, precipitação, umidade, vento e nos eventos climáticos extremos.

Dentre os lugares da Terra mais sensíveis aos efeitos das mudanças climáticas estão as terras secas (áreas hiperáridas, áridas, semiáridas e subúmidas secas), que somadas cobrem quase 47% da superfície da terra emersa e hospedam 39% da população global (Koutroulis, 2019). Nas terras secas substanciais impactos têm sido observados e projetados sobre os sistemas naturais e humanos. Em sistemas naturais os impactos observados das mudanças climáticas revelam uma mistura de efeitos, com aumento da vegetação em um lugar (Rohde *et al.*, 2019) e diminuição de árvores e perda de espécies arbóreas em outro lugar (Brandt *et al.*, 2018; Bernardino *et al.*, 2020). Já os impactos projetados apontam para um aumento nos riscos de desertificação que juntando, mudanças climáticas e desertificação, impulsionam redução na produtividade agrícola e aumento na erosão da biodiversidade (Shukla *et al.*, 2019). Certamente, esses impactos observados e projetados em sistemas naturais acabam por atingir os sistemas humanos de forma negativa, comprometendo a qualidade de vida das populações atingidas.

Olhando para o Brasil, este abriga uma área semiárida ligeiramente superior a 1 milhão de km² onde residem cerca de 28 milhões de habitantes (SUDENE, 2017). As projeções climáticas futuras para o Semiárido Brasileiro (SAB) apontam para um aumento da temperatura, redução da precipitação, tendência de aridização (Sales *et al.*, 2015; Lacerda *et al.*, 2015) e agravamento da desertificação já instalada (Spinoni *et al.*, 2015). Essas alterações ambientais projetadas sugerem impactos na floresta tropical seca sazonal (Caatinga) que cobre de modo dominante o SAB, bem como desarticula as frágeis condições de vida da população local, particularmente, daqueles pequenos produtores rurais e comunidades pobres isoladas.

Um outro recurso natural afetado pela mudança do clima com forte reflexo para os sistemas humanos é a água (recurso hídrico), já escassa e sazonalmente variável na região. No período de 2010 a 2017, por exemplo, o SAB enfrentou a seca do século, considerada a mais acentuada seca dos últimos 50 anos. O evento climático apresentou intensidade, abrangência e duração sem precedentes e com consequências socioeconômicas para as populações atingidas (Lima e Magalhães, 2018).

Para um dos estados integrantes do SAB, estado do Ceará, após um longo período de estiagem em praticamente todo ano de 2015, resultou que 176 de um total de 184 municípios declararam estado de emergência devido à escassez de água (Ceará, 2015). As populações rurais foram bastante impactadas, uma vez que a maioria não contavam com fonte hídrica segura, além de viverem em um contexto de pobreza, insegurança alimentar, degradação ambiental etc.

Assim sendo, é preciso aprofundar estudos relacionando mudanças climáticas e o setor hídrico, para identificar áreas de vulnerabilidade ao clima em rápida mudança e colocar em prática, medidas de adaptação preventiva nas populações em risco. Entende-se por adaptação à mudança climática aos ajustes nos sistemas humanos e naturais em resposta à variação climática presente ou futura, com o objetivo de minimizar os danos ou explorar oportunidades benéficas (IPCC, 2001). A sua vez, vulnerabilidade climática é o grau em que um sistema é suscetível a, e incapaz de lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas, incluindo a variabilidade climática e extremos climáticos (IPCC, 2007).

Nesse contexto, parece oportuno elencar as Tecnologias Sociais (TS) para impulsionar a adaptação das populações às mudanças climáticas projetadas, haja vista que o uso de TS tem demonstrado resultados exitosos para a convivência com a seca de pequenas comunidades rurais em municípios do SAB (Silva *et al.*, 2012; Sousa *et al.*, 2017; Alencar *et al.*, 2018; Angelotti e Giongo, 2019). As TS podem ser definidas como um conjunto de práticas sociais, ferramentas e saberes populares e científicos com objetivo de promover transformações sociais, que ajudam a atender necessidades relacionadas ao abastecimento de água, exclusão social e impactos ambientais (Dagnino, 2014).

No semiárido do estado do Ceará, particularmente, as TS têm sido utilizadas para a convivência com a seca, promovendo segurança hídrica e alimentar ao pequeno agricultor (Ventura *et al.*, 2014). Por tratar-se de uma ferramenta de baixo custo e adaptável à realidade local, acaba por ser de fácil acesso e instalação. Apesar disso, as TS só se difundiram na entrada do século XXI e ainda não comprovaram sua efetividade levando-se em conta as projeções de mudanças do clima.

Portanto, diante das mudanças climáticas projetadas para o decorrer desse século, pergunta-se: Existiria aderência das TS às demandas locais para redução da vulnerabilidade climáticas nos municípios cearenses? E, a utilização de TS seria uma medida que deve ser fortalecida para adaptação/redução da vulnerabilidade climática das populações? Nessa direção os objetivos da pesquisa foram traçados, quais sejam: 1) analisar o comportamento da vulnerabilidade climática dos municípios do Ceará no período 2010 a 2020 e; 2) identificar TS amplo alcance e

potencial para adaptação/redução da vulnerabilidade climática em municípios cearenses.

2. Material e Métodos

A área de estudo envolveu o estado do Ceará que, oficialmente, 175 de um total de 184 municípios estão sob ação do clima semiárido (Fig. 1). Esse tipo climático se caracteriza por elevadas temperaturas, escassez e irregularidade espaço-temporal das chuvas e altas taxas de evaporação/evapotranspiração (IPECE, 2021). Vale destacar que, por meio da Resolução Condel/Sudene n.150, de 13 de dezembro de 2021, uma nova delimitação do SAB passou a vigorar a partir de 03/01/2022. Mudanças ocorreram no número de municípios integrantes, área e população residente do SAB, logo trazendo alterações no novo mapa de delimitação do SAB e do semiárido cearense. Como a pesquisa foi realizada antes da Resolução supracitada, os dados obtidos e o mapa do semiárido do Ceará foram mantidos, sem prejuízo para a pesquisa.

Para conhecer o grau de vulnerabilidade climática dos municípios cearenses foi acessada a base de dados do Índice Municipal de Alerta (IMA), ferramenta que dis-

ponibiliza informações confiáveis pertinentes às áreas de meteorologia, produção agrícola e assistência social, de forma que devidamente analisadas permitem a adoção de ações voltadas para soluções temporárias e permanentes nas localidades mais vulneráveis às secas (IPECE, 2021). O IMA envolve 12 indicadores e a pesquisa considerou o período 2010 a 2020 que abraça os anos da última seca prolongada que ocorreu de 2012 a 2017. O período de tempo selecionado levou em consideração a característica atípica no tempo de estiagem em história recente, característica que poderá se repetir e tornar-se um novo normal para as próximas décadas.

No que concerne às TS, dada a inexistência de informações organizadas em uma base de dados unificada, realizou-se uma busca por informações em entidades governamentais e não governamentais. As fontes acessadas para o levantamento das TS implantadas nos municípios cearenses foram: Articulação do Semiárido do Brasil (ASA), Ministério do Desenvolvimento Social (MDS), Projeto Paulo Freire (PPF) e Projeto Mandala (PM).

Ademais, apresenta-se a seguir um sumário do caminho percorrido para o desenvolvimento da pesquisa: 1) *Levantamento bibliográfico* - Foram consultadas bases de dados nacionais e internacionais (artigos científicos, livros e relatórios) sobre vulnerabilidade de sistemas humanos e adaptação às mudanças climáticas, bem como sobre estratégias utilizadas para convivência no SAB (açudagem, TS, programas sociais etc.); 2) *Comportamento da vulnerabilidade climática dos municípios* - Para conhecimento do grau de vulnerabilidade dos municípios no período 2010 a 2020, foram estimadas taxas de crescimento do IMA para cada município conforme IPECE (2021). Os valores obtidos permitiram separar os municípios em três classes de vulnerabilidade distintas, uma classificação adaptada da classificação IPECE (2021): Classe I - Municípios que apresentaram aumento significativo na vulnerabilidade; Classe II - Municípios que apresentaram redução significativa na vulnerabilidade e; Classe III - Municípios onde a vulnerabilidade se manteve praticamente inalterada. Essa classificação permitiu conhecer a relação da vulnerabilidade municipal e o quantitativo de TS instalada; 3) *Identificação de fatores de agravamento da vulnerabilidade nas classes de municípios* - Utilizou-se de taxas de crescimento dos 12 indicadores do IMA para identificar aqueles que pudessem contribuir para exacerbar a vulnerabilidade em cada classe de município. Assim, os indicadores cuja taxa de crescimento apontaram para uma provável contribuição do agravamento da vulnerabilidade, foram denominados “Indicadores Problemas” sugerindo demandas específicas por intervenções capazes de promover mudanças na sua tendência; 4) *Compatibilização das TS implantadas com os indicadores do IMA* - Para identificar potencialidades das TS na atenuação da vulnerabilidade climática nos municípios cearenses, as TS disponíveis foram avaliadas baseadas em literatura idônea

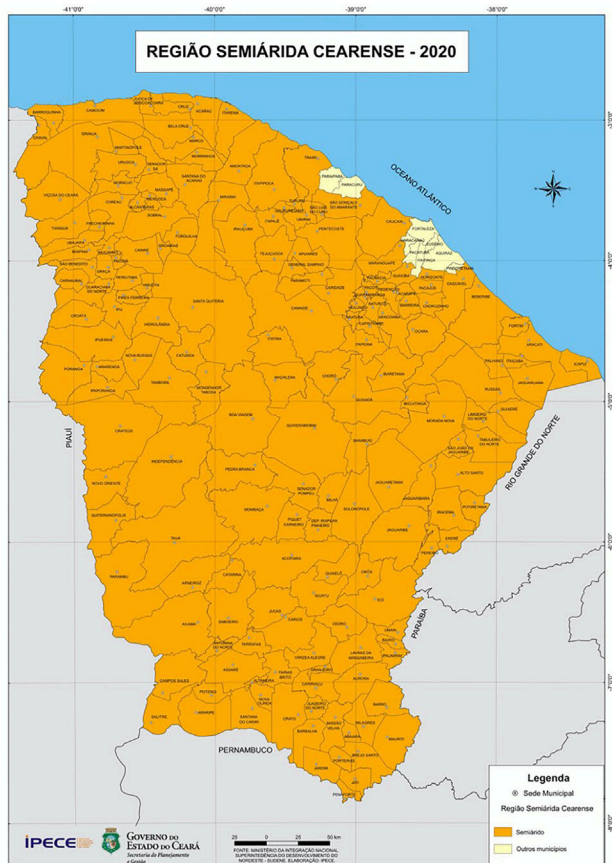


Figura 1 - Mapa do estado do Ceará destacando em cor laranja os 175 municípios da região semiárida. Fonte: IPECE (2020).

frente aos setores demandantes como água-agricultura-floresta e das estratégias de adaptação identificadas a partir dos “Indicadores Problemas” (Ventura et al., 2013, 2014, 2019).

3. Resultados e Discussão

A análise do comportamento da vulnerabilidade ao clima nos 184 municípios cearenses para o período 2010 a 2020 revelou que, 10 municípios apresentaram aumento em seu grau de vulnerabilidade, 15 municípios mostraram redução e 159 municípios permaneceram com a vulnerabilidade praticamente inalterada (Fig. 2). Chamou a atenção a expressiva quantidade de municípios sem alteração significativa na vulnerabilidade, 159 de um total de 184 municípios (86%), significando que, se por um lado não ocorreu avanço considerável da vulnerabilidade, 10 de um total de 184 municípios (5%), por outro as medidas de convivência adotadas no período pouco promoveram mudanças no cenário de redução da vulnerabilidade, 15 de um total de 184 municípios (8%). Esse achado não é de total ruim, pois sinaliza que os habitantes dos municípios cearenses, na sua maioria, estão em convivência com o

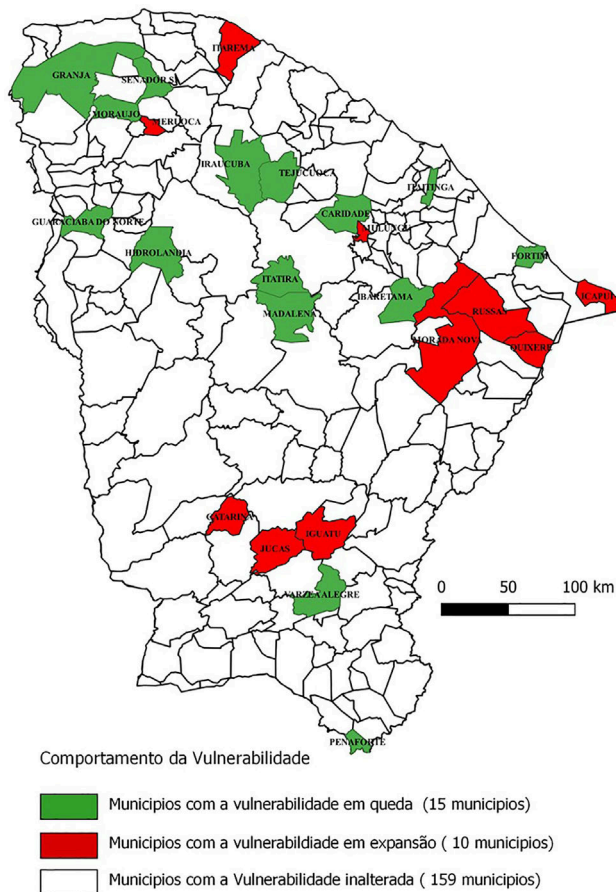


Figura 2 - Situação da vulnerabilidade climática nos municípios do Ceará para 2010-2020.

SAB e com as TS já instaladas, sendo um aspecto favorável para a implementação do processo de adaptação às novas condições impostas pelas mudanças climáticas.

Medeiros et al. (2014) também analisaram a evolução temporal do grau de vulnerabilidade dos municípios cearenses, período 2004 a 2010, e mostraram que 22 de um total de 184 municípios (12%) permaneceram na classe de vulnerabilidade praticamente inalterada e 162 de um total de 184 municípios (88%) regrediram ou aumentaram seus graus de vulnerabilidade no período considerado. Os resultados das duas pesquisas nos quesitos sem alteração significativa na vulnerabilidade dos municípios (159 e 22) e municípios com alteração de classe de vulnerabilidade (25 e 162) deixaram evidente o quão volátil é a medida de vulnerabilidade dos municípios cearenses em intervalos de aproximadamente 10 anos, bem como o crescimento rápido no número de municípios com vulnerabilidade estável na década seguinte (2010 a 2020). Essas informações são úteis porque demonstram a necessidade de monitoramento-avaliação permanente da evolução da vulnerabilidade climática nos municípios, tendo em vista melhorias nas tomadas de decisão sobre onde, tipo e quantidade de TS instalar nos municípios cearenses.

Entre os municípios que estão em uma situação pior quanto ao controle da vulnerabilidade (classe 1), ou seja, aqueles cujo problema encontra-se em expansão, foram identificadas como demandas principais aquelas capazes de promover mudanças positivas nos indicadores valor da produção por habitante, % de área colhida com culturas de subsistência, % perda de safra e % vagas no seguro (Indicadores Problemas). Já no grupo com vulnerabilidade em queda (Classe 2), os indicadores mais preocupantes foram vagas no seguro safra e climatologia. Por fim, no grupo que se manteve com vulnerabilidade inalterada, as prioridades identificadas envolveram os indicadores % de área colhida com culturas de subsistência e vagas no seguro safra. Com isso, revelou-se os elementos para direcionar de forma mais precisa, quais seriam as TS mais adequadas para atender às demandas dos municípios cearenses e para a redução da vulnerabilidade climática.

Em relação às TS, em toda a área de estudo foram instaladas 375.708 unidades de 17 tipos diferentes (Tabela 1). Os tipos mais instalados destinavam-se ao fornecimento de água: Barraginha, Barragem Subterrânea, Bomba d'água popular, Cisterna Enxurrada, Barreiro Trincheira, Cisterna Calçadão, Cisterna 16 mil litros, Tanque de Pedra/Caldeirão, Reservatório de água sem especificação, Cisterna 52 mil litros e Reuso de água. Essas TS hídricas apresentaram os maiores números em tipos (11 de um total de 17 ou 65%) e em unidades instaladas (368.979 de um total de 375.708 unidades ou 98%), além de ampla distribuição nas classes de vulnerabilidade dos municípios.

As tecnologias hídricas têm sido, na maioria das vezes, uma alternativa individual para abastecimento huma-

Tabela 1 - Tecnologias Sociais existentes no estado do Ceará distribuídas por tipo/quantitativa nas classes de vulnerabilidade municipal ao clima.

Tecnologias Sociais	Classes			Total
	Classe 1 Crescimento da vulnerabilidade	Classe 2 Queda da vulnerabilidade	Classe 3 Vulnerabilidade inalterada	
Barraginha	32	39	533	604
Barragem subterrânea	27	168	1.800	1.995
Bomba d'água popular	6	4	92	102
Cisterna enxurrada	572	2.045	20.545	23.162
Barreiro trincheira	85	212	1.889	2.186
Cisterna calçadão	722	710	9.814	11.246
Cisterna de placa de 16 mil litros	2.707	5.141	90.227	98.075
Tanque de pedra/caldeirão	11.869	16.923	199.967	228.759
Fogão ecológico	0	79	310	389
Reservatório de água sem especificação	0	0	92	92
Cisterna de produção 52 mil litros	0	0	14	14
Reuso de água	0	461	2.283	2.744
Canteiro econômico	0	247	1.398	1.645
Biodigestor	0	340	1.466	1.806
Quintal produtivo	187	461	2.096	2.744
Mandala	0	5	110	115
Viveiro de muda	1	1	28	30
Total 17	16.208	26.836	332.664	375.708

no e animal em locais onde as fontes acessíveis como poços, rios e nascentes dispõem de volume variável de água sob efeito da sazonalidade. Além de ampliarem a oferta de água para abastecimento, as TS hídricas têm o potencial de promover melhorias na alimentação das famílias rurais (Brito e Cavalcanti, 2014), consequentemente, melhorias na convivência da população com o SAB, bem como na adaptação aos efeitos negativos das mudanças climáticas.

Um outro resultado interessante foi a distribuição das quantidades e tipos de TS por classes de vulnerabilidade dos municípios (Tabela 1). A Classe 1 apresentou os menores quantitativos (16.208 unidades e 10 tipos), a Classe 2 mostrou números maiores (26.836 unidades e 15 tipos) devido ao incremento de outras TS além das TS já presentes na Classe 1, e a Classe 3 foi superior (332.664 unidades e 17 tipos) às demais classes, também devido à inclusão de outras TS e, sobretudo, ao aumento considerável no número das TS já existentes nas Classes 1 e 2. Esses números sugerem que, onde existem menores quantidades e tipos de TS instalados, as chances de ocorrer aumento da vulnerabilidade são maiores, reforçando o argumento de que esses instrumentos têm potencial para reduzir a vulnerabilidade e, de certo, atenuar os efeitos locais das mudanças climáticas em curso. Ressalta-se ainda que, a presença de elevada quantidade e tipos de TS não é garantia para a redução da vulnerabilidade. É importante que a instalação de TS atenda demandas específicas de cada localidade e que sejam dimensionados corretamente

o número e o tipo, para ter efeito positivo na redução da vulnerabilidade.

Olhando para os tipos (Tabela 1), dentre as TS o Tanque de Pedra e a Cisterna de Placa de 16 mil litros foram, sobremaneira, as TS mais instaladas nos municípios cearenses. O Tanque de Pedra contou com 228.759 unidades, correspondendo 61% do total das unidades instaladas. Sua forte presença se justifica dada a instalação fácil, que aproveita o desenho de fendas e bacias naturalmente existentes nos afloramentos rochosos, estruturas geológicas estas abundantes na área de estudo (Fig. 3). Ademais, o Tanque de Pedra é considerado uma TS de



Figura 3 - Imagem de um Tanque de Pedra com pequena barragem de alvenaria. Fonte: Projeto Daki – Semiárido Vivo (2022).

baixo custo de criação e manutenção, com resultado excelente na captação e armazenamento de água de chuva (Pereira *et al.*, 2018). Mesmo que a água armazenada em um Tanque de Pedra não seja suficiente para atravessar uma seca prolongada, sua instalação ainda se justifica devido contribuir na oferta de água para consumo humano e animal (doméstico e silvestre) por mais tempo em terreno rochoso onde, certamente, a água durante a estação chuvosa se perderia por escoamento superficial.

A segunda TS mais instalada foi a Cisterna de Placa de 16 mil litros com 98.075 unidades ou 26% das unidades de TS instaladas (Fig. 4). Isso foi consequência do programa “1 milhão de Cisternas” do Governo Federal e do uso de Cisternas de Polietileno prontas para instalação. Apesar do sucesso dessa TS, críticas foram feitas em relação à mudança na fabricação da cisterna, declinando-se do uso da Cisterna de Placa (original) para aumento de instalação da Cisterna de Polietileno. É notório que o processo de construção da Cisterna de Placa é reconhecido pelo potencial de movimentar a economia local, visto que a mão de obra é escolhida preferencialmente na própria comunidade, barateando custos e gerando oportunidades de emprego. Ademais, os pedreiros e familiares envolvidos são capacitados pelo próprio programa, gerando comprometimento com o equipamento instalado (Santana *et al.*, 2011) e a participação dos beneficiados é considerada estratégica para garantia da manutenção da cisterna ao longo do tempo (Santos, 2018).

A sua vez, a Cisterna de Polietileno de produção industrial foi criada na perspectiva de combate a seca e não para convivência com o semiárido. A maioria das Cisternas de Polietileno não é instalada próxima aos telhados e seu abastecimento é feito por caminhões-pipa ou poços artesianos. Ademais, o material dessas cisternas não é adequado para região semiárida, pois não resiste às altas temperaturas resultando em deformação do material e



Figura 4 - Imagem de uma Cisterna de Placa de 16 mil litros funcional. Fonte: Vítor Leal Santana, agosto 2011.

aquecimento da água (Nogueira *et al.*, 2020). Diante disso, mesmo considerando esses aspectos e dada a Cisterna de Polietileno não se configurar como uma clássica TS, a Cisterna de Polietileno vem contribuindo para redução da vulnerabilidade e somadas às tradicionais cisternas de placa, são tecnologias eficazes para enfrentar os efeitos negativos das mudanças climáticas e consolidar a convivência no SAB.

Nitidamente a maioria dos tipos de TS implantadas no estado do Ceará está direcionada ao abastecimento de água para pessoas, animais domésticos/silvestres e agricultura, atendendo a uma parcela das demandas locais. Contudo, existem outras TS com funções diferentes que se alinham à convivência com SAB e à temática das mudanças do clima (Tabela 1). É o caso de TS ligadas aos setores de energia (fogão ecológico), de resíduos (biodigestor), de ecossistemas (viveiro de muda) e de alimentação (quintal produtivo, canteiro econômico e mandala). Essas TS somaram cerca de 7 mil ou 2% das unidades instaladas. Vale destacar ainda que, as TS citadas na Tabela 1 não pretendem limitar outras TS que não foram citadas nesse estudo. O estudo buscou apenas enfatizar a existência de uma variedade de TS que podem ser usadas para a redução da vulnerabilidade e contribuir de diferentes formas para atenuar os efeitos negativos das mudanças climáticas.

4. Considerações Finais

As previsões climáticas para o Semiárido Brasileiro nesse século incluem aumento da temperatura do ar, redução das chuvas, aridização e maior frequência nos eventos extremos como a seca. As previsões ainda alertam para danos em sistemas humano-ambiental que já enfrentam uma infinidade de outras ameaças, requerendo que a vulnerabilidade nesses sistemas seja melhor identificada para ajustes, a fim de minimizar potenciais efeitos negativos.

A vulnerabilidade ao clima, especificamente ao evento da seca, é uma realidade experimentada por todos os 184 municípios do estado do Ceará. Assim, a partir da análise do comportamento do Índice Municipal de Alerta (IMA), adotada nessa pesquisa como *Proxy* da vulnerabilidade, foi possível conhecer que apenas uma pequena parte dos municípios cearenses (15 municípios) apresentou redução de vulnerabilidade no período 2010 a 2020. A grande maioria não experimentou redução significativa na vulnerabilidade (159 municípios) e para outros municípios (10 municípios), até ocorreu agravamento da condição de vulnerabilidade.

Isso permitiu observar que as estratégias de convivência com a seca implementadas pelo estado do Ceará nos últimos anos, parecem conter o avanço da vulnerabilidade, mas não estão sendo capazes de provocar sua redução. Então, para alcançar esse propósito de redução da vulnerabilidade de forma mais ampla, necessário se faz que as medidas adotadas atendam com mais exatidão às

demandas locais, ou seja, que haja mais aderência das ações implementadas e as causas da vulnerabilidade.

Nesse contexto, a estratégia conhecida como TS tem desempenhado um notório e importante papel nos campos da segurança hídrica, alimentar, geração de renda dentre outros, proporcionando ao pequeno agricultor uma melhora real na convivência com o SAB e com as secas. Por conta disso as TS estão sendo elencadas como promessa plausível, dado aos exemplos de sucesso para a convivência, de como enfrentar aos desafios de mudança do clima no decorrer desse século. Isso porque foi observado nesse estudo que as TS implementadas no Ceará, distribuídas por todo o território e contando com cerca de 376 mil unidades de 17 tipos, mostraram capacidade para contribuir na estabilização e redução da vulnerabilidade em 94% dos municípios cearenses, com destaque para apenas dois tipos de TS, Tanque de Pedra e Cisterna de Placa de 16 mil litros, que corresponderam a 87% das unidades de TS instaladas.

Portanto, o estudo trouxe números encorajadores e norteadores para os tomadores de decisão, números que fortalecem o uso de TS como medida adaptativa preventiva para atenuação dos efeitos negativos das mudanças climáticas nos municípios cearenses. Contudo, é importante que sejam realizados estudos continuados, *in loco*, com o intuito de comprovar a aderência das TS com as condições ambientais e as demandas dos municípios, bem como de identificar ajustes nas TS às mudanças de clima. Enfatiza-se o cuidado com a aderência e com os ajustes entre a tecnologia e a necessidade prioritária local, devendo isso ser uma preocupação do Poder Público, das Organizações Não Governamentais e demais responsáveis pela disseminação das TS, assim como das entidades envolvidas em encontrar soluções para enfrentar os efeitos negativos das mudanças climáticas. A mudança corrente do clima é global, mas os efeitos e as medidas de atenuação ocorrem localmente.

Referências

- ALENCAR, M.O.; JUSTO, W.R.; ALVES, D.F. Os efeitos do programa “Uma terra e duas águas (P1+2) sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do Semiárido Nordeste”. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 49, n. 1, p. 165-180, 2018.
- ANGELOTTI, F.; GIONGO, V. Ações de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas. In: MELO, R.F. de; VOLTOLINI, T.V. (orgs.). *Agricultura Familiar Dependente de Chuva no Semiárido*. Brasília: Embrapa, p. 445-467, 2019.
- BERNARDINO, P.N.; BRANDT, M.; KEERSMAECKER, W.; HORION, S.; FENSHOLT, R. *et al.* Uncovering dryland woody dynamics using optical, microwave, and field data-prolonged above-average rainfall paradoxically contributes to woody plant die-off in the Western Sahel. *Remote Sensing*, v. 12, n. 14, p. 2332, 2020.
- BRANDT, M.; RASMUSSEN, K.; HIERNAUX, P.; HERRMANN, S.; TUCKER, C. *et al.* Reduction of tree cover in West African woodlands and promotion in semi-arid farmlands. *Nature Geoscience*, v. 11, n. 5, p. 328-333, 2018.
- BRITO, L.T. de L.; CAVALCANTI, N. de B. Produção de alimentos com água de chuva armazenada em cisterna. In: FURTADO, D.A.; BARACUHY, J.G. de V.; FRANCISCO, P.R.M.; FERNANES NETO, S.; SOUSA, V.A. de (orgs.). *Tecnologias Adaptadas Para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro*. Campina Grande: EPGRAF, p. 36-42, 2014.
- CEARÁ. *Plano Estadual de Convivência com a Seca: Ações Emergenciais e Estruturantes*. 2015. Disponível em https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2015/02/Plano_Convivencia_com_a_Seca_02_03_2015, acesso em 15 jul. 2021.
- DAGNINO, R. *Tecnologia Social: Contribuições Conceituais e Metodológicas*. Campina Grande: EDUEPB, 319 p., 2014.
- IPCC. *Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 398 p., 2001.
- IPCC. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: IPCC, 104 p., 2007.
- IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
- IPECE. *Índice Municipal de Alerta – IMA*. Disponível em <https://www.ipece.ce.gov.br/indice-municipal-de-alerta/>, acesso em 6 set. 2021.
- IPECE. *Ceará em Mapas*. 2020. Disponível em <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/>, acesso em 15 set. 2021.
- KOUTROULIS, A.G. Dryland changes under different levels of global warming. *Science of the Total Environment*, v. 655, p. 482-511, 2019.
- LACERDA, F.F.; NOBRE, P.; SOBRAL, M.C.M.; LOPES, G.M.B.; ASSAD, E.D. Tendência do clima do semiárido frente as perspectivas das mudanças climáticas globais; o caso de Araripina, Pernambuco. *Revista do Departamento de Geografia USP*, v. 31, p. 132-141, 2016.
- LIMA, J.R.; MAGALHÃES, A.R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. *Parcerias Estratégicas*, v. 23, n. 46, p. 191-212, 2018.
- MEDEIROS, C.N.; GOMES, D.D.M.; ALBUQUERQUE, E.L.S. Análise do monitoramento do Índice Municipal de Alerta (IMA) no estado do Ceará: avanços e desafios dos municípios no período de 2004 a 2010. *Revista Eletrônica em Gestão Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, n. 2, p. 816-825, 2014.
- NOGUEIRA, D.; MILHORANCE, C.; MENDES, P. Do programa um milhão de cisternas ao água para todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção

- do acesso à água no semiárido brasileiro, **Idées d'Amériques**, v. 15, p. 1-23, 2020.
- PEREIRA, T.M.S.; SANTIAGO, M.S.; SILVA, J.A.L.; MOURA, D.C. Tanques de pedra: tecnologia social voltada a gestão hídrica. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 16-23, 2018.
- ROHDE, R.F.; HOFFMAN, M.T.; DURBACH, I.; VENTER, Z. Vegetation and climate change in the Pro-Namib and Namib Desert based on repeat photography: insights into climate trends. **Journal of Arid Environments**, v. 165, p. 119-131, 2019.
- SALES, D.C.; COSTA, A.A.; SILVA, E.M.; VASCONCELOS-JUNIOR, F.C.; CAVALCANTE, A.M.B. *et al.* Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 297-308, 2015.
- SANTANA, V.L.; ARSKY, I.C.; SOARES, C.C.S. Democratização do acesso à água e desenvolvimento local: a experiência do Programa Cisternas no semiárido brasileiro. In: **Anais Circuito de Debates Acadêmicos**, Brasília, 2011.
- SANTOS, J.L.G. **Vulnerabilidade Social e Ambiental ao Evento Extremo Seca em Comunidades Rurais do Município de Pombal – PB: Uma Análise Acerca dos Impactos da Mudança Climática na Segurança Alimentar, Hídrica e Energética**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, 2018.
- SHUKLA, P.R.; SKEA, J.; SLADE, R.; VAN DIEMEN, R.; HAUGHEY, E. *et al.* (eds.) Technical summary. In: **Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems**. 2019. In press.
- SILVA, M.N.; GONTIJO, A.B.; GUEDES, V.; SANTOS, M.E.G. **Água e Mudanças Climáticas: Tecnologias Sociais e Ação Comunitária**. Belo Horizonte: Fundação Banco do Brasil, 120 p., 2012.
- SOUSA, A.B.; COSTA, C.T.F.; FIRMINO, P.R.; BATISTA, V.S. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido na região do Cariri Cearense. **Cadernos de Ciências e Tecnologias**, v. 34, n. 2, p. 197-220, 2017.
- SPINONI, J.; NAUMANN, G.; VOGHT, J.V. The biggest drought events in Europe from 1950 to 2012. **Journal of Hydrology Regional Studies**, v. 3, p. 509-524, 2015.
- SUDENE. Resolução nº. 115, de 23 de novembro de 2017. **Delimitação do Semiárido Brasileiro**. Diário Oficial da União, Seção 1, p. 32, Brasília, 5 dez. 2017.
- VENTURA, A.C.; GARCIA, L.F.; ANDRADE, J.C.S. Tecnologias sociais para enfrentamento às mudanças climáticas no semiárido: caracterização e contribuições. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 44, n. especial, p. 213-238, 2013.
- VENTURA, A.C.; ANDRADE, J.C.S.; GARCIA, F.L. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido como estratégia de mitigação/adaptação às mudanças climáticas no Brasil. **Astrolabio**, v. 12, p. 43-72, 2014.
- VENTURA, A.C.; GARCIA, L.F.; ANDRADE, J.C.S. O potencial das tecnologias sociais de convivência com o semiárido para a geração de sinergia entre mitigação e adaptação às mudanças climáticas: um caso ilustrativo. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 50, n. 1, p. 65-83, 2019.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (type CC-BY), which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original article is properly cited.