

O papel das tecnologias sociais hídricas e das políticas públicas na transformação e na sustentabilidade de um agroecossistema familiar no Semiárido brasileiro¹

The role of water-related social technologies and public policies in the transformation and sustainability of a family agroecosystem in the Brazilian Semiarid region

El papel de las tecnologías sociales del agua y las políticas públicas en la transformación y sostenibilidad de un agroecosistema familiar en una región semiárida no brasileña

DOI: 10.54901/educa.v9-499

Maria Sonia Lopes da Silva²

Daniel Lima de Santana³

Carla Cristina Marques de Santana⁴

Pablo Agnaldo do Nascimento Santos⁵

Gizelia Barbosa Ferreira⁶

RESUMO: O Semiárido brasileiro apresenta desafios relacionados à irregularidade das chuvas. Nesse contexto, as tecnologias sociais hídricas e as políticas públicas de convivência com a região constituem instrumentos fundamentais para ampliar a capacidade adaptativa das famílias agricultoras. Estudo teve como objetivo avaliar a sustentabilidade de um agroecossistema familiar localizado no Sítio Maniçoba, município de Ouricuri, Território Rural Sertão do Araripe, Pernambuco, considerando a trajetória da família e a contribuição das tecnologias sociais hídricas e das políticas públicas para esse processo. A pesquisa foi desenvolvida com abordagem quali-quantitativa, utilizando o Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS) como referência metodológica. Os resultados indicam que a sustentabilidade alcançada resulta da integração entre tecnologias sociais hídricas, políticas públicas, conhecimentos locais, práticas de manejo e organização familiar. Evidenciam, ainda, que as políticas públicas voltadas à agricultura familiar precisam ultrapassar a escala da propriedade, incorporando uma abordagem territorial que assegure o acesso a serviços essenciais, amplie as oportunidades para as famílias agricultoras e fortaleça as condições para sua permanência e reprodução social no Semiárido.

Palavras-chave: Convivência com o Semiárido; agricultura Familiar; Resiliência; Segurança Alimentar; Inclusão Socioprodutiva.

¹ Pesquisa desenvolvida com recursos do Programa Cisternas/Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS)

² Doutora em Manejo do Solo e da Água, Embrapa Solos UEP, Recife, Pernambuco, Brasil.

E-mail: sonia.lopes@embrapa.br

³ Graduado em Engenharia Agrônoma, Prefeitura de Caruaru/Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), Caruaru, Pernambuco, Brasil. E-mail: daniel.santana.agro1@gmail.com

⁴ Graduanda em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, E-mail: carlinhacristina.m@gmail.com

⁵ Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Maceió, Alagoas, Brasil.

E-mail: pabloagnaldo@gmail.com

⁶ Doutoranda em Medio Ambiente y Sociedad, Universidade Pablo de Olavide (UPO), Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. E-mail: gizelia.ferreira@vitoria.ifpe.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro ocupa aproximadamente 1,13 milhão de km², abrangendo mais de 1.400 municípios distribuídos em onze estados, e caracteriza-se pela elevada variabilidade espacial e temporal das chuvas, altas taxas de evapotranspiração e recorrência de secas, fatores que condicionam a disponibilidade hídrica e influenciam diretamente os sistemas produtivos rurais (Marengo; Torres; Alves, 2017). Nesse contexto, a agricultura familiar assume papel estratégico para a produção de alimentos, geração de renda, manutenção dos modos de vida rurais e conservação dos recursos naturais, constituindo um dos principais pilares do desenvolvimento regional sustentável.

Historicamente, as famílias agricultoras desenvolveram diferentes estratégias para conviver com as limitações impostas pelo clima semiárido, baseadas na diversificação produtiva, no aproveitamento dos recursos locais e na construção de conhecimentos adaptados às condições ambientais da região. Entretanto, desafios relacionados à disponibilidade de água, à degradação dos solos, à perda da biodiversidade e à vulnerabilidade socioeconômica, agravados pelas mudanças climáticas, continuam comprometendo a estabilidade e a sustentabilidade de muitos agroecossistemas familiares (IPCC, 2022).

No Semiárido brasileiro, a transição da perspectiva de "combate à seca" para a abordagem de "convivência com o Semiárido" representou uma mudança importante na compreensão das relações entre sociedade e ambiente. Essa abordagem passou a reconhecer as especificidades ecológicas, sociais e culturais da região, valorizando estratégias construídas pelas próprias populações rurais e estimulando políticas públicas voltadas ao fortalecimento da autonomia hídrica e produtiva das famílias agricultoras (Silva, 2006; Malvezzi, 2007).

A perspectiva da convivência com o Semiárido fundamenta-se na valorização das potencialidades do território, na gestão descentralizada da água, na participação social e na integração entre conhecimentos científicos e saberes locais. Essa abordagem reconhece que a permanência das famílias agricultoras em seus territórios está associada à adoção de tecnologias apropriadas, à conservação dos recursos naturais e ao fortalecimento das capacidades locais de adaptação (Silva *et al.*, 2007; Malvezzi, 2007).

Entre essas estratégias destacam-se as tecnologias sociais hídricas, como cisternas, barragens subterrâneas, barreiros trincheira e outras estruturas destinadas à captação e ao armazenamento da água de chuva. Essas tecnologias contribuem para ampliar a segurança hídrica, reduzir a vulnerabilidade das famílias às estiagens e promover maior estabilidade da produção agropecuária. Além da dimensão física de armazenamento de água, essas tecnologias

estão associadas a mudanças nas estratégias familiares de manejo, organização produtiva e uso dos recursos disponíveis no território (Gnadlinger, 2015).

Programas públicos como o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) e o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) representam iniciativas importantes nesse processo ao promoverem o acesso descentralizado à água para consumo humano e produção. Estudos indicam que essas políticas contribuíram para ampliar a segurança hídrica das populações rurais e fortalecer estratégias de convivência com o Semiárido, especialmente quando articuladas a processos participativos e de formação social (Gomes *et al.*, 2014).

A sustentabilidade dos agroecossistemas familiares, entretanto, não pode ser compreendida apenas pela presença de tecnologias ou pela disponibilidade de recursos naturais. Ela resulta da interação entre componentes ambientais, técnico-produtivos e sociais, envolvendo práticas de manejo, conhecimentos locais, organização familiar e capacidade de adaptação. Nesse contexto, a Agroecologia contribui para essa compreensão ao considerar os agroecossistemas como sistemas socioecológicos, nos quais diversidade, autonomia, conservação dos recursos naturais e valorização dos conhecimentos dos agricultores constituem elementos fundamentais para a sustentabilidade (Altieri, 2012; Gliessman, 2015; Wezel *et al.*, 2020).

A avaliação da sustentabilidade desses sistemas requer abordagens capazes de integrar diferentes dimensões e considerar as especificidades locais. O Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS) destaca-se por permitir análises participativas dos agroecossistemas, utilizando indicadores como instrumentos para compreender processos de sustentabilidade e identificar potencialidades e limitações dos sistemas avaliados (Masera; Astier; López-Ridaura, 1999).

Embora existam diversos estudos sobre tecnologias sociais hídricas no Semiárido brasileiro, ainda são necessárias análises que integrem a trajetória histórica das famílias agricultoras com a avaliação multidimensional da sustentabilidade de seus agroecossistemas, evidenciando como políticas públicas, conhecimentos locais e estratégias familiares se articulam nos processos de transformação desses sistemas.

Nesse sentido, este estudo busca contribuir para a compreensão dos fatores que influenciam a sustentabilidade de agroecossistemas familiares no Semiárido brasileiro, considerando a relação entre trajetória familiar, tecnologias sociais hídricas, políticas públicas e práticas de manejo adotadas no território.

Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo geral avaliar a sustentabilidade de um agroecossistema familiar localizado no Sítio Manicoba, comunidade do Vidéu,

município de Ouricuri, Território Rural Sertão do Araripe, Pernambuco, considerando a trajetória da família e o papel das tecnologias sociais hídricas e das políticas públicas na transformação e sustentabilidade do sistema. Especificamente, buscou-se reconstruir a trajetória histórica de transformação do agroecossistema; avaliar sua sustentabilidade nas dimensões ambiental/técnico-produtiva e social; e analisar a contribuição das tecnologias sociais hídricas, das políticas públicas e dos conhecimentos locais para a construção da sustentabilidade do sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Convivência com o Semiárido, Tecnologias Sociais Hídricas e Segurança Hídrica

O Semiárido brasileiro constitui um território marcado pela irregularidade das precipitações, pela variabilidade climática e por desafios históricos relacionados ao acesso e ao manejo da água. Entretanto, a compreensão contemporânea desse espaço tem superado a perspectiva baseada exclusivamente no enfrentamento da seca, incorporando a abordagem da convivência com o Semiárido, fundamentada na valorização das potencialidades locais, na gestão sustentável dos recursos naturais e na construção de estratégias adaptadas às características ambientais e sociais do território (Silva *et al.*, 2007; Malvezzi, 2007).

A perspectiva da convivência com o Semiárido reconhece que o desenvolvimento das comunidades rurais depende da articulação entre políticas públicas, conhecimentos locais e tecnologias apropriadas às condições do território. Nessa abordagem, a água assume importância estratégica para além do consumo humano, envolvendo também aspectos relacionados à produção de alimentos, à criação animal e à manutenção dos sistemas produtivos familiares.

Nesse contexto, as tecnologias sociais hídricas constituem alternativas construídas a partir da articulação entre conhecimentos científicos e saberes locais, caracterizando-se por processos participativos de construção e apropriação de soluções voltadas às necessidades específicas das comunidades. Para Dagnino (2014), a tecnologia social está associada à produção coletiva de conhecimentos e técnicas orientadas à inclusão social e à transformação das realidades locais.

No Semiárido brasileiro, tecnologias de captação e armazenamento de água da chuva, como cisternas, barragens subterrâneas, barreiros trincheira e outras estruturas hídricas, têm sido utilizadas como estratégias de gestão descentralizada da água. Essas iniciativas estão

associadas a políticas públicas voltadas à ampliação do acesso à água e ao fortalecimento das capacidades das famílias agricultoras para manejar os recursos disponíveis em seus territórios (Brasil, [s.d.]).

A captação e o manejo da água da chuva constituem estratégias relevantes para a agricultura familiar em regiões semiáridas, pois possibilitam maior autonomia na gestão hídrica e podem favorecer a diversificação das atividades produtivas. Dessa forma, as tecnologias sociais hídricas são compreendidas não apenas como estruturas físicas, mas como instrumentos inseridos em processos sociais, produtivos e territoriais mais amplos.

2.2 Agricultura Familiar, Agroecologia e Sustentabilidade dos Agroecossistemas

A agricultura familiar possui papel relevante na produção de alimentos, na conservação dos recursos naturais e na manutenção das relações sociais e culturais presentes nos territórios rurais. A sustentabilidade desses sistemas produtivos envolve múltiplas dimensões, incluindo aspectos ambientais, técnicos, econômicos e sociais, que interagem de acordo com as características específicas de cada agroecossistema.

Nesse sentido, a agroecologia constitui uma abordagem científica e prática voltada ao desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis, fundamentada na compreensão dos processos ecológicos, na valorização dos conhecimentos locais e na participação dos agricultores. Segundo Altieri (2012), a agroecologia busca integrar princípios ecológicos ao manejo dos agroecossistemas, promovendo maior equilíbrio entre produção agrícola e conservação ambiental.

A transição para sistemas produtivos mais sustentáveis envolve princípios relacionados à diversificação dos sistemas agrícolas, eficiência no uso dos recursos naturais, conservação da biodiversidade, valorização dos conhecimentos tradicionais e fortalecimento das relações sociais nos territórios (Wezel *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o manejo adequado da água e do solo constitui componente fundamental para a sustentabilidade dos agroecossistemas familiares, especialmente em regiões semiáridas, onde a disponibilidade desses recursos influencia diretamente as estratégias produtivas adotadas pelas famílias agricultoras.

A avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas requer abordagens capazes de integrar diferentes dimensões e indicadores. O Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS) propõe uma

análise contextualizada dos sistemas de manejo, considerando atributos ambientais, produtivos e sociais relacionados à sustentabilidade (Masera; Astier; López-Ridaura, 2000).

2.3 Políticas Públicas, Participação Social e Transformação Socioambiental no Semiárido

As políticas públicas direcionadas ao Semiárido brasileiro passaram por mudanças conceituais importantes, substituindo gradativamente abordagens centradas no combate aos efeitos da seca por estratégias fundamentadas na convivência com as características do território. Essa mudança envolve o reconhecimento das populações rurais como sujeitos ativos na construção de alternativas adequadas às suas realidades (Silva *et al.*, 2007).

Nesse processo, programas públicos voltados ao acesso à água, como o Programa Cisternas, incorporaram tecnologias sociais baseadas na captação e armazenamento da água da chuva, associadas a processos de mobilização e participação social. Essas iniciativas buscam ampliar o acesso à água para consumo e produção, fortalecendo estratégias de permanência das famílias agricultoras em seus territórios (Brasil, [s.d.]).

A participação social constitui elemento importante na implementação de tecnologias sociais, pois favorece a incorporação dos conhecimentos locais, a adequação das soluções às necessidades das comunidades e a apropriação das tecnologias pelos sujeitos envolvidos. Dessa forma, as políticas públicas associadas às tecnologias sociais podem atuar como mecanismos de fortalecimento das capacidades locais e de apoio ao desenvolvimento territorial.

Assim, a articulação entre políticas públicas, tecnologias sociais hídricas e práticas agroecológicas constitui uma perspectiva relevante para compreender processos de sustentabilidade em agroecossistemas familiares do Semiárido, considerando as relações entre recursos naturais, estratégias produtivas e dinâmicas sociais presentes nos territórios.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos metodológicos adotados possibilitaram caracterizar o agroecossistema e avaliar, de forma integrada, as dimensões ambiental/técnico-produtiva e social, considerando as especificidades do território do Semiárido pernambucano.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em um agroecossistema localizado no Sítio Maniçoba, na comunidade do Vidéu, município de Ouricuri, Território Rural Sertão do Araripe, Estado de Pernambuco, coordenadas 8° 1' 58,11" S e 40° 23' 51,23" W, a uma altitude de 498 m.

A área está inserida no bioma Caatinga, com vegetação classificada como Savana Estépica, conhecida regionalmente como Caatinga hipoxerófila e Floresta Caducifólia. Essa formação é composta por espécies adaptadas às condições de semiaridez, caracterizadas pela perda sazonal das folhas durante o período seco, presença de árvores e arbustos de pequeno porte e ocorrência de espécies adaptadas à restrição hídrica, como os cactos.

O clima da região é classificado como semiárido quente (BSh), segundo a classificação climática de Köppen, apresentando precipitações irregulares, concentradas em poucos meses do ano, elevadas temperaturas médias anuais e altas taxas de evapotranspiração, fatores que condicionam a disponibilidade hídrica e influenciam diretamente os sistemas de produção agrícola (Alvares *et al.*, 2013; Marengo; Torres; Alves, 2017).

O agroecossistema estudado corresponde a uma unidade familiar de produção que, ao longo de sua trajetória, incorporou tecnologias sociais hídricas e práticas agroecológicas orientadas pela convivência com as condições ambientais do Semiárido.

A escolha do agroecossistema ocorreu em função de sua trajetória histórica de transformação, marcada pelo acesso a tecnologias sociais hídricas, políticas públicas, processos de formação e assessoria técnica desenvolvidos pela ONG Caatinga (Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não Governamentais Alternativas). Essa trajetória possibilitou analisar como diferentes estratégias construídas ao longo do tempo contribuíram para a sustentabilidade da unidade familiar.

3.2 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa foi desenvolvida com abordagem quali-quantitativa, utilizando o Marco para Avaliação de Sistemas de Manejo de Recursos Naturais Incorporando Indicadores de Sustentabilidade (MESMIS), metodologia amplamente empregada na avaliação de agroecossistemas (Masera; Astier; López-Ridaura, 1999; López-Ridaura; Masera; Astier, 2002; Astier *et al.*, 2012). A escolha do método fundamentou-se em sua capacidade de avaliar o desempenho do agroecossistema por meio de indicadores relacionados aos atributos de produtividade, estabilidade, resiliência, confiabilidade, adaptabilidade, equidade e autonomia.

Os procedimentos metodológicos foram estruturados de forma a compreender o agroecossistema como um sistema socioecológico, considerando sua trajetória histórica e seus componentes ambientais, técnico-produtivos e sociais.

3.3 Coleta de Dados

A coleta de dados, o levantamento das informações e a definição dos indicadores de sustentabilidade foram realizados por meio de ferramentas do Diagnóstico Rural Participativo (DRP), conforme Verdejo (2009), utilizando metodologias participativas que valorizaram o conhecimento da família agricultora e sua percepção sobre o território, os recursos naturais e as estratégias adotadas para a convivência com o Semiárido.

Inicialmente, realizaram-se a observação participante, a caminhada transversal e entrevistas semiestruturadas, possibilitando o reconhecimento da organização espacial da unidade produtiva, das práticas de manejo adotadas e da interação entre seus componentes naturais e produtivos. Paralelamente, foram realizados registros fotográficos destinados à documentação das tecnologias sociais hídricas, das áreas produtivas e das práticas de conservação ambiental identificadas durante o trabalho de campo.

As entrevistas semiestruturadas possibilitaram resgatar a trajetória da família, a evolução do sistema produtivo, o acesso às políticas públicas, a incorporação das tecnologias sociais hídricas e as mudanças ocorridas na organização familiar ao longo do tempo.

A observação participante permitiu compreender as práticas desenvolvidas pela família, a organização dos espaços produtivos, as formas de manejo dos recursos naturais e as relações estabelecidas entre os diferentes componentes do agroecossistema.

A caminhada transversal possibilitou a observação direta da distribuição espacial das estruturas hídricas, das áreas de cultivo, das áreas destinadas à criação animal, das práticas de manejo e das interações entre os elementos que compõem o sistema produtivo.

A trajetória histórica do agroecossistema foi reconstruída por meio de uma linha do tempo, metodologia amplamente utilizada em processos participativos de avaliação da sustentabilidade, permitindo identificar eventos, mudanças e intervenções que contribuíram para a transformação do sistema ao longo dos anos.

A linha do tempo evidenciou os principais momentos da trajetória familiar: o contato inicial com a ONG Caatinga, em 1988, por meio do Projeto Alimento e Trabalho; o acesso aos primeiros pequenos barreiros e açudes de acumulação superficial; a implantação da barragem subterrânea, em 2004; o acesso à tecnologia da Primeira Água, por meio do Programa Um

Milhão de Cisternas (P1MC), em 2008; e, posteriormente, a implantação do barreiro trincheira por meio do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2).

Como instrumento complementar de análise, utilizou-se a cartografia participativa, construída conjuntamente com os membros da unidade familiar, considerando recortes por gênero e faixa etária. Essa etapa permitiu identificar diferenças na percepção, no uso e na apropriação do território, contribuindo para a compreensão da organização espacial do agroecossistema e das relações estabelecidas entre seus diferentes componentes.

3.4 Avaliação da Sustentabilidade

A sustentabilidade do agroecossistema foi avaliada por meio de indicadores construídos com a família agricultora e o técnico local, distribuídos em duas dimensões: ambiental/técnico-produtiva e social, a partir da metodologia MESMIS e das informações obtidas por meio do DRP, considerando as especificidades do agroecossistema avaliado.

A dimensão ambiental/técnico-produtiva contemplou indicadores relacionados à conservação da vegetação nativa, biodiversidade vegetal, qualidade da água, qualidade e saúde do solo, cobertura vegetal, controle agroecológico de pragas e doenças, manejo de pastagens, diversidade animal, reciclagem de resíduos orgânicos, utilização de sementes crioulas, disponibilidade de tecnologias sociais hídricas, armazenamento de água para produção, adaptabilidade do sistema à escassez hídrica, diversificação produtiva e dependência de insumos externos.

A dimensão social compreendeu indicadores associados à organização familiar, disponibilidade de mão de obra, autonomia na tomada de decisão, capacidade de enfrentamento de eventos adversos, permanência da família na propriedade, acesso à informação, capacitação, assimilação de inovações, segurança da posse da terra, condições de habitação, acesso à água para consumo humano, segurança alimentar, saneamento básico, participação em organizações sociais, escolaridade, acesso aos serviços de saúde, cultura e lazer e distribuição das atividades familiares segundo gênero e faixa etária.

Cada indicador foi avaliado em uma escala de 0 a 5, em que 0 corresponde ao nível de insustentabilidade; 1, ao nível muito baixo de sustentabilidade; 2, ao nível baixo; 3, ao nível regular; 4, ao nível bom; e 5, ao alto nível de sustentabilidade. A atribuição das pontuações foi realizada com base nesses critérios, permitindo sistematizar o desempenho do agroecossistema nas dimensões avaliadas.

3.5 Análise dos Dados

Os valores atribuídos aos indicadores foram organizados em planilhas eletrônicas e submetidos à análise descritiva. Posteriormente, os resultados foram apresentados por meio de gráficos do tipo radar, permitindo visualizar o desempenho dos diferentes indicadores em cada dimensão avaliada.

A interpretação dos resultados considerou as relações entre os diferentes componentes do agroecossistema, fundamentando-se na literatura científica sobre Agroecologia, tecnologias sociais hídricas, agricultura familiar, conservação da Caatinga e sustentabilidade de agroecossistemas. Essa abordagem permitiu relacionar os resultados às estratégias de convivência com o Semiárido e à resiliência socioecológica da unidade produtiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da avaliação dos indicadores de sustentabilidade permitiram compreender o desempenho do agroecossistema nas dimensões ambiental/técnico-produtiva e social. A análise evidencia as estratégias adotadas pela família para fortalecer a convivência com o Semiárido, considerando as interações entre recursos naturais, práticas de manejo, tecnologias sociais hídricas, acesso a políticas públicas e organização familiar.

4.1 Trajetória Histórica de Construção da Sustentabilidade do Agroecossistema

A análise integrada das entrevistas semiestruturadas, da observação participante, da caminhada transversal e dos mapas da propriedade elaborados por gênero e faixa etária permitiu compreender que a sustentabilidade observada no Sítio Maniçoba resulta de um processo histórico de transformação construído pela família ao longo de aproximadamente quatro décadas.

A trajetória evidencia que a sustentabilidade não foi estabelecida pela implantação isolada de uma tecnologia, mas pela incorporação gradual de diferentes estratégias de manejo da água, produção e organização familiar, articuladas com processos de formação e políticas públicas voltadas à convivência com o Semiárido.

Em 1988, por meio do Projeto Alimento e Trabalho, a família estabeleceu contato com o Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não Governamentais Alternativas (Caatinga). A partir dessa relação, teve acesso a processos de formação e a

tecnologias de estocagem de água da chuva, inicialmente representadas por pequenos açudes de acumulação superficial destinados, principalmente, à dessedentação animal.

Essas primeiras estruturas constituíram estratégias locais de adaptação às condições semiáridas, permitindo armazenar água nos períodos chuvosos e reduzir os efeitos da irregularidade hídrica. Essa perspectiva está associada ao paradigma da convivência com o Semiárido, que valoriza estratégias construídas pelas próprias populações rurais e reconhece a necessidade de tecnologias adaptadas às características ambientais e sociais da região (Silva, 2006; Malvezzi, 2007).

Em 2004, por meio de outros projetos desenvolvidos pela ONG Caatinga, a família implantou uma barragem subterrânea, ampliando sua capacidade de armazenamento e uso estratégico da água no agroecossistema. Diferentemente dos reservatórios superficiais, essa tecnologia possibilita a retenção da água no perfil do solo, formando uma área de maior disponibilidade hídrica para a produção de alimentos. Essa característica reduz as perdas por evaporação e favorece o aproveitamento da água armazenada durante períodos mais prolongados, aspecto fundamental em ambientes caracterizados pela irregularidade das chuvas (Silva *et al.*, 2007).

A implantação da barragem subterrânea representou uma mudança importante na dinâmica produtiva da propriedade, pois possibilitou ampliar as possibilidades de produção agrícola. A tecnologia passou a integrar uma estratégia de manejo da água associada ao conhecimento da família sobre o ambiente, demonstrando que a sustentabilidade não decorre apenas da instalação de estruturas físicas, mas da apropriação social e produtiva dessas tecnologias.

Em 2008, a família conquistou a tecnologia da “Primeira Água”, destinada ao consumo humano, por meio do Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC), uma política pública estruturada pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) e apoiada pelo Governo Federal, por meio do então Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). A implantação da cisterna representou uma mudança significativa nas condições de vida da família, garantindo maior segurança hídrica para o consumo humano e o abastecimento doméstico, além de reduzir a necessidade de deslocamentos frequentes para obtenção de água.

Posteriormente, por meio do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), também desenvolvido no âmbito das políticas públicas de convivência com o Semiárido, com apoio do MDS e implantação pela ASA, a família teve acesso à tecnologia da “Segunda Água”, por meio do barreiro trincheira, destinado ao armazenamento de água para usos produtivos, especialmente para a criação animal e o apoio às atividades agrícolas. Além dessas estruturas,

os pequenos barreiros de acumulação superficial já existentes continuaram desempenhando função complementar no sistema, especialmente no fornecimento de água para os animais.

A trajetória evidencia que a família construiu uma estratégia integrada de segurança hídrica, combinando diferentes tecnologias destinadas a finalidades específicas: a cisterna para o consumo humano; a barragem subterrânea para a manutenção da umidade do solo e a produção de alimentos; e os açudes e o barreiro trincheira para o abastecimento animal, a irrigação, a produção agrícola, a aquicultura e a reserva hídrica durante os períodos de estiagem, contribuindo para a segurança hídrica da família. Essa complementaridade entre tecnologias é fundamental em ambientes semiáridos, pois reduz a vulnerabilidade associada à dependência de uma única fonte hídrica e amplia a capacidade de adaptação das famílias às variações climáticas. Segundo Gnadlinger (2015), a captação e o armazenamento descentralizado da água da chuva constituem estratégias fundamentais para fortalecer a autonomia hídrica das populações rurais do Semiárido brasileiro.

Atualmente, o agroecossistema dispõe de uma cisterna de 16 mil litros, uma barragem subterrânea, dois açudes, um barreiro trincheira e atividades produtivas diversificadas envolvendo caprinos, ovinos, bovinos e aves. A presença desses diferentes componentes demonstra a construção de um sistema produtivo diversificado, no qual a água exerce papel estruturante para a manutenção das atividades familiares.

Além das mudanças relacionadas à produção, o acesso às tecnologias sociais hídricas promoveu transformações importantes na organização do trabalho familiar. Antes da implantação da cisterna destinada ao consumo humano, a busca por água para o abastecimento doméstico era uma atividade realizada principalmente pelas mulheres, demandando tempo e esforço ao longo de todo o ano. A disponibilidade de água próxima à residência reduziu essa sobrecarga e possibilitou maior participação feminina em outras atividades produtivas, sociais e formativas.

Essa transformação evidencia que as tecnologias sociais hídricas produzem efeitos que ultrapassam a dimensão produtiva, contribuindo para mudanças nas relações sociais do agroecossistema. O acesso à água, nesse contexto, constitui um elemento associado à autonomia, à qualidade de vida e à reorganização das atividades familiares, especialmente das mulheres rurais (Gomes *et al.*, 2014).

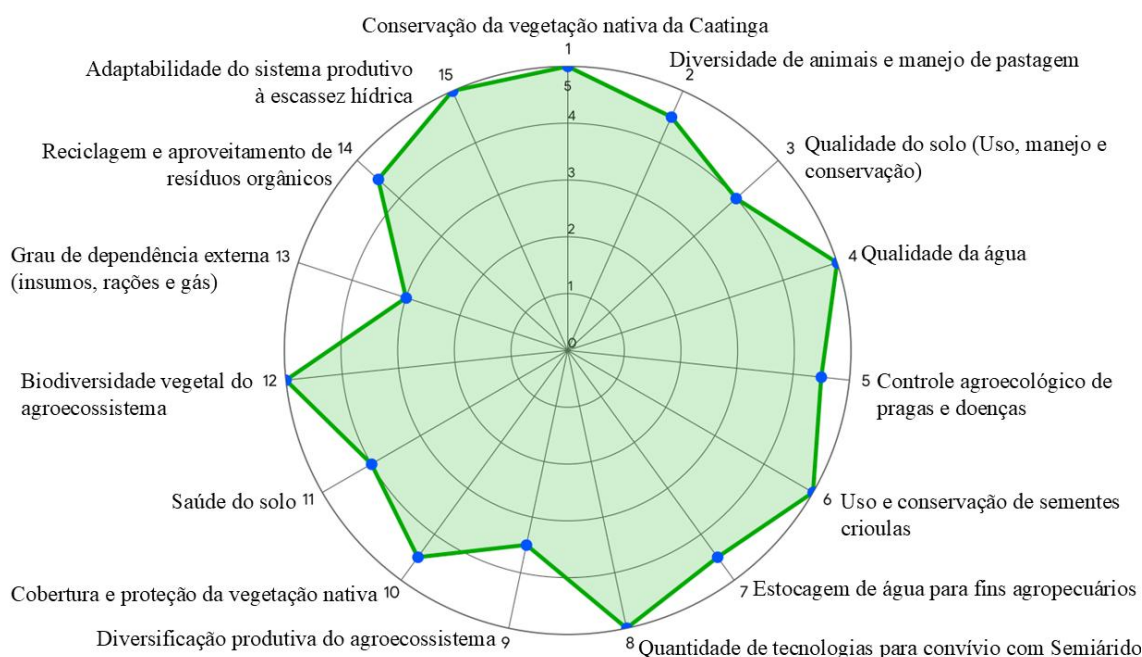
A experiência do Sítio Maniçoba demonstra que a sustentabilidade do agroecossistema foi construída pela interação entre infraestrutura hídrica, conhecimentos acumulados pela família, processos de formação e políticas públicas. Essa perspectiva está alinhada aos

princípios agroecológicos, que reconhecem a sustentabilidade como resultado da integração entre processos ecológicos, sociais e culturais (Altieri, 2012; Wezel *et al.*, 2020).

4.2 Sustentabilidade Ambiental/Técnico-Produtiva

A dimensão ambiental/técnico-produtiva do agroecossistema (Figura 1) apresentou predominância de indicadores nos níveis bom (4) e alto (5) de sustentabilidade.

Figura 1. sustentabilidade ambiental e técnico-produtiva do agroecossistema de base familiar do Sítio Maniçoba, município de Ouricuri, estado de Pernambuco, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2026).

Essa predominância evidencia que a integração entre tecnologias sociais hídricas, diversificação produtiva e práticas de manejo desenvolvidas pela família tem contribuído para fortalecer a capacidade produtiva e adaptativa do sistema.

Os indicadores relacionados à disponibilidade hídrica na propriedade (7 - Estocagem de água para fins agropecuários e 8 - Quantidade de tecnologias para convivência com o Semiárido) apresentaram níveis de sustentabilidade entre boa (4) e alta (5), demonstrando a importância da diversidade de estruturas de armazenamento de água presentes na propriedade, incluindo a cisterna para consumo humano, a barragem subterrânea, os açudes e o barreiro trincheira. Essas tecnologias permitiram atender às diferentes demandas do agroecossistema, reduzindo a vulnerabilidade associada à irregularidade das chuvas e ampliando as possibilidades de produção.

Resultados semelhantes foram observados por Melo *et al.* (2023), que demonstraram que a integração de diferentes tecnologias sociais hídricas amplia a segurança hídrica das famílias agricultoras e fortalece sua capacidade de adaptação às condições ambientais do Semiárido. Nessa perspectiva, Gnadlinger (2015) destaca que a captação e o armazenamento descentralizado da água da chuva constituem estratégias fundamentais para promover a autonomia hídrica das populações rurais, especialmente quando associados aos conhecimentos locais e ao manejo adequado dos recursos naturais.

A presença da barragem subterrânea assume papel estratégico nesse processo, pois possibilita o armazenamento da água no perfil do solo, favorecendo a manutenção da umidade e ampliando as condições para a produção agrícola em períodos posteriores às chuvas. Estudos desenvolvidos no Semiárido brasileiro destacam que essa tecnologia contribui para aumentar a disponibilidade hídrica no solo e reduzir os efeitos da variabilidade climática sobre os sistemas produtivos familiares (Silva *et al.*, 2025).

Alguns indicadores apresentaram nível máximo de sustentabilidade (5), evidenciando a elevada capacidade do agroecossistema de conservar os recursos naturais e manter estratégias produtivas adaptadas às condições do Semiárido. Destacam-se a adaptabilidade do sistema produtivo à escassez hídrica, a biodiversidade vegetal do agroecossistema, o uso e a conservação de sementes crioulas, a qualidade do solo (uso, manejo e conservação), a conservação da vegetação nativa da Caatinga, a qualidade da água, a cobertura e proteção da vegetação nativa e a quantidade de tecnologias para convivência com o Semiárido.

Esse desempenho reflete a trajetória de fortalecimento do agroecossistema proporcionada pela integração entre as políticas públicas de convivência com o Semiárido, o acesso às tecnologias sociais hídricas e os conhecimentos construídos e aperfeiçoados pela própria família agricultora. A adoção dessas estratégias favoreceu a conservação do solo, da água e da vegetação nativa, ampliou a capacidade de adaptação à escassez hídrica e contribuiu para a manutenção da agrobiodiversidade e do uso de sementes crioulas, elementos fundamentais para a estabilidade do sistema produtivo.

Resultados semelhantes foram observados por Sousa e Silveira (2023), ao avaliarem a sustentabilidade de agroecossistemas familiares no Semiárido paraibano por meio do método MESMIS. Os autores verificaram que sistemas com maior conservação dos recursos naturais, adoção de práticas agroecológicas e estratégias de adaptação às condições ambientais apresentaram melhor desempenho nos indicadores de sustentabilidade, corroborando os resultados encontrados neste estudo.

Os indicadores diversidade produtiva do agroecossistema (3,5) e grau de dependência externa (3) evidenciam a relação entre a composição produtiva da unidade familiar e sua capacidade de autonomia. O nível intermediário entre média e boa sustentabilidade observado para esses indicadores reflete a presença de diferentes componentes agrícolas e pecuários no sistema, representados pela criação de caprinos, ovinos, bovinos e aves, associada às atividades agrícolas desenvolvidas pela família. Essa heterogeneidade produtiva contribui para a segurança alimentar, o autoconsumo, a geração de produtos destinados ao uso doméstico ou à comercialização e o aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade.

Entretanto, o resultado obtido para o grau de dependência externa (3) indica que, embora a diversidade existente favoreça a integração entre os componentes do agroecossistema, ainda há necessidade de ampliar a autonomia do sistema por meio da redução da dependência de insumos externos, como rações e outros recursos adquiridos. Nesse sentido, a ampliação da diversidade e da integração dos componentes produtivos, com a incorporação de novos cultivos e criações e o fortalecimento das interações entre esses elementos, pode contribuir para aumentar a eficiência dos processos internos e reduzir a necessidade de insumos externos.

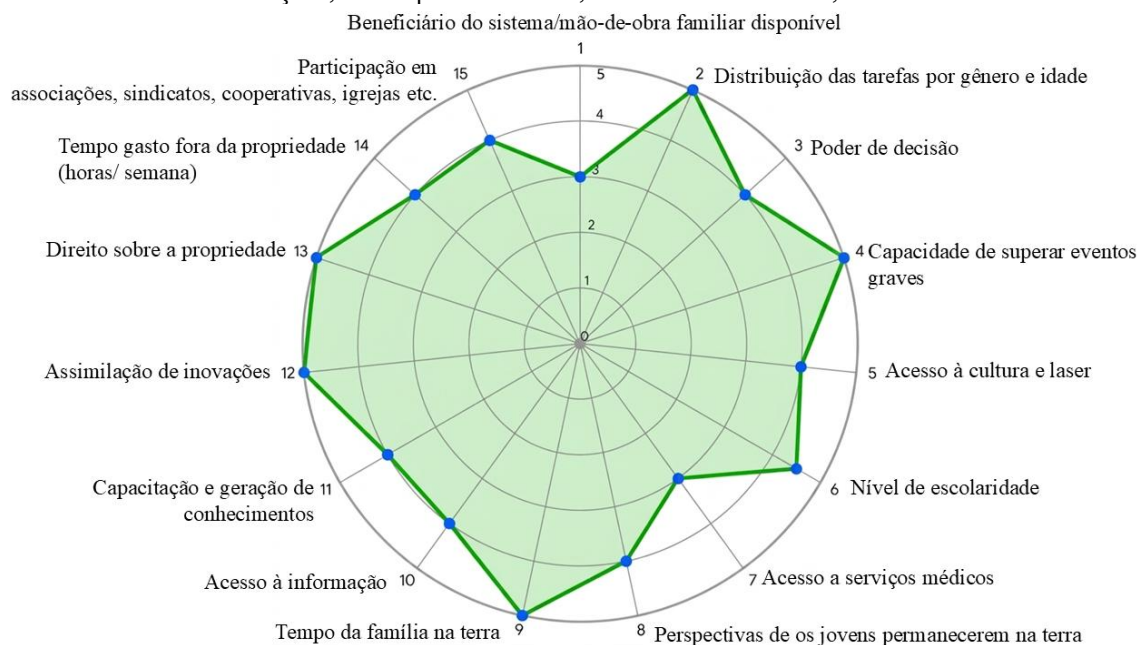
Essa relação entre diversificação, integração dos componentes e menor dependência de insumos externos é destacada pela abordagem agroecológica. Conforme discutido por Altieri (2012), Gliessman (2015) e Wezel *et al.* (2020), a diversificação e a integração entre os componentes do agroecossistema constituem estratégias fundamentais para fortalecer a sustentabilidade dos sistemas familiares, especialmente em ambientes semiáridos.

De forma geral, os resultados evidenciam que a elevada sustentabilidade ambiental e técnico-produtiva do agroecossistema resulta da integração entre políticas públicas de convivência com o Semiárido, tecnologias sociais hídricas e práticas de manejo desenvolvidas pela família agricultora. Essa integração promoveu avanços significativos na conservação dos recursos naturais, na adaptação às condições ambientais e no fortalecimento da capacidade produtiva do sistema. Entretanto, persistem fragilidades relacionadas à dependência de insumos externos e à necessidade de ampliar a diversidade e a integração dos componentes produtivos, aspectos que ainda limitam o avanço da autonomia do agroecossistema. Esses resultados evidenciam que a sustentabilidade não constitui uma condição estática, mas um processo contínuo de fortalecimento, que depende da continuidade das políticas públicas, da consolidação das tecnologias sociais hídricas e do aperfeiçoamento permanente das estratégias de manejo desenvolvidas pela família agricultora.

4.3 Sustentabilidade Social

Quanto à sustentabilidade social (Figura 2), alguns indicadores apresentaram nível máximo de sustentabilidade (5), evidenciando condições favoráveis relacionadas à organização familiar, à permanência no território, à capacidade adaptativa e à incorporação de conhecimentos e inovações ao agroecossistema. Destacam-se os indicadores distribuição das tarefas por gênero e idade, capacidade de superar eventos graves, tempo de permanência da família na terra, assimilação de inovações e direito sobre a propriedade.

Figura 2. Desempenho dos indicadores de sustentabilidade social do agroecossistema de base familiar do Sítio Maniçoba, município de Ouricuri, estado de Pernambuco, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos(as) autores(as) (2026).

O elevado desempenho desses indicadores demonstra que a sustentabilidade social está associada à trajetória construída pela família ao longo do tempo, envolvendo a organização do trabalho, a experiência acumulada no manejo dos recursos disponíveis e a capacidade de responder às mudanças enfrentadas pelo sistema produtivo. A permanência prolongada no território e a segurança sobre a propriedade favorecem o planejamento das atividades e a adoção de estratégias de longo prazo, estimulando investimentos na conservação dos recursos naturais, na melhoria das condições produtivas e na continuidade do modo de vida familiar.

A distribuição das tarefas entre os membros da família constitui um elemento fundamental para a sustentabilidade do agroecossistema, pois favorece o compartilhamento de responsabilidades, a organização do trabalho e a continuidade das atividades produtivas. A

participação de diferentes gerações contribui para a transmissão de conhecimentos construídos localmente e fortalece a capacidade da família de manter e adaptar suas estratégias de manejo diante de mudanças ambientais, econômicas e sociais.

A capacidade de superar eventos graves e a assimilação de inovações evidenciam que a sustentabilidade social não depende apenas da permanência da família no território, mas também de sua capacidade de incorporar novos conhecimentos, tecnologias e práticas de manejo compatíveis com sua realidade. Nesse sentido, processos de inovação construídos de forma participativa podem fortalecer a autonomia das famílias agricultoras, permitindo que novos recursos sejam incorporados sem substituir os conhecimentos acumulados ao longo das gerações.

Esses resultados estão em consonância com a FAO (2018; 2021), que destaca a importância da agricultura familiar para a construção de sistemas alimentares sustentáveis, ressaltando o papel da organização familiar, da permanência das populações no território e da capacidade de adaptação frente a mudanças e eventos adversos. Da mesma forma, o HLPE (2019) evidencia que abordagens inovadoras construídas com a participação dos agricultores contribuem para o fortalecimento da sustentabilidade dos sistemas produtivos, enquanto o IPCC (2022) destaca que a capacidade adaptativa das populações rurais depende da interação entre conhecimento, organização social, recursos disponíveis e condições institucionais favoráveis.

De forma geral, os resultados indicam que a elevada sustentabilidade social observada está relacionada à integração entre experiência acumulada, organização familiar, segurança sobre a propriedade e capacidade de adaptação às mudanças. Entretanto, esses avanços não eliminam desafios futuros, especialmente relacionados à continuidade das estratégias de reprodução da agricultura familiar e à permanência das novas gerações no território. Assim, a sustentabilidade social deve ser compreendida como um processo contínuo, dependente da valorização dos conhecimentos locais, do fortalecimento das políticas públicas e da criação de condições que favoreçam a continuidade e a renovação dos sistemas familiares.

Os indicadores classificados com nível de boa sustentabilidade (4) evidenciam condições sociais favoráveis ao fortalecimento do agroecossistema, embora ainda apresentem aspectos que podem ser aprimorados para ampliar a autonomia, a participação e a continuidade das estratégias familiares. Entre esses indicadores destacam-se o poder de decisão, o acesso à cultura e ao lazer, o nível de escolaridade, as perspectivas de permanência dos jovens na terra, o acesso à informação, a capacitação e a geração de conhecimentos, além da participação em associações, sindicatos, cooperativas e outras organizações sociais.

O resultado obtido para o poder de decisão demonstra a participação da família nos processos relacionados ao planejamento e à condução das atividades desenvolvidas no agroecossistema, favorecendo maior autonomia na definição das estratégias produtivas e no uso dos recursos disponíveis. Entretanto, o fortalecimento contínuo dos espaços de participação e diálogo entre os membros da família pode contribuir para ampliar a inclusão dos diferentes sujeitos envolvidos, especialmente jovens e mulheres, nos processos decisórios.

O acesso à informação, à capacitação e à geração de conhecimentos constitui elemento essencial para a sustentabilidade dos sistemas familiares, pois favorece a incorporação de novas práticas e tecnologias adaptadas às condições locais. Conforme destacado pela FAO (2018; 2021), o fortalecimento da agricultura familiar depende da ampliação do acesso ao conhecimento, da inovação participativa e da valorização dos saberes locais como estratégias para aumentar a capacidade de adaptação dos agricultores frente aos desafios ambientais e socioeconômicos.

Da mesma forma, o nível de escolaridade, o acesso à cultura e ao lazer e as perspectivas de permanência dos jovens na terra estão relacionados à reprodução social da agricultura familiar. A continuidade dos sistemas produtivos depende não apenas das condições econômicas da propriedade, mas também da existência de oportunidades que estimulem a permanência das novas gerações no território. Nesse sentido, o HLPE (2019) destaca que a sustentabilidade dos sistemas alimentares requer condições sociais favoráveis, incluindo educação, acesso ao conhecimento, inovação e participação dos agricultores nos processos de transformação.

A participação em associações, sindicatos, cooperativas, igrejas e outros espaços coletivos também representa um componente importante da sustentabilidade social, pois amplia as redes de apoio, facilita o acesso a informações, fortalece processos de organização comunitária e contribui para a construção de estratégias coletivas. Segundo Putnam (2006), a participação em organizações sociais fortalece o capital social das comunidades, favorecendo a cooperação e a capacidade coletiva de enfrentar desafios.

De forma geral, os indicadores classificados como de boa sustentabilidade demonstram que o agroecossistema apresenta uma base social fortalecida, marcada pela autonomia familiar, acesso ao conhecimento e inserção em redes sociais. Contudo, a melhoria desses aspectos permanece fundamental para garantir a continuidade do sistema, especialmente por meio do fortalecimento da formação, da ampliação da participação coletiva e da criação de condições que favoreçam a permanência das novas gerações no território.

Os indicadores classificados com média sustentabilidade (3), relacionados à disponibilidade de mão de obra familiar e ao acesso a serviços médicos, evidenciam fragilidades associadas às condições sociais que sustentam a continuidade do agroecossistema. Esses resultados indicam que, embora a família apresente capacidade de organização e permanência no território, existem limitações relacionadas à disponibilidade de força de trabalho familiar e ao acesso regular a serviços essenciais, aspectos que podem influenciar a manutenção e a reprodução social do sistema produtivo.

A disponibilidade de mão de obra familiar constitui um elemento central para a agricultura familiar, uma vez que grande parte das atividades produtivas depende diretamente da participação dos membros da família no manejo cotidiano do agroecossistema. Entretanto, mudanças demográficas, envelhecimento da população rural e redução da permanência dos jovens no campo podem comprometer a continuidade desse modelo produtivo. Conforme discutido por Wanderley (2014), a reprodução da agricultura familiar envolve não apenas a produção agrícola, mas também a capacidade das famílias de permanecerem no território e garantirem a continuidade do trabalho familiar entre gerações.

Nesse contexto, a limitação da mão de obra disponível representa uma fragilidade que pode aumentar a dependência de estratégias externas de apoio ao trabalho agrícola, especialmente em períodos de maior demanda produtiva. A ampliação de oportunidades para a juventude rural, a valorização do trabalho familiar e o fortalecimento de políticas públicas voltadas à permanência das famílias no campo tornam-se fundamentais para a sustentabilidade social dos agroecossistemas.

O acesso aos serviços médicos também apresentou limitações, refletindo um desafio recorrente das populações rurais, especialmente em regiões semiáridas, onde a distância dos centros urbanos e a oferta limitada de serviços podem dificultar o atendimento contínuo às famílias. Estudos sobre saúde rural no Brasil destacam que as populações residentes em áreas rurais enfrentam barreiras relacionadas à distância, à infraestrutura e à disponibilidade de profissionais, comprometendo a equidade no acesso à atenção à saúde (Franco; Lima; Giovanella, 2021).

Dessa forma, os resultados evidenciam que a sustentabilidade social do agroecossistema não depende exclusivamente das capacidades internas da família, mas também das condições externas que garantem qualidade de vida e permanência no território. Esses resultados reforçam que as políticas públicas voltadas à agricultura familiar precisam ultrapassar os limites da propriedade, incorporando uma abordagem territorial que assegure o acesso a serviços públicos de qualidade, fortaleça a assistência técnica, a educação e a saúde no meio rural e amplie as

oportunidades para que as famílias agricultoras permaneçam e construam seus projetos de vida no Semiárido.

4 CONCLUSÕES

A avaliação da sustentabilidade do agroecossistema familiar localizado no Sítio Maniçoba, em Ouricuri, Pernambuco, evidenciou que a integração entre tecnologias sociais hídricas, políticas públicas de convivência com o Semiárido, conhecimentos locais e práticas de manejo desenvolvidas pela família contribuiu para a construção de um sistema produtivo mais adaptado às condições ambientais e sociais do território.

Os resultados demonstraram que a disponibilidade e a diversidade de estruturas de armazenamento de água, associadas às estratégias produtivas e às práticas de conservação dos recursos naturais, foram fundamentais para fortalecer a sustentabilidade ambiental/técnico-produtiva do agroecossistema, ampliando a capacidade de adaptação da família diante da irregularidade hídrica característica do Semiárido.

A dimensão social evidenciou que a sustentabilidade construída ao longo da trajetória familiar está relacionada à organização do trabalho, à permanência no território, à segurança da posse da terra, à capacidade de incorporar conhecimentos e inovações e à participação em processos de formação e organização social. Entretanto, permanecem desafios relacionados ao acesso a serviços essenciais, à disponibilidade de mão de obra familiar e à criação de condições favoráveis para a continuidade das novas gerações no território.

A experiência analisada demonstra que a sustentabilidade dos agroecossistemas familiares no Semiárido não resulta da adoção isolada de tecnologias, mas de processos contínuos de construção social, nos quais infraestrutura hídrica, políticas públicas, conhecimentos locais e estratégias familiares se articulam para fortalecer a autonomia e a resiliência dos sistemas produtivos.

Os resultados reforçam que as políticas públicas voltadas à agricultura familiar precisam ultrapassar os limites da propriedade, incorporando uma abordagem territorial que amplie o acesso a serviços essenciais, fortaleça as oportunidades para as famílias agricultoras e assegure condições para sua permanência e reprodução social no Semiárido.

Agradecimentos

À família agricultora do Sítio Maniçoba, pela disponibilidade, acolhimento e compartilhamento de seus conhecimentos e experiências, fundamentais para a realização deste estudo.

Aos técnicos e técnicas locais que contribuíram com informações e apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

À Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) e ao Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome (MDS), pelo apoio técnico e institucional e financeiro, que possibilitou a realização das ações relacionadas às tecnologias sociais hídricas e contribuiu para a construção deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. A. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ASTIER, M.; GARCÍA-BARRIOS, L.; GALVÁN-MIYOSHI, Y.; GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C. E.; MASERA, O. Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems: a critical analysis of the MESMIS program (1995–2010). *Ecology and Society*, v. 17, n. 3, art. 25, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-04910-170325>.
- FAO. The 10 elements of agroecology: guiding the transition to sustainable food and agricultural systems. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
- FAO. The state of food and agriculture 2021: making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
- GLIESSMAN, S. R. Agroecology: the ecology of sustainable food systems. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1201/b17881>.
- GNADLINGER, J. Captação e manejo de água de chuva no Semiárido brasileiro: tecnologias sociais e sustentabilidade. 2015. (Manter conforme a publicação efetivamente consultada).
- GOMES, U. A. F.; PENA, J. L.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa Um Milhão de Cisternas: combate à seca ou rompimento da vulnerabilidade? *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n. 4, p. 343-352, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220140190000009>.
- HLPE. Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. Rome: High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition, 2019.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. *Ecological Indicators*, v. 2, n. 1-2, p. 135-148, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(02\)00043-2](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(02)00043-2).

MALVEZZI, R. Semiárido: uma visão holística. Brasília: Confea, 2007.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 129, p. 1189-1200, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1840-8>.

MASERA, O.; ASTIER, M.; LÓPEZ-RIDAURA, S. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS. México: Mundi-Prensa, 1999.

MELO, R. F. de; LIMA, P. H. C.; ARAÚJO, E. R.; SILVA, M. S. L. da; OLIVEIRA, A. R.; BARBOSA, J. B. dos. Integração de tecnologias hídras para sustentabilidade de sistemas agroecológicos no Semiárido brasileiro. In: MELO, R. F. de; CARDOSO, I. M.; LIMA, P. H. C.; FREITAS, H. R. (ed.). *Água e agroecologia*. Brasília, DF: Embrapa, 2023. v. 7, cap. 6, p. 249-277. (Coleção Transição Agroecológica, 7). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1158564/1/Integracao-de-tecnologias-hidricas-paea-sustentabilidade-de-sistemas-2023.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2026.

PUTNAM, R. D. Comunidade e democracia: a experiência da Itália moderna. 5. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006

SILVA, M. R. A. Entre o combate à seca e a convivência com o Semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, M. S. L. da; MENDONÇA, C. E. S.; ANJOS, J. B. dos; HONÓRIO, A. P. M.; SILVA, A. de S.; BRITO, L. T. de L. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). *Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007. cap. 6, p. 121-137. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/339434/1/Barragem-subterranea-agua-para-producao-de-alimentos-2007.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2026.

SILVA, M. S. L. da; SANTANA, C. C. M. de; PEREIRA, E. B.; RIBEIRO, C. A.; SILVA, T. D. S. da; MORAES, L. M. J.; LIMA, R. A.; FERREIRA, G. B.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. Contribuições da barragem subterrânea na sustentabilidade de um agroecossistema do Sertão do Nordeste brasileiro. *ARACÊ*, v. 7, n. 6, p. 32830-32858, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/arev7n6-218>.

SOUSA, B. H. de; SILVEIRA, V. C. P. Sustentabilidade de agroecossistemas familiares no Semiárido Paraíba. *Research, Society and Development*, v. 12, n. 4, e5112440923, 2023. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i4.40923>.

VERDEJO, M. E. Diagnóstico Rural Participativo: guia prático DRP. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2009.

WANDERLEY, M. N. B. O campesinato brasileiro: uma história de resistência. Revista de Economia e Sociologia Rural, 2014.

WEZEL, A.; HERREN, B. G.; KERR, R. B.; BARRIOS, E.; GONÇALVES, A. L. R.; SINCLAIR, F. Agroecological principles and elements and their implications for transitioning to sustainable food systems. Agronomy for Sustainable Development, v. 40, art. 40, p. 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00646-z>.