



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

**TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO: ACESSO À
ÁGUA PARA O CONSUMO E PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**

MOSSORÓ

2023

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

**TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO: ACESSO À
ÁGUA PARA O CONSUMO E PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, irrigação e salinidade.

Orientador: Prof. Dr. Nildo da Silva Dias

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F363t Fernandes, Cleyton dos Santos.
TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O
SEMIÁRIDO: ACESSO À ÁGUA PARA O CONSUMO E PRODUÇÃO
AGRÍCOLA FAMILIAR / Cleyton dos Santos Fernandes.
- 2023.
139 f. : il.

Orientador: Nildo da Silva Dias.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural
do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2023.

1. Escassez hídrica. 2. Seca no semiárido. 3.
Agricultura familiar. I. Dias, Nildo da Silva,
orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CLEYTON DOS SANTOS FERNANDES

**TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO: ACESSO À
ÁGUA PARA O CONSUMO E PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR**

Tese apresentada ao Doutorado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Nutrição, irrigação e salinidade

Defendida em: 17/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. André Moreira de Oliveira (UFERSA)
Membro Externo ao Programa

Prof. Dr. Eduardo César Medeiros Saldanha
Membro Externo à Instituição

Dr. José Leôncio de Almeida Silva (UFERSA)
Membro Externo ao Programa

Prof^a. Dr^a. Francisca Gomes Torres Filha (IFRN)
Membro Externo à Instituição

À minha família e aos meus amigos

AGRADECIMENTOS

A força suprema que rege todas as leis do universo, ao qual, muitos denominam de DEUS.

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de ampliar e aperfeiçoar meus conhecimentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador e amigo Nildo da Silva Dias, pela parceria e ensinamentos.

À minha eterna orientadora Vânia Porto, um ser humano extraordinário ao qual tive a oportunidade de compartilhar inúmeros momentos de alegria em minha vida acadêmica.

Aos meus pais e aos meus irmãos pelo apoio e torcida em todas as etapas de minha vida acadêmica. Minhas conquistas também são de todos vocês, especialmente de minha mãe, que sempre acreditou em mim.

À minha esposa Cleide Gomes, pelo apoio e dedicação.

Aos meus filhos Yasmim, Davi Cauê e Ravi Cauã.

A Vaniés Sá, pelos ensinamentos, parceria e amizade.

Por fim, agradeço a todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para minha formação profissional, pessoal e intelectual.

O semiárido brasileiro não é apenas clima, vegetação, solo, sol, água. É povo, música, festa, arte, religião, política, história. É processo social. Não se pode compreendê-lo de um ângulo só.

Roberto Malvezzi

RESUMO

Nas últimas décadas, as tecnologias sociais de convivência com o semiárido vêm se consolidando como uma alternativa viável à segurança hídrica em contraposição ao modelo de política de combate à seca historicamente adotado na região brasileira em que predomina o clima semiárido. Diante desse contexto, objetivou-se no presente estudo identificar o papel que essas tecnologias desempenham para a segurança hídrica das comunidades e assentamentos rurais do semiárido brasileiro. Para isso, realizou-se uma pesquisa qualitativa, levantando-se dados referentes à temática estudada em diversas fontes, como artigos científicos, livros, jornais, sites governamentais e de organizações não governamentais - ONGs que trabalham diretamente com o objeto do presente estudo. Nesse levantamento buscou-se informações sobre a quantidade, a caracterização, a funcionalidade e o manejo das principais tecnologias sociais voltadas à captação e armazenamento da água da chuva já implantadas no semiárido brasileiro, bem como das principais políticas públicas direcionadas à implantação e disseminação dessas tecnologias. Além disso, realizou-se um estudo de percepção dos principais atores sociais sobre os benefícios e impactos das principais tecnologias sociais para as comunidades e assentamentos rurais inseridos no semiárido brasileiro. No estudo de percepção foram entrevistados gestores de ONGs diretamente envolvidos na execução das principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido e beneficiários das tecnologias sociais. Além das entrevistas, dados sobre o uso dessas tecnologias em dois assentamentos rurais foram coletados por meio de um estudo de caso. Os dados produzidos foram analisados e interpretados, identificando-se as ideias relevantes para os objetivos da pesquisa. Os resultados do estudo apontam que as tecnologias sociais de convivência com o semiárido referente ao acesso à água beneficiaram mais de 5 milhões de pessoas e ocasionaram transformações sociais profundas no meio rural do semiárido brasileiro ao promover o acesso à água para consumo e produção agrícola das famílias. Deste modo, o acesso à água promoveu a diversificação da produção agropecuária familiar e o incremento de renda, com melhoria na saúde e na qualidade de vida das famílias beneficiadas. De modo geral, as principais políticas públicas voltadas à democratização do acesso à água no semiárido brasileiro apresentam eficácia e efetividade, especialmente o PIMC e o P1+2, todavia, em muitos casos, devido à ausência de uma política de assistência técnica permanente, há uma subutilização das tecnologias voltadas à produção familiar, acarretando assim, em desperdício de recursos públicos.

Palavras-chave: Escassez hídrica. Seca no semiárido. Agricultura familiar.

ABSTRACT

In recent decades, social technologies for coexistence with the semi-arid region have been consolidating themselves as a viable alternative for water security, as opposed to the policy model for combating drought, historically adopted in the Brazilian region where the semi-arid climate predominates. Given this context, the aim of this study was to identify the role that these technologies play for water security in rural communities and settlements in the Brazilian semi-arid region. For this, a qualitative research was carried out, raising data referring to the subject studied from several sources, such as scientific articles, books, newspapers, governmental websites and non-governmental organizations - NGOs that work directly with the object of the present study. This survey sought information on the quantity, characterization, functionality and management of the main social technologies aimed at capturing and storing rainwater, already implemented in the Brazilian semi-arid region, as well as the main public policies aimed at the implementation and dissemination of these technologies. In addition, a perception study was carried out with the main social actors on the benefits and impacts of the main social technologies for rural communities and settlements inserted in the Brazilian semi-arid region. In the perception study, NGOs managers directly involved in the execution of the main public policies aimed at coexistence with the semi-arid region and beneficiaries of the social technologies were interviewed. In addition to the interviews, data on the use of these technologies in two rural settlements were collected through a case study. The data produced were analyzed and interpreted, identifying relevant ideas for the research objectives. The results of the study indicate that social technologies for coexistence with the semi-arid region regarding access to water benefited more than 5 million people and caused profound social transformations in the rural environment of the Brazilian semi-arid region, by promoting access to water for household consumption and agricultural production. In this way, access to water promoted the diversification of family farming production and increased income, with improvements in the health and quality of life of the beneficiary families. In general, the main public policies aimed at democratizing access to water in the Brazilian semi-arid region are efficient and effective, especially the P1MC and the P1+2, however, in many cases, due to the absence of a permanent technical assistance policy, there is an underuse of technologies aimed at family production, resulting in a waste of public resources.

Keywords: Water scarcity. Drought in the semiarid region. Family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Mapa do semiárido brasileiro.....	21
Figura 2	–	Caixa d'água instalada em bairro da cidade de Marcolândia (A) e caminhão-pipa pegando água em açude público (B) para abastecer a população do município.....	25
Figura 3	–	Mulher carregando água na cabeça (A), homem carregando água em carrinho “mané magro” (B) e pessoas pegando água em caminhão-pipa (C).....	26
Figura 4	–	Desenho esquemático de uma cisterna familiar de 16.000 L com sistema de captação de água do telhado residencial.....	44
Figura 5	–	Cisterna de 16.000 litros construída próxima a cozinha de uma residência do assentamento Palmares I, em Crateús – CE.....	45
Figura 6	–	Desenho esquemático de uma cisterna calçadão.....	47
Figura 7	–	Cisterna calçadão: calçadão (A), decantador (B), cisterna calçadão vista de perto (C) e cisterna + calçadão (D).....	48
Figura 8	–	Vista de uma cisterna de enxurrada.....	49
Figura 9	–	Desenho esquemático de uma barragem subterrânea.....	50
Figura 10	–	Esquema representativo de uma barragem subterrânea submersa modelo Costa & Melo.....	53
Figura 11	–	Esquema representativo de uma barragem subterrânea modelo ASA Brasil.....	55
Figura 12	–	Esquema representativo de barragem subterrânea modelo EMBRAPA.....	57
Figura 13	–	Modelo de barragem subterrânea modelo Serra Negra do Norte.....	59
Figura 14	–	Etapas de construção de um barreiro trincheira: marcação da área a ser escavada (A), escavação (B), barreiro trincheira finalizado (C) e barreiro trincheira cheio (D).....	60
Figura 15	–	Barraginhas sucessivas em propriedade rural.....	61
Figura 16	–	Barraginha construída na margem de uma estrada, em Marcolândia – PI (A) e barraginha construída em área agrícola, em Simões – PI (B).....	62
Figura 17	–	Barraginhas de acumulação na comunidade Pilões, Capitão Gervásio Oliveira – PI (A e B) e na comunidade Nova Extrema, em Acauã – PI (C e D).....	64
Figura 18	–	Esquema representativo do sistema bioágua familiar.....	68
Figura 19	–	Convergência hidráulica de um sistema bioágua familiar.....	70
Figura 20	–	Vista superior da caixa de gordura do sistema bioágua familiar (A) e caixa de	

	gordura destampada (B).....	71
Figura 21	– Vista superior do filtro biológico do sistema bioágua familiar.....	72
Figura 22	– Ilustração de preenchimento do filtro biológico do sistema bioágua familiar	72
Figura 23	– Vista superior do tanque de reuso do sistema bioágua familiar.....	73
Figura 24	– Minhocário do sistema bioágua familiar.....	74
Figura 25	– Sistema de irrigação do sistema bioágua familiar: conjunto motobomba de baixa pressão e filtro de disco (A), tubulações e fita gotejadora ((B e C).....	75
Figura 26	– Área de cultivo de um sistema bioágua familiar.....	76
Figura 27	– Esquema representativo da osmose natural e osmose reversa.....	78
Figura 28	– Dessalinizador.....	79
Figura 29	– Canteiro econômico construído com placas de cimento pré-moldadas (A) e com lona plástica (B).....	84
Figura 30	– Sistema de irrigação “xique-xique”.....	86
Figura 31	– Sistema de irrigação microaspersão artesanal com cotonetes.....	87
Figura 32	– Etapas de montagem de um sistema de irrigação por gotejamento artesanal com cotonetes.....	87
Figura 33	– Detalhe da utilização de um microtubo na irrigação em planta de tomate.....	88
Figura 34	– Uso de cobertura morta em plantio de alface (A) e de tomate (B).....	89
Figura 35	– Estrutura telada para produção de hortaliças.....	90
Figura 36	– Esquema representativo dos sistemas de dessalinização implantados pelo Programa Água Doce – PAD.....	102
Figura 37	– Distribuição dos 891 sistemas de dessalinização instalados na primeira fase do Programa Água Doce – PAD, ocorrida entre 2011 e 2019.....	103
Figura 38	– Cisternas construídas com recursos do próprio agricultor em residências localizadas na localidade de Santo André (A) e no assentamento Palmares (B), ambas no município de Crateús – CE.....	105
Figura 39	– Unidade produtiva de Daniel Gomes em sistema bioágua familiar.....	115
Figura 40	– Unidade produtiva de dona Tuniza em cisterna calçadão, no assentamento Palmares I, em Crateús – CE.....	117
Figura 41	– Unidade produtiva de dona Rosileide em cisterna de enxurrada, no assentamento Liolândia, em Independência – CE.....	118
Figura 42	– Distribuição das tecnologias de convivência com o semiárido no assentamento Liolândia, no município de Independência – CE: cisternas de 16.000 litros	

	(menores e próximo das residências) e cisternas de enxurrada (maiores e mais distantes das residências).....	119
Figura 43 –	Uso atual da cisterna de 16.000 litros Liolândia (A) e das cisternas de enxurrada (B) no assentamento Liolândia.....	119
Figura 44 –	Cisterna de enxurrada vazia (A) e canteiros econômicos totalmente improdutivos (B) no assentamento Liolândia, município de Independência – CE.....	120
Figura 45 –	Cisterna de enxurrada utilizada para armazenar água para consumo humano, no assentamento Liolândia, município de Independência – CE.....	121
Figura 46 –	Distribuição das tecnologias de convivência com o semiárido no assentamento Palmares, no município de Crateús – CE: cisternas de 16.000 litros (menores e próximo das residências) e cisternas de enxurrada (maiores e mais distantes das residências).....	122
Figura 47 –	Uso atual das tecnologias de segunda água no assentamento Palmares I, Crateús – CE.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Parâmetros da demanda hídrica da população rural brasileira.....	44
Tabela 2	–	Métodos de irrigação utilizados no Brasil.....	80
Tabela 3	–	Eficiência dos principais sistemas de irrigação utilizados no Brasil.....	81
Tabela 4	–	Estimativa de áreas de cultivo que podem ser irrigadas com a água de uma cisterna calçadão ou de enxurrada (52.000 litros) considerando um período de 8 meses (240 dias), eficiência de aplicação de água de 90%, ETo média de 6,3 mm.dia ⁻¹ e Kc médio das culturas de 1,0 para as hortaliças folhosas e 0,8 para as hortaliças fruto, raízes e tubérculos.....	82
Tabela 5	–	Quantidade de cisternas de 16.000 litros construídas no semiárido brasileiro até 2019.....	100
Tabela 6	–	Quantidade de tecnologias de segunda água construídas no semiárido brasileiro até 2019.....	101
Tabela 7	–	Consumo médio de água dos principais animais criados no semiárido brasileiro.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACB	Associação Cristã de Base
AP1MC	Associação do Programa Um Milhão de Cisternas
ASA	Articulação do Semiárido Brasileiro
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
Codevasf	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra a Seca
Dr	Doutor
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FBB	Fundação Banco do Brasil
IBV	Instituto Bem Viver
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IFOCS	Instituto Federal de Obras Contra a Seca
IOCS	Instituto de Obras Contra a Seca
MDR	Ministério de Desenvolvimento Regional
MDS	Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome
MI	Ministério da Integração
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ONG	Organização não Governamental
P1+2	Programa Uma Terra e Duas Águas
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PAD	Programa Água Doce
PAT	Programa Água para Todos
SRH	Secretaria dos Recursos Hídricos
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
UGC	Unidade Gestora Central
UGMs	Unidades Gestoras Microrregionais
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xiii
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 GESTÃO DO CONHECIMENTO	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	20
3.2 ACESSO À ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	24
3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS PARA O MEIO RURAL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	28
3.4 PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	31
3.4.1 Programa um milhão de cisternas (P1MC)	31
3.4.2 Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)	33
3.4.3 Programa Água para Todos - PAT	35
3.4.4 Programa Água Doce - PAD.....	38
3.5 TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO.....	39
3.6 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO QUE VISAM A SEGURANÇA HÍDRICA DAS FAMÍLIAS CAMPONESAS.....	41

3.6.1 Cisternas de placas	41
3.6.2 Barragem subterrânea.....	49
3.6.3 Barreiro trincheira	59
3.6.4 Barraginhas.....	61
3.6.5 Tratamento de águas cinzas.....	66
3.6.6 Dessalinização de água salobra	76
3.7 O USO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EFICIENTES COMO UMA DAS FERRAMENTAS ESSENCIAIS PARA O ÊXITO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO	80
3.8 ESTRATÉGIAS PARA PRODUZIR ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO ECONOMIZANDO ÁGUA	83
3.8.1 Canteiros econômicos	83
3.8.2 Utilização de sistemas de irrigação eficientes e baratos	84
3.8.3 Utilização de cobertura morta	88
3.8.4 Utilização de estrutura telada	89
3.8.5 Cultivo de espécies e variedades mais resistentes ao estresse hídrico	90
3.9 ADERÊNCIA DO TEMA ESTUDADO À AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	90
4 METODOLOGIA.....	93
4.1 CARÁTER DA PESQUISA	93
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	94
4.2.1 Levantamento bibliográfico (coleta de dados secundários)	94
4.2.2 Coleta de dados primários	94
4.2.3 Caracterização das áreas de estudo	95
4.2.4 Análise dos dados.....	99
5 TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO IMPLANTADAS NO BRASIL	100

5.1 CISTERNA DE PLACAS DE 16.000 LITROS: QUANTAS JÁ FORAM ENTREGUES AOS BENEFICIÁRIOS E QUANTAS AINDA PRECISAM SER CONSTRUÍDAS	100
5.2 TECNOLOGIAS DE SEGUNDA ÁGUA: QUANTAS JÁ FORAM ENTREGUES AOS BENEFICIÁRIOS E QUANTAS AINDA PRECISAM SER CONSTRUÍDAS.....	101
5.3 DESSALINIZADORES	102
6 IMPACTOS E BENEFÍCIOS DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO PARA A POPULAÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO	105
6.1 IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À GARANTIA DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	105
6.2 IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À PRODUÇÃO DE ALIMENTOS	108
6.3 UTILIZAÇÃO E IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NOS ASSENTAMENTOS PALMARES I E LIOLÂNDIA	116
7 PERSPECTIVAS EM RELAÇÃO AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO BRASILEIRO.....	125
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
REFERÊNCIAS	129

1 INTRODUÇÃO

Por muito tempo a região brasileira em que predomina o clima semiárido foi vista pelos habitantes de outras regiões do país simplesmente como um lugar de terra seca e rachada, aonde se encontra carcaças de gado morto, crianças desnutridas e agricultura improdutiva (BATISTA e CAMPOS, 2013), além de pobreza generalizada e grande atraso socioeconômico, sendo essas situações geralmente associadas aos baixos índices pluviométricos presentes na região, visto que é no semiárido o local onde menos chove no Brasil.

Essa visão está muito equivocada. Primeiro, porque essa zona climática é um espaço de grandes riquezas, sejam elas naturais, culturais, políticas e sociais. Segundo, porque embora seja o local do país de menor índice pluviométrico, o semiárido brasileiro é um dos mais úmidos do planeta, em que a maioria dos municípios apresentam média pluviométrica superior a 500 mm ano⁻¹ (SILVA, 2019). Ou seja, o problema não reside simplesmente na quantidade de chuvas que cai nesse local, mas como esse recurso está distribuído no tempo e no espaço e, especialmente, como esse problema foi tratado pelos gestores públicos do país nos anos de escassez extrema (anos de seca).

Devido essa visão distorcida sobre as potencialidades do semiárido brasileiro, durante várias décadas as ações governamentais para superar os problemas decorrentes da escassez hídrica foram pautadas em políticas de “combate à seca”, por meio da implantação de megaprojetos de “*pseudo*” desenvolvimento, como a construção de grandes obras hídricas. Essas políticas não resolveram os problemas de acesso à água da população, principalmente da população rural de comunidades difusas, visto que as águas armazenadas nesses reservatórios foram utilizadas preferencialmente para o consumo da população urbana e para o desenvolvimento de alguns projetos de irrigação na região (SILVA et al., 2009). Além disso, tais políticas desprezavam o modo de viver dos povos rurais ao não levar em consideração seus conhecimentos e saberes adquiridos durante séculos de como lidar com a escassez hídrica, fato esse que tornou tais políticas ineficientes, gerando assim um grande desperdício de recursos públicos, além de ampliar a crise social local, a concentração de renda e afetar todo o processo de desenvolvimento da região (ASSAD et al., 2016).

Diante desse contexto, existia uma necessidade de discutir e construir uma nova proposta em que os anseios e necessidades da população rural do semiárido fossem atendidos. Essa nova proposta deveria ser baseada na valorização da captação e armazenamento de água de chuvas e do seu povo, respeitando a disponibilidade de recursos naturais e as condições

climáticas locais (ASSAD et al., 2016). Assim, no final dos anos 1980 e principalmente na década de 1990, a partir de pressões da sociedade civil organizada, lideradas por diversas organizações e movimentos sociais, começaram a ser discutidas e implantadas novas políticas públicas para as comunidades rurais difusas no semiárido. O diferencial dessas novas políticas públicas é que elas tinham como foco principal a convivência com o semiárido, pois chegou-se à conclusão que a política de combate à seca praticada até então era inadequada, uma vez que um fenômeno natural como a seca não pode ser combatido, mas podem ser criadas estratégias para conviver com ela.

A implantação das principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido se deu principalmente por meio do desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de tecnologias sociais de convivência com o semiárido já existentes. Essas tecnologias são um conjunto de práticas simples, que são desenvolvidas coletivamente pela própria população local para viabilizar mais dignidade ao seu modo de vida e constituem-se em uma grande ferramenta de poder, uma vez que carregam consigo um forte apelo de quebra do paradigma entre o combate à seca e a convivência com o semiárido (SILVA e BARROS, 2016).

Assim, as tecnologias sociais de convivência com o semiárido emergiram como uma alternativa viável, em contraposição ao modelo de política de combate à seca existente. Seu principal objetivo era garantir a segurança hídrica e alimentar das famílias das comunidades e assentamentos rurais, visto que é nesse espaço aonde se concentrava a população mais pobre do país, como também é o espaço mais atingido pelos efeitos negativos da escassez hídrica (SILVA et al., 2020).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar o papel que as tecnologias sociais de convivência com o semiárido desempenham para a segurança hídrica das comunidades e assentamentos rurais do semiárido brasileiro.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar os principais benefícios e impactos das tecnologias sociais voltadas à captação e armazenamento da água da chuva para as comunidades e assentamentos rurais do semiárido brasileiro.

Analisar as principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido.

Realizar um estudo de caso em dois assentamentos rurais, localizados na região mais seca do estado do Ceará (região dos Inhamuns).

3 GESTÃO DO CONHECIMENTO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O semiárido brasileiro é um dos maiores do mundo, ocupando uma área de 1.128.697 km². Essa área corresponde a 13,3% do território nacional e abrange cerca de 1.262 municípios localizados nas regiões sertanejas dos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e uma pequena parte do sudeste do estado do Maranhão, além de uma parte da região norte do estado de Minas Gerais (Figura 1). Os critérios para delimitação do ambiente semiárido brasileiro foram aprovados pelas Resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017 e leva em consideração 3 índices: precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, índice de aridez de *Thornthwaite* igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (SUDENE, 2017).

Em relação à ocupação, o semiárido brasileiro é uma das áreas semiáridas mais povoadas do mundo, apresentando densidade demográfica de 24 habitantes por km², abrigando atualmente cerca de 28 milhões de pessoas, ou seja, 12% de toda a população do país. Quanto ao espaço em que residem, 62% da população da região reside em áreas urbanas e 38% reside em áreas rurais (LAMBAIS et al., 2019).

Do ponto de vista socioeconômico, historicamente, a região brasileira em que predomina o clima semiárido enfrentou sérios problemas, apresentando indicadores sociais muito baixos (LEVINO et al., 2020). Embora nos últimos tempos, tenha havido transformações na economia e na sociedade dessa região, impulsionadas principalmente por políticas de desenvolvimento econômico e políticas sociais de transferência de renda, como o programa Bolsa Família do governo federal (PATERNOSTRO, 2021), essa região ainda é vista como espaço de relativo atraso socioeconômico, principalmente seu meio rural, espaço que concentra a população mais pobre da região (CAVALCANTI JUNIOR e LIMA, 2019). Dados do Ministério da Integração Nacional (2003), órgão extinto em 2019, indicam que é no semiárido que se concentra mais da metade (58%) da população pobre do país, enquanto dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF (2011) demonstram que 67,4% das crianças e adolescentes dessa região são afetados pela pobreza.



Figura 1. Mapa do semiárido brasileiro.

Fonte: SUDENE (2017).

Convêm ressaltar que o semiárido brasileiro apresenta um dos piores Índice de Desenvolvimento Humano – IDH do país, o que significa um déficit em relação aos indicadores de renda, educação e longevidade. Todos os municípios brasileiros inseridos no ambiente semiárido apresentam IDH médio inferior ao IDH médio do Brasil (0,754) e em 60,09% deles o IDH é considerado baixo ou muito baixo (ASA, 2021). Essa situação decorre de diversos fatores, como por exemplo, o acesso à educação e a ausência de estrutura social, como o acesso à água e ao saneamento básico (SILVINO et al., 2016). Além disso, parte da população do meio rural do semiárido brasileiro ainda sofre com a herança de uma estrutura agrária regional concentradora de terra e água, o que até os dias atuais contribui significativamente com o cenário de desigualdade social (BRITO et al., 2019).

Quanto ao histórico atraso socioeconômico predominante no semiárido brasileiro, diversos são os fatores que impediram essa região de se desenvolver na mesma velocidade que as demais regiões do país. De modo geral, as atividades econômicas desenvolvidas na região estiveram assentadas em relações de produção atrasadas em comparação àquelas vigentes nas demais regiões do país, principalmente quando comparadas as atividades econômicas desenvolvidas nas regiões Sul e Sudeste. Além disso, também há uma elevada concentração da riqueza e da renda gerada na própria região, resultando em desigualdades sociais profundas. Tais desigualdades elevam as taxas de pobreza da região, fazendo com que a população mais pobre viva em muitas ocasiões em “condições sub-humanas” nas periferias das cidades e na zona rural dos municípios (ASA, 2021).

Do ponto de vista climático o semiárido brasileiro apresenta condições marcantes, com precipitações pluviométricas irregulares distribuídas, em geral, entre os meses de janeiro e maio, associadas a temperaturas elevadas durante o ano inteiro. Como grande parte dessa região fica em áreas de baixa latitude, os níveis de radiação solar incidem com grande intensidade, resultando em elevadas taxas de evaporação, reduzindo assim a umidade do solo e a quantidade de água armazenada nos reservatórios superficiais, o que em conjunto com a precipitação reduzida e irregular durante o ano promovem um balanço hídrico climático anual negativo, ocasionando um fenômeno que alguns pesquisadores descrevem como “chover para cima” (ARAÚJO, 2011; CORREIA et al., 2011).

Apesar de apresentar irregularidade pluviométrica, com precipitações variando entre 300 e 800 mm ano⁻¹, o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do mundo, pois a maior parte dos ambientes semiáridos do planeta apresentam precipitação pluviométrica anual média variando entre 80 e 250 mm (SILVA, 2019). Assim, o problema não é simplesmente a quantidade de chuva que cai nessa região, uma vez que essa quantidade seria suficiente para garantir o abastecimento humano, a dessedentação animal e a produção agrícola; o grande problema reside no fato de as chuvas serem más distribuídas temporalmente e espacialmente e a ausência de políticas estruturantes para armazenar a água das chuvas para ser utilizada nos meses em que não há incidência de chuvas na região (CORREIA et al., 2011). Além disso, uma outra característica marcante das chuvas do semiárido brasileiro é a alta intensidade, chegando a chover, em alguns casos, até mais de 200 mm em poucas horas. Como a maioria dos solos predominantes na região são rasos, a quantidade de água armazenada para ser utilizada pelas plantas é muito pequena e, no caso de ocorrências de chuvas muito intensas, a maior parte da água é escoada superficialmente.

O relevo no ambiente semiárido é bastante irregular. Esse fator, associado a uma grande diversidade de litologias, material originário e regime de umidade do solo dão como resultados a presença de diversas classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem (CUNHA et al., 2010).

Do ponto de vista geológico, o ambiente semiárido é bastante variável, sendo seu subsolo constituído predominantemente (70%) por rochas ígneas e metamórficas, genericamente chamadas de cristalinas, seguidas de áreas sedimentares. Em menor proporção, encontram-se áreas de cristalino com cobertura pouco espessa de sedimentos arenosos ou arenoargilosos (CUNHA et al., 2010).

O bioma predominante no semiárido brasileiro é a caatinga, sendo esse o único bioma exclusivamente brasileiro. A vegetação desse bioma recebe o mesmo nome e é originária do *tupi-guarani* e significa “mata branca” devido ao aspecto esbranquiçado dos troncos de árvore em virtude do clima seco. Trata-se de uma vegetação única, encontrada apenas nessa parte do planeta (LIMA, 2011).

Embora em 2001 a riqueza das plantas da caatinga tenha sido reconhecida como Reserva da Biosfera pela UNESCO, no geral, a imagem que historicamente foi propagada no Brasil e no mundo é que a caatinga é uma vegetação pobre em biodiversidade, dominada por arbustos com galhos secos e plantas de pequeno porte, fato esse que não representa a realidade do bioma, uma vez que o mesmo tem uma importância fundamental para a biodiversidade do planeta, pois um terço de suas plantas e 15% de seus animais são espécies endêmicas, ou seja, não existem em nenhuma outra parte do mundo (SILVA, 2019).

No geral, a vegetação da caatinga é formada por plantas xerófilas (gramíneas, pequenos arbustos, árvores de menor porte com caules retorcidos e cobertos de espinhos), com folhas pequenas que reduzem a transpiração, os caules suculentos para armazenar água e as raízes espalhadas para capturar o máximo de água durante as chuvas (SILVA, 2003; MATA NATIVA, 2019). Destacam-se algumas espécies nativas adaptadas, com variadas formas de tolerância ao déficit hídrico e a altas temperaturas, como o mandacaru (*Cereus jamacaru*), facheiro (*Pilosocereus pachycladus*) e xique-xique (*Pilosocereus gounellei*). Também há plantas de grande porte, como o juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* L) (BRASIL ESCOLA, 2022). Essas plantas de grande porte em geral não perdem suas folhas no período de estiagem como a maioria das plantas da caatinga, pois apresentam mecanismos que lhes permitem armazenar água para ser usado durante esse período ou apresentam sistema radicular muito extenso, capaz de buscar água em grandes profundidades.

Na composição da caatinga há predominância de árvores baixas e arbustos que no período das secas perdem suas folhas visando evitar a perda de água para a atmosfera por meio da transpiração, ocasionando assim redução do processo fotossintético, resultando em economia de energia. Quando se inicia a estação chuvosa, as folhas das plantas voltam a aparecer de forma muito rápida.

Convém destacar que o semiárido brasileiro é um local de complexidades, tanto no que se também refere aos aspectos geofísicos, quanto à ocupação humana e a exploração dos seus recursos naturais. A complexidade é percebida nas atividades econômicas, com a coexistência de áreas tradicionais ou estagnadas de plantios de sequeiro e as áreas de modernização intensa de plantios irrigados (SILVA, 2003). Também é um espaço de muitas faces, como destacado por Malvezzi (2007):

O semiárido brasileiro não é apenas clima, vegetação, solo, sol, água. É povo, música, festa, arte, religião, política, história. É processo social. Não se pode compreendê-lo de um ângulo só. Traz consigo uma identidade cultural para além do clima e do bioma. É o semiárido mais chuvoso do planeta. (...) É também o mais populoso, e em nenhum outro as condições de vida são tão precárias como aqui. (MALVEZZI, 2007, p. 9).

3.2 ACESSO À ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

O acesso à água é um tema de grande relevância no semiárido brasileiro, pois historicamente, essa região enfrentou sérios problemas relacionados à falta de água, tanto para o consumo humano e animal quanto para produção agrícola. De acordo com Lima et al. (2011) a escassez hídrica nessa região resulta de um conjunto de fatores, sejam eles geográficos, políticos, ambientais e econômicos, associados ainda às formas desiguais de apropriação e de uso dos recursos hídricos pela população.

Os problemas de escassez hídrica no semiárido atingem toda a população, sendo esse problema mais acentuado para a população rural, visto que a maioria das cidades localizadas no semiárido são abastecidas com água oriunda de açudes/barragens ou de poços tubulares, sendo a água transportada por adutoras que saem das referidas estruturas hídricas até as estações urbanas de tratamento, e dessas, para os consumidores. Todavia, é válido destacar que embora a maioria das cidades inseridas no semiárido contem com abastecimento de água público, ainda existem cidades dessa região em pleno ano de 2022 que não foram contempladas com essa benfeitoria, dependendo assim de outras fontes para o abastecimento de sua população, como é o caso da cidade de Marcolândia, no estado do Piauí (Figura 2). Já em áreas rurais o caso é mais grave ainda, visto que a maioria das comunidades não contam

com sistema de abastecimento de água, dependendo assim de outras fontes de água para seu abastecimento, como cisternas, poços tubulares e cacimbões (ASA, 2019). De acordo com dados apresentados em relatório da Articulação do Semiárido Brasileiro - ASA (2011), a quantidade de famílias rurais que moram no semiárido que não possuem acesso geral à rede de abastecimento de água chega a 67%.



Figura 2. Caixa d'água instalada em bairro da cidade de Marcolândia (A) e caminhão-pipa pegando água em açude público (B) para abastecer a população do município.

Fonte: O Autor (2022).

Além da quantidade, outro fator relevante quando se trata de abastecimento humano é a qualidade da água e, tratando-se do meio rural do semiárido brasileiro, na maioria das vezes, o abastecimento de água para consumo humano é realizado de forma precária, sem o devido monitoramento para se atestarem os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente (VENTURA e GUIMARÃES, 2022). A organização mundial de saúde – OMS (2011) classifica esses parâmetros em três grupos: físicos (temperatura, cor, sabor, odor, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos), químicos (potencial hidrogeniônico - pH, alcalinidade, dureza da água, cloretos, ferro, manganês, nitrogênio, fósforo, fluoreto, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio – DBO e demanda química de oxigênio – DQO) e microbiológicos (coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*).

O fato é que garantir água em quantidade e qualidade para atender as necessidades básicas das famílias no meio rural do semiárido brasileiro até recentemente era um grande desafio. Devido essa região ser por tanto desprovida de políticas públicas que visavam resolver de forma definitiva o recorrente problema de falta de água para sua população, principalmente nos anos de pouca chuva, a maioria das famílias tinham grandes dificuldades

em conseguir água em quantidade e qualidade adequada para seu consumo. Em muitas ocasiões, era necessário o deslocamento de quilômetros para conseguir um balde de água em alguma fonte, como cacimbões ou cacimbas, ou ainda em caminhões-pipa fornecidos pelo poder público. Assim, era muito comum na zona rural ver pessoas com baldes de água na cabeça ou em algum equipamento que levava mais de um balde ao mesmo tempo, como o carrinho “mané magro” (Figura 3). Essa árdua tarefa era feita principalmente pelas mulheres, haja vista que na maioria dos casos os homens das famílias dedicavam-se exclusivamente a lavoura e/ou as atividades pecuárias.



Figura 3. Mulher carregando água na cabeça (A), homem carregando água em carrinho “mané magro” (B) e pessoas pegando água em caminhão-pipa (C).

Fontes: CUT (2018) e G1 (2015).

É importante destacar que no semiárido brasileiro, toda e qualquer ação de garantia de acesso à água precisa considerar três aspectos: fonte, transporte e tratamento. Como praticamente não existem rios perenes (a exceção são os rios São Francisco e Parnaíba), a região apresenta o menor percentual de água reservada no país, próximo a 3%, o que torna a água de chuva sua principal fonte de abastecimento (ASA, 2019). Diante desse contexto, pode-se afirmar que não é possível discutir água no semiárido sem trazer para o centro do

debate o lugar da água de chuva, pois ela representa a principal fonte de água renovável do semiárido brasileiro (BRITO et al., 2010).

Um fato relevante que deve ser considerado é que o semiárido brasileiro é uma das regiões semiáridas mais chuvosas do planeta, pois apresenta médias pluviométricas variando entre 300 e 800 mm anualmente, em que a maioria dos municípios essa média supera os 500 mm ano⁻¹ (SILVA, 2019). Assim, pode-se deduzir que os problemas hídricos existentes na região, tanto os problemas ligados ao abastecimento humano quanto aos problemas de falta de água para produção agrícola e animal não estão relacionados somente ao quantitativo de chuvas, e sim, a má distribuição temporal e espacial desse recurso, como também a ausência de políticas públicas voltadas a viabilizar a construção de estruturas para estocar a água do período de chuvas para poder ser utilizada nos meses de escassez. Além disso, também há a necessidade de orientar a população para as questões relacionadas com a gestão da água em situação de limitação desse recurso (ASA, 2019; BRITO et al., 2019).

Sobre esse assunto, Malvezzi (2007) destaca que a estocagem de água tanto para consumo humano e animal quanto para a produção de alimentos é um aspecto central na abordagem da convivência com o semiárido. Segundo esse autor:

“O segredo da convivência com o Semiárido passa pela produção e estocagem dos bens em tempos chuvosos para se viver adequadamente em tempos sem chuva. O principal bem a ser estocado é a própria água”. (MALVEZZI, 2007, p. 12).

Muitos estudos e pesquisas têm destacado a contribuição da captação e armazenamento de água de chuva para o abastecimento familiar e a viabilidade das suas atividades agrícolas no semiárido brasileiro, aonde a escassez hídrica é principal desafio para o desenvolvimento desse território.

Por outro lado, o desenvolvimento sustentável do semiárido está associado à implementação de políticas públicas, que viabilizem as tecnologias de convivência com a seca, especialmente no que se refere à captação de água de chuva de forma integrada e sistêmica.

O aproveitamento das águas das chuvas confere particularidade ao semiárido brasileiro, pois cerca de 92% das águas de chuva que caem neste ambiente são perdidas por evaporação e transpiração, sendo aproveitados apenas 8% de todas as chuvas na alimentação dos rios, açudes e sistemas de drenagem (CARVALHO, 2004). O autor relata ainda que o semiárido brasileiro difere de outras áreas semiáridas do mundo como, por exemplo nos

Estados Unidos e Israel, onde as perdas de água da chuva por evapotranspiração representam apenas 45% do total precipitado.

3.3 POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS PARA O MEIO RURAL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

As políticas públicas são programas de ação governamental do Estado junto à sociedade e objetivam responder a demandas, principalmente dos setores mais marginalizados da sociedade, considerados como vulneráveis. São políticas elaboradas em documentos (leis, programas, linhas de financiamento, etc.) que orientam ações que normalmente envolvem aplicações de recursos públicos, sejam eles federais, estaduais ou municipais. Convém ressaltar que nem toda ação governamental é uma política pública, pois para ser definida como tal é preciso levar em consideração a quem se destinam os resultados e/ou benefícios, como também se o seu processo de elaboração é submetido ao debate público (TEIXEIRA, 2002).

A legitimação de uma política pública é dependente da participação de vários atores como entes públicos, instituições e membros da sociedade civil organizada. Assim, na elaboração de uma política pública significa definir quem decide o quê, quando, com que consequências e para quem. Essas definições estão diretamente relacionadas com a natureza do regime político em que se vive, com o grau de organização da sociedade civil e com a cultura política vigente (TEIXEIRA, 2002).

Nesse contexto, as políticas públicas permitem romper com as barreiras que separam a administração pública da sociedade, pois esta pode participar de sua concepção, de sua decisão e de sua implantação (MATTEI, 2008). Outro fato importante sobre as políticas públicas é que elas podem ser desenvolvidas tanto em parceria com organizações não governamentais como em parceria com a iniciativa privada. É de fundamental importância compreender que políticas públicas não são somente uma intervenção do governo, e sim um referencial de diretrizes gerais que regulamentam tanto as ações do governo, organizações, bem como os cidadãos (TEIXEIRA, 2002).

Em relação ao semiárido brasileiro, historicamente, a ideia que prevaleceu para os problemas referentes à escassez hídrica da região foi a de “combate à seca” por meio da implantação de megaprojetos de “desenvolvimento”, como a construção de grandes obras hídricas por meio de órgãos governamentais como o Instituto de Obras Contra a Seca (IOCS), o Instituto Federal de Obras Contra a Seca (IFOCS) e o Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). Essa ideia se mostrou ineficaz, pois além de causarem um elevado impacto ambiental, as grandes obras hídricas não resolveram as dificuldades decorrentes da

escassez hídrica da região, principalmente para as populações rurais, uma vez que as águas desses reservatórios foram utilizadas preferencialmente para o consumo da população urbana e para desenvolver alguns projetos de irrigação na região (SILVA et al., 2009).

De certa forma, a maioria desses grandes projetos pensados para a região constituíam-se em uma negação do modo de viver do sertanejo, desprezando sua autonomia e o seu conhecimento sobre como a melhor forma de lidar com os problemas existentes em consequência da inconsistência climática característica dessa região, ou seja, a política de combate à seca culminou em políticas ineficientes para resolução dos problemas decorrentes da pouca oferta de água.

De acordo com Assad et al. (2016), esse modelo de “combate à seca” adotado no semiárido brasileiro desprezou os conhecimentos e saberes de seus povos, provocando assim um grande desperdício de recursos públicos, além de ampliar a crise social local, a concentração de renda e afetou todo o processo de desenvolvimento da região.

No que concerne ao meio rural, por muito tempo as políticas governamentais foram pensadas quase que exclusivamente para os grandes proprietários de terra da região. A maioria da população, devido não possuir terra, era excluída das principais ações do governo brasileiro. Um exemplo que pode ser citado para ilustrar essa situação é a construção de estruturas como pequenos açudes e cacimbões nas terras dos grandes proprietários nos anos de seca custeados por recursos públicos por meio de programas conhecidos popularmente como os “bolsões do governo”. Esses programas governamentais pagavam uma certa quantia em dinheiro para as famílias necessitadas e, em troca, algum membro da família tinha que prestar serviço visando construir alguma estrutura de “combate à seca”. O problema é que essas estruturas eram construídas nas terras dos grandes proprietários e nos anos de escassez de chuvas subsequentes, geralmente só quem se beneficiava era os donos da terra.

No geral, a forma como essas políticas públicas eram executadas acabavam por beneficiar as elites locais e reforçavam o clientelismo, pois se restringiam a ações pontuais, privilegiando as pessoas que já tinham alguma forma de acesso ao poder ou correligionários das oligarquias locais, acentuando assim ainda mais as desigualdades sociais e corroborando para a manutenção das estruturas de poder existentes na região (BURSZTYN, 2008; NOGUEIRA et al., 2020).

De fato, a população rural dessa região do Brasil vivia cansada de esperar por políticas públicas que realmente resolvessem seus problemas, principalmente os problemas relacionados a escassez hídrica e viu que para garantir sua permanência com sustentabilidade nesse espaço era necessário romper com antigos paradigmas e construir uma nova proposta

em que seus anseios e necessidades fossem atendidos. Essa nova proposta deveria ser baseada na valorização da região e do seu povo, mas deveria respeitar a disponibilidade de recursos naturais e as condições climáticas locais (ASSAD et al., 2016).

Nesse contexto, a partir de pressões da sociedade civil organizada, começaram a ser discutidas no Brasil políticas públicas voltadas para a convivência com o semiárido. Tais políticas não foram frutos da bondade de nenhum governo, pois resultaram da insistência dos movimentos sociais e diversas organizações sociais locais em dizer que a política de combate à seca não servia para os povos do semiárido, pois um fenômeno natural como a seca não podia ser combatido, mas poderiam ser criadas estratégias para conviver com ela. Segundo Silva (2006):

A convivência é uma proposta cultural, que visa contextualizar saberes e práticas (tecnológicas, econômicas e políticas) apropriados à semiaridez, reconhecendo a heterogeneidade de suas manifestações sub-regionais, considerando também as compreensões imaginárias da população local sobre esse espaço, suas problemáticas e alternativas de solução, que foram sendo construídas e desconstruídas ao longo da história de sua ocupação. (SILVA, 2006, p. 226)

Assim, um novo semiárido foi sendo construído, baseado nos conhecimentos tradicionais e nas experiências exitosas de seus povos. Aos poucos, foi-se demonstrando que a vida nesse espaço pode ser menos árdua, desde que fossem feitos investimentos corretos e que tivessem como objetivo promover vida mais digna para a população dessa região que historicamente foi tão sofrida.

Diante disso, as propostas de convivência com o semiárido apresentam como foco principal a mudança da forma de viver do homem sertanejo, compreendendo que a partir da nossa realidade, existe a possibilidade de viver bem no semiárido, trabalhando e produzindo em prol do desenvolvimento da região e da população local (TELES, 2020), pois não bastava captar e armazenar água para consumo humano, também era preciso captar e armazenar água para produzir.

Assim, além das políticas públicas voltadas à garantia de água para o consumo humano no semiárido brasileiro, também havia a necessidade de discutir e implantar políticas públicas voltadas à garantia de água para produção de alimentos, visto que nesse espaço a produção agrícola costumava ser de sequeiro, ou seja, era sazonal e ainda era dependente de chuvas regulares no período chuvoso.

Convém ressaltar que somente a partir de 2003, o Governo Federal em parceria com a Organização Não Governamental ASA Brasil implementou políticas públicas efetivas de

convivência com a seca no que se refere as tecnologias de captação e armazenamento de água de chuva denominadas de tecnologias sociais de convivências com o semiárido. Neste contexto, a ASA abandona a ideia de difusão de tecnologia e, padroniza um método inovador de construção dessas tecnologias sociais, incorporando a participação popular com amplo processo de mobilização social envolvendo famílias, comunidades e instituições.

3.4 PRINCIPAIS POLÍTICAS PÚBLICAS VOLTADAS À DEMOCRATIZAÇÃO DO ACESSO À ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

3.4.1 Programa um milhão de cisternas (P1MC)

O P1MC foi um programa executado pelo Ministério do Desenvolvimento Social – MDS e coordenado pela rede organizacional Articulação no Semiárido Brasileiro – ASA. Iniciado em 2000, o programa fazia parte do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido e tinha como meta construir, como o próprio nome sugere, um milhão de cisternas de placas de 16.000 litros no semiárido, sendo essa meta alcançada em 2014 (ASA, 2021).

O P1MC foi planejado dentro de uma ótica de participação popular, envolvendo o maior número possível de atores. Seu principal objetivo era promover o acesso à água potável para o consumo humano das populações rurais de comunidades difusas por meio da construção de cisternas de placas para a captação e armazenamento de água de chuva (BRITO et al., 2010; ASA, 2021). Além disso, o programa governamental também fomentava processos de formação e de mobilização das populações rurais para a convivência com o semiárido (NEVES et al., 2010).

De forma resumida, as ações do P1MC visavam atender a uma necessidade básica da população do semiárido brasileiro: água para beber. Como em muitas comunidades rurais dessa região não existia uma fonte hídrica para garantir o abastecimento humano e muitas vezes quanto tinha a água não apresentava boa qualidade, o P1MC veio para promover melhorias na vida das famílias que residem nesse espaço, garantindo o acesso à água de qualidade e em quantidade adequada. Além disso, o P1MC promoveu a descentralização e democratização do acesso à água, uma vez que ao contrário do que tinha ocorrido até então em que na maioria das ocasiões os recursos públicos eram destinados à construção de grandes obras hídricas, as cisternas estocam um volume de água para uso de cada unidade familiar. Assim, a grande conquista dessas famílias reside no fato de que a partir desse momento, elas passaram de dependentes a gestoras de sua própria água (ASA, 2021).

Para atingir o objetivo proposto, o P1MC foi operado por 58 organizações da sociedade civil presentes em várias microrregiões de todos os estados abrangidos pelo semiárido. Essas organizações funcionaram como as Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs) e foram coordenadas pela Associação do Programa Um Milhão de Cisternas (AP1MC) – Unidade Gestora Central (UGC) localizada em Recife (PE). O programa foi organizado em seis componentes: Controle Social, Capacitação, Fortalecimento Institucional, Comunicação, Construção de Cisternas e Mobilização (NEVES et al., 2010).

O primeiro passo do P1MC era a realização da seleção e o cadastramento das famílias que seriam beneficiárias da cisterna (ASA, 2021). Nessa etapa eram selecionadas as comunidades e famílias beneficiárias da tecnologia social tendo como base os seguintes critérios: renda *per capita* de até meio salário mínimo; famílias chefiadas por mulheres; famílias que possuíam idosos; portadores de deficiência e crianças entre 0 e 6 anos ou crianças e adolescentes frequentando regularmente a escola. Essa etapa era articulada pelos próprios municípios, que formavam uma comissão municipal, composta por diversas organizações populares e comunitárias (NEVES et al., 2010).

A mobilização social era um componente fundamental do P1MC e fundamentava-se na ideia de que a cisterna viabilizada pelo programa governamental representava uma grande conquista social, e não apenas uma doação para a população rural mais carente do semiárido brasileiro (ASA, 2021).

O controle social do P1MC era exercido pelo conjunto de instituições articuladas para a execução do programa a partir da constituição de vários espaços para tal fim. Dentre os vários espaços constituídos, merecem destaque as comissões municipais, os encontros microrregionais, estaduais e o encontro nacional da ASA (Enconasa) (NEVES et al., 2010; ASA, 2021).

Outros dois componentes essenciais do P1MC eram as ações de fortalecimento institucional e a comunicação. As ações de fortalecimento institucional referiam-se ao custeio previsto para que as UGMs executassem o programa. Para tanto, era formada uma equipe qualificada de no mínimo cinco profissionais multidisciplinares e eram disponibilizados recursos para a execução dos demais componentes. Já a estratégia de comunicação do programa reforçava a ideia de que o semiárido brasileiro é um espaço viável do ponto de vista econômico e social e que nele são realizadas diversas iniciativas importantes para o desenvolvimento da região que necessitam ser divulgadas para todo o país (NEVES et al., 2010).

De um modo geral, o P1MC foi um programa que além de visar a garantia de água para consumo de no mínimo 5 milhões de pessoas no semiárido brasileiro por meio da construção de cisternas de placas de 16.000 litros, também foi um programa que apresentou um cunho social muito forte, pois promoveu uma grande mobilização social na região. Nesse processo foram tratadas reflexões sobre a vida comunitária, novas formas de participação e organização popular, além do estímulo à criatividade no acesso às políticas públicas que realmente venham a contribuir com o desenvolvimento social e econômico da região brasileira em que ocorre o clima semiárido (GUALDANI e SALES, 2016).

Além da transferência da tecnologia social, o P1MC também fomentava a gestão da água por meio de cursos de capacitação baseados no tripé gerenciamento dos recursos hídricos, cidadania e convivência com o semiárido. No curso que tratava do gerenciamento dos recursos hídricos era abordada a importância da captação e do manejo da água de chuva para a melhoria das condições de vida das famílias, como também situava a água como um direito básico de todos e a cisterna como uma conquista social de imensa relevância, enquanto no curso que tratava sobre cidadania era feita uma reflexão sobre as relações políticas entre a Sociedade Civil e o Estado, com ênfase nos modelos de desenvolvimento implantados no semiárido brasileiro ao longo da história. Por sua vez, o curso que tratava de convivência com o semiárido buscava promover reflexões sobre as características naturais da região e as possibilidades que influenciam nas práticas de convivência sustentável (ASA, 2021).

3.4.2 Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)

O Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2) também é um programa articulado pela Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA) e é parte integrante do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido. Criado em 2007, esse programa foi concebido visando fortalecer os efeitos e dar sequência ao P1MC em nove estados abrangidos pelo semiárido brasileiro (SOUZA, 2014). Assim, o P1+2 pretendia assegurar à população rural do semiárido brasileiro o acesso à terra e à água, tanto para consumo humano e dessedentação dos animais, como para produção de alimentos orgânicos em áreas de produção familiar, contribuindo assim para a soberania e a segurança alimentar e nutricional das famílias envolvidas, como também para a geração de renda e sustentabilidade ambiental (GNADLINGER, et al., 2007).

O P1+2 foi inspirado nas realizações do governo chinês na região daquele país em que ocorre o clima semiárido. Ativistas brasileiros conheceram a experiência chinesa e a trouxeram para o Brasil. De forma simplificada, o projeto chinês consistia em um processo de

reforma agrária, que deu a cada família do meio rural 0,6 hectare de terra, um reservatório de captação de água de chuva próximo de sua casa para consumo humano e um reservatório para captação de água de chuva para produção (MALVEZZI, 2007).

O P1+2 recebeu esse nome como forma ilustrativa de seu alcance, ou seja, duas águas para uma mesma terra. A primeira água era aquela destinada ao consumo humano, que foi viabilizada a partir da construção das cisternas de placas de 16.000 por meio das ações do P1MC. Já a segunda água (+2) era a voltada principalmente a produção de alimentos e ao dessedentamento animal (SOUZA, 2014).

Voltado para dinamizar os processos de desenvolvimento rural no semiárido brasileiro, a proposta principal do P1+2 é garantir condições concretas para as famílias agricultoras produzirem em suas unidades familiares por meio da transferência de tecnologias de captação e armazenamento de água das chuvas, isto é, o objetivo dessas tecnologias é estocar água nos tempos de fartura para ser utilizada nos tempos de escassez (ASA, 2021). Além disso, o programa também almejava o domínio de conhecimentos para a gestão dos recursos hídricos, visando fortalecer as estratégias de produção com base no princípio da convivência com o semiárido, ou seja, o P1+2 é mais que um projeto técnico, é uma estratégia de quem realmente quer mudar a realidade social da região a partir de um conceito novo: o de convivência com o semiárido (MALVEZZI, 2007).

Os processos de formação e capacitação também são fomentados pelas ações do P1+2. Assim, todas as famílias beneficiadas pelo programa participam necessariamente de vários momentos de capacitação e trocas de experiências.

O primeiro momento de capacitação do P1+2 é o curso obrigatório denominado Gerenciamento da Água para Produção de Alimentos (GAPA). Esse curso deve ser realizado antes do início da construção da tecnologia social e aborda questões relacionadas aos processos de produção familiar envolvendo o manejo sustentável da água armazenada, sendo esses processos baseados nos princípios da agroecologia (SOUZA, 2014).

No segundo momento de capacitação do P1+2, as famílias beneficiadas devem participar do curso Sistema Simplificado de Manejo da Água (SSMA), que é um curso prático em que as famílias montam um sistema produtivo simplificado que funcione com economia de água. Esse curso geralmente é realizado na unidade de propriedade de um beneficiário e devem ser trabalhadas técnicas simples que possibilitam as famílias o uso racional da água armazenada, além de serem disponibilizados os materiais previstos no projeto apropriados para irrigação bem como os destinados à criação de pequenos animais. É nessa capacitação

que é fomentada o planejamento da produção integrada (horta/pomar/roçado/pequenos animais/apicultura) considerando o volume de água disponível (ASA, 2021).

Por fim, o terceiro momento de capacitação do P1+2 são os intercâmbios, que configuram instrumentos metodológicos que enriquecem o processo de formação e capacitação (SOUZA, 2014). São nos intercâmbios que os agricultores e agricultoras têm a oportunidade de conhecer experiências desenvolvidas por outras famílias de agricultores em estratégias de convivência com o semiárido. Dessa forma, compartilham aprendizagens sobre suas estratégias de produção, manejo e estocagem de recursos, condições indispensáveis para uma agricultura em convivência com o semiárido. Esses intercâmbios podem ocorrer entre comunidades de um mesmo município ou entre comunidades de municípios diferentes e até de estados diferentes e permitem a troca horizontal de conhecimentos, possibilitando assim o resgate e a valorização das agricultoras e dos agricultores como inovadores técnicos e sociais, estimulando as famílias beneficiárias das tecnologias sociais de convivência com o semiárido a melhorarem seus sistemas produtivos a partir dos novos conhecimentos e experiências adquiridas (ASA, 2021).

A implantação do P1+2 se deu por meio da implantação de um conjunto de tecnologias sociais de convivência com o semiárido, sendo as principais tecnologias implantadas as cisternas calçadão, as cisternas de enxurrada, as barragens subterrâneas, os barreiros trincheira, os tanques de pedra, as barraginhas e as bombas d'água popular. Tais tecnologias já eram conhecidas pelos povos do semiárido brasileiro, todavia, devido à ausência de investimentos governamentais, elas ainda não tinham sido difundidas no semiárido inteiro.

É importante ressaltar que a convivência com o semiárido somente será efetiva quando se utiliza um conjunto de tecnologia para assegurar o acesso à água e a sua gestão sustentável. Neste aspecto, as barragens subterrâneas, as cisternas familiares e calçadão são as que mais se destacam em termos de tecnologias sociais de acesso à água para a garantia da segurança alimentar e nutricional e, geração de renda no meio rural (SILVA et al. 2019).

3.4.3 Programa Água para Todos - PAT

O Programa Água para Todos – PAT foi um programa parte integrante do Plano Brasil Sem Miséria do governo federal e constituiu-se em um conjunto de ações que visavam universalizar o amplo acesso e uso de água para populações que não dispunham desse serviço público essencial (NOGUEIRA et al., 2020). O público-alvo desse programa era populações carentes, residentes em comunidades rurais difusas com acesso precário à água ou que eram

atendidas por sistemas de abastecimento deficitários (CAMPOS e ALVES, 2014). Embora esse programa tenha sido idealizado para ter abrangência nacional, a região do país em que predomina o clima semiárido foi priorizada, pois é nesse espaço onde se concentra o maior número de famílias que vivem em situação de vulnerabilidade social, como também é a região brasileira que mais enfrenta problemas relacionados ao abastecimento de água, principalmente na zona rural dos municípios que a compõe (MDR, 2019).

Instituído pelo Decreto nº 7.535, de 26 de julho de 2011, o PAT tinha como meta o atendimento de 750 mil famílias até 2014 por meio da instalação de cisternas, sendo 450 mil cisternas de placas e 300 mil cisternas de polietileno. Essa meta era considerada bastante ambiciosa, uma vez que pretendia mais que dobrar em quatro anos a quantidade de entregas de cisternas realizadas nos oito anos anteriores. Além das cisternas para consumo humano, também foi estabelecida a meta de implantação de 76 mil cisternas de produção, 6 mil sistemas coletivos de abastecimento de água e 3 mil barreiros (ou pequenas barragens) (CAMPOS e ALVES, 2014; MDR, 2019).

O fato de o governo federal acrescentar as cisternas de polietileno no pacote de tecnologias difundidas pelo PAT gerou muitas críticas dos movimentos sociais e das ONGs. Inclusive, a ASA lançou uma campanha em 2011 que tinha como lema "*Cisterna de Plástico/PVC - Somos Contra!*". Segundo representantes dessa rede organizacional, a tecnologia escolhida era inadequada às características climáticas do local a ser beneficiado, como também a sua inclusão no programa resultaria na concentração de recursos financeiros e apresentava menor capacidade de dinamização da economia local. Além disso, a cisterna de polietileno deixava de lado o componente de formação e mobilização das famílias rurais para a convivência com o semiárido (NOGUEIRA et al, 2020).

Apesar das inúmeras críticas e manifestações populares o governo federal manteve o plano de inclusão das cisternas de polietileno no PAT. A operacionalização da compra e instalação dessas cisternas foi viabilizada pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - Codevasf e pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca - DNOCS, por meio de convênios com estados e licitação para contratar empresas privadas, nas quais duas multinacionais saíram vencedoras do certame (NOGUEIRA et al., 2020).

O principal objetivo do PAT era promover a universalização do acesso à água em áreas rurais do semiárido brasileiro, quer seja para consumo humano quanto para a produção agrícola. As ações do programa visavam garantir o pleno desenvolvimento humano e a segurança alimentar e nutricional das famílias camponesas que se encontravam em situação

de vulnerabilidade social, como também a elevação da renda familiar *per capita* das famílias beneficiadas e ampliação do acesso dessa população aos serviços públicos e oportunidades de ocupação e renda, por meio de ações de inclusão produtiva (CAMPOS e ALVES, 2014).

Para atingir os objetivos propostos, o fornecimento de água de qualidade tanto para o consumo humano quanto para atividades produtivas, inclusive criação de animais domésticos, foi realizado especialmente através da instalação de equipamentos e estruturas como cisternas de consumo, cisternas de produção, sistemas coletivos de abastecimento de água, kits de irrigação e barreiros. Além disso, também foram oferecidas capacitações técnicas para as famílias beneficiadas sobre o manuseio da água, visando permitir melhor aproveitamento nas atividades produtivas e a redução de doenças causadas pela falta de informações e de cuidado com a água (MDR, 2019).

A execução das metas do PAT se deu a partir de parcerias entre diversos órgãos e instituições governamentais, como ministérios, empresas públicas e sociedades de economia mista, ou seja, a estratégia de universalização envolveu a participação de um conjunto amplo de atores, num esforço significativo de coordenação e execução capaz de garantir o atendimento da demanda inicialmente levantada (CAMPOS e ALVES, 2014). Na prática, o que se viu foi a combinação de iniciativas existentes de disseminação de infraestruturas e tecnologias hídricas, mas com maior número de parcerias e diferentes arranjos institucionais (NOGUEIRA et al., 2020).

Em relação à água para abastecimento humano, as cisternas de placas de 16.000 litros perfaziam a maior parte da meta do PAT e foram construídas pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome - MDS e pela Fundação Banco do Brasil – FBB, enquanto a implantação das cisternas de polietileno foi feita pelo Ministério da Integração - MI, cabendo a esse ministério também a implantação de sistemas coletivos de abastecimento de água. A Fundação Nacional de Saúde - Funasa entrou no Programa com uma meta complementar à atuação dos demais parceiros, implantando cisternas para consumo tanto de placas quanto de polietileno, além da implantação de sistemas coletivos de abastecimento de água. Já o Ministério do Meio Ambiente tinha como foco de atuação a implantação de sistemas dessalinizadores (CAMPOS e ALVES, 2014).

A meta associada à água de produção do PAT foi executada em parceria por MDS, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES e Petrobras. O Ministério da Integração – MI atuou complementarmente nessa meta com kits de irrigação, pequenas barragens e outras tecnologias (CAMPOS e ALVES, 2014; MDR, 2019).

3.4.4 Programa Água Doce - PAD

O Programa Água Doce - PAD é uma ação do Governo Federal que foi coordenada inicialmente pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA e a partir de 2019 pelo Ministério de Desenvolvimento Regional - MDR. Esse programa é executado em parceria com instituições federais, estaduais, municipais e sociedade civil e visa estabelecer uma política pública permanente de acesso à água de qualidade para o consumo humano, por meio do aproveitamento sustentável de águas subterrâneas, incorporando cuidados técnicos, ambientais e sociais na implantação, recuperação e gestão de sistemas de dessalinização de águas salobras e salinas, prioritariamente no semiárido brasileiro, levando-se em consideração a característica da presença de sais nas águas subterrâneas dessa região (MDR, 2022).

Embora tenha sido lançado somente em 2004, a concepção e elaboração do PAD ocorreu em 2003 e contou com a participação de diversos agentes, unindo a participação social, proteção ambiental, envolvimento institucional e gestão comunitária local (SRH, 2022).

Convém destacar que já existia no semiárido brasileiro desde a década de 90 a implantação de sistemas de dessalinização em comunidades rurais, todavia, em muitos locais tais sistemas foram implantados sem um estudo prévio, o que levou a uma série de problemas de ordem técnica, social e ambiental. Devido esses problemas, em pouco tempo muitos desses sistemas de dessalinização deixaram de operar. Diante desse contexto, o PAD foi formulado visando construir uma metodologia para superar os problemas existentes no processo de dessalinização até então, ou seja, o objetivo era atingir a sustentabilidade na implantação dos sistemas de dessalinização por meio de construções coletivas (MDR, 2022).

A implantação de sistemas de dessalinização no semiárido brasileiro se deu devido a uma grande demanda das populações rurais da região, uma vez que em muitas localidades a única fonte hídrica disponível para o abastecimento humano são os poços tubulares. Como 70% dos poços da região do país em que ocorre o clima semiárido apresentam águas salobras ou salinas, a dessalinização é uma peça fundamental para garantir de forma permanente uma água segura para a população beber (SRH, 2022).

A partir de 2011, por meio do Decreto nº 7535, de 26 de julho de 2011, o PAD passou a fazer parte do Programa Água Para Todos do governo federal, tendo a partir de então como fonte orçamentária recursos do Programa de Segurança Alimentar e Nutricional. Nesse período também foram implantados os Planos Estaduais do PAD e o programa foi institucionalizado por meio de decreto dos governadores, que também instituíram os núcleos de gestão e as coordenações estaduais (MDR, 2022; SRH, 2022).

Como parte integrante do Programa Água Para Todos o PAD estabeleceu como meta a recuperação, implantação e gestão de 1.200 sistemas de dessalinização, com investimentos de cerca de R\$ 330 milhões, beneficiando, aproximadamente, 500 mil pessoas. Para atingir essa meta foram firmados convênios com os 10 estados abrangidos pelo semiárido, no caso, os 9 estados da região nordeste e Minas Gerais. Esses convênios foram estruturados em três fases: na primeira fase foram realizados diagnósticos técnicos, sociais e ambientais nas comunidades rurais, visando a identificação das que seriam atendidas pela política pública; na segunda fase é feito a recuperação e implantação dos sistemas de dessalinização e; na terceira fase é feito o monitoramento e manutenção dos sistemas de dessalinização implantados ou recuperados pelo programa (MDR, 2022; SRH, 2022).

3.5 TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO

Entende-se como tecnologias sociais de convivência com o semiárido a adoção de um método ou construção de um instrumento que tem como objetivo solucionar os problemas sociais existentes na região. Para ser considerada uma tecnologia social é necessário que alguns critérios sejam atingidos, como simplicidade, baixo custo, seja facilmente replicável e controlável pelas populações e seja capaz de gerar impacto social (SOUSA et al., 2017). A implantação de tecnologias sociais de convivência com o semiárido constitui-se em uma alternativa que visa facilitar a inclusão social e a melhoria na qualidade de vida para a população dessa região e é resultante de um longo processo criado coletivamente pelos atores interessados no seu emprego.

Historicamente, a vida na região brasileira em que predomina o clima semiárido foi caracterizada pelo baixo nível de adoção de tecnologias que visavam facilitar a vida de seus povos. De modo geral, nessa região do país predominou práticas tradicionais, especialmente nos sistemas de cultivo, ou seja, a utilização de inovações tecnológicas que visavam garantir um aproveitamento mais racional dos recursos disponíveis para produção foi feita apenas pela minoria dos agricultores (SOUZA et al., 2016).

As primeiras tecnologias no semiárido brasileiro foram implantadas pelos portugueses, no processo de colonização da região. Como os portugueses são de um local em que predomina o clima temperado, essas primeiras tecnologias não costumavam apresentar afinidade com o clima semiárido, uma vez que eram tecnologias voltadas para locais úmidos. Assim, as tecnologias que foram implantadas inicialmente não atenderam as reais necessidades da região. Esse panorama perdurou por séculos e, tecnologias que realmente viessem a contribuir com o desenvolvimento da região só vieram a ser difundidas

recentemente, mais precisamente a partir da segunda metade do século XX (FRANCISCO et al., 2017).

A extensão rural implantada no Brasil no final da década de 1940 teve um papel fundamental na difusão de tecnologias no semiárido brasileiro. Embora inicialmente o foco tenha sido apenas a simples transferência de tecnologias, fato esse que é apontado por muitos como um grande erro, uma vez que as tecnologias implantadas muitas vezes não atendiam as reais carências dos povos da região, a extensão rural se moldou ao longo dos tempos e, recentemente, tem dado enfoque em vários aspectos, como a formação e mobilização das famílias das populações rurais para a convivência com o semiárido. Convém ressaltar ainda que a modernização agrícola das instituições de pesquisa e assistência no Brasil não concorreu para gerar tecnologias adequadas às condições da pequena propriedade, e sim, para atender e reforçar mais as demandas da produção agropecuária dos grandes produtores.

De forma geral, por muito tempo, o foco por parte do Estado para o enfrentamento dos problemas existentes no semiárido brasileiro relacionados à escassez hídrica foi pautado em políticas e programas voltados ao chamado “combate à seca” e projetos de desenvolvimento desarticulados da realidade cultural e ambiental dos povos dessa região (GUALDANI e SALES, 2016). Com base nos resultados, isso é considerado um grande erro, pois não se pode combater algo que é natural, como a seca em regiões que predomina o clima semiárido. Assim, recentemente, o conceito de “convivência com o semiárido” vem ganhando espaço na elaboração de políticas públicas que visam promover mecanismos de enfrentamento aos efeitos negativos decorrentes da baixa precipitação pluviométrica no semiárido.

Dessa forma, levando-se em consideração as potencialidades e limitações do semiárido, tecnologias adequadas que visam o manejo sustentável dos recursos naturais existentes na região devem ser desenvolvidas e, no que tange questões relacionadas ao acesso à água, a água da chuva tem papel relevante nesse processo (LIMA et al., 2011). O semiárido brasileiro é pioneiro em relação ao desenvolvimento de tecnologias que visam captar, armazenar e utilizar a água de forma racional, especialmente água da chuva, uma solução simples para combater o problema natural de estiagem que assola a região, que pode durar até 8 meses durante o ano. Essas tecnologias sociais têm se constituído em uma ferramenta de poder para o povo camponês, uma vez que carregam consigo um forte apelo de quebra do paradigma entre o combate à seca e a convivência com o semiárido (SILVA e BARROS, 2016).

Diante desse contexto, nas últimas décadas, têm sido implantadas na região brasileira em que predomina o clima semiárido diversas tecnologias sociais de convivência com o

semiárido, especialmente tecnologias que visam garantir a segurança hídrica das famílias, principalmente de famílias que residem no meio rural. Essas tecnologias emergiram como uma alternativa viável, em contraposição ao modelo de política de combate à seca que, por décadas, foi adotada pelo poder público brasileiro (SILVA et al., 2020). O princípio básico que norteia essas tecnologias é “estocar nos tempos de fartura para ter nos tempos de escassez”, pois nessa região, as chuvas são concentradas em um pequeno período do ano (ASA, 2021).

De acordo com Ventura et al. (2014) as tecnologias sociais de convivência com o semiárido têm garantido o empoderamento dos povos rurais que habitam esse espaço, uma vez que se constituem em um conjunto de práticas simples, que são desenvolvidas pela própria população local para viabilizar mais dignidade ao seu modo de vida. Esse pensamento também é compartilhado por Souza et al. (2016) ao afirmarem que na medida em que tecnologias sociais de convivência com o semiárido têm sua eficácia comprovada elas fortalecem o homem do campo, garantindo assim melhoria de sua qualidade de vida.

Convém destacar que embora existam nos dias atuais inúmeras tecnologias sociais em uso voltadas para superar os problemas hídricos existentes no semiárido brasileiro, nem todas elas são de conhecimento de toda a população dessa região, tornando-as inacessíveis para algumas pessoas (SILVA et al., 2016). É válido destacar ainda que diversos fatores dificultam o acesso da população às tecnologias sociais, dentre os quais a difusão da informação e a carência de gestores do conhecimento são alguns dos mais limitantes, uma vez que esses fatores diminuem a velocidade com que o conhecimento atinge populações rurais de comunidades difusas (ANJOS, 2013).

Um ponto muito relevante é que embora ainda apresente algumas limitações, o semiárido brasileiro é atualmente uma grande referência em relação ao abastecimento de populações rurais de comunidades rurais a partir da captação e manejo de água de chuva para beber e produzir alimentos, contando com uma malha de aproximadamente 2 milhões de unidades de tecnologias construídas e em funcionamento. Inclusive, esta ação está sendo replicada em outras regiões semiáridas do mundo, a exemplo do Programa “Um Milhão de Cisternas no Sahel”, em construção em países da África Subsaariana (ASA, 2021).

3.6 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO QUE VISAM A SEGURANÇA HÍDRICA DAS FAMÍLIAS CAMPONESAS

3.6.1 Cisternas de placas

A cisterna é uma tecnologia milenar, utilizada por várias civilizações para garantir a captação e armazenamento de água para suprir a demanda hídrica das comunidades ao redor do mundo, principalmente as comunidades rurais. Trata-se de uma tecnologia social de fundamental importância para o abastecimento de populações de locais que não contam com outra fonte de armazenamento, conforme destaca Brito et al. (2019). Conforme esses autores, a cisterna de placas:

Pode responder aos parâmetros de qualidade e quantidade de água potável para consumo das famílias nas comunidades onde haja limitação de recursos hídricos, desde que sejam seguidos os critérios de dimensionamento, armazenamento e manejo adequado da água da chuva coletada. (BRITO et al., 2019, p. 201).

No Brasil, há indícios de que a construção das primeiras cisternas para armazenamento de água ocorreu ainda no século XVI, pelos colonizadores europeus. Essas cisternas foram construídas na região em que hoje é o nordeste do país e para sua construção eram utilizados argamassa de cimento com tijolos batidos. É válido ressaltar que as cisternas desse período eram bem diferentes das atuais, pois geralmente apresentavam forma quadrangular (COSTA, 2014).

Nos períodos mais recentes, a igreja católica teve um papel de fundamental importância na disseminação das cisternas no semiárido, pois em alguns locais organizava as comunidades para construir algumas cisternas comunitárias. É claro que não eram cisternas como as que existem atualmente, pois não se tinha o conhecimento da técnica que hoje é utilizada e os recursos eram escassos, geralmente obtidos de doações de alguns membros da comunidade que tinham mais recursos e de fiéis de outras comunidades, ou seja, a igreja católica já se movimentava com suas campanhas antes mesmo de existir uma política pública governamental voltada à convivência com o semiárido.

Apesar das iniciativas já existentes, a construção de cisternas no semiárido brasileiro foi impulsionada a partir de políticas públicas voltadas ao semiárido implantadas principalmente nas duas últimas décadas. Tais políticas públicas estimularam o desenvolvimento e a disseminação de diversas tecnologias sociais na região, dentre elas, as cisternas de placas.

A cisterna de placas promoveu uma grande revolução na vida dos camponeses. Trata-se de uma tecnologia muito simples e barata e foi inventada pelo pedreiro Manoel Apolônio de Carvalho, conhecido popularmente como Nel. Nel era um agricultor do município de Simão Dias, no estado de Sergipe e durante um período da década de 1950, quando ainda era

muito jovem, trabalhou em São Paulo como pedreiro na construção de piscinas, quando aprendeu a utilizar placas de cimento pré-moldadas. Ao retornar para sua terra natal, ele utilizou os aprendizados adquiridos no sudeste do Brasil para criar um modelo de cisterna de forma cilíndrica, com placas pré-moldadas curvadas. Posteriormente, esse modelo passou por aperfeiçoamentos de outros profissionais, até chegar ao modelo que é difundido atualmente (NEVES et al., 2010).

Embora tenha sido inventada na década de 1950, a disseminação das cisternas de placas semiárido afora ocorreu com mais intensidade a partir do ano 2000, por meio das políticas governamentais. Os principais modelos de cisterna difundidos por meio desses programas são a cisterna de 16.000 litros (para o consumo humano), a cisterna calçadão e a cisterna de enxurrada (ambas de 52.000 litros e destinadas à produção), as quais serão descritas a seguir.

3.6.1.1 Cisterna de 16.000 litros

A cisterna de 16.000 litros (Figura 4) é um reservatório cilíndrico, semienterrado e fechado construído com placas pré-moldadas. A forma cilíndrica é considerada a mais adequada para a construção desse reservatório, pois diminui a pressão da água (forma de cisalhamento) sobre as paredes, elevando a segurança da tecnologia. Além disso, visando aumentar a segurança dessa tecnologia, o recomendável é que uma parte da estrutura de alvenaria seja enterrada, reduzindo assim o risco de rompimento e os custos com materiais, principalmente de ferro (ARAÚJO, 2020), como também contribui para a manutenção de uma temperatura amena da água armazenada.

A principal função da cisterna de 16.000 litros é armazenar água da chuva que escorre dos telhados das residências durante o período chuvoso. Assim, esses reservatórios são o principal meio de captação e armazenamento de águas pluviais para o consumo humano em comunidades rurais do semiárido brasileiro e têm como principal objetivo garantir água para o consumo humano durante os meses em que não há incidência de chuvas na região. Como o período de estiagem na região em que predomina o clima semiárido dura em média 8 meses (240 dias), uma cisterna cheia (16.000 litros) tem a capacidade de disponibilizar aproximadamente 67 litros de água diariamente para as famílias.

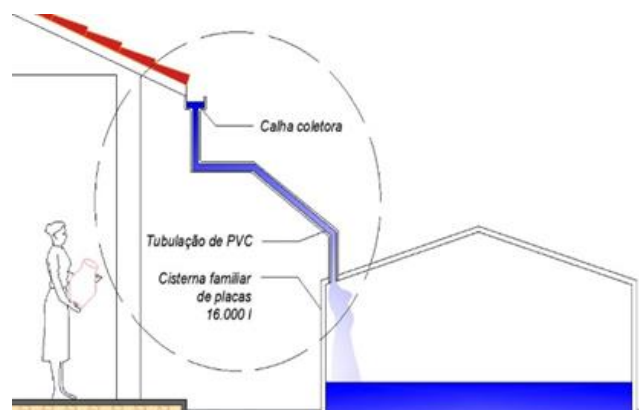


Figura 4. Desenho esquemático de uma cisterna familiar de 16.000 L com sistema de captação de água do telhado residencial.

Fonte: O autor (2022).

A quantidade de água armazenada na cisterna de 16.000 litros é o suficiente para garantir o suprimento de água para beber e preparar alimentos de uma família com até cinco pessoas durante todo o período de estiagem, visto que de acordo com orientações da Organização Mundial de Saúde - OMS uma pessoa adulta deve beber no mínimo 2 litros de água por dia, todavia, esse valor é variável de acordo com o peso da pessoa, pois a recomendação é que a cada quilo seja ingerido 35 ml de água; assim, uma pessoa de 75 kg deve ingerir no mínimo 2,6 litros de água por dia. Como no semiárido as temperaturas são muito elevadas, levando a necessidade de as pessoas consumirem mais água do que em regiões mais frias, podemos considerar que 3 litros de água são suficientes para uma pessoa beber diariamente, conforme afirma Vieira (1996). Quanto ao preparo de alimentos esse autor destaca que são necessários de 3 a 5 litros de água por dia por pessoa (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros da demanda hídrica da população rural brasileira.

Discriminação	Necessidade de água de uma pessoa (litros)			
	Diário	Mensal	Em 8 meses	Em 1 ano
Beber	2 a 3	60 a 90	480 a 720	720 a 1.080
Preparo de alimentos	3 a 5	90 a 150	720 a 1.200	1.080 a 1.800
Higiene	25 a 32	750 a 1.120	6.000 a 8.960	9.000 a 13.440
Limpeza de casa e utensílios de cozinha	20 a 30	600 a 900	160 a 240	240 a 360
Lavagem de roupa	20 a 30	600 a 900	160 a 240	240 a 360
Total	70 a 100	2.100 a 3.000	560 a 800	840 a 1.200

Fonte: Vieira (1996).

Assim, com base nos dados da tabela 1, uma família com 5 pessoas precisa no máximo de 40 litros de água diariamente para beber e preparar alimentos. Se os períodos considerados forem 8 meses e 1 ano, esses valores são 9.600 e 14.400 litros, respectivamente.

A cisterna de 16.000 litros geralmente é construída ao lado das casas, perto da cozinha, pois isso facilita o abastecimento da residência (Figura 5). Todavia, alguns cuidados devem ser levados em consideração na hora de escolher o local exato para construir a tecnologia social, pois uma escolha errada pode comprometer sua eficiência. Assim, na hora de locar uma cisterna deve-se evitar lugares próximos a árvores e arbustos, pois as raízes dessas plantas podem danificar a parede da cisterna e provocar vazamentos. Além disso, visando garantir que a água armazenada não seja contaminada, a distância entre a cisterna e currais, fossas, latrinas e depósitos de lixo deve ser de no mínimo 10 m.



Figura 5. Cisterna de 16.000 litros construída próxima a cozinha de uma residência do assentamento Palmares I, em Crateús – CE.

Foto: Rebeca Gomes (2022).

Convém destacar que a qualidade da água da cisterna de 16.000 litros está diretamente relacionada a escolha correta na hora de sua locação e um bom manejo da tecnologia social. O recomendável é que as águas das primeiras chuvas do ano sejam descartadas, pois terão a função de promover a limpeza do telhado. Além disso, é necessário manter as calhas, tubulações e a própria cisterna limpa, como também utilizar métodos de tratamento da água para consumo humano, como filtragem e fervura. Outro cuidado que se deve ter é nunca deixar a cisterna totalmente vazia após sua construção, pois isso acarretará rachaduras que

caso não sejam reparadas, poderão tornar a tecnologia social inútil. Também é de fundamental importância que sempre se mantenha a cisterna pintada com cal branco, visto que isso refletirá mais os raios solares e reduzirá as perdas por evaporação, como também manterá a temperatura da água mais baixa.

De acordo com a ASA (2021) a cisterna de placas de 16.000 litros é uma tecnologia social que apresenta inúmeras vantagens, podendo ser destacados o provimento de água de boa qualidade para as famílias de comunidades difusas, o requerimento de tratamento simplificado, a ocorrência de evaporação mínima, sua construção ocorrer próxima às residências, apresentar uma técnica de construção disseminada e de fácil aprendizado, poder ser construída em vários tipos de solos, apresentar muita resistência e durabilidade, além de apresentar baixo custo de construção e manutenção.

A construção da cisterna de placas se inicia com a marcação e a escavação de um buraco onde a mesma será assentada. Essa escavação não é custeada pelos recursos do PIMC, pois na elaboração da política pública, entendeu-se que era importante ter uma contrapartida das famílias beneficiárias. Assim, geralmente é a própria família que realiza a escavação do buraco e, em alguns casos, essa etapa é feita a partir de mutirão com membros da comunidade. Além da escavação, a família beneficiária também deve oferecer como contrapartida abrigo e alimentação ao pedreiro durante o período que durar a construção da cisterna, no caso, 4 ou 5 dias (NEVES et al., 2010).

3.6.1.2 Cisterna calçadão

Com capacidade total de 52.000 litros de água, a cisterna calçadão (Figura 6) tem como principal finalidade armazenar água da chuva para ser utilizada na produção agrícola e criação de pequenos animais nas unidades familiares (SILVA et al., 2016), com vistas à promoção da soberania e a segurança alimentar e nutricional das famílias camponesas. Além disso, também visa fomentar a geração de emprego e renda para estas famílias, reduzindo assim a dependência de outras fontes de renda que não seja oriunda da própria propriedade.

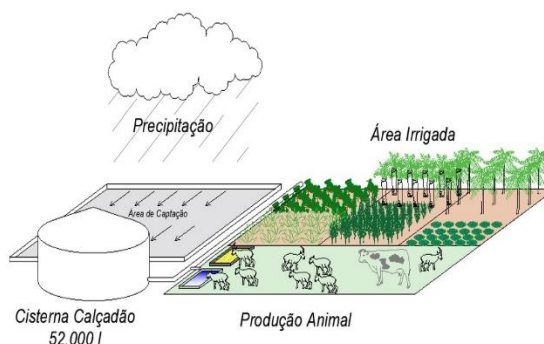


Figura 6. Desenho esquemático de uma cisterna calçada com sistema de captação de água da chuva e detalhe da área de cultivo irrigada.

Fonte: O autor (2022).

A captação de água nas cisternas calçadas é feita por meio de uma estrutura construída de cimento semelhante a uma calçada de aproximadamente 200 m² construída sobre o solo (Figura 7). Assim, para encher uma cisterna calçada vazia é necessário, no mínimo, 260 mm de chuvas durante o ano, ou seja, o tamanho da estrutura de captação de água para essa cisterna foi planejado para garantir que a cisterna seja cheia, mesmo em anos em que a média de chuvas na região seja baixa. É válido ressaltar que em locais onde existem lajeiros, eles também podem ser aproveitados para captar água da chuva e direcioná-la às cisternas calçadas.

A cisterna calçada é construída na parte mais baixa do terreno, com vistas a facilitar o escoamento da água, visto que a água da chuva que cai no calçada é escoada para dentro dela por meio de tubos de PVC. Convém ressaltar que o calçada tem sua área delimitada por um meio-fio e fica num plano mais elevado que o reservatório, dotado de uma pequena declividade visando conduzir a água para o decantador e daí para o reservatório.

Convém destacar que para o bom desempenho e aproveitamento da cisterna calçada é de fundamental importância fazer seu manejo de forma correta. Dentre os cuidados que devem ser tomados a ASA (2014) recomenda manter as cisternas sempre fechadas; utilizar bomba de repuxo manual ou balde limpo e de uso exclusivo para retirar a água; fazer a lavagem da cisterna com água e cloro antes da chegada das chuvas; pintar a cisterna com cal branco antes do período chuvoso; não plantar árvores a menos de 10 m de distância para evitar rachaduras e; fazer os reparos de fissuras e/ou rachaduras com urgência, caso essas apareçam. Também é extremamente importante que jamais se deixe a cisterna secar totalmente, pois isso irá inutilizar seu uso por causa das rachaduras.



Figura 7. Cisterna calçada: calçada (A), decantador (B), cisterna calçada vista de perto (C) e cisterna + calçada (D).

Fotos: Rebeca Gomes.

3.6.1.3 Cisterna de enxurrada

Do ponto de vista métrico, a cisterna de enxurrada tem as mesmas dimensões e capacidade de armazenamento de água que a cisterna calçada, ou seja, também armazena 52.000 litros de água. A principal diferença entre essas duas tecnologias sociais é a forma de captação de água. Enquanto na cisterna calçada a água é captada em uma “calçada” de 200 m², na cisterna de enxurrada a água é captada diretamente do solo, por meio de pequenos reservatórios feitos de placas de cimento pré-moldadas conhecidos popularmente como decantadores, as quais têm a função de interceptar o escoamento da água superficial (ARAÚJO, 2020). A água captada no primeiro decantador é conduzida para um segundo decantador por meio de um tubo de PVC (Figura 8) (geralmente, um tubo 100 ou 150 mm) e, em seguida, é conduzida até a cisterna (SILVA et al., 2016). Como de forma geral as cisternas

de enxurrada têm uma área maior de captação de água do que as cisternas calçadão, elas costumam encherem de forma mais rápida.



Figura 8. Vista de uma cisterna de enxurrada.

Fonte: ACB (2013).

Além da função de captação da água, os decantadores também tem a função de fazerem uma filtragem, uma vez que a água que escorre na superfície do solo geralmente vem com sedimentos (partículas de argila, esterco de animais, folhas, galhos, etc). A filtragem é necessária para impedir que esses resíduos se acumulem no fundo da cisterna, reduzindo assim sua capacidade de armazenamento, como também visando a redução de problemas relacionados ao entupimento do sistema de irrigação, quando existente. As etapas para construção da cisterna de enxurrada são semelhantes às da cisterna calçadão, diferenciando-se apenas que nesse tipo de cisterna não há o calçadão e existem 2 decantadores.

A cisterna de enxurrada é construída de forma que toda a parte em que é armazenada a água fique dentro do solo, ou seja, somente a cobertura de forma cônica fica acima da superfície. Devido a captação da água nesse tipo de cisterna ocorrer diretamente do solo, a orientação é que a cisterna seja construída na parte mais baixa do terreno.

A retirada da água da cisterna de enxurrada geralmente é feita por bomba de repuxo manual ou bombas elétricas de baixa potência. A água estocada costuma ser utilizada pelas famílias para a criação de pequenos animais e cultivo de hortaliças (folhosas, raízes e frutos), tubérculos (batata-doce, macaxeira) plantas medicinais e frutíferas diversas.

3.6.2 Barragem subterrânea

Barragem subterrânea é uma estrutura que tem como finalidade interceptar o fluxo de água proveniente das chuvas (GUALDANI et al., 2015). Essa interceptação é ocasionada por meio da utilização de estrutura de alvenaria ou uma lona plástica, transversalmente colocada ao fluxo da água em uma vala escavada até atingir o material impermeável no sentido perpendicular ao fluxo da água, com o objetivo principal de impedir ou retardar o fluxo subterrâneo, subsuperficial e o escoamento superficial, proporcionando assim uma acumulação hídrica (Figura 9).



Figura 9. Desenho esquemático de uma barragem subterrânea.

Fonte: Nossa ciência (2021).

De modo geral, nas barragens subterrâneas as águas pluviais infiltram no perfil do solo, promovendo a elevação do lençol freático e, em alguns casos, dependendo do modelo de barragem construído, criando uma pequena lâmina superficial (SILVA et al., 2020). Convém ressaltar que a maioria dos modelos de barragens subterrâneas difundidos atualmente utilizam lonas plásticas para garantir o intercepto da água no subsolo, tornando-a assim uma tecnologia de baixo custo de construção e manutenção, motivos esses que contribuem para grande disseminação da tecnologia no semiárido brasileiro (SILVA et al, 2019).

O principal objetivo da barragem subterrânea é armazenar água proveniente do período chuvoso no subsolo visando garantir água para ser utilizada nos meses em que não ocorrem precipitações no semiárido. O uso dessa água depende das necessidades das famílias, mas, no geral, são utilizadas para o abastecimento humano, dessedentamento animal e produção agrícola familiar, contribuindo assim para a segurança hídrica e alimentar das famílias camponesas (LIMA et al., 2013).

O volume de água armazenado em uma barragem subterrânea depende de vários fatores, como o modelo de barragem subterrânea, profundidade do solo até atingir o material impermeável, declividade do terreno a montante, porosidade do solo e área de captação à montante, sendo possível obter volumes entre 1.000 e 9.000 m³ por hectare (SANTOS et al., 2009).

A barragem subterrânea é uma tecnologia social de convivência com o semiárido muito antiga. Não se sabe ao certo, mas há relatos que o uso dessa tecnologia remonta à época do Império Romano e às civilizações antigas da África (CIRILO et al., 2003). Também há relatos que os primeiros estudos desenvolvidos com o aproveitamento de águas subterrâneas foram desenvolvidos na Califórnia, na década de 1895 (SILVA et al, 2019).

No Brasil, as primeiras barragens subterrâneas foram construídas na região Nordeste, todavia, há divergências na literatura sobre o local que realmente foi construída a primeira unidade da tecnologia social. Alguns pesquisadores defendem que a primeira barragem subterrânea do país foi construída no estado do Rio Grande do Norte, no final do século XIX ou início do século XX, enquanto há pesquisadores que acreditam que isso ocorreu no estado da Paraíba, na segunda década do século XX. O fato é que foi somente a partir de 1935, por meio de ações do órgão governamental Inspeção de Obras Contra as Secas (atualmente Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS) que a construção de barragens subterrâneas começou a ser difundida na região Nordeste do Brasil (SILVA et al, 2019). Inclusive, Ventura et al. (2014) afirmam que o primeiro registro de uma barragem subterrânea no Brasil é de 1965, realizada pelo DNOCS, no estado do Ceará.

Convém ressaltar que o sucesso de uma barragem subterrânea é dependente de vários fatores e, dentre eles, a locação merece muita atenção, pois apesar de tratar-se de uma estrutura simples, se a tecnologia não for locada de forma correta não conseguirá cumprir com sua função de forma adequada. De acordo com Cirilo (2003) a locação de uma barragem subterrânea exige estudos prévios e os principais aspectos a serem observados são: a largura do depósito aluvial, os trechos de estreitamentos, a extensão a montante do local a barrar e o relevo local, pois de acordo com Santos et al. (2009), deve-se priorizar locais onde a declividade seja a menor possível, no máximo em torno de 4%.

Outro fator de fundamental importância para o sucesso de uma barragem subterrânea é o manejo, visto que o manejo inadequado pode provocar adversidades, como a salinização da água e dos solos, a contaminação química e a contaminação biológica. Para evitar esses problemas é recomendável uma série de cuidados. A salinização da água pode ser evitada ao renová-la constantemente por meio da utilização de todo o volume disponível no reservatório

hídrico, como também pela utilização de sistemas de irrigação adequados; a contaminação química pode ser evitada por meio da não utilização de agrotóxicos e fertilizantes inorgânicos e, caso sejam usados, que seja de forma racional; a contaminação biológica pode ser evitada tomando-se alguns cuidados específicos como a implantação de saneamento ambiental (incluindo o tratamento de efluentes domésticos) e destinação correta do lixo proveniente das residências. Cuidado especial também deve ser tomado quando a tecnologia social é usada para o dessedentamento de animais para que esses não a contaminem com suas fezes (LIMA et al., 2019).

O método de construção da barragem subterrânea é algo que deve ser levado em consideração, uma vez que há diferenças entre eles quanto a forma de armazenar a água e, conseqüentemente, quanto a forma de utilização dessa água para produção. Convém ressaltar que não existe uma metodologia considerada ideal para a construção de barragens subterrâneas, ou seja, qualquer metodologia pode ser aplicada, desde que seja a que se adeque melhor a realidade da família beneficiada (LIMA et al., 2013). Assim, é de fundamental importância uma avaliação prévia sobre o ambiente local em que a tecnologia social vai ser construída, como também uma avaliação social dos beneficiários, uma vez que o objetivo dessa tecnologia social é suprir a demanda hídrica das famílias rurais, seja para o dessedentamento humano e/ou animal ou para o desenvolvimento de atividades produtivas.

Atualmente, são difundidos quatro métodos de construção de barragens subterrâneas no Brasil e, historicamente, tem havido uma certa confusão terminológica entre eles, por isso é necessário diferenciá-los para melhor compreendê-los. Lima et al. 2013 sugeriram dividir essas metodologias de construção em dois grandes grupos: barragens submersas e barragens submersíveis.

2.6.2.1 Barragens submersas (modelo Costa & Melo)

As barragens submersas recebem esse nome devido barrar apenas o fluxo subterrâneo de um aquífero preexistente ou criado, ou seja, o septo impermeável fica totalmente inserido dentro do perfil do solo, formando um aquífero natural, não existindo assim acumulação de água superficial. Além de uma parede impermeável para barrar o fluxo de água subterrânea, as barragens submersas também contam com um poço do tipo amazonas ou um cacimbão. Essa estrutura é necessária para possibilitar o melhor aproveitamento da água armazenada na zona saturada por parte dos agricultores (SILVA et al., 2007). De acordo com Lima et al. (2013) o modelo de barragem submersa é um modelo adaptado para aproveitar as águas

subterrâneas em cursos d'água intermitentes (rios e riachos mais competentes), possuindo maiores pacotes sedimentares, podendo gerar boas reservas hídricas.

O modelo de barragem submersa é um dos mais difundidos no Brasil e é popularmente conhecido como modelo Costa & Melo (Figura 10) e recebe esse nome em decorrência de uma homenagem a seus idealizadores. Trata-se de um dos modelos preferidos por entidades governamentais que atuam em alguns estados da região Nordeste, principalmente nos estados de Pernambuco, Ceará e Rio Grande do Norte (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

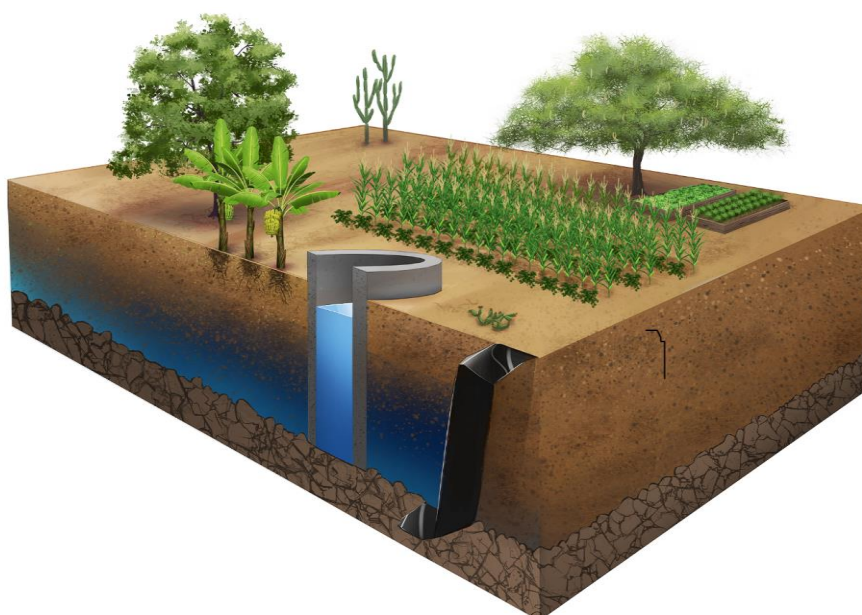


Figura 10. Esquema representativo de uma barragem subterrânea submersa modelo Costa & Melo.

Autor: Romário Silva (2020).

O modelo Costa & Melo começou a ser difundido em 1988, a partir de estudos da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE em aluviões do Sertão daquele estado. Na ocasião, foi testado um modelo de barragem subterrânea submersa, tendo como principal inovação a utilização do plástico de 200 micras, em leito de rio/riacho de forte vazão e a construção de um poço amazonas a montante da parede. Esse modelo permite irrigar extensas áreas por meio da irrigação por bombeamento de água a partir de seu poço, pois é construído, geralmente, em corpos aluvionares maiores, mais espessos e, conseqüentemente, com grandes quantidades de água armazenada, podendo atender a demanda até de uma comunidade inteira (SILVA et al., 2019).

Embora apresente inúmeras vantagens, o modelo Costa & Melo apresenta algumas limitações, como a necessidade que o local de construção apresente corpos aluvionares espessos, com minimamente 1,5 metro de espessura e recargas subterrâneas suficientes para possibilitar o aproveitamento hídrico pleno. Em locais em que não existe a espessura aluvionar mínima exigida para construção desse modelo de barragem subterrânea, o recomendável é que se opte por outro modelo existente (LIMA et al., 2013).

O volume de água armazenado em uma barragem modelo Costa & Melo é dependente da profundidade do solo até atingir o material impermeável, declividade do terreno a montante e porosidade do solo. Em um exemplo hipotético, considerando uma profundidade média de 2 m e porosidade do solo média de 50%, uma barragem modelo Costa & Melo terá assim capacidade de armazenamento de 10.000 m³ de água por hectare (10.000 m² x 2 m x 0,5).

2.6.2.2 Barragens submersíveis (modelos ASA Brasil, Embrapa e Serra Negra do Norte)

As barragens subterrâneas submersíveis recebem esse nome devido proporcionarem o acúmulo de uma lâmina de água superficial. O acúmulo dessa lâmina é possível porque esse tipo de barragem contém uma parede situada acima da superfície do terreno, que tem como principal objetivo barrar, além do fluxo de água subterrânea, o fluxo superficial também, formando assim um pequeno lago a montante durante o período chuvoso. Essa parede pode ser feita de terra, de concreto ou até mesmo de pedra (SILVA et al., 2007; LIMA et al., 2013).

Nas barragens submersíveis também há um sangradouro construído geralmente de concreto pelo qual a água que excede a capacidade de retenção da bacia hidráulica é vertida. A bacia hidráulica é formada a partir da saturação do perfil do solo e suas dimensões são dependentes da declividade do terreno e da cota do sangradouro (SILVA et al., 2007). Assim como na barragem submersa, nas barragens submersíveis também existe um cacimbão, no entanto, nesse tipo de barragem costuma ser um cacimbão de menor porte (SILVA et al., 2019).

Ao contrário das barragens submersas, nas barragens submersíveis não há a formação de um aquífero e o suprimento hídrico é garantido pelo lago superficial. Dessa forma, o uso agrícola das barragens submersíveis geralmente é feito a partir do momento que a lâmina de água superficial vai diminuindo, deixando uma área úmida, conhecida popularmente como vazante (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

No Brasil, a metodologia de construção de barragem submersível apresenta três variações: I) modelo Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA); II) modelo Embrapa e; III)

modelo Serra Negra do Norte. As diferenças existentes entre esses três modelos são bem pequenas, todavia, é de fundamental importância conhecer tais diferenças, uma vez que elas podem influenciar diversos fatores, como por exemplo, na capacidade de acumulação e suprimento de água para as famílias beneficiadas.

2.6.2.2.1 Modelo ASA Brasil

O modelo ASA Brasil (Figura 11) é um modelo de construção de barragem subterrânea muito utilizado pelas Organizações Não Governamentais (ONG'S) associadas a rede denominada Articulação no Semiárido Brasileiro (ASA), dentro do Programa P1+2. Esse modelo é uma adaptação de um modelo denominado de “Caatinga” que recebia esse nome em alusão a ONG Caatinga, uma ONG localizada em Ouricuri, no estado de Pernambuco. Essa ONG foi uma das pioneiras na difusão desse modelo de tecnologia no semiárido e, atualmente, também faz parte da ASA Brasil (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

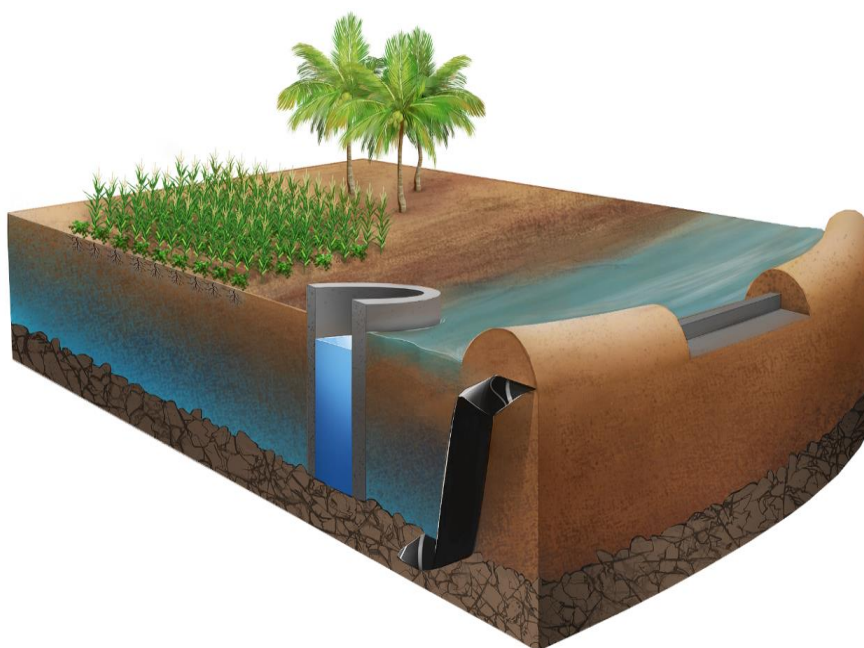


Figura 11. Esquema representativo de uma barragem subterrânea modelo ASA Brasil.

Autor: Romário Silva (2020).

Uma característica marcante do modelo ASA Brasil é a construção de uma parede acima do solo após a escavação da vala utilizada para colocação da lona plástica. Essa parede permite o armazenamento de água superficial, por isso o modelo se enquadra assim dentro do método submersível. Além dessa parede que torna possível a acumulação de água superficial, também é construído um vertedouro para possibilitar a continuidade do escoamento após o

local de construção. Esse vertedouro é dimensionado em função do volume de água do riacho sendo recomendado tamanhos de 6, 10 e 15 m de comprimento e caso o rio ou riacho seja muito forte, recomenda-se a construção de mais de um sangradouro (LIMA et al., 2013).

O volume de água armazenado em uma barragem modelo ASA Brasil é dependente da profundidade do solo até atingir o material impermeável, declividade do terreno a montante, porosidade do solo e altura da lâmina de água superficial. Em um exemplo hipotético, considerando uma barragem profundidade média de 1 metro, lâmina superficial média de 0,4 m e porosidade do solo média de 50%, uma barragem modelo Costa & Melo terá assim capacidade de armazenamento de 9.000 m³ de água por hectare (10.000 m² x 1,0 m x 0,5 + 10.000 m² x 0,4 m). Convém destacar que as perdas de água para a atmosfera da barragem modelo ASA Brasil são maiores que nas barragens do modelo Costa & Melo.

O modelo ASA Brasil apresentou algumas inovações, como por exemplo, a utilização de material plástico impermeabilizante (lona plástica) em leitos de pequenos rios ou riachos de vazão média. Até então, o material plástico impermeabilizante era utilizado em linhas de drenagem nas barragens do modelo Embrapa ou em rios/riachos de grande vazão no modelo Costa & Melo. Uma outra inovação importante trazida por esse modelo de construção de barragem subterrânea diz respeito ao sangradouro, feito obrigatoriamente de alvenaria, possibilitando assim maior sustentação em anos de precipitação acima da média (SILVA et al., 2019).

Assim como no modelo Costa & Melo, as barragens do modelo ASA Brasil também possuem um poço a montante da parede, porém, devido ao porte da barragem, esse é do tipo cacimbão em vez de amazonas. O recomendado é que o último anel desse poço fique acima da cota de sangria da barragem para evitar que ele não fique submerso quando a barragem estiver cheia e sangrando. Esse poço é uma estrutura muito importante, pois facilita a retirada de água que será utilizada para diversos fins, como por exemplo, para a dessedentação humana e animal ou para irrigação de culturas. Além disso, também pode contribuir para o processo de renovação da água na bacia de acumulação (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

Devido ser utilizado principalmente por ONGs, o modelo ASA Brasil inovou também na metodologia de seleção das famílias a serem contempladas com a tecnologia social, uma vez que antes da seleção há um processo de sensibilização e capacitação dessas famílias por meio de oficinas e de intercâmbios de construção horizontal do conhecimento sobre a referida tecnologia, com a valorização do saber tradicional local e da soberania do agricultor. É válido ressaltar que o envolvimento de toda a família é fundamental para que a barragem subterrânea

atinja bons resultados, ou seja, o sucesso da tecnologia social está diretamente ligado ao envolvimento das famílias beneficiadas.

2.6.2.2.2 Modelo Embrapa

As barragens subterrâneas modelo Embrapa (Figura 12) foram desenvolvidas pela Embrapa Semiárido, no início da década de 1980. A Embrapa Semiárido foi pioneira nos estudos sobre barragens submersíveis e, em 1982 construiu três unidades sucessivas dessas barragens em uma das suas estações experimentais (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

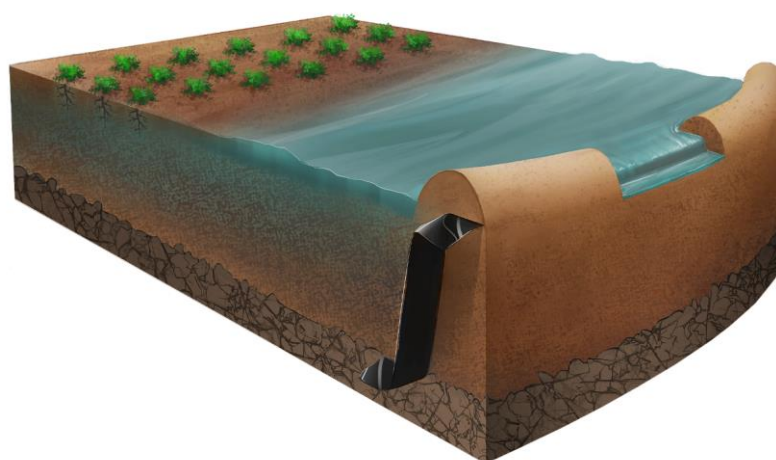


Figura 12. Esquema representativo de barragem subterrânea modelo EMBRAPA.

Autor: Romário Silva (2020).

No desenvolvimento de construção de barragens subterrâneas modelo Embrapa foi preconizado a utilização do plástico de polietileno de 200 micras como material impermeabilizante. Na ocasião isso representava uma inovação, pois até então eram utilizados concreto e argila compactada. Essa mudança permitiu a redução de custos de construção da tecnologia social, uma vez que o plástico era mais barato que a estrutura de concreto. Uma outra inovação foi a construção em linhas de drenagem natural ou caminhos d'água (em locais mais argilosos), pois até então as barragens subterrâneas costumavam serem construídas nos leitos de rios e/ou riachos, em locais de corpos aluvionares espessos. Isso pode ser visto como uma grande vantagem do modelo, pois possibilita a ampliação das áreas de construção da tecnologia social. Além dessas inovações, uma outra novidade do modelo Embrapa foi a utilização de plástico, tela do tipo “pinteiro” e argamassa de cimento, brita e areia para construção do sangradouro (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

Além das mudanças estruturais, no desenvolvimento do modelo Embrapa, a Embrapa Semiárido avaliou o uso e o manejo do solo e da água e cultivos de culturas importantes para os agricultores familiares da região em que predomina o clima semiárido, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*). Assim, nesse modelo, a principal função da barragem subterrânea é a criação de uma área úmida que poderá ser aproveitada com cultivo agrícola. Visando potencializar essa umidade na bacia hidráulica da barragem, o recomendado é que se utilize cordões de contorno para aumentar o tempo de permanência da água na barragem, aumentando assim as possibilidades de uso agrícola da tecnologia social (LIMA et al., 2013).

Convém ressaltar que, de modo geral, o modelo Embrapa apresenta muitas similaridades com o modelo ASA, inclusive a fórmula utilizada para calcular a capacidade de armazenamento pode ser a mesma. Apesar das semelhanças, pode haver diferenças entre os dois modelos de construção de barragem subterrânea, como o “*designer*” e formato do vertedouro. Uma outra diferença entre esses dois modelos é que ao contrário do que ocorre no modelo ASA Brasil, no modelo Embrapa o uso de poço (cacimbão) é dispensável, uma vez que tais barragens podem ser construídas em linhas de drenagem natural ou caminhos d’água, ou seja, locais que no geral não são bons aquíferos (SILVA et al., 2019).

As principais limitações do modelo Embrapa é que sua construção não é indicada para locais em que existe um fluxo de água muito grande, como também é um modelo que não permite o armazenamento de um grande volume de água, como observado nas barragens construídas pelo modelo Costa & Melo e Serra Negra do Norte, por exemplo (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019). Devido suas características, no Brasil as barragens subterrâneas pertencentes a esse modelo são construídas principalmente em pequenas propriedades rurais.

2.6.2.2.2 Modelo Serra Negra do Norte

O modelo Serra Negra do Norte recebe esse nome devido ter sido utilizado pela primeira vez no município de Serra Negra do Norte, município localizado no estado do Rio Grande do Norte. Nesse município, foram construídas barragens de forma sequenciada (sucessiva), possibilitando a perenização de um trecho de mais de 5 km do rio Espinharas (Figura 13). Posteriormente, o modelo foi replicado em outros municípios do estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente na região do Seridó e nos municípios de Umarizal, Caraúbas e Campo Grande, nos rios Umari e Pajeú (LIMA et al., 2013).



Figura 13. Modelo de barragem subterrânea modelo Serra Negra do Norte.

Fonte: Lima et al., 2013.

As barragens subterrâneas construídas por meio do modelo Serra Negra do Norte apresentam porte maior que os demais modelos de barragens subterrâneas difundidos no Brasil (Costa & Melo, ASA Brasil e Embrapa), pois possuem grandes vertedouros de concreto interceptando o fluxo de água de rios. Conseqüentemente, a capacidade de acumulação hídrica, tanto superficial quanto subterrânea é bem maior que nos demais modelos (LIMA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

Devido ao seu porte, o modelo Serra Negra do Norte também é o modelo de barragem subterrânea mais caro para ser construído, pois além da estrutura de concreto, também é necessário realizar estudos topográficos.

3.6.3 Barreiro trincheira

O barreiro trincheira é uma tecnologia social de convivência com o semiárido muito simples. Consiste em um tanque longo, estreito e profundo escavado no subsolo visando armazenar água do período chuvoso para ser utilizada no período de estiagem, principalmente para dessedentação dos animais e, em alguns casos, para produção agrícola (SILVA et al., 2020). A forma como essa tecnologia de convivência com o semiárido é construída visa reduzir ao máximo as perdas por evaporação, tornando possível assim a utilização da água armazenada por mais tempo (Figura 14).



Figura 14. Barreiro trincheira finalizado (A) e barreiro trincheira cheio (B).

Fonte: MDS (2013); ASA (2014).

Para a escavação do barreiro trincheira não é preciso atingir o material rochoso, mas é de fundamental importância que seja um solo o mais impermeável possível (quanto mais, melhor). Além disso, o barreiro não precisa ser feito apenas em linha reta, podendo ser feito também de forma curvada em L ou até mesmo no formato de um T (GUALDANI et al., 2015).

O solo resultante da escavação do barreiro trincheira deve ser colocado ao seu lado, de forma longitudinal, conforme pode ser visualizado na figura 14. Isso tem duas finalidades: a primeira finalidade é reduzir a velocidade e o contato do vento com a superfície da água e, por consequência, tem-se uma menor perda de água por evaporação enquanto a segunda finalidade é assegurar que as águas escoem para dentro do barreiro exclusivamente pelas “cabeceiras”, no qual uma delas deve ser constituída de rampa, reduzindo assim os efeitos do desbarrancamento de paredes.

O barreiro trincheira constitui-se em uma importante tecnologia de captação e armazenamento de água para uso doméstico, agrícola e animal na zona rural de municípios do semiárido. Sua construção costuma ser em área plana e possui capacidade de armazenar no mínimo 500.000 litros de água. A principal vantagem dessa tecnologia social é que ela apresenta baixo custo de construção e manutenção (ASA, 2021).

Devido a água da chuva entrar nos barreiros trincheiras por escoamento superficial, é de fundamental importância que sejam feitas manutenções e reparos periódicos, com vistas a evitar problemas futuros, como a erosão. Essa manutenção é feita por meio da limpeza do material que entra com a água da chuva e deve ser feita quando o mesmo está seco. Além

disso, também é importante cercá-lo, evitando-se assim a entrada de animais e pessoas, principalmente crianças, pois há o risco de afogamentos (GUALDANI et al., 2015).

O barreiro trincheira também é uma tecnologia difundida por meio do P1+2, da ASA. Até o momento já foram construídos no Brasil quase 11.000 unidades desta tecnologia social, beneficiando assim dezenas de milhares de pessoas (ASA, 2021).

3.6.4 Barraginhas

3.6.4.1 Barraginha de contenção de enxurradas

A barraginha de contenção de enxurradas é uma tecnologia social que tem como finalidade promover a infiltração da água em terrenos que apresentam declividade um pouco acentuada, visando aumentar o nível de água em determinados pontos da drenagem natural e a umidade nos pontos abaixo. Quando é necessário colocar várias barraginhas em uma mesma linha de drenagem superficial, elas devem ser construídas de forma sucessivas, em uma sequência de três a cinco obstáculos de terra, de forma que quando uma barraginha sangrar, a água abastece a seguinte (Figura 15). Dessa forma, a velocidade de escoamento natural das águas é reduzida, evitando assim a erosão dos solos. Na prática, as barraginhas superiores esvaziam-se rapidamente, transferindo a água para as inferiores por infiltração subterrânea. Assim, as barraginhas intermediárias e, principalmente, as inferiores tendem a manter água por mais tempo, chegando até a perenizar, possibilitando usos múltiplos para esse reservatório (CODEVASF, 2016).



Figura 15. Barraginhas sucessivas em propriedade rural.

Fonte: O autor (2022).

De forma resumida, pode-se dizer que barraginhas são pequenos açudes que tem a função de promover a contenção das enxurradas, por meio da coleta da água superficial que escoar em excesso em propriedades rurais (Figura 16). Geralmente, são implantadas às margens de estradas vicinais ou no interior das propriedades rurais em carreadores, ao longo ou no final de terraços ou em outros locais onde ocorram concentração de enxurradas ou escoamentos prejudiciais de água (EMBRAPA, 2009).



Figura 16. Barraginha de contenção de enxurrada em propriedade rural do município de Simões – PI.

Fonte: O autor (2022).

Dependendo do tipo de solo em que são construídas, as barraginhas de contenção de enxurradas têm capacidade de armazenar água da chuva por no mínimo dois a três meses, possibilitando que o solo permaneça úmido por mais tempo. Assim, pode-se planejar o uso agrícola dessas áreas, especialmente com culturas de ciclo rápido, como algumas hortaliças. É válido destacar que nas demais regiões do Brasil as barraginhas de contenção de enxurradas são utilizadas principalmente como meio de evitar a erosão do solo, enquanto na região em que predomina o clima semiárido elas também têm a função de armazenar água para ser usada na agricultura e principalmente para dessedentação dos animais.

Além da possibilidade de uso agrícola a barraginha apresenta outras vantagens, como a recarga do lençol freático, a proteção do solo contra a perda de nutrientes, a redução da erosão dos solos e a recomposição da vegetação ao longo de seu trecho, uma vez que o solo se mantém úmido em decorrência da infiltração da água no solo. Também melhora a qualidade

do solo por acumular matéria orgânica e manter o microclima ao seu redor mais agradável. Além disso, também é uma tecnologia social de baixo custo, que pode resultar em ganhos econômicos, sociais e ambientais (ASA, 2021).

Convém ressaltar que é necessário a realização de estudos prévios nas áreas em que serão implantadas as barraginhas para analisar a viabilidade da tecnologia social. Nesse diagnóstico é de fundamental importância que informações quanto ao relevo, à cobertura vegetal e ao tipo de solo sejam levantadas, pois dependendo das condições da área, poderá haver algum tipo de impedimento técnico, como é o caso de áreas muito íngremes, de áreas de preservação permanente ou de áreas com solos inadequados, como é o caso dos NEOSSOLOS Litólicos, que normalmente, não suportam esse tipo de intervenção (ENBRAPA, 2009).

As barraginhas costumam serem construídas no formato de concha ou semicírculo, mas podem apresentar outras formas como quadrada, retangular ou indefinida. Seu tamanho varia em função do número de bacias a serem implantadas, do volume de água a ser captado em cada uma delas e da velocidade de infiltração da água no solo, uma vez que bacias localizadas em solo arenoso e profundo oferece maior velocidade de infiltração. Por outro lado, quando as bacias são construídas em locais em que a infiltração é menor, como várzeas ou solos de textura argilosa, o seu tamanho deve ser maior.

Em relação às dimensões, as barraginhas costumam apresentarem diversos tamanhos, variando entre 12 e 30 m de diâmetro quando são construídas no formato circular e de 6 x 12 m ou 12 x 20 m quando são construídas no formato retangular. Quanto à profundidade, esta também é variável, podendo ser de 0,8 m nas barraginhas mais rasas e até 3,0 m nas barraginhas mais profundas (EMBRAPA, 2009).

É válido ressaltar ainda que tão importante quanto construir as barraginhas é promover sua manutenção de forma adequada, visando manter a capacidade de armazenamento e infiltração da água. O recomendável é que esta manutenção seja feita anualmente, procedendo-se à remoção dos sedimentos que são acumulados na bacia de captação. Esse procedimento deve ser no período seco do ano e os sedimentos retirados podem ser colocados na borda (talude externo) ou transportados para locais apropriados. Além da bacia de captação, o canal condutor da água da enxurrada para a bacia também precisa de manutenção para permanecer limpo e com o mínimo de erosão possível.

3.6.4.2 Barraginha de acumulação (barreiros)

As barraginhas de acumulação, como o próprio nome sugere, são estruturas construídas para armazenar água da chuva para ser utilizada nos meses de estiagem (Figura 17). Trata-se de uma adaptação das barraginhas de contenção de enxurradas e foram implantadas principalmente em municípios semiáridos do estado do Piauí por meio de ações da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – Codevasf. Essa adaptação foi pautada pelos próprios beneficiários da tecnologia e ocorreu devido à necessidade de acumular água para posterior utilização nas pequenas propriedades rurais dos municípios beneficiados. Na prática, as barraginhas de acumulação são pequenos barreiros e recebem o nome de barraginha devido algumas pessoas acharem o nome barreiro feio ou impróprio.



Figura 17. Barraginhas de acumulação na comunidade Pilões, Capitão Gervásio Oliveira – PI (A e B) e na comunidade Nova Extrema, em Acauã – PI (C e D).

Fonte: Codevasf (2013).

O uso mais comum da água armazenada nas barraginhas é para dessedentação animal e para produção agrícola. Devido armazenarem um volume considerável de água, a produção agrícola pode ser feita por meio de irrigação ou em vazante. Vazante é uma área úmida que fica quando a água acumulada vai secando e no caso das barraginhas de acumulação é utilizada principalmente para o plantio de culturas de ciclo curto, como o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e batata-doce (*Ipomoea batatas*) e para implantação de capineiras.

As barraginhas de acumulação são construídas geralmente em locais de baixa infiltração, uma vez que necessitam manter a água armazenada por um longo período de tempo, chegando em muitos casos, passar todo o período em que não há chuvas na região com água. A principal diferença entre estas barraginhas e as de contenção é que elas armazenam um volume bem maior de água. Comparadas com as barraginhas de contenção, as barraginhas de acumulação são estruturas mais sofisticadas e, conseqüentemente, também tem um preço muito mais elevado.

Além da área de acumulação da água, conhecida popularmente como bacia, as barraginhas de acumulação também contam com maciço e sangradouro de alvenaria. O maciço das barraginhas de acumulação pode variar de tamanho, mas geralmente apresentam entre 60 e 100 m de comprimento por 3 m de largura. A inclinação do talude a montante é de aproximadamente 3:1 e a jusante é de aproximadamente 3,5:1, oferecendo assim estabilidade ao barramento. Visando evitar a erosão do maciço, sua parte superior também conta com um conjunto de meio-fio em concreto e sarjeta em argamassa em suas extremidades por toda sua extensão.

O sangradouro das barraginhas de contenção também pode variar de tamanho, mas geralmente apresenta 6 m de largura por 20 m de comprimento. A estrutura de alvenaria desse componente conta com muro e soleira. O muro é feito dos dois lados do sangradouro e apresenta uma base maior ao final do maciço e uma base menor do outro lado do sangradouro. Esses muros também podem variar de tamanho, mas o tamanho mínimo exigido é 8,80 m para a base maior e 4,60 m para a base menor, apresentando ainda 0,50 m de espessura e 1,60 metro de altura. Já a soleira costuma apresentar tamanho padrão de 4 m de comprimento por 0,60 metro de largura. Como podemos perceber pela descrição, as barraginhas de acumulação são estruturas bem sofisticadas em comparação com as barraginhas de contenção de enxurradas.

O manejo das barraginhas de acumulação é bem simples. Para a tecnologia social ter vida útil mais longa os principais cuidados que devem ser tomados é evitar seu assoreamento

e que seu talude seja danificado. O assoreamento é evitado principalmente por meio da preservação da vegetação na área da bacia hidrográfica da barragem e o desgaste do talude pode ser evitado ou reduzido com o plantio de plantas que têm raízes não muito agressivas, crescem rápido e sejam resistentes aos períodos de escassez hídrica, como o capim rabo-de-burro (*Andropogon bicornis* (L) Pers.) e a macambira (*Bromelia laciniosa*). A locação correta da barragem também é um fator de fundamental importância para seu sucesso, pois caso seja construída em um local que tem pouca área de contribuição, ela terá dificuldade em acumular água; por outro lado, caso seja locada em um local que tenha uma grande área de contribuição, corre o risco de o talude não resistir em um ano em que as chuvas são mais abundantes.

3.6.5 Tratamento de águas cinzas

3.6.5.1 Reuso de água no semiárido

A demanda de água nos dias atuais, tanto para consumo humano quanto para as variadas atividades produtivas aumenta a cada ano e, conseqüentemente, também aumenta a quantidade de águas residuárias. Diante dessa eminente demanda crescente por água, as águas residuárias podem-se constituir em uma fonte alternativa, suprimindo parte da demanda por água potável, desde que sejam tratadas adequadamente. Assim, tais águas passariam a ser vistas não como um problema que precisa ser solucionado, mas uma parte da solução para os desafios da atual sociedade (UM-WATER, 2017; DOMBROSKI e SOUSA, 2019).

A reutilização da água tem sido apontada como uma alternativa que apresenta vários benefícios, principalmente no que se refere à conservação do meio ambiente (SILVA e PEREIRA, 2021), pois possibilita a redução do lançamento de esgotos em corpos hídricos naturais e artificiais, prevenindo assim sua poluição, contaminação e eutrofização (ANDRADE NETO, 2014; DOMBROSKI e SOUSA, 2019).

Em relação as águas residuárias domésticas, elas são classificadas conforme sua origem. Henze e Ledin (2004) classifica essas águas em quatro tipos, descritos a seguir:

Águas cinzas: são definidas como águas cinzas as águas residuárias produzidas em residências ou outros tipos de edificações como escolas públicas e comércios sem contribuição dos vasos sanitários (não apresenta contribuição significativa de excretas), ou

seja, são as águas produzidas na pia da cozinha, em chuveiros, na lavagem de roupa, em lavatórios, etc.

Águas amarelas: são águas provenientes de vasos sanitários e contém apenas urina.

Águas marrons: trata-se águas residuárias proveniente dos vasos sanitários e contém somente material fecal.

Águas negras: embora muitos considerem pejorativo, as águas residuárias que são provenientes dos vasos sanitários e contém tanto materiais fecais como urina são chamadas águas negras, ou seja, é a junção das águas amarelas com as águas marrons.

No que concerne ao meio rural do semiárido brasileiro, o maior conteúdo de águas residuárias produzidas pelas famílias são águas cinzas e, conseqüentemente, recentemente têm sido pensadas alternativas para que essa fonte hídrica seja utilizada na produção familiar. Assim, tecnologias que visam fazer o tratamento adequado de águas cinzas de modo a deixá-las aptas para a utilização agrícola familiar estão sendo desenvolvidas por instituições e pelas próprias famílias camponesas.

3.6.5.2 Sistema bioágua familiar

Dentre as tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas ao tratamento de águas cinzas desenvolvidas recentemente o sistema bioágua familiar (Figura 18) é, sem dúvida, uma das mais promissora, pois possibilita a utilização de águas cinzas ou servidas provenientes de uso doméstico (água do banho, de pias, de tanques, de máquinas de lavar, etc.) para produção agrícola familiar, como a produção de frutas, hortaliças, plantas medicinais e outros tipos de alimentos. De forma simplificada, esse sistema consiste em um processo de filtragem por mecanismos de impedimento físico e biológico dos resíduos presentes nessas águas, sendo a matéria orgânica biodegradada por uma população de microorganismos e minhocas (POBLETE, 2010).

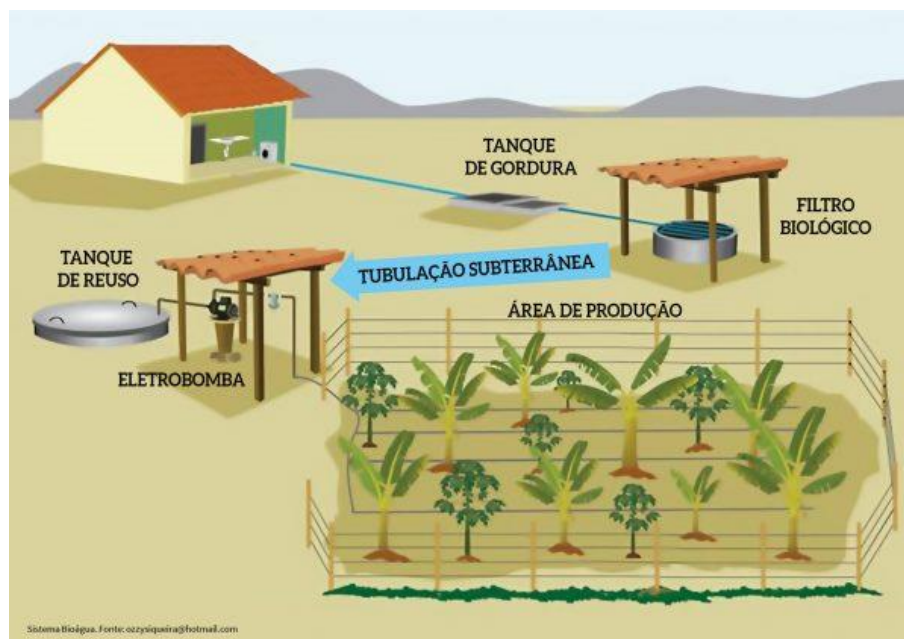


Figura 18. Esquema representativo do sistema bioágua familiar.

Fonte: Associação Caatinga (2019).

O sistema bioágua familiar foi desenvolvido e disseminado pelo Projeto Dom Helder Câmara. Esse projeto era vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Territorial - SDT do Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA, em colaboração com o Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura - FIDA e o Fundo Global para o Meio Ambiente - GEF, em parceria com a Organização Não Governamental ATOS, a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA e três famílias agricultoras da Chapada do Apodi, no estado do Rio Grande do Norte (DOMBROSKI e SOUSA, 2019). Posteriormente, esta tecnologia social foi estendida a outros estados, como Pernambuco, Bahia e Ceará.

O sistema bioágua representa uma grande ferramenta de convivência com o semiárido, especialmente para a população rural, uma vez que as águas cinzas das residências que antes eram lançadas diretamente nos quintais sem qualquer tratamento, provocando a contaminação do solo e dos cursos hídricos. A partir da implantação do Bioágua as águas cinzas passaram a ser devidamente direcionadas para produção agrícola, constituindo-se em uma fonte de nutrientes e matéria orgânica para as culturas produzidas, contribuindo assim para a segurança hídrica, alimentar e nutricional das famílias rurais através da produção de alimentos saudáveis. Além disso, também contribui para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica das famílias agricultoras mais carentes da região brasileira em que ocorre o clima semiárido, pois ameniza o problema de poluição ambiental provocado pelas águas cinzas e pode incrementar a renda das famílias beneficiadas, por meio da comercialização dos produtos

excedentes, elevando assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações beneficiadas pela tecnologia social (HESPANHOL, 2003; HESPANHOL, 2008; SANTIAGO et al., 2015).

Além dos benefícios supracitados, alguns outros benefícios do sistema bioágua familiar podem ser apontados, como baixo custo de implantação e manutenção, rápida instalação e início de operação, operacionalização adequada à dinâmica e disponibilidade de mão de obra familiar, sistema modular com possibilidade de ampliação e adaptação as condições de cada caso e não contamina e nem produz mau cheiro devido aos processos biológicos usados (SANTIAGO et al., 2015).

Embora apresente inúmeras vantagens, o sistema bioágua familiar também pode apresentar algumas desvantagens, como: a rejeição da população a essa prática; riscos de contaminação ambiental, incluindo a poluição dos solos e dos aquíferos subterrâneos por nitratos e organismos patogênicos; riscos de transmissão de doenças aos beneficiários, manipuladores e consumidores de produtos gerados a partir da água tratada; possibilidade de alterações nas características do solo, como por exemplo, salinização; possíveis danos às culturas, devido à presença de alguns compostos nas águas de reuso usadas na irrigação, dentre outros (HESPANHOL, 2003; MOTA e SANTOS, 2007; SANTIAGO et al., 2015).

3.6.5.3 Componentes do sistema bioágua familiar

Basicamente, o sistema bioágua familiar é composto por: convergência hidráulica, caixa de gordura, filtro biológico, tanque de reuso, minhocário, sistema de irrigação e área de cultivo.

Convergência hidráulica: a convergência hidráulica é responsável por canalizar todas as águas cinzas das residências até o sistema de filtragem e é composta por conexões, adaptadores e tubulação específica para esgoto (Figura 19). Esta tubulação pode ser exposta na superfície do solo ou enterrada, ficando a critério dos moradores da residência (IBV, 2019). Convém ressaltar que a tubulação exposta facilita a implantação e a manutenção, mas por outro lado, fica mais suscetível a danos como os resultantes de pisadas de animais e, geralmente, apresenta menor durabilidade. Já a tubulação enterrada é mais trabalhosa para instalar, todavia, costuma apresentar maior durabilidade e fica mais protegida de danos.



Figura 19. Convergência hidráulica de um sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

Caixa de gordura: a caixa de gordura é o primeiro reservatório do sistema bioágua que as águas cinzas provenientes das residências atingem (Figura 20). É um componente muito importante do sistema, uma vez que é nela que se inicia o processo de limpeza da água, pois retém o excesso de gordura e alguns componentes orgânicos mais grosseiros presentes nos efluentes, como restos de comida (IBV, 2019; DOMBROSKI e SOUSA, 2019). Para a construção é necessário observar o desnível do terreno, pois a caixa de gordura deve se localizar em uma área de cota inferior do que as saídas de água cinza, pois a água escoará por gravidade para o Filtro. O buraco deve ter as dimensões de 0,8 m de comprimento, 0,7 m de largura e 0,6 m de profundidade (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2019). Convém ressaltar que a caixa de gordura deve ser monitorada, no mínimo, uma vez por semana para verificar se há excesso de gordura e outros componentes orgânicos acumulados que necessitam serem retirados, pois caso isso não aconteça, podem provocar entupimentos na tubulação subsequente. Esse material que é retirado da caixa de gordura deve ser colocado no minhocário para que seja feita sua degradação, transformando-se em adubo orgânico de ótima qualidade, que será utilizado para adubar as plantas da área de cultivo do sistema (SANTIAGO et al, 2015).



Figura 20. Vista superior da caixa de gordura do sistema bioágua familiar (A) e caixa de gordura destampada (B).

Fonte: O autor (2022).

Filtro biológico: o filtro biológico pode ser considerado o “coração” do sistema bioágua familiar, pois é nesse componente que ocorre a filtração propriamente dita das águas cinzas, como também são agregados nutrientes do húmus presente em uma de suas camadas, contribuindo assim na fertilização do solo irrigado (DOMBROSKI e SOUSA, 2019). Apresentando área superficial de 1,77 m², 1,5 m de diâmetro e 1 m de profundidade, o filtro biológico tem capacidade de tratamento de até 500 litros de água cinza por dia e é composto por um garfo de distribuição de água sob camadas filtrantes preenchidas com três camadas de material inorgânico (seixo, brita e areia fina) e duas camadas de material orgânico (serragem de madeira e húmus) (Figura 21). O preenchimento do filtro ocorre de baixo para cima e é composto por uma camada de 20 cm de seixo, 10 cm de brita, 10 cm de areia lavada, 50 cm de serragem grossa e 10 cm de húmus (IBV, 2019) (Figura 22). Visando a eliminação dos resíduos orgânicos que chegam ao filtro, na camada de húmus é colocado 1 kg de minhoca Vermelha da Califórnia (*Eisenia foetida*) para degradar os respectivos resíduos (SANTIAGO et al., 2015; DOMBROSKI e SOUSA, 2019). Esse húmus deve ser renovado pelo menos a cada seis meses, sendo substituído por húmus novo proveniente do minhocário. Deve-se ter cuidado nesse processo de renovação do húmus para que as minhocas presentes nessa camada não sejam retiradas do local, sendo ideal que o processo seja feito com o auxílio de uma peneira para reter as minhocas, que posteriormente serão devolvidas ao filtro. Recomenda-se ainda que o filtro biológico seja coberto por estrutura de alvenaria, visando evitar a incidência direta de chuva e dos raios solares. Além disso, na parte superior do filtro deve ser colocada uma tela de sombrite a 50% para tornar o meio mais escuro e reduzir problemas com alguns predadores de minhocas, como pássaros (SANTIAGO et al., 2015; IBV, 2019). Na construção dos primeiros sistemas Bioágua no estado do Rio Grande do Norte o filtro biológico era construído com manilhas de cimento enquanto nos sistemas bioágua construídos no Ceará

pelo Instituto Bem Viver – IBV esse componente foi construído com placas de cimento pré-moldadas semelhantes as placas usadas na construção das cisternas de placas. Essa substituição foi feita visando a redução de custos de implantação da tecnologia social.



Figura 21. Vista superior do filtro biológico do sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

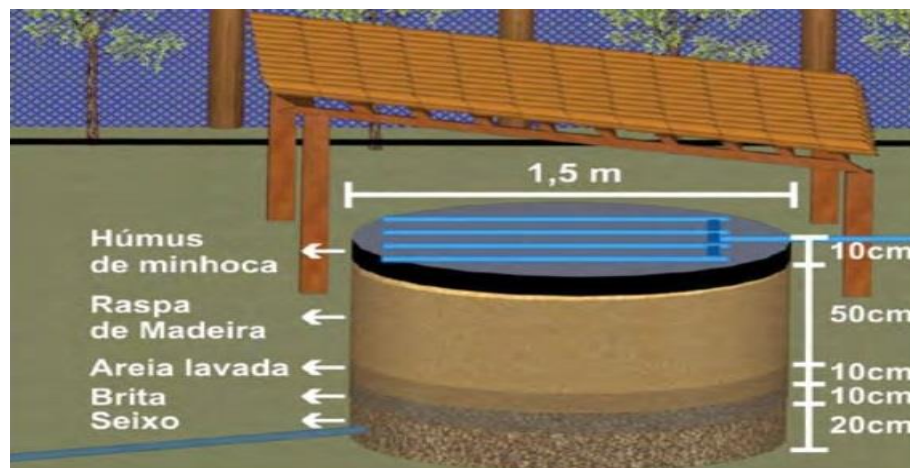


Figura 22. Ilustração de preenchimento do filtro biológico do sistema bioágua familiar.

Fonte: Santiago et al. (2015).

Tanque de reuso: o tanque de reuso (Figura 23) é o reservatório de armazenamento da água filtrada. Esse componente tem a capacidade de armazenar até 1.770 litros de água e pode funcionar como um reservatório provisório para ser descarregada a água filtrada até o momento de ser bombeada para uma caixa mais elevada que alimentará, por gravidade, o sistema de irrigação ou pode funcionar também como reservatório definitivo, nos casos em que o sistema de irrigação não tem uma caixa elevada para distribuir a água por gravidade. Assim, nesse último caso, o sistema de irrigação funciona de forma pressurizada, uma vez que é ligado diretamente do tanque de reuso (SANTIAGO et al., 2015; IBV, 2019; DOMBROSKI

e SOUSA, 2019). Convém ressaltar que assim como ocorreu com o filtro biológico, o tanque de reuso que inicialmente era construído com manilhas de cimento, sofreu adaptações implantadas pelo Instituto Bem Viver – IBV e passou a ser construído com placas de cimento pré-moldadas semelhantes as placas usadas na construção das cisternas de placas. Essa mudança foi feita visando a redução de custos de implantação da tecnologia. O tanque de reuso deve ter a parte superior fechada para evitar que a incidência da luz solar facilite a proliferação de algas, que alterem a qualidade da água e comprometem o sistema de bombeamento da água tratada (SANTIAGO et al., 2015).



Figura 23. Vista superior do tanque de reuso do sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

Minhocário: estrutura essencial do sistema bioágua familiar, o minhocário assemelha-se aos tanques do filtro e de reuso, todavia, tem como função exclusiva a criação de minhocas e produção de húmus. Essa estrutura é construída sobre a superfície do solo e apresenta 1,5 m de diâmetro e 0,5 m de altura (Figura 24). As minhocas utilizadas no sistema bioágua familiar são da espécie *Eisenia foetida* e sua função é digerir e absorver os componentes orgânicos da água, retirando assim seus principais poluentes. Além disso, as minhocas também tem a função de produzir húmus, um adubo oriundo de seus excrementos que é muito rico em nutrientes e é facilmente assimilável pelas plantas. Esse adubo é utilizado para adubar as plantas do sistema, reduzindo assim os custos com fertilizantes (IBV, 2019; DOMBROSKI e SOUSA, 2019). Convém ressaltar que duas condições devem ser atendidas para se ter sucesso

na criação das minhocas e produção de húmus. A primeira condição é que o esterco que é colocado no minhocário deve ser curtido de forma adequada e a segunda condição é que esse esterco deve ser mantido sempre molhado, mas nunca encharcado, porque as minhocas não toleram ambientes encharcados. O ponto ideal de molhamento do esterco pode ser testado, bastando pressionar-se na mão um punhado de esterco até um torrão ser formado. Nesse processo, a água presente no esterco curtido não deve escorrer entre os dedos (SANTIAGO et al., 2015).



Figura 24. Minhocário do sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

Sistema de irrigação: devido tratar-se de efluente, no qual poderá conter a presença de microorganismos, o sistema de irrigação mais indicado para o sistema bioágua familiar é o gotejamento, pois o contato do operador com a água deve ser evitado. Assim, o sistema de irrigação é composto por conjunto motobomba de baixa potência (0,5 a 1,0 cv) acionado por energia elétrica, tubulações e mangueira do tipo gotejadora, além de acessórios essenciais como filtro de disco, conexões, adaptadores e registros (Figura 25). Dos componentes que compõem o sistema de irrigação, o filtro de disco requer uma atenção especial, uma vez que sua função é reter as partículas que ainda se encontram no efluente após passar por filtragem no filtro biológico. Para que seu funcionamento ocorra de forma adequada, é recomendável que o mesmo seja limpo pelo menos a cada quinze dias, a fim de evitar o entupimento dos orifícios das fitas gotejadoras (SANTIAGO et al., 2015; IBV, 2019). O sistema de irrigação deve ser acionado todos os dias, conforme o volume de água tratada disponível e a necessidade hídrica das culturas implantadas. Na época chuvosa pode-se utilizar a água de reuso para as árvores de maior porte e forrageiras, pois é necessário evitar o transbordamento do tanque de reuso, bem como o excesso de água nos canteiros (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2019).



Figura 25. Sistema de irrigação do sistema bioágua familiar: conjunto motobomba de baixa pressão e filtro de disco (A), tubulações e fita gotejadora ((B e C).

Fonte: O autor (2022).

Área de cultivo: a área de cultivo é a área destinada a produção agrícola e depende da quantidade de água cinza produzida pela família e da área disponível na unidade familiar, mas geralmente apresenta aproximadamente 300 m² (Figura 26). Essa área deve ser cercada com tela para evitar a entrada de animais domésticos, principalmente das aves do quintal. Para que não haja problemas com o cultivo das plantas, é de fundamental importância haver um planejamento de plantio que considere a variabilidade da oferta de água durante os dias, a qual ocorre em função das atividades domésticas, entre outros. Devido geralmente utilizar sistema de irrigação por gotejamento, não há restrições relacionadas ao tipo de cultura a ser utilizada. Assim, o sistema bioágua familiar é bastante eficiente para o cultivo de hortaliças e frutíferas diversas como goiaba (*Psidium guajava*), acerola (*Malpighia emarginata*), mamão (*Carica papaya*), etc (SANTIAGO et al., 2015).



Figura 26. Área de cultivo de um sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

3.6.6 Dessalinização de água salobra

Quando se trata de segurança hídrica no semiárido brasileiro, um dos maiores desafios é garantir água para o abastecimento humano, especialmente das famílias residentes em comunidades rurais difusas, uma vez que em grande parte dessas comunidades não existe sistema de abastecimento de água adequado.

As cisternas de placas de 16.000 litros resolveram parcialmente esse problema, haja vista que já foram construídas mais de um milhão dessa tecnologia no semiárido brasileiro. Todavia, nem todas as famílias das comunidades rurais foram contempladas com essa tecnologia social, dependendo assim de outras fontes para garantir o dessedentamento das pessoas.

Diante desse contexto, as águas subterrâneas têm sido apontadas como uma alternativa viável para superar esse problema e investimentos públicos na perfuração de poços tubulares têm sido realizados em diversas comunidades rurais do semiárido brasileiro. Os poços tubulares podem ser definidos como obras de engenharia geológica que visam a captação dos recursos hídricos subterrâneos por meio de bombeamento. Trata-se de uma tecnologia de baixo custo e, no geral, apresentam ótimo custo/benefício para comunidades rurais.

Com base em dados de órgãos gestores estaduais de recursos hídricos e da Agência Nacional de Águas, estima-se que entre 1958 e 2008 foram construídos 176.000 poços tubulares no semiárido brasileiro. Todavia, é válido destacar que esse número de poços pode ser bem maior, visto que em muitas ocasiões, proprietários de terra perfuram poços e não registram nos órgãos gestores. É válido destacar ainda que poços tubulares construídos não significam, necessariamente, que estejam em exploração (CARDOSO et al., 2008).

Embora apresentem uma série de vantagens, devido na região brasileira em que ocorre o clima semiárido haver o predomínio de formações geológicas do tipo cristalinas, as águas oriundas de poços tubulares dessa região costumam apresentarem algumas limitações, como elevada presença de sais, tornando-as imprópria para o consumo humano (CIRILO et al., 2003; KNAPP e BAERENKLAU, 2006; NEVES et al., 2017).

Visando a solução desse problema, por meio do ‘Programa ‘Água Boa’ do governo federal brasileiro, foram instalados em várias comunidades rurais do semiárido brasileiro, estações de dessalinização por osmose reversa, a fim de obter água potável para a população rural por meio da dessalinização das águas salinas e salobras de poços. O emprego dessa tecnologia tem como objetivo principal amenizar as precárias condições do abastecimento hídrico nas localidades contempladas pelos programas governamentais neste âmbito (SOARES et al., 2006; NEVES et al., 2017).

A dessalinização da água salobra por osmose reversa é uma tecnologia utilizada em todo o mundo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, sendo originalmente inventada na antiguidade, embora não tenha sido amplamente utilizada devido às limitações tecnológicas, aos altos custos de implantação e alto consumo de energia elétrica comparada à aquisição da água convencional (ZOTALIS et al., 2014). No entanto, os avanços tecnológicos nos últimos tempos reduziram enormemente o custo de capital e o consumo de energia para que os projetos de dessalinização pudessem ser considerados como soluções alternativas para a aquisição de água de boa qualidade (TSIOURTIS, 2001).

De forma simplificada, pode-se dizer que a dessalinização é um processo de tratamento destinado a remover o teor de sais dissolvidos em águas salobras de fontes continentais e, em alguns locais, até mesmo de água do mar. Nesse processo é aplicado uma pressão por uma fonte externa que ocasiona o fluxo de água da região de maior para a de menor concentração acompanhada por pequena quantidade de sais (Figura 27). Esse fenômeno é conhecido como osmose reversa ou osmose inversa (MONTEIRO et al., 2009).

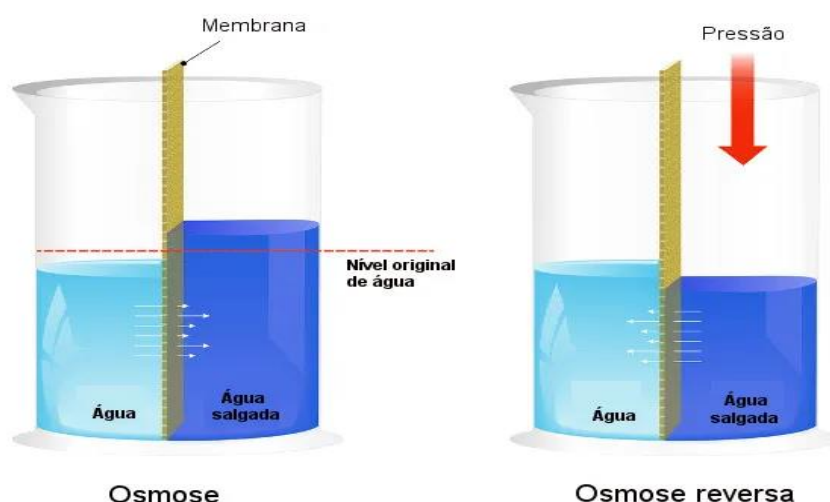


Figura 27. Esquema representativo da osmose natural e osmose reversa.

Fonte: Brasil Escola (2022).

Para se entender melhor o processo de osmose reversa é necessário ter em mente que em condições naturais, quando duas soluções de concentrações osmóticas diferentes entram em contato ocorre o processo de difusão, resultando no deslocamento dos íons para a fase mais diluída da água para a solução concentrada. Por outro lado, se houver uma membrana semipermeável, isto é, permeável a água, mas resistente à passagem de íons, há uma tendência de a água da solução menos concentrada migrar para o local onde se encontra a solução de maior concentração de sais, a qual sofre uma diluição progressiva até que as duas soluções atinjam as mesmas concentrações. Esse processo é conhecido como osmose natural e é impulsionado pela diferença de potencial osmótico até que as concentrações sejam igualadas, ou seja, atinja o equilíbrio osmótico (MONTEIRO et al., 2009).

Por outro lado, quando se trata do processo de osmose reversa, uma pressão externa maior que a pressão osmótica da solução de uma solução concentrada em sais é aplicada, forçando essa solução a passar pela membrana semipermeável, no sentido inverso da osmose natural. Esta pressão de operação externa deve ser elevada o suficiente para garantir também a superação da resistência da membrana, da resistência da zona de polarização de concentração – “*o fouling*” e da resistência interna do equipamento (SOARES, 2007; MONTEIRO et al., 2009), garantido assim a dessalinização da água.

De acordo com Monteiro et al. (2009), entre as variáveis consideradas no projeto de um sistema dessalinização, as que medem sua eficiência são a capacidade de recuperação do sistema (r), rejeição de sal (SR) e passagem de sal (SP), que são estabelecidas no projeto do

sistema. Quanto maior o nível de recuperação de um sistema de dessalinização, maior o volume de permeado e, conseqüentemente, menor o volume de rejeito salino produzido.

É válido ressaltar que a recuperação de um sistema de dessalinização depende de vários fatores, como a estrutura do dessalinizador, a formação de crosta na superfície das membranas, a pressão osmótica e a qualidade da água que entra no sistema (ANTAS et al., 2019). Campos (2007) destaca que um dessalinizador tem a capacidade de gerar entre 400 e 1.800 de água potável por hora.

O processo de dessalinização é feito por um equipamento conhecido como dessalinizador (Figura 28). Trata-se de um equipamento simples, mas de preço relativamente alto, motivo pelo qual sua instalação depende principalmente de recursos governamentais. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente – MMA (2015), os dessalinizadores instalados no Brasil são compostos por três, seis ou nove membranas, sendo o número de membranas orientado pela vazão do poço, ou seja, quanto maior a vazão maior era o número de membranas do dessalinizador.



Figura 28. Dessalinizador.

Fonte: RECAL (2022).

Embora seja uma tecnologia muito importante para o semiárido, em algumas ocasiões a dessalinização por meio dos dessalinizadores é inviabilizada, pois os custos de manutenção e consumo de energia dos dessalinizadores ainda são relativamente altos. De acordo com Tsiourtis (2001) nos últimos tempos têm havido avanços tecnológicos no desenvolvimento dos dessalinizadores que permitiram a redução do custo de capital e o consumo de energia elétrica nos projetos de dessalinização, mas os custos ainda são tão altos que as comunidades beneficiadas não conseguem manter os dessalinizadores funcionando. Além disso, em muitos

lugares também há custos com o operador. Uma solução que se tem encontrado para cobrir esses custos é a cobrança de uma taxa simbólica por balde de água de 20 litros que se pega, que geralmente varia entre R\$ 0,25 (vinte e cinco centavos) e R\$ 1,00 (um real). Todavia, na maioria dos casos os custos com manutenção dos dessalinizadores são de responsabilidade do poder público local.

Embora em muitos casos haja uma mobilidade da população local que recebe um sistema de dessalinização, Campos (2007) afirma que caso não seja feita uma gestão desse sistema ele se tornará inviável economicamente, principalmente os dessalinizadores com baixo potencial de produzir água potável, ou seja, aqueles que produzem entre 400 e 600 litros por hora.

3.7 O USO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO EFICIENTES COMO UMA DAS FERRAMENTAS ESSENCIAIS PARA O ÊXITO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO

A irrigação é uma operação agrícola que tem como principal objetivo suprir a necessidade hídrica das plantas, no qual se desenvolve a agricultura. É imprescindível nas áreas das regiões onde as chuvas são escassas ou insuficientes para o bom desenvolvimento das culturas (FERREIRA, 2011). No Brasil a irrigação está presente em todas as regiões, sendo os métodos de irrigação mais utilizados a aspersão e a inundação (Tabela 2).

Tabela 2. Métodos de irrigação utilizados no Brasil.

Método utilizado para irrigação	Quantidade (%)
Inundação	25,66
Sulcos	4,17
Aspersão (pivô central)	19,64
Aspersão (outros métodos)	35,06
Localizado (microaspersão, gotejamento)	7,28
Outros métodos de irrigação	8,19
Total	100,00

Fonte: IBGE (2006).

No que concerne às tecnologias sociais de convivência com o semiárido, a utilização da irrigação é um fator de fundamental importância para o êxito daquelas voltadas para a produção de alimentos, pois reduz o tempo gasto pelas famílias para irrigar as plantas, sobrando assim mais tempo para o desenvolvimento de outras atividades produtivas. Além

disso, também contribui para a distribuição da água em quantidade e local adequado. É válido destacar que no ato da implantação das principais tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos (cisterna calçadão, cisterna de enxurrada e bioágua familiar) é fornecido um kit de irrigação para as famílias composto por conjunto motobomba de baixa potência (0,5 a 1,0 cv) acionado por energia elétrica, tubulações, fita gotejadora e/ou mangueira preta, além de acessórios essenciais como filtro de disco, conexões, adaptadores e registros.

Com base nos materiais dos kits de irrigação fornecidos com as tecnologias sociais, pode-se deduzir que os sistemas de irrigação que devem ser utilizados são os sistemas mais eficientes no que se refere à distribuição de água, ou seja, os sistemas de irrigação localizada (Tabela 3), no caso, a microaspersão e, principalmente, o gotejamento. A irrigação localizada por microaspersão trata-se de um sistema de irrigação em que a água é aspergida através de microaspersores (miniaturas de aspersores) próximo ao sistema radicular das plantas, enquanto a irrigação localizada por gotejamento compreende a aplicação de água, gota a gota diretamente na região próxima da raiz da planta em alta frequência e baixo volume, de modo que mantenha o solo na região radicular das plantas uma boa umidade. Com isso, a eficiência de aplicação é bem maior e o consumo de água menor (TESTEZLAF, 2017).

Tabela 3. Eficiência dos principais sistemas de irrigação utilizados no Brasil.

Sistema de irrigação	Eficiência de aplicação média (%)
Irrigação localizada	90 a 95
Pivô central	85 a 95
Aspersão convencional	80 a 90
Irrigação por sulcos	50 a 70

Fonte: Marouelli et al. (2014).

De acordo com Testezlaf & Deus (2017) a irrigação localizada é uma tecnologia que é adotada principalmente pela possibilidade de atingir uma maior eficiência no uso da água, ou seja, aumento da produtividade e da qualidade dos produtos, associado à redução no consumo da água devido à diminuição das perdas. Este tipo de irrigação apresenta potencial em situações onde a água é escassa, os solos são salinos, pedregosos ou de topografia acidentada, áreas que produzem culturas com alto valor comercial e nos locais onde os agricultores possuem adequado conhecimento técnico.

Convém ressaltar que tão importante quanto escolher o método e sistema de irrigação adequado é fazer o manejo correto da irrigação. Nesse sentido, Camargo (2016) destaca que o manejo racional da irrigação pressupõe o uso criterioso do recurso hídrico disponível, para se

maximizar a produtividade das culturas com eficiência no uso da água, da energia, dos fertilizantes e de outros insumos empregados na produção, considerando os aspectos sociais e ecológicos da região.

A tabela 4 apresenta uma estimativa de área de cultivo que pode ser irrigada com a água de uma cisterna calçadão ou de enxurrada (52.000 litros) durante 8 meses considerando a eficiência de aplicação 90%, ETo média de 6,3 mm.dia⁻¹ e Kc médio de 1,0 para as hortaliças folhosas e 0,8 para as hortaliças fruto, raízes e tubérculos. Considerando ainda que no geral os agricultores familiares costumam utilizar técnicas de economia de água como o uso de cobertura morta, canteiros econômicos e estruturas teladas, reduzindo a evaporação em até 50%, os valores apresentados na tabela poderiam dobrar. Convém ressaltar que culturas frutíferas como banana, maracujá, goiaba e acerola são muito cultivadas por agricultores familiares em suas unidades produtivas, todavia, no geral, nessas culturas é aplicada a irrigação de salvação e não a irrigação para atingir a produtividade ótima.

Tabela 4. Estimativa de áreas de cultivo que podem ser irrigadas com a água de uma cisterna calçadão ou de enxurrada (52.000 litros) considerando um período de 8 meses (240 dias), eficiência de aplicação de água de 90%, ETo média de 6,3 mm.dia⁻¹ e Kc médio das culturas de 1,0 para as hortaliças folhosas e 0,8 para as hortaliças fruto, raízes e tubérculos.

Cultura	Kc médio da cultura	ETo média (mm.dia ⁻¹)	Área que pode ser irrigada	
			Total (m ²)	Diário (m ²)
Alface	1,0		7.428	31
Repolho				
Cebolinha				
Coentro				
Cenoura	0,8	6,3 ¹	9.285	38,7
Beterraba				
Tomate				
Pimentão				
Pimenta de cheiro				
Macaxeira				
Batata-doce				

¹Cavalcante Júnior et al. (2011).

3.8 ESTRATÉGIAS PARA PRODUZIR ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO ECONOMIZANDO ÁGUA

Com exceção das barragens subterrâneas, que podem ter capacidade de armazenar até dezenas de milhares de metros cúbicos de água a cada ano, as demais tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas para a produção de alimentos não conseguem captar e armazenar grandes volumes de água. Como exemplo, dentre essas tecnologias sociais, as mais difundidas no semiárido brasileiro são a cisterna calçadão e a cisterna de enxurrada, no qual ambas possuem a capacidade de armazenar no máximo 52.000 litros de água. Considerando que o período de estiagem no semiárido dura em média 8 meses e que as famílias são beneficiárias de apenas uma dessas tecnologias, essa quantidade de água é muito pequena para produção agropecuária (média de 6.500 litros por mês), sendo necessário assim o desenvolvimento de estratégias de produção que utilizam o menor volume de água possível.

Diante desse contexto, ao longo do tempo foram desenvolvidas diversas estratégias que visam a economia de água na produção agrícola no semiárido, sendo as principais descritas a seguir:

3.8.1 Canteiros econômicos

Visando a economia de água na produção agrícola familiar, uma estrutura importante das cisternas de enxurrada e calçadão são os canteiros econômicos. Trata-se de uma estrutura simples, de baixo custo e fácil manutenção. Empregado em todo o semiárido, os canteiros econômicos são extremamente eficientes e podem reduzir em mais de 50% o uso de água na produção (ACB, 2013).

Os canteiros econômicos em muitos locais são feitos de placas semelhantes às usadas na construção da cisterna e tem como principal objetivo reduzir as perdas de água para o solo por percolação, mas em alguns locais, em vez de placas de cimento pré-moldadas, são utilizadas lonas plásticas para impedir que a água atinja o subsolo (Figura 29). Assim, os canteiros econômicos feitos de placas de cimento pré-moldadas são feitos geralmente sobre a superfície do solo e é necessário preenchê-los com solo fértil. Já nos canteiros em que se utiliza lonas plásticas, cava-se um buraco de 1 m de largura e 0,2 m de profundidade e coloca-se uma lona de 100 a 200 micras para forrar o fundo desse buraco em toda extensão do canteiro (ACB, 2013).



Figura 29. Canteiro econômico construído com placas de cimento pré-moldadas (A) e com lona plástica (B).

Fonte: O autor (2022); ACB (2022).

A irrigação dos canteiros econômicos construídos com lona plástica geralmente é feita com auxílio de um tubo de PVC de uma polegada colocado em sua parte inferior. Nesse tubo são feitos pequenos furos espaçados de 0,3 m com um objeto pontiagudo e em suas extremidades são encaixados pedaços do próprio tubo de aproximadamente 0,5 m em joelhos de mesma dimensão. Posteriormente, são colocadas telhas sobre esse tubo para evitar a entrada de solo nos orifícios. Nessa fase, é recomendável despejar um balde de água nos dois lados do tubo de PVC para verificar se há uma distribuição homogênea da água antes de cobri-lo definitivamente com o solo. Para facilitar a irrigação, geralmente usa-se uma garrafa pet como funil (ACB, 2013; SILVA et al., 2020).

Na primeira irrigação dos canteiros econômicos é utilizado o volume de água suficiente para deixar o solo ou substrato em capacidade de campo (ponto máximo que um solo armazena de água sem que haja perdas por percolação). A partir da segunda irrigação o volume de água é bem reduzido, pois é necessário repor apenas a água consumida pelas plantas e pela evaporação (evapotranspiração), haja vista que não há água perdida por percolação.

3.8.2 Utilização de sistemas de irrigação eficientes e baratos

A irrigação é uma técnica amplamente utilizada atualmente e tem promovido grande incremento na produção agrícola mundial, especialmente nas regiões áridas e semiáridas. A

indústria da irrigação tem desenvolvido sistemas muito avançados, cada vez mais eficientes e potentes, porém, inacessíveis para muitos agricultores, visto que o custo para os implantar costuma ser muito elevado. Diante desse contexto, uma alternativa viável para os agricultores familiares é improvisar ou criar sistemas de irrigação de baixo custo, com materiais alternativos, para irrigar as plantações, visto que os sistemas de irrigação localizada convencionais (microaspersão e gotejamento) costumam ser bem caros para um pequeno agricultor familiar.

Convém destacar que o uso de materiais alternativos para se montar sistemas de irrigação requer, entretanto, trabalho, tanto em se tratando de montagem como de operação. Além disso, os sistemas alternativos de irrigação construídos de forma artesanal podem apresentar uma eficiência inferior à dos sistemas industriais, mas sem efeito relevante na produção final das culturas (COELHO et al., 2012).

Existem vários sistemas de irrigação alternativos que foram desenvolvidos ao longo do tempo para atender a demanda do semiárido brasileiro, visto que nesse espaço a quantidade de água disponível para irrigação costuma ser pequena. Dentre os principais sistemas de irrigação alternativos destacam-se o sistema de irrigação localizada “xique-xique”, a microaspersão artesanal, o gotejamento artesanal e a irrigação com microtubos.

O sistema de irrigação do tipo xique-xique (Figura 30) consiste na aplicação de água por meio de tubos perfurados com diâmetro de furo de no máximo, 1,6 mm. Esse sistema pode ser confeccionado artesanalmente utilizando-se mangueiras de polietileno destinadas para irrigação localizada. Para confeccioná-lo deve-se utilizar algum objeto de metal pontiagudo, como uma agulha usada para vacinar bovinos para efetuar-se as perfurações na mangueira. Essas perfurações devem ser uniformes e espaçadas 0,20 m no decorrer da mangueira para irrigação de olerícolas como alface e coentro, ao passo que para outros tipos de culturas fruteiras (goiaba, acerola, etc.) o espaçamento entre os orifícios vai depender do espaçamento da cultura. Em seguida, cortam-se pedaços de 0,05 m da mangueira de polietileno, formando pequenos cilindros, que ao serem cortados em uma das bordas no sentido longitudinal, passam a funcionar como braçadeiras a serem colocadas sobre as perfurações, reduzindo a energia cinética da água na saída do orifício, evitando que a água saia em forma de jatos (COELHO et al., 2012).



Figura 30. Sistema de irrigação “xique-xique”.

Fonte: Coelho et al. (2012).

O sistema de microaspersão artesanal pode ser feito com cotonetes como microaspersores (Figura 31). Para transformar um cotonete em um microaspersor é necessário retirar o algodão de suas extremidades e, posteriormente, esquentar uma das pontas e apertá-la com alicate. Em seguida, insere-se um arame fino dentro do canudinho do cotonete e faz-se um corte abaixo de sua ponta que está lacrada. A montagem do sistema de irrigação com cotonetes é geralmente feita com mangueiras de $\frac{3}{4}$ ” que servirão como linhas de transmissão. Essa mangueira deve seguir o canteiro horizontalmente e deve ficar suspensa cerca de 0,3 m a 0,4 m com estacas de madeira ou outros materiais. Os microaspersores alternativos devem ser colocados a cada 0,4 m um do outro, devendo-se evitar canteiros muito longos para não ocorrer a perda da pressão do sistema. Outra alternativa é fazer os microaspersores com fio espaguete utilizado para confeccionar cadeiras.



Figura 31. Sistema de irrigação microaspersão artesanal com cotonetes.

Fonte: Irrigar (2011).

O sistema de irrigação artesanal por gotejamento pode ser feito utilizando cotonetes e garrafas pets em sua montagem ou simplesmente garrafas pets (Figura 32). Sua confecção é algo muito simples, conforme descrição a seguir. O primeiro passo é recortar uma das extremidades do cotonete com um objeto bem afiado, deixando a outra extremidade intacta, recoberta com o algodão, para facilitar o gotejamento; em seguida, deve-se fazer um pequeno furo no fundo da garrafa pet suficiente para inserir a extremidade do cotonete que foi cortada. Visando evitar o entupimento do cotonete, é recomendável que se coloque uma esponja no fundo da garrafa para reter as impurezas físicas da água. Caso a preferência seja utilizar apenas a garrafa pet, basta fazer um pequeno furo próximo ao fundo da garrafa; essa garrafa pode ficar enterrada no solo ou acoplada nas plantas que serão irrigadas.



Figura 32. Etapas de montagem de um sistema de irrigação por gotejamento artesanal com cotonetes.

Fonte: INFORAGRO (2010).

Outro sistema bastante utilizado por agricultores familiares é o sistema que usa microtubos para distribuir a água (Figura 33). O microtubo é um emissor simples, de baixo custo, com a grande vantagem de melhor adaptação em condições de topografias onduladas

(ALMEIDA et al., 2009). Para confeccionar esse sistema de irrigação insere-se os microtubos nas mangueiras que são espalhadas entre os canteiros ou nas linhas de plantas a serem irrigadas. O sistema de irrigação com microtubos também é considerado ideal quando o plantio é feito em vasos.



Figura 33. Detalhe da utilização de um microtubo na irrigação em planta de tomate.

Fonte: Testezlaf, R. (2017).

3.8.3 Utilização de cobertura morta

A cobertura morta (Figura 34) é uma técnica que comprovadamente tem promovido resultados positivos no incremento da produção agrícola. Essa técnica consiste na utilização de resíduos vegetais diversos como o capim gordura seco, o capim cortado, a casca de arroz, o bagaço de cana-de-açúcar triturado, a serragem, a casca de café, plantas espontâneas secas, dentre outros (SEDIYAMA et al., 2010; SEDIYAMA et al., 2014). Trata-se de uma técnica de baixo custo e de fácil execução e apresenta diversos benefícios como a proteção do solo, a redução da erosão, a proteção contra as pragas e as plantas invasoras e o aumento da biomassa microbiana. Além disso, o solo também pode ganhar mais fertilidade, já que recebe nutrientes à medida que o material orgânico se decompõe (FERNANDES et al., 2015).

Além dos benefícios supracitados, o uso de cobertura morta também promove a redução da perda de água por evaporação, mantendo o solo úmido por mais tempo, reduzindo assim então a necessidade de irrigação.



Figura 34. Uso de cobertura morta em plantio de alface (A) e de tomate (B).

Fonte: Canal do horticultor (2019).

3.8.4 Utilização de estrutura telada

A utilização de estrutura telada com sombrite (Figura 35) é uma prática comum por horticultores familiares, principalmente pelos horticultores que apresentam maior poder aquisitivo ou beneficiários de programas governamentais que destinam recursos para construção dessas estruturas. O sombrite é fácil de instalar ou remover, possui variados níveis de retenção de luz e tamanhos específicos para atender cada necessidade. No comércio existem os sombrites 30, 50, 70 e 80%, todavia, no semiárido brasileiro são utilizados principalmente os sombrites 30 e 50%.

A produção agrícola em estrutura telada apresenta diversas vantagens como a obtenção de colheitas em todos os períodos do ano, plantio de variedades selecionadas, maior qualidade dos produtos, precocidade das colheitas, melhor controle de doenças e pragas e economia de insumos (COSTA, 2001).

Além das vantagens supracitadas, no semiárido brasileiro a utilização de estrutura telada constitui-se em uma ferramenta de fundamental importância para reduzir o consumo de água na produção de hortaliças, pois reduz em média de 30 a 50% a insolação, promovendo assim a redução das perdas por evaporação.



Figura 35. Estrutura telada para produção de hortaliças.

Fonte: Momento Agro (2019).

3.8.5 Cultivo de espécies e variedades mais resistentes ao estresse hídrico

Conhecer bem as espécies e as variedades das espécies que se deseja plantar é um fator fundamental para fazer boas escolhas. Sendo assim, para saber como economizar água na agricultura, também é preciso ter conhecimento de quais plantas exigem menos desse recurso. Dessa maneira, ao apostar nessas espécies e variedades, terá-se uma plantação mais resistente aos períodos de estiagem, resultando em economia de água.

3.9 ADERÊNCIA DO TEMA ESTUDADO À AGENDA 2030 PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em setembro de 2015 os 193 países-membros das Nações Unidas adotaram uma nova política global: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, que tem como objetivo principal elevar o desenvolvimento do mundo e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas. Para tanto, foram estabelecidos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com 169 metas a serem alcançadas por meio de uma ação conjunta que agrega diferentes níveis de governo, organizações, empresas e a sociedade como um todo nos âmbitos internacional, nacional e local. Abrange o desenvolvimento econômico, a erradicação da pobreza, da miséria e da fome, a inclusão social, a sustentabilidade ambiental e a boa governança em todos os níveis, incluindo paz universal e segurança (CNM, 2022; ODS BRASIL, 2022).

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável está pautada em cinco áreas de importância (ou chamados 5 Ps): pessoas, prosperidade, paz, parcerias e planeta. Ou seja, é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Os princípios centrais são a soberania plena e permanente de cada Estado, a universalidade, o desenvolvimento integrado, que assegure uma implementação nacional consistente com as aspirações nacionais e a visão global, e não deixar ninguém para trás, o que implica no cumprimento dos objetivos e metas em todos os países e em todos os segmentos da sociedade (ODS BRASIL, 2022).

As tecnologias sociais de convivência com o semiárido cumprem um importante papel ao contribuírem com a Agenda 2030 e adere-se pelos menos aos seguintes ODS:

Objetivo 1: Erradicação da pobreza

É no semiárido brasileiro onde se concentra uma parte considerável da população pobre do país. No geral, essa pobreza está associada às condições climáticas local e a desigualdade social, visto que apenas uma pequena parcela da população desse espaço detém grande parte das riquezas produzidas. No meio rural, o problema da pobreza é ainda mais grave, pois muitas famílias que ali residem não possuem terra e produzir alimentos em muitas ocasiões torna-se um grande desafio. Assim, ao promover a democratização dos meios de acesso à água para produzir alimentos, a implantação das tecnologias sociais contribui de forma significativa para a erradicação da pobreza no semiárido.

Convêm destacar que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões, incluindo a pobreza extrema, é um dos maiores desafios global e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável (CEPAL, 2022). Em países como o Brasil esse desafio é muito grande, uma vez que ainda há muita gente pobre no país e a estrutura de desenvolvimento do país é voltada para favorecer principalmente os mais ricos.

Objetivo 2: Fome zero

Produzir alimentos para acabar com a fome. Esse é o objetivo principal ao se discutir e implantar as diversas políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido, visto que por meio delas se visa garantir a segurança hídrica e a soberania alimentar e nutricional de todas as famílias beneficiárias das tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos. Além disso, no geral, as famílias conseguem produzir alimentos excedentes, que podem ser vendidos para outras pessoas da comunidade ou de outras comunidades vizinhas. Um espaço importante para a comercialização dos alimentos produzidos pela agricultura familiar são as

feiras agroecológicas e/ou as feiras da agricultura familiar que acontecem em diversos municípios semiárido afora.

Objetivo 6: Água potável e saneamento

Não basta ter água, é necessário que essa água seja de qualidade. As tecnologias sociais de captação e armazenamento da água para consumo humano e para produzir alimentos cumprem essa função, pois têm como objetivo principal ofertarem água de qualidade para as famílias beneficiárias. Além disso, o tratamento de águas cinzas é uma política importante de saneamento, visto que promove o tratamento de efluentes que antes eram poluidores potenciais do meio ambiente, pois eram descartados geralmente nos arredores das residências, causando a poluição dos solos e dos corpos hídricos.

Objetivo 10: Redução das desigualdades

De acordo com Campello e Gentili (2017) o Brasil vivenciou uma inédita e sistemática queda da desigualdade no período recente, mas continua a ocupar a posição de um dos países mais desiguais do mundo. Esses autores destacam ainda que a desigualdade social é sempre uma relação política, passível de ser enfrentada pela ação do Estado e afirmada pelas lutas coletivas por direitos, cujo efeito democrático pode ser desestabilizador de privilégios historicamente reproduzidos pelas elites.

O semiárido brasileiro sempre foi marcado por grandes desigualdades sociais, visto que apenas uma pequena parte das famílias detêm grande parte das riquezas produzidas. A implantação das tecnologias sociais, por meio de diversas políticas públicas como o P1MC e o P1+2, tem promovido maior distribuição de renda e, conseqüentemente, tem reduzido a desigualdade social.

Objetivo 11: Cidades e comunidades sustentáveis

Sustentabilidade é uma palavra-chave nos dias atuais. Atingir a sustentabilidade no semiárido brasileiro não é uma tarefa fácil, visto que diversos fatores, como as condições climáticas e as desigualdades sociais dificultam essa tarefa, todavia, as tecnologias sociais de convivência com o semiárido constituem-se em uma ferramenta de fundamental importância para que essa sustentabilidade seja atendida, principalmente nas comunidades rurais difusas, pois contribuem para a erradicação de alguns elementos que causam grande insustentabilidade: a fome, a pobreza e as desigualdades sociais.

4 METODOLOGIA

4.1 CARÁTER DA PESQUISA

A presente pesquisa possui caráter qualitativo. Optou-se por esse tipo de pesquisa devido ao tema estudado.

A pesquisa qualitativa compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados a partir da perspectiva dos participantes da situação em estudo para, a partir desse ponto, embasar sua interpretação dos fenômenos estudados (NEVES, 1996). De acordo com Godoy (1995) existem, pelo menos, três diferentes possibilidades oferecidas pela abordagem qualitativa: a pesquisa documental, o estudo de caso e a etnografia.

A pesquisa documental é constituída pelo exame de documentos que ainda não receberam um tratamento analítico ou que podem ser reexaminados com vistas a uma interpretação nova ou complementar. Esse tipo de pesquisa é apropriado quando se objetiva estudar longos períodos de tempo, buscando identificar uma ou mais tendências no comportamento de um determinado fenômeno (GODOY, 1995; NEVES, 1996).

O estudo de caso é uma modalidade de estudo em que é permitido realizar uma análise profunda de uma unidade de estudo. Segundo Godoy (1995) essa modalidade de pesquisa é amplamente utilizada por pesquisadores que visam entender como e por que certos fenômenos acontecem ou dos que se dedicam a analisar eventos sobre os quais a possibilidade de controle é reduzida ou quando os fenômenos analisados são atuais e só fazem sentido dentro de um determinado contexto específico.

A pesquisa etnográfica é oriunda da Antropologia e envolve um conjunto particular de procedimentos metodológicos e interpretativos desenvolvidos ao longo do século XX. Nesse método de pesquisa, o pesquisador fixa residência em uma determinada unidade de estudo e passa a usar técnicas de observação, contato direto e participação em atividades, ou seja, o trabalho de campo é peça chave para o sucesso do referido método de pesquisa (GODOY, 1995; NEVES, 1996). Devido seu caráter diferenciado, a pesquisa etnográfica é um método de pesquisa que tem ganhado bastante destaque dentre os métodos de pesquisa qualitativa.

Baseado nesses conceitos apresentados sobre as principais abordagens de pesquisa qualitativa é importante destacar que no presente estudo as abordagens utilizadas se caracterizam como documental e estudo de caso.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção serão apresentados os procedimentos metodológicos que nortearam a presente pesquisa, levando-se em consideração o tipo de coleta de dados.

4.2.1 Levantamento bibliográfico (coleta de dados secundários)

Inicialmente foram levantados dados bibliográficos referentes à temática estudada. Tais dados foram obtidos em diversas fontes, como artigos científicos, livros, jornais, sites governamentais e sites de organizações não governamentais que trabalham diretamente com o objeto do presente estudo, em especial o site da Articulação no Semiárido Brasileiro – ASA Brasil. Nesse levantamento buscou-se informações sobre a quantidade de tecnologias sociais de convivência com o semiárido já implantadas no semiárido brasileiro, como também sua caracterização, funcionalidade e manejo. Além disso, também foi abordado sobre as principais políticas públicas voltadas à implantação e disseminação dessas tecnologias na região.

É válido ressaltar que, embora existam diversas tecnologias sociais de convivência com o semiárido implantadas no Brasil, o foco do presente estudo foi direcionado para as tecnologias sociais que visam a garantia da segurança hídrica das famílias das comunidades e assentamentos rurais.

4.2.2 Coleta de dados primários

Os dados primários foram coletados junto a alguns dos principais atores envolvidos na implantação das tecnologias sociais de convivência com o semiárido nas comunidades e em assentamentos rurais beneficiados pelas referidas tecnologias, no período compreendido entre janeiro e julho de 2022. Nessa etapa, foram ouvidos gestores de projetos ligados a organizações não governamentais - ONGs, líderes comunitários e beneficiários, como também foram levantados dados sobre as principais tecnologias sociais existentes em dois assentamentos rurais que são beneficiados pelas políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido e como essas tecnologias estão sendo usadas pelas famílias.

Os gestores de projetos ouvidos pertenciam a Cáritas Diocesana de Crateús e ao Instituto Bem Viver – IBV. A opção por escutar gestores dessas duas ONGs se deu devido essas instituições terem um papel fundamental na implantação e disseminação das principais tecnologias sociais de convivência com o semiárido na região dos Inhamuns, no estado do Ceará, local em que foi realizado o estudo de caso. A ideia era visualizar suas percepções quanto ao uso, impacto e benefícios de tais tecnologias na vida das famílias camponesas do

semiárido brasileiro. Embora nesse tipo de levantamento de dados geralmente sejam utilizados questionários estruturados ou semiestruturados, contendo questões definidas e/ou algum roteiro prévio para a entrevista, no presente estudo optou-se por entrevista não estruturada, onde a temática era introduzida e os gestores eram instigados a falarem livremente sobre o assunto e, a partir de suas falas, novas questões que visavam esclarecer o tema em questão iam surgindo. Assim, os entrevistados não ficavam presos a uma ordem de perguntas e as entrevistas ocorriam de uma maneira mais espontânea.

Em um segundo momento foram levantados dados em dois assentamentos rurais, localizadas nos municípios de Independência e Crateús, ambos pertencentes ao estado do Ceará. A escolha desses dois assentamentos se deu devido tratar-se de espaços que são bem representativos no que se refere à implantação das tecnologias sociais de convivência com o semiárido. Além disso, apesar de serem assentamentos que ficam na mesma região do estado do Ceará (região dos Inhamuns), eles diferenciam-se bastante no que se refere a várias questões, como organicidade, modo de produzir, tipos de solos, presença de recursos hídricos, etc. Assim, buscou-se compreender o impacto das principais tecnologias sociais hídricas na vida das populações locais. Para tanto, levantou-se junto aos moradores locais a quantidade de unidades de tecnologias sociais de convivência com o semiárido implantadas em suas residências e como está acontecendo o seu uso.

Além dos dados levantados nos dois assentamentos que foram realizados o estudo de caso, também foram levantados dados sobre a tecnologia social bioágua familiar na comunidade Lagoa do Barro, município de Ipaporanga – CE, com um beneficiário da respectiva tecnologia. A escolha por levantar tais dados com esse agricultor se deu devido a necessidade de conhecer melhor a tecnologia social, pois nos assentamentos estudados ela não estava presente.

Visando a reprodução exata das percepções dos gestores de projetos e dos beneficiários ouvidos, suas falas eram gravadas para, posteriormente, serem transcritas. Como as conversas eram realizadas de forma espontânea, foram transcritos e reproduzidos os trechos de maior relevância para o objeto de estudo da pesquisa. É válido ressaltar que as gravações eram autorizadas pelos entrevistados.

4.2.3 Caracterização das áreas de estudo

4.2.3.1 Assentamento Palmares I

O assentamento Palmares I está localizado sobre as coordenadas geográficas 5° 02' 05,29'' S e 40° 39' 21,72'' O, no município de Crateús, na região dos Inhamuns, no estado do Ceará. A sede do assentamento fica distante 374 km da capital Fortaleza e 22 km da sede do município de Crateús, a margem direita da BR 404 (estrada que liga o município ao município Pedro II, no estado do Piauí). Deslocando-se por essa BR a entrada da comunidade fica no distrito de Curral Velho, a 15 km de Crateús.

No Assentamento Palmares I, assim como na maioria dos assentamentos federais do estado do Ceará, as terras não são loteadas como nos demais estados do país, ou seja, a utilização da terra é feita de forma coletiva. Embora haja essa organicidade, as famílias podem cercar uma área de até 5 hectares para fazer seus plantios e, posteriormente, utilizá-la para criar seus animais.

Segundo o Laudo de Vistoria e Avaliação do INCRA, realizado em 1994, os solos predominantes em Palmares I são Luvisolos, Neossolos Litólicos e Planossolos Solódicos. Ocorrem também manchas de solos características de Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos e Neossolos Flúvicos, sendo os Neossolos Flúvicos encontrados principalmente junto às margens do rio que banha a comunidade.

Palmares I possui uma área total de 2.364 hectares (29,6 módulos fiscais) e contém atualmente 69 residências, das quais apenas 3 não residem famílias. As principais atividades desenvolvidas no assentamento são a agricultura, a pecuária e a pesca e o regime de produção agrícola/pecuário predominante é a agricultura familiar de subsistência.

Os principais produtos agrícolas produzidos em Palmares I são: o milho (*Zea mays*) e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), mas também há a produção de hortaliças (cebolinha, coentro, alface, etc.) e frutíferas (goiaba, maracujá, mamão, etc.) nos quintais e em pequenas áreas próximas a um dos açudes da comunidade. Na pecuária, o assentamento conta com um rebanho estimado de 1.800 ovinos, 300 bovinos e 100 caprinos. É válido ressaltar que no assentamento é proibido criar caprinos soltos nas áreas coletivas devido a vários problemas existentes no passado, decorrentes da criação desses animais; assim, quem deseja criá-los atualmente é obrigado cercar alguma área para desenvolver a atividade, fato esse que explica a pequena quantidade de animais dessa espécie no assentamento.

Quanto à pesca, a mesma é feita de forma extrativista nos açudes do assentamento por vários assentados, sendo proibido pessoas de outras localidades vizinhas pescarem, a não ser que eles estejam acompanhados por algum pescador local e que os peixes que vierem a pegar sejam utilizados exclusivamente para a alimentação de suas famílias. As principais espécies

de peixes que existem nos açudes são: a tilápia de água doce (*Tilapia rendalli*), a traíra (*Hoplias malabaricus*) e a curimatã (*Prochilodus lineatus*) e grande parte dos peixes que são pescados são destinados para o consumo das próprias famílias do assentamento, mas também é permitida a venda para pessoas de outras comunidades vizinhas, desde que tais vendas não sejam feitas em grande volume, pois o principal objetivo da pesca em Palmares I é garantir alimentação para a população local.

Em relação aos recursos hídricos, Palmares I possui um açude de pequeno porte que é utilizado principalmente para o dessedentamento animal, pesca e produção de capineiras e um açude de médio porte (750.000 m³ de água), que além das atividades que são desenvolvidas no açude de pequeno porte, também são desenvolvidas atividades agrícolas, como a produção de hortaliças (cebolinha, coentro, alface, etc.) e frutíferas (goiaba, acerola, mamão, maracujá, etc.) e o abastecimento da comunidade. O assentamento conta ainda com um cacimbão e dois poços tubulares de 60 m de profundidade e baixa vazão (vazão inferior a 5.000 litros hora⁻¹), os quais atualmente não estão sendo utilizados, mas que até recentemente, eram responsáveis pelo abastecimento da comunidade. Além das estruturas hídricas artificiais em Palmares I também passa um rio de pequeno porte (rio Jatobá), um corpo hídrico muito importante para o assentamento, pois até mesmo em anos de poucas chuvas fica poços de água o ano inteiro em alguns locais de seu leito, facilitando assim o dessedentamento dos rebanhos.

4.2.3.2 Assentamento Liolândia

O assentamento Liolândia fica localizado sobre as coordenadas geográficas 5° 11' 09,03'' S e 40° 19' 51,63'' O, no município de Independência, na região dos Inhamuns, no estado do Ceará. Independência está localizada a 305 km de Fortaleza e é um dos municípios cearenses mais secos, apresentando média pluviométrica de acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME de apenas 550 mm ano⁻¹.

O assentamento Liolândia é uma comunidade rural remota, distanciando-se 33 km da sede do município de Independência. Seu acesso é feito por estrada vicinal de condições muito ruins, o que dificulta o acesso da população local a sede do município, principalmente durante o período chuvoso. Além de Independência, os moradores de Liolândia também frequentam o município de Crateús, pois embora esse município seja mais distante (48 km) é um município de maior porte e apresenta mais opções, principalmente no que se refere ao comércio, instituições bancárias e instituições públicas, como o Instituto Nacional de Seguridade Social - INSS e universidades.

Liolândia possui uma área de 1.254 hectares (15,7 módulos fiscais) e residem atualmente 35 famílias entre assentados e agregados. Os agregados geralmente são filhos de assentados que ainda não têm Contrato de Concessão de Uso da terra – CCU, um documento fornecido pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA para garantir o uso da terra pelos assentados.

Os solos de Liolândia são rasos (predominância de Neossolos), apresentando grande presença de pedregosidade superficial, mas também há manchas de solo que apresentam um horizonte A arenoso, propícias ao cultivo de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). A vegetação local predominantemente é a caatinga hiperxerófila.

As principais atividades desenvolvidas no assentamento são a agricultura e a pecuária, destacando-se o cultivo de feijão-caupi e a criação de pequenos animais (caprinos e ovinos), sendo o rebanho dessas duas espécies de aproximadamente 2.000 cabeças. Embora seja um local muito seco, impróprio para a criação de gado bovino, a comunidade também possui um rebanho de 100 animais dessa espécie. A economia local gira em torno da venda de caprinos e ovinos para o mercado da região, pois o clima semiárido e a baixa média pluviométrica anual local favorecem a criação desses animais.

No que concerne aos recursos hídricos, Liolândia tem um cacimbão que há muito tempo não é utilizado, dois açudes que são utilizados exclusivamente para o dessedentamento animal e produção de capineiras e cinco poços tubulares, ambos com aproximadamente 60 m de profundidade e, com exceção do poço utilizado para o abastecimento da comunidade que apresenta uma vazão considerada boa para o semiárido (12.000 litros hora⁻¹), os demais apresentam baixa vazão (entre 1.500 e 5.000 litros hora⁻¹). Dos cinco poços tubulares, três não são instalados, um é instalado com catavento para bombear a água exclusivamente para dessedentar os animais e o outro é instalado com bomba submersa e é utilizado exclusivamente para o abastecimento da população local e da população do assentamento Palestina, um assentamento composto por 60 famílias que fica localizado aproximadamente 1,5 km de Liolândia, ou seja, a água desse poço abastece 95 famílias. Convém destacar que as águas dos poços tubulares da comunidade apresentam elevados níveis de sais, inclusive a água do poço utilizado para o abastecimento das residências, sendo assim imprópria para o consumo humano. Como na comunidade não existe dessalinizador, a água do poço tubular é utilizada principalmente para as atividades domésticas, como lavar roupas e tomar banho.

Além dessas estruturas artificiais, em Liolândia também existe uma lagoa, que representa muita importância para o dessedentamento dos animais, uma vez que nos casos em

que a mesma chega ao seu potencial máximo de acumulação consegue manter água durante todos os meses de estiagem, que em geral dura 8 meses.

4.2.4 Análise dos dados

Foi utilizando o método de pesquisa descritiva, em que se registraram as observações, percepções e reflexões sobre o objeto de estudo nos assentamentos estudados e dos gestores de projetos pertencentes à ONGs ouvidos na pesquisa (VIERTLER, 2001). Os dados produzidos foram analisados e interpretados, identificando as ideias relevantes para os objetivos da pesquisa estabelecendo as categorias descritivas.

5 TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO IMPLANTADAS NO BRASIL

5.1 CISTERNA DE PLACAS DE 16.000 LITROS: QUANTAS JÁ FORAM ENTREGUES AOS BENEFICIÁRIOS E QUANTAS AINDA PRECISAM SER CONSTRUÍDAS

De acordo com a ASA (2019), são necessários aproximadamente 1,5 milhão de cisternas de placas de 16.000 litros para atender a demanda do semiárido brasileiro. Desse quantitativo, até 2019 já tinham sido construídas por meio dos programas governamentais quase 1,1 milhão de unidades da tecnologia social, ou seja, aproximadamente 76% da demanda já foi atendida (Tabela 5). Embora sejam dados de 2019, os números hoje não devem ter mudado tanto, pois em 2020 entrou o período de pandemia do Covid 19 no país e grande parte das atividades foram paralisadas ou tiveram seu ritmo diminuído, inclusive a construção de cisternas de placas.

Tabela 5. Quantidade de cisternas de 16.000 litros construídas no semiárido brasileiro até 2019.

Estado	População rural (%)	Meta a ser atingida	Cisternas construídas	Demanda atendida (%)	Demanda a ser atendida (%)
Alagoas	4	58.000	48.872	84,26	15,74
Bahia	30	435.000	296.142	68,10	31,90
Ceará	21	304.500	247.828	81,40	18,60
Maranhão	1	14.500	0	0,00	100,00
Minas Gerais	6	87.000	65.198	75,00	25,00
Paraíba	8	116.000	110.422	95,00	5,00
Pernambuco	13	188.500	155.058	82,00	18,00
Piauí	9	130.500	67.775	51,93	48,07
Rio Grande do Norte	6	87.000	79.237	91,00	9,00
Sergipe	2	29.000	21.936	75,64	24,36
Total semiárido	100	1.450.000	1.092.465	76,10	23,90

Fonte: ASA BRASIL, 2019.

Conforme pode ser visualizado na tabela 5, em termos quantitativos, os estados brasileiros que tem o maior número de cisternas de placas de 16.000 litros construídas são Bahia, Ceará e Pernambuco, representando 64% de todas as cisternas construídas no semiárido. Convém ressaltar que a demanda desses 3 estados juntos também representa 64% de toda demanda dessa tecnologia social. Por outro lado, em termos proporcionais, os estados

brasileiros detentores da maior demanda por cisternas de placas de 16.000 litros atendida são os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Alagoas (95%, 91% e 84%, respectivamente). O maior atendimento da demanda desses estados em relação aos demais estados se deve, possivelmente, a força política que eles detêm, ou pela capacidade de executarem de forma mais rápida o P1MC.

5.2 TECNOLOGIAS DE SEGUNDA ÁGUA: QUANTAS JÁ FORAM ENTREGUES AOS BENEFICIÁRIOS E QUANTAS AINDA PRECISAM SER CONSTRUÍDAS

Em relação às tecnologias de segunda água (voltadas à produção de alimentos e dessedentação animal), sua construção não apresenta números tão expressivos quanto a cisterna de 16.000 litros, pois dados de 2019 indicam que apenas 20,25 da demanda da tecnologia social tinha sido atendida até a ocasião (Tabela 6).

Tabela 6. Quantidade de tecnologias de segunda água construídas no semiárido brasileiro até 2019.

Estado	População rural (%)	Meta a ser atingida	Tecnologias construídas	Demanda atendida (%)	Demanda a ser atendida (%)
Alagoas	4	40.000	12.445	31,11	68,89
Bahia	30	300.000	67.924	22,64	77,36
Ceará	21	210.000	30.367	14,46	85,54
Maranhão	1	10.000	0	0,00	100,00
Minas Gerais	6	60.000	13.098	21,83	78,17
Paraíba	8	80.000	12.756	15,95	84,05
Pernambuco	13	130.000	36.367	27,97	72,03
Piauí	9	90.000	12.756	14,17	85,83
Rio Grande do Norte	6	60.000	13.639	22,73	77,27
Sergipe	2	20.000	3.129	15,64	84,36
Total semiárido	100	1.000.000	202.481	20,25	79,75

Fonte: ASA, 2019.

Em valores proporcionais, os estados que apresentam maior parte de sua demanda atendida em relação às tecnologias de segunda água são os estados de Alagoas, Pernambuco e Rio Grande do Norte (31,11%, 27,97% e 22,73%, respectivamente). Já em termos quantitativos, os estados que apresentam maiores números em relação à implantação dessas tecnologias, assim como das cisternas de 16.000 litros, são os estados da Bahia, Pernambuco e

Ceará (Tabela 6). Convém destacar que esses 3 estados também são os que apresentam maior demanda das respectivas tecnologias sociais.

5.3 DESSALINIZADORES

De acordo com Neves et al. (2017) existem mais de 3 mil dessalinizadores instalados na região do Brasil em que predomina o clima semiárido. Esses dessalinizadores foram instalados por diversos programas e órgãos governamentais, como por exemplo, no Ceará, a Superintendência de Obras Hidráulicas – SOHIDRA instalou 450 sistemas de dessalinização em todo o estado, beneficiando milhares de famílias em 87 municípios.

Embora tenham existido vários programas em nível de estado voltados à implantação de sistemas de dessalinização de águas salinas e salobras, nesse estudo foi dado foco no Programa Água Doce, do governo federal. Esse foco se justifica pelo fato desse programa estar atualmente se consolidando como uma importante política pública para convivência com o semiárido brasileiro, enquanto na maioria dos estados inseridos no semiárido os programas estaduais que visam a implantação de dessalinizadores estão parados ou nem existem mais.

A primeira fase do PAD ocorreu entre os anos de 2011 e 2019 e foi executada a partir de convênios firmados entre o governo federal e os 10 estados brasileiros que tem em seu território áreas semiáridas. Nessa fase foram diagnosticadas 3.963 comunidades em 338 dos municípios mais críticos da região brasileira em que ocorre o clima semiárido como prioritárias para receberem os sistemas de dessalinização. Além disso, também foram instalados 891 sistemas de dessalinização (Figura 36) e foram capacitados cerca de 2.600 operadores para operarem os sistemas instalados e os que vierem a ser instalados na segunda fase do programa (MDR, 2022).



Figura 36. Esquema representativo dos sistemas de dessalinização implantados pelo Programa Água Doce – PAD.

Fonte: MDR (2020).

Conforme pode ser visualizado na figura 37, os estados que receberam o maior número de sistemas de dessalinização na primeira fase do PAD foram os estados da Bahia e Ceará, sendo beneficiados com 286 e 252 sistemas, respectivamente. Por outro lado, os estados de Pernambuco, Maranhão e Minas Gerais não receberam nenhum sistema de dessalinização nessa fase do programa. Desses estados, Pernambuco já iniciou a etapa de implantação, manutenção e monitoramento dos sistemas, enquanto os estados de Minas Gerais e Maranhão iniciaram a fase de diagnóstico.

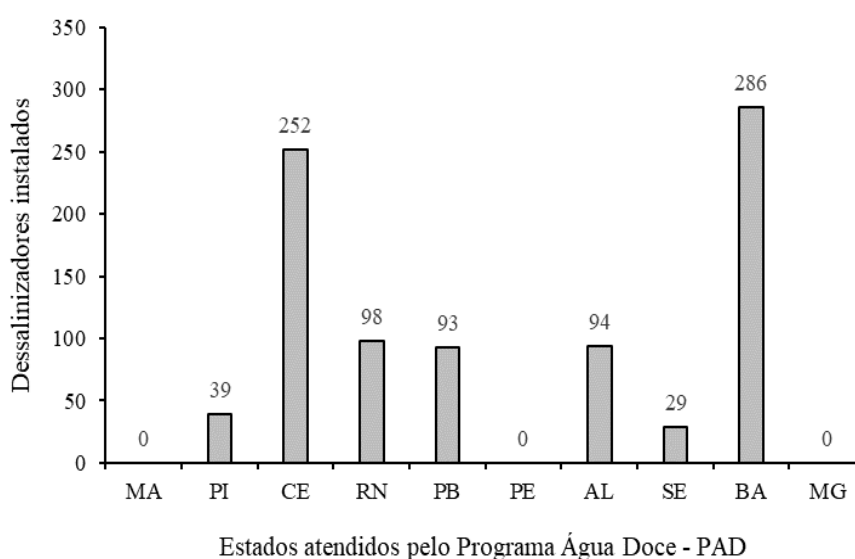


Figura 37. Distribuição dos 891 sistemas de dessalinização instalados na primeira fase do Programa Água Doce – PAD, ocorrida entre 2011 e 2019.

Fonte: MDR (2020).

A segunda fase do PAD foi iniciada em 2020 com a atualização dos planos estaduais para o período 2020-2029. Em dezembro desse ano, o Ministério de Desenvolvimento Regional – MDR concluiu uma licitação para implantar 396 sistemas de dessalinização por meio de contratação direta nos estados em que há convênio firmado entre o governo federal e governos estaduais para implantação da tecnologia social. Assim, nas duas fases do PAD serão implantados ao todo mais de 1.200 sistemas de dessalinização para a população rural do semiárido brasileiro, tendo um investimento total do governo federal de aproximadamente 330 milhões de reais (MDR, 2022).

Convém ressaltar que embora tenha havido avanços, em muitas localidades rurais difusas do semiárido brasileiro, os projetos de dessalinização ainda não são de fácil acesso e, também, os custos de manutenção e consumo de energia ainda são relativamente altos. Nesse

caso, há necessidade de políticas públicas locais para financiamento da construção, manutenção dos equipamentos e, principalmente, para cobrir o consumo de energia elétrica para funcionamento de tais projetos de dessalinização.

Também é válido ressaltar ainda que apesar dos benefícios proporcionados às comunidades rurais, o processo de dessalinização das águas salobras também pode provocar sérios impactos ambientais, uma vez que nesse processo se gera, além da água potável, um rejeito altamente salino, que pode poluir os solos e os corpos hídricos adjacentes caso seu descarte não seja feito de forma adequada (MOHAMED et al., 2005). Considerando o número de dessalinizadores instalados no semiárido brasileiro, um grande volume de rejeito proveniente da osmose reversa é gerado diariamente e, na maioria dos casos, não recebem nenhum tratamento (SOARES et al., 2006) e, mesmo assim, são dispostos no solo e nos corpos hídricos, resultando em problemas de salinização secundária do solo e poluição dos corpos hídricos. Assim, o grande desafio da utilização da osmose reversa para o tratamento das águas salinas reside na disposição ou reutilização do rejeito produzido no processo, de forma a evitar impactos negativos ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2017).

De acordo com Cath et al. (2013) converter o rejeito salino dos dessalinizadores em recurso por meio de tratamento e uso benéfico pode minimizar os custos e os impactos ambientais. Nessa perspectiva, há relatos de experimentos bem-sucedidos demonstrando o uso de rejeito salino em atividades produtivas como produção de camarão, criação de tilápias, produção de hortaliças e forragens, lavanderia e lavagem de veículos (NEVES et al., 2017). Dias et al. (2010) destacam que a possibilidade de reaproveitamento do rejeito salino para atividades produtivas é de grande importância, tendo em vista que o número de dessalinizadores instalados no semiárido brasileiro tem gerado um grande volume desse resíduo.

No Brasil, alguns estudos recentes têm apontado que há viabilidade técnica, econômica e socioambiental para o uso do rejeito salino dos dessalinizadores na produção agrícola familiar, podendo ser lucrativo em comunidades e assentamentos rurais, principalmente quando se utiliza sistemas de produção integrados e sustentáveis (DIAS et al., 2010; DIAS et al., 2020). No entanto, convém ressaltar que quando utilizado para esses fins exige a adoção de estratégias de manejo adequadas, pois devido tratar-se de uma fonte hídrica altamente salina, seu uso incorreto pode causar grandes prejuízos ao meio ambiente, como salinização dos solos e dos corpos hídricos (DIAS et al., 2020).

6 IMPACTOS E BENEFÍCIOS DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO PARA A POPULAÇÃO DAS COMUNIDADES RURAIS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

6.1 IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À GARANTIA DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

De acordo com Lima (2010) as tecnologias sociais buscam a inclusão social e melhoria das condições de vida das populações. Assim, o termo tecnologia social vem ganhando uma importância muito grande no debate sobre a construção de uma sociedade mais justa, igualitária, solidária e sustentável.

Nesse contexto, a partir de uma pauta das populações do semiárido brasileiro, especialmente a população do meio rural, foi fomentada a construção das cisternas de placas de 16.000 litros, principalmente a partir do ano 2000. Essa tecnologia social tinha como principal objetivo universalizar o acesso à água a todas as famílias da zona rural do semiárido brasileiro, especialmente aquelas que tinham dificuldades em acessar água para seu consumo.

A construção de cisternas de placas de 16.000 litros disseminou-se rapidamente nos vários estados que compõem o semiárido brasileiro e, atualmente, essa é a tecnologia social de convivência com o semiárido mais difundida. Não se sabe exatamente quantas unidades dessa tecnologia social existem, pois além das construídas por meio de programas governamentais como o PIMC, também existem muitas unidades construídas com recursos próprios de agricultores que possuem uma situação financeira mais confortável (Figura 38).



Figura 38. Cisternas construídas com recursos do próprio agricultor em residências localizadas na localidade de Santo André (A) e no assentamento Palmares (B), ambas no município de Crateús – CE.

Fonte: Emanuel Mascarenhas (2022); O autor (2022).

A cisterna de placas de 16.000 litros é uma tecnologia social de convivência com o semiárido que tem muita aceitação da população rural e o motivo dessa grande aceitação reside no fato de a mesma ter praticamente acabado com a sede que castigava as famílias camponesas nos anos de escassez de chuvas. Sua importância pode ser visualizada na fala dos próprios agricultores, como constatado em uma conversa com um assentado de quase 70 anos na qual afirmou que “essa cisterna é a melhor coisa que o governo já mandou para nós”. A frase desse agricultor parece muito simples, mas traz consigo um significado muito forte, pois ressalta a importância da referida tecnologia social para um povo que teve uma vida de sofrimento, principalmente nos anos de estiagem prolongada.

De acordo com Adriano Leitão, coordenador de projetos da Cáritas Diocesana de Crateús – CE, “a cisterna de placas de 16.000 litros mudou a vida do camponês e da camponesa”. O fato é que a instalação da tecnologia social no semiárido brasileiro estabeleceu um conjunto de mudanças na vida dos camponeses, especialmente das mulheres. Anteriormente, o cotidiano desse povo era marcado pela árdua tarefa de buscar água em lugares cuja procedência em termos quantitativos e qualitativos eram incertos e, em anos de estiagem, as vezes tinham que enfrentarem longas filas para pegarem um balde de água em caminhões-pipa oferecidos pelos governos locais. Assim, a partir da instalação das cisternas de 16.000 litros, o problema do acesso à água para consumo humano foi resolvido e a qualidade da água armazenada nesses reservatórios depende fundamentalmente de uma boa manutenção do sistema.

As mudanças no meio rural provocadas pela cisterna de 16.000 litros são facilmente percebidas atualmente, como indicadas na fala de Adriano Leitão:

A cisterna de placas de 16.000 litros é muito importante para o povo do campo e isso pôde ser comprovado entre os anos de 2010 a 2017, que foram anos de estiagem muito prolongada. Nesse período ocorreu um colapso no abastecimento de água em algumas cidades em decorrência da falta de políticas hídricas estruturantes, enquanto no campo as consequências das estiagens não foram tão intensas quanto nas cidades. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Ainda de acordo com Adriano Leitão, esse colapso hídrico vivido por algumas cidades do semiárido brasileiro decorrente de sucessivos anos de escassez de chuvas ocorreu devido elas estarem sendo construídas sem se pensar na segurança hídrica, coisa que o meio rural hoje já está mais estruturado:

No passado existiam nas cidades alguma estrutura como uma cisterna quadrada, um tanque ou uma manilha, mas foi se entendendo que isso era feio para a cidade, foi se

destruindo essas estruturas e hoje não tem nada disso. Assim, quando tem um colapso de água, todo mundo fica no seco. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Para Adriano Leitão a cisterna de placas de 16.000 litros provocou mudanças no meio rural do semiárido brasileiro e atualmente é considerada um instrumento de dignidade para seus povos:

A cisterna de placas de 16.000 litros é considerada um instrumento de dignidade. Como assim? Havia muitas dificuldades em tempos irregulares de estiagem para as mulheres pegarem um balde de água nos carros pipas. Assim, a cisterna de placas deu dignidade, deu uma qualidade de vida ao povo do campo e por ser um instrumento de dignidade, transformou-se em uma política pública de convivência com o semiárido. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Assim, indiretamente, essa tecnologia social também contribuiu para a melhoria da condição econômica das famílias beneficiadas, pois o tempo que antes era gasto para pegar água em locais distantes, a partir da implantação da cisterna de 16.000 litros, pôde ser usado para fazer outras atividades.

Outro benefício da cisterna de 16.000 para a população rural do semiárido brasileiro foi a melhoria em sua saúde, uma vez que sua água costuma apresentar qualidade superior à de fontes normalmente utilizadas pela maioria das famílias residentes nesse espaço. Não existem muitos estudos sobre o assunto, mas há indicativos que a tecnologia social contribui de forma significativa para a diminuição de algumas doenças que atingem a população da zona rural desse espaço, como demonstrado em pesquisa de Luna et al. (2011) no estado de Pernambuco sobre o impacto do Programa Um Milhão de Cisternas na Saúde das famílias. Nesse estudo foi constatado que nas famílias que contavam com cisterna de 16.000 litros a ocorrência de episódios diarreicos foi de 7,3%, enquanto que entre os residentes em domicílios sem cisterna foi mais de três vezes superior, atingindo 24,4%.

O fato é que a diarreia era um problema grave para a população rural do semiárido brasileiro até recentemente, principalmente para as crianças, pois milhares delas morriam anualmente devido à doença. Nesse contexto, as cisternas de 16.000 litros representam um grande passo para reduzir a mortalidade infantil por causa da doença. Sobre esse assunto, Silva (2015) avaliou o impacto do PIMC sobre a saúde infantil entre os anos de 2.000 e 2.010 e verificou que o programa teve um impacto significativo sobre a redução da taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas para a faixa etária de 0 a 4 anos, reforçando assim a importância da tecnologia social para a saúde das famílias rurais do semiárido brasileiro.

Outro fato importante que deve ser destacado é que antes da implantação das cisternas de 16.000 litros a tarefa de pegar água era principalmente das mulheres. Em algumas ocasiões elas carregavam baldes de 20 litros de água na cabeça em pleno sol quente por centenas de metros, as vezes até por quilômetros. Não são necessários estudos para se concluir que isso afetava demais a saúde dessas pessoas, principalmente problemas de coluna devido ao carregamento de peso excessivo de forma contínua. Essa situação mudou depois da cisterna de 16.000 litros, pois praticamente deixou de existir.

6.2 IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À PRODUÇÃO DE ALIMENTOS

As cisternas de 16.000 litros vêm garantindo água para o consumo humano para as comunidades rurais do semiárido brasileiro, ou seja, tá resolvendo o problema da sede que tanto castigava a população desse espaço nos anos de estiagem. Diante disso, a população rural, com a sociedade civil organizada, liderada principalmente por movimentos sociais e algumas organizações governamentais e não governamentais começaram a entender que um passo adiante devia ser dado, pois já se tinha água para consumo humano; estava na hora de garantir água para a produção de alimentos. Assim, nasceu a pauta por políticas públicas voltadas à construção de estruturas visando a produção de alimentos pelas famílias camponesas durante os meses em que não há a incidência de chuvas no semiárido.

Nesse contexto, diversas tecnologias foram desenvolvidas e implantadas no meio rural do semiárido brasileiro visando a produção de alimentos, sendo as principais a cisterna calçadão, a cisterna de enxurrada, as barragens subterrâneas e o sistema bioágua familiar. Juntas, essas tecnologias visavam fomentar a produção agrícola familiar, contribuindo assim para a segurança alimentar, nutricional e econômica das famílias beneficiadas.

Ao passo que essas tecnologias sociais iam sendo implantadas, grandes expectativas sobre elas eram criadas, pois para quem conhece bem o semiárido brasileiro sabe que a partir de sua implantação, as famílias beneficiadas passaram a ter opção de produzir alimentos durante o ano inteiro e não apenas durante a estação chuvosa, como era de costume. Outro fator de fundamental importância é que essas tecnologias foram pensadas para a produção em pequenos espaços, visto que nesse local do país grande parte das famílias possuem apenas um pequeno pedaço de terra.

O fato é que em muitos locais as tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas para produção de alimentos provocaram mudanças profundas na vida de seus beneficiários. Não é tão fácil mensurar o real impacto na vida de todos eles, pois fazer um

estudo com todos os beneficiários é algo complexo, visto que já foram implantadas centenas de milhares de unidades dessas tecnologias pelo semiárido afora, mas há estudos localizados que indicam tais mudanças, como demonstrado por Alencar et al. (2018a) em estudo realizado com 68 beneficiários no município de Jardim – CE, no qual apontou que as tecnologias implantadas por meio do P1+2 impactaram de forma positiva a qualidade de vida e a renda familiar de seus beneficiários. Nesse estudo foi demonstrado ainda que a cisterna de produção é uma tecnologia de alta viabilidade econômica, chegando a cobrir os custos com sua construção logo no primeiro ano de uso, caso sua utilização seja feita de forma adequada. A melhoria na renda de beneficiários do P1+2, tanto agrícola quanto pecuária, também foi constatada por Silva et al. (2021) ao estudarem o impacto das tecnologias sociais sobre a geração de emprego e renda do pequeno agricultor do semiárido cearense, sendo esse estudo feito no município de Iguatu – CE, em uma amostra composta por 40 beneficiários.

Conforme pode ser visualizado nos resultados descritos pelos autores supracitados, a melhoria de renda familiar é uma peça chave para o sucesso das tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas para a produção de alimentos. Mas como ocorre essa melhoria de renda familiar? Há duas formas principais: a primeira forma é a venda dos alimentos vegetais excedentes, como hortaliças, frutas, legumes, tubérculos, etc. Essa venda costuma ser feita para outras famílias da comunidade e/ou comunidades vizinhas ou em feiras destinadas a venda de produtos da agricultura familiar. A segunda forma é por meio do aumento da criação de pequenos animais, como galinhas, cabras e ovelhas, visto que a partir da implantação da tecnologia social há mais água disponível na propriedade para dessedentá-los e ocorre ainda uma maior produção de alimentos para eles, como capins e restos vegetais descartados na colheita das hortaliças.

Outro efeito positivo da implantação das tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas para a produção de alimentos para as famílias camponesas foi a diversificação da produção agrícola e pecuária, como demonstrado por Alencar et al. (2018b) ao estudarem os impactos do P1+2 sobre a diversificação agropecuária. Antes, na maioria das comunidades rurais a produção agrícola ocorria somente durante o período chuvoso e eram produzidas principalmente as culturas do milho (*Zea mays*) e do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) nos roçados e a produção pecuária no quintal das residências era feita em pequena escala, sendo criados poucos animais, visto que os alimentos para eles eram mais escassos, como também havia pouca água para dessedentá-los. A partir das ações do P1+2 diversas outras culturas passaram ser cultivadas durante o ano inteiro, desde hortaliças, frutíferas e plantas medicinais e o plantel de pequenos animais pôde ser aumentado. Assim, os

agricultores passaram a ter alimentos e renda durante o ano inteiro e não de forma sazonal, como ocorria anteriormente.

Essa diversificação da produção agropecuária promovida pelas tecnologias sociais de convivência com o semiárido promoveu ainda outra grande mudança na vida dos camponeses, que foi em seu hábito alimentar. Antes, como produziam principalmente milho e feijão-caupi, sua alimentação era baseada nesses dois alimentos e em seus derivados. A partir da implantação das tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos, várias outras culturas passaram a ser produzidas, como tomate (*Solanum lycopersicum*), cebolinha (*Allium fistulosum* L.), coentro (*Coriandrum sativum*), pimentão (*Capsicum annuum*), pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*), berinjela (*Solanum melongena*), cenoura (*Daucus carota*), beterraba (*Beta vulgaris*), batata-doce (*Ipomoea batatas*), macaxeira (*Manihot esculenta*), jerimum (*Cucurbita moschata*), mamão (*Carica papaya*), goiaba (*Psidium guajava*), maracujá (*Passiflora edulis*), banana (*Musa spp.*), acerola (*Malpighia emarginata*), graviola (*Annona muricata*), limão (*Citrus limon*), tangerina (*Citrus reticulata*), dentre outras. Além disso, devido ter possibilitado o aumento no plantel de animais, alimentos como carne, queijo e ovos passaram a fazer parte da alimentação camponesa com mais frequência.

As mudanças promovidas na alimentação dos camponeses devem proporcionar ainda melhoria em sua saúde, pois embora os estudos que relacionem essa melhoria na alimentação com a melhoria na saúde das pessoas sejam escassos, dá para se deduzir que isso está ocorrendo, visto que pessoas bem alimentadas, com dieta balanceada, tendem a serem mais resistentes a doenças.

No que concerne as barragens subterrâneas, embora trate-se de uma tecnologia social antiga, os estudos que buscam mensurar o tamanho do impacto da tecnologia social na vida de seus beneficiários são escassos e mais escassos ainda são os estudos que buscam explicar os motivos porque em muitas ocasiões elas não conseguem atingir o êxito planejado. Alguns dos poucos pesquisadores que dissertaram sobre o assunto foram Lima et al. (2019), os quais associam o insucesso das barragens subterrâneas a três fatores principais: fatores sociais, fatores associados à sua locação e construção e fatores de manejo.

De acordo com Lima et al. (2019), do ponto de vista social as barragens subterrâneas não atingiram o sucesso almejado porque em muitas ocasiões os beneficiários não veem a tecnologia social como uma conquista sua, de sua família ou da própria comunidade. Geralmente, isso ocorre porque os executores das políticas públicas muitas vezes desconhecem a real necessidade das famílias beneficiadas e acabam por destinar uma tecnologia para uma determinada família sem que haja envolvimento social da mesma. Esse

fato ressalta a importância de as famílias beneficiadas participarem de todas as etapas do processo, desde a mobilização social até a implantação da tecnologia social, ou seja, as famílias precisam verem essa conquista como um instrumento político capaz de promover mudanças reais em sua qualidade de vida, pois isso faz com que elas deem valor a conquista.

Em relação aos fatores associados à sua locação e construção, as barragens subterrâneas podem-se constituírem em grandes insucessos, caso as especificações técnicas exigidas para locação e construção não sejam observadas (CIRILO et al., 2003). Convém destacar que tais especificações técnicas variam de acordo com o modelo de barragem subterrânea adotado. Entre os fatores que devem ser analisados estão o tipo de solo, a posição do terreno em que vai ser construída e a qualidade do material que vai ser utilizado em sua construção. Assim, o sucesso de locação e construção dessa tecnologia social é fortemente dependente de estudos técnicos preliminares feitos por um corpo técnico especializado (CIRILO et al., 2003; LIMA et al., 2019).

Em relação ao manejo das barragens subterrâneas, mesmo que elas tenham sido construídas em local e de forma adequada, como também o processo de mobilização social tenha ocorrido, as barragens subterrâneas podem não gerar os benefícios esperados caso o seu manejo não seja feito de forma adequada, ou seja, o sucesso da tecnologia social é fortemente dependente desses três fatores.

O manejo é peça chave no sucesso das barragens subterrâneas, pois o manejo inadequado pode provocar adversidades, como a salinização da água e dos solos, a contaminação química e a contaminação biológica. Para evitar tais transtornos é recomendável uma série de cuidados. A salinização pode ser evitada ao renovar-se constantemente a água armazenada por meio da utilização plena da capacidade do reservatório hídrico, como também pela utilização de sistemas de irrigação adequados; a contaminação química pode ser combatida ao evitar-se a utilização de agrotóxicos e fertilizantes inorgânicos e, caso sejam usados, que seja de forma racional; a contaminação biológica pode ser evitada tomando-se alguns cuidados específicos como a implantação de saneamento ambiental (incluindo o tratamento de efluentes domésticos) e destinação correta do lixo proveniente das residências. Cuidado especial também deve ser tomado quando a tecnologia social é usada para o dessedentamento de animais para que esses não a contaminem com suas fezes (LIMA et al., 2019).

Aqui é necessário mais uma vez bater na tecla da assistência técnica, pois a barragem subterrânea é uma tecnologia social idealizada para ter vida útil longa, sendo necessário assim

o acompanhamento e a orientação técnica aos beneficiários após a implantação da tecnologia social por um longo período de tempo.

O fato é que de modo geral, as barragens subterrâneas não alcançaram até hoje o êxito almejado e os dados de algumas pesquisas confirmam essa afirmação. Com base nos estudos de vários autores como Cirilo e Costa (1999) e França (2010) os quais estimavam que até 2012 já tinham sido construídas mais de 1.300 barragens subterrâneas no semiárido brasileiro e, desse quantitativo, mais de 50% apresentaram algum problema na fase de construção, tais como: baixa capacidade de acumulação de água da bacia hidráulica, deficiência na impermeabilização do septo (ocasiona o vazamento da água acumulada) e construção da barragem em solos salinos. Esses dados são corroborados pelos levantados por Lima et al. (2019), os quais indicam que em muitas ocasiões houve falhas no momento de locar as barragens subterrâneas, resultando assim em obras ineficientes do ponto de vista estrutural.

Com base no que foi dissertado nos parágrafos anteriores sobre o impacto das barragens subterrâneas para seus beneficiários, pode haver a crença que no geral as barragens subterrâneas representam um grande fracasso no semiárido, fato esse que não é verdade, visto que em muitos locais elas representam exemplos muito bem-sucedidos. Alguns desses exemplos foram apresentados em estudo realizado por Lima et al. (2019) no estado do Rio Grande do Norte. Nesse estudo, foram identificadas barragens subterrâneas altamente produtivas nos municípios de Umarizal e Caraúbas, com produção agrícola altamente diversificada, sendo produzidas diversas hortaliças, frutíferas como a goiabeira (*Psidium guajava*) e a bananeira (*Musa spp.*), arroz (*Oryza sativa*), feijão (*Vigna unguiculata*), milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), batata-doce (*Ipomoea batatas*), macaxeira (*Manihot esculenta*) e cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), contribuindo assim para a soberania alimentar, nutricional e econômica das famílias, haja vista que o excedente era vendido em feiras, diretamente para o consumidor. Além disso, essas barragens também contribuía para a produção animal, por meio do plantio de capim braquiária e de seu dessedentamento. Nesse aspecto, merece destaque uma barragem no sítio Caiçara em Umarizal, na qual além da produção agrícola, também era responsável por garantir água para dessedentar 700 ovelhas e 17 cabeças de gado bovino. Levando-se em consideração que uma ovelha consome em média 6 litros de água por dia e uma vaca consome cerca de 53 (Tabela 7), o volume de água explorado dessa barragem só para dessedentar os animais é 5.101 litros diariamente.

De fato, os estudos que visam mensurar o real impacto das barragens subterrâneas aos seus beneficiários são raros na literatura. Uma contribuição importante foi feita por França et al. (2016) no estado do Ceará. Esses autores estudaram a viabilidade econômica das barragens

subterrâneas no semiárido cearense e verificaram que caso seja feito o uso de forma correta, uma barragem subterrânea tem a capacidade de recuperar o recurso investido em sua construção em apenas três anos e meio. Além disso, nesse estudo também foi apontado que a barragem subterrânea apresenta um ótimo custo benefício e uma alta Taxa Interna de Retorno (TIR), indicando assim que a tecnologia social apresenta alta viabilidade econômica.

Tabela 7: Consumo médio de água dos principais animais criados no semiárido brasileiro.

Espécie	Consumo de água (litros)			
	Diário	Mensal	Em 8 meses	Em 1 ano
Vaca	53	1.590	12.720	19.080
Cavalo/Jegue	41	1.230	9.840	14.760
Cabra/ovelha	6	180	1.440	2.160
Porco	6	180	1.440	2.160
Galinha	0,2	6	48	72

Fonte: IRPAA (2001).

Em relação ao bioágua familiar, essa tecnologia é dentre as principais tecnologias hídricas de convivência com o semiárido brasileiro a que foi desenvolvida mais recentemente, mas já representa muita importância para a população dessa região, pois apresenta grande potencial para melhorar a produção agrícola familiar, uma vez que além de fornecer água para irrigar as plantas, também é fonte de nutrientes, principalmente de fósforo.

Embora não seja tão difundido quanto algumas outras tecnologias sociais de convivência com o semiárido, o bioágua familiar é uma tecnologia que tem despertado grande interesse da população rural e de instituições que trabalham com as principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido. O motivo desse grande interesse, de acordo com Adriano Leitão, coordenador de projetos da Cáritas Diocesana de Crateús – CE é que “O bioágua tem sido uma revolução muito grande para o semiárido, pois não existe uma casa que não se gaste água. Assim, a família vai conseguir produzir mesmo no tempo de muita escassez de água”.

Esse pensamento também é corroborado por Lucieudo Gonçalves, um outro coordenador de projetos que atua na região do semiárido cearense. Segundo esse coordenador:

A política de reuso é uma das mais fantásticas, por conta que é um ciclo, porque você vive lavando louça, tomando banho e aquilo ali você tá sabendo que vai voltar para a mesa da família de novo na forma de um fruto, de um legume, ou até na forma de uma palma irrigada para um animal. (Lucieudo Gonçalves, Instituto Bem Viver).

Ou seja, com base nesses depoimentos, possivelmente haverá no futuro um grande investimento público na implantação de sistemas bioágua familiar na região brasileira em que predomina o clima semiárido, haja vista que a tecnologia social é muito bem avaliada pelos agentes envolvidos em sua disseminação até o momento, inclusive pelos agricultores, como relata Daniel Gomes, um dos beneficiários da tecnologia social. Segundo esse agricultor, o bioágua ocasionou mudanças em sua vida:

Quando o bioágua chegou a gente não tinha quase nada de plantio de fruteiras e de outras coisas assim, aí quando ele chegou despertou em mim algo que estava adormecido que era a vontade plantar. Aí depois eu fui ampliando, ampliando, aí fui criando esse gosto pelo plantar e colher e mais ainda de passar isso para as pessoas, de produzir alimentos sem agrotóxicos e também de proporcionar isso para as pessoas, para os vizinhos e ver que dá certo, basta a pessoa se empenhar. (Daniel Gomes, agricultor familiar).

No quintal de Daniel Gomes são produzidas diversas culturas, principalmente frutíferas (Figura 39), pois embora haja estudos que comprovam que as águas cinzas tratadas podem ser usadas na produção de hortaliças, no geral, isso não é recomendado. Da produção obtida em seu quintal, grande parte é destinada ao consumo da própria família, sendo vendido somente o excedente. Além dos produtos agrícolas, esse agricultor também destaca que “comercializa as minhocas oriundas do minhocário com outros agricultores que tem interesse em produzir húmus”.

Daniel Gomes relata ainda que no início teve muitas desconfianças em relação ao bioágua. De acordo com esse beneficiário “sempre se fica com um pé atrás com algo que vem de graça”.

A desconfiança de Daniel Gomes foi superada quando a tecnologia social foi implantada em seu quintal. O agricultor relata ainda que foi paixão à primeira vista, tanto é que posteriormente fez o curso de Técnico em Agropecuária para aperfeiçoar seus conhecimentos sobre agricultura e atualmente ele é uma grande referência na região. Em sua fala ele afirma que “é procurado para intercâmbios de feiras regionais e outros intercâmbios.”.

Daniel Gomes também destaca que devido ter implantado uma área de cultivo em seu quintal maior que o previsto no sistema bioágua, atualmente a água tratada no sistema não é o suficiente para irrigar todas as plantas, haja vista que “fornece em torno de 200 litros de água por dia” apenas. Assim, é necessário a suplementação com outra fonte hídrica para atender a demanda do agricultor.



Figura 39. Unidade produtiva de Daniel Gomes em sistema bioágua familiar.

Fonte: O autor (2022).

Lucieudo Gonçalves, técnico do Instituto Bem Viver – IBV, foi um dos pioneiros na implantação do sistema bioágua familiar no estado do Ceará. De acordo com esse técnico, essa tecnologia social apresenta um grande diferencial, pois:

Traz uma visão que vai além do reuso da água, porque ele integra a família, dá condições da família manter pequenas áreas verdes em torno de suas residências, principalmente áreas que são muito visionadas e dedicadas ao trabalho das mulheres, ou seja, o reuso das águas traz esse componente importante que é o apoio ao trabalho que as mulheres já fazem que é cuidar do quintal de casa. (Lucieudo Gonçalves, Instituto Bem Viver).

Convém destacar que atualmente o bioágua familiar é uma tecnologia muito bem avaliada por gestores e beneficiários, mas nem sempre foi assim. De acordo com Lucieudo Gonçalves:

O bioágua era uma tecnologia que trazia muitas preocupações, com a carga de muito preconceito, porque as famílias imaginavam que iam comer um fruto irrigado com a água que tomavam banho. Então o primeiro passo foi fazer a sensibilização para que vivemos em um contexto que é necessário fazer o reuso, não só da água, mais de diversas outras possibilidades. (Lucieudo Gonçalves, Instituto Bem Viver).

Além do componente produtivo, o bioágua também apresenta um forte apelo ambiental, pois as águas que antes geravam um impacto ambiental, poluindo os solos e os corpos hídricos, agora são fonte de água e nutrientes para as plantas dos quintais das residências. Sobre esse assunto, Lucieudo Gonçalves relata que:

Hoje o bioágua é uma política de saneamento ambiental. As residências que conseguem implantar um sistema conseguem manter a área verde, conseguem gerar renda, gerar trabalho a partir de uma água que seria desperdiçada ou empossada nos terreiros das residências, no quintal, sendo disponibilizada até como fonte de propagação de doenças para pequenos animais e aves. (Lucieudo Gonçalves, Instituto Bem Viver).

Embora ainda não haja uma denominação oficial, segundo Lucieudo Gonçalves, o bioágua é visto como uma continuação das políticas anteriores de convivência com o semiárido, pois “é tido como uma terceira água, porque a primeira água é a cisterna de 16.000 litros, a segunda água é a cisterna de 52.000 litros e a terceira é o sistema de reuso, que é justamente essa escada da segurança hídrica”.

Mesmo sendo uma tecnologia social muito barata e represente uma grande ferramenta de convivência com o semiárido, Lucieudo Gonçalves demonstra muitas preocupações com os rumos que a política de reuso tem tomado no semiárido recentemente:

A política do reuso ainda está muito acanhada por falta de incentivos de recursos públicos. E isso não é tão somente da política do reuso, mas das políticas de convivência com o semiárido em si. Baseado na conjuntura política que temos enfrentado no Brasil, isso tem dificultado a aplicação e a implantação de novas tecnologias na busca da convivência com o semiárido. (Lucieudo Gonçalves, Instituto Bem Viver).

6.3 UTILIZAÇÃO E IMPACTOS DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS VOLTADAS À PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NOS ASSENTAMENTOS PALMARES I E LIOLÂNDIA

De forma geral, com a água das cisternas calçadão e de enxurrada é produzido de tudo um pouco nas unidades familiares, como por exemplo, na cisterna calçadão de dona Tuniza, no assentamento Palmares I em Crateús – CE, onde são produzidas diversas frutíferas e hortaliças, além de plantas medicinais. Na visita realizada em sua unidade produtiva pôde ser observado que há o cultivo de banana (*Musa spp.*), goiaba (*Psidium guajava*), mamão (*Carica papaya*), acerola (*Malpighia emarginata*), ata (*Annona squamosa*), maracujá (*Passiflora edulis*), jerimum (*Cucurbita moschata*), batata-doce (*Ipomoea batatas*), macaxeira (*Manihot*

esculenta), beterraba (*Beta vulgaris*), cenoura (*Daucus carota*), tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), pimentão (*Capsicum annuum*), pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*), cebolinha (*Allium fistulosum* L.), coentro (*Coriandrum sativum*), alface (*Lactuca sativa*), capim santo (*Cymbopogon citratus*), hortelã (*Mentha spicata*), dentre outras plantas (Figura 40). De acordo com a agricultora familiar, grande parte dessa produção é para o próprio consumo da família. Todavia, quando há excedente, os produtos agrícolas são vendidos.



Figura 40. Unidade produtiva de dona Tuniza em cisterna calçadão, no assentamento Palmares I, em Crateús – CE.

Fonte: O autor (2002).

Já na cisterna de enxurrada de dona Rosileide, no assentamento Liolândia em Independência – CE (Figura 41), não existe tanta diversidade, todavia, na visita realizada em sua unidade de produção pôde ser observado que há a produção de banana (*Musa spp.*), goiaba (*Psidium guajava*), pimentão (*Capsicum annuum*), pimenta-de-cheiro (*Capsicum chinense*) e, principalmente, palma forrageira (*Opuntia stricta*), pois de acordo com a agricultora familiar é da criação de ovinos e caprinos que se origina a maior parte da renda familiar e a cisterna de enxurrada tem um papel fundamental para a segurança alimentar desses animais.



Figura 41. Unidade produtiva de dona Rosileide em cisterna de enxurrada, no assentamento Liolândia, em Independência – CE.

Fonte: O autor (2022).

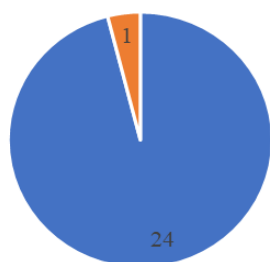
Embora trate-se de uma necessidade dos dois assentamentos e tenha sido investido uma grande quantidade de recursos governamentais na construção de tecnologias sociais voltadas para a produção de alimentos nos assentamentos Liolândia (Figura 42) e Palmares I, de modo geral essas tecnologias não têm alcançado o mesmo êxito que a cisterna de 16.000 litros. Em termos de comparação, em Liolândia residem 35 famílias e foram construídas pelos programas governamentais até o momento 25 cisternas de 16.000 litros e 14 cisternas de enxurrada e, ao analisar-se o uso dessas tecnologias, constatou-se que 24 das 25 cisternas de 16.000 litros estão em uso, ou seja, estão cumprindo sua função social (Figura 43A). Por outro lado, das 14 cisternas de enxurrada em apenas 3 delas pode ser visto alguma produção, ou seja, 78,6% das cisternas de enxurrada do assentamento estão improdutivas (Figura 43B).



Figura 42. Distribuição das tecnologias de convivência com o semiárido no assentamento Liolândia, no município de Independência – CE: cisternas de 16.000 litros (menores e próximo das residências) e cisternas de enxurrada (maiores e mais distantes das residências).

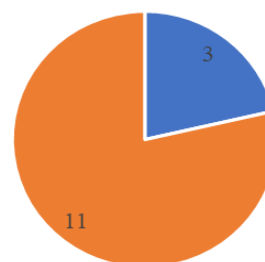
Fonte: *Google Earth Pro.*

Assentamento Liolândia - Cisterna de 16.000 litros (A)



■ Cisterna em uso ■ Cisterna sem uso

Assentamento Liolândia - Cisterna de enxurrada (B)



■ Cisterna em uso ■ Cisterna sem uso

Figura 43. Uso atual da cisterna de 16.000 litros Liolândia (A) e das cisternas de enxurrada (B) no assentamento Liolândia.

Fonte: O autor (2022).

Na figura 44 é apresentada a cisterna de enxurrada de uma unidade familiar do assentamento Liolândia. Segundo o dono da residência, há alguns anos essa cisterna está quebrada e não consegue armazenar água, mas durante os primeiros anos ela foi cheia, todavia, sua água nunca foi utilizada para produção de alimentos. Ainda de acordo com esse

morador, a maioria das cisternas de enxurrada da comunidade estão dessa forma, fato que foi comprovado “*in loco*”.



Figura 44. Cisterna de enxurrada vazia (A) e canteiros econômicos totalmente improdutivos (B) no assentamento Liolândia, município de Independência – CE.

Fonte: O autor (2022).

Um fato curioso é que na única residência do assentamento Liolândia em que a cisterna de 16.000 litros não está cumprindo com sua função social, a água para consumo da família é obtida da cisterna de enxurrada, ou seja, houve uma inversão de papéis das tecnologias sociais, pois a água que escorre no telhado da casa é canalizada para a cisterna de enxurrada e não para a cisterna de 16.000 litros, pois a cisterna de 16.000 encontra-se quebrada e o proprietário da casa preferiu nunca consertá-la, visto que utiliza a cisterna de enxurrada para armazenar água de beber (Figura 45).

Convêm destacar que o município de Independência está localizado na região mais seca do estado do Ceará (região dos Inhamuns) e é um dos municípios do estado que apresenta menor média pluviométrica (aproximadamente 550 mm ano^{-1}). Assim, em tese, as tecnologias hídras de convivência com o semiárido voltadas à produção de alimentos deveriam ser melhores aproveitadas.



Figura 45. Cisterna de enxurrada utilizada para armazenar água para consumo humano, no assentamento Liolândia, município de Independência – CE.

Fonte: O autor (2022).

Um panorama semelhante ao visto no assentamento Liolândia também é visto no assentamento Palmares I, no município de Crateús – CE (Figura 46). Em Palmares I residem atualmente mais de 60 famílias e quase todas as residências contam com a cisterna de 16.000 litros, sendo que todas elas estão em uso. Todavia, quando se trata de tecnologias voltadas para a produção de alimentos, nesse assentamento elas não são tão difundidas, pois existem apenas 15 unidades de tais tecnologias, sendo 12 cisternas de enxurrada, 2 cisternas calçadão e uma barragem subterrânea. O motivo para não existirem tantas tecnologias voltadas para a produção de alimentos em Palmares I é que existe um grande reservatório de água superficial bem próximo da agrovila do assentamento e grande parte das famílias têm a possibilidade de produzir em seus quintais pegando água diretamente desse reservatório. Inclusive, quando esse reservatório está com a sua capacidade máxima, a água chega a alguns metros de algumas casas.



Figura 46. Distribuição das tecnologias de convivência com o semiárido no assentamento Palmares, no município de Crateús – CE: cisternas de 16.000 litros (menores e próximo das residências) e cisternas de enxurrada (maiores e mais distantes das residências).

Fonte: *Google Earth Pro.*

Assim como em Liolândia, em Palmares I as tecnologias sociais de convivência com o semiárido são subutilizadas, visto que das 15 tecnologias de segunda água da comunidade, apenas 6 estão sendo usadas atualmente, ou seja, apenas 40% (Figura 47).

Assentamento Palmares - Tecnologias de segunda água

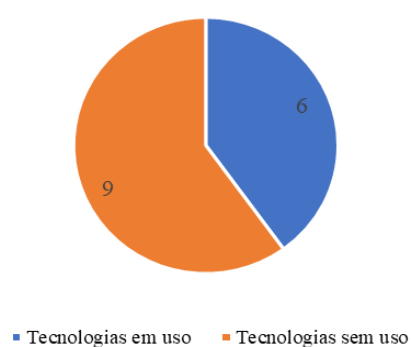


Figura 47. Uso atual das tecnologias de segunda água no assentamento Palmares I, Crateús – CE.

Fonte: O autor (2022).

Diante do cenário apresentado nos assentamentos Liolândia e Palmares I, um questionamento que pode ser levantado é sobre o motivo de as tecnologias sociais de

convivência com o semiárido voltadas para a produção de alimentos não serem tão aproveitadas pelos camponeses. De acordo com Adriano Leitão, coordenador de projetos da Cáritas Diocesana de Crateús, têm sido feitas reflexões sobre o assunto e a conclusão que se chegou até o momento é que a ausência de assistência técnica aos beneficiários após a implantação das tecnologias sociais é o principal fator responsável para tais tecnologias não atingirem seu potencial máximo, conforme pode ser visualizado em sua fala:

Se olharmos só por cima vamos dizer que esse povo não quer nada, e não é bem assim. O que é mais complicado pós-implantação da tecnologia é a ausência da assistência técnica para as famílias, ou seja, está faltando a assistência técnica dentro da política de convivência com o semiárido. Assim, na hora que o agricultor mais precisa de instrução e de incentivo falta a política de assistência técnica. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Quando questionado porque a cisterna de 16.000 litros é considerado uma tecnologia social de grande êxito e as tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos não seguiram o mesmo caminho, Adriano Leitão é bem enfático ao afirmar que “a cisterna de 16.000 litros não precisa de acompanhamento técnico para poder pegar água nela, mas quando é uma coisa que vai mexer com sistema de irrigação, com sistema de produção, com escalonamentos, o agricultor precisa ser instruído”.

Com base nos dados levantados, pode-se afirmar que, de modo geral, nos assentamentos Liolândia e Palmares I as tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos não estão desempenhando sua função social, que é a produção de alimentos para as famílias. Embora nos últimos anos esses dois assentamentos não tenham assistência técnica, por muito tempo eles foram contemplados com os programas de assistência técnica oferecida pelo INCRA. O fato é que de acordo com os agricultores desses dois assentamentos a assistência técnica foi mais voltada para a produção animal, principalmente para a ovinocaprinocultura e bovinocultura, visto que são essas as duas atividades produtivas mais praticadas nos dois locais. Outro fato relevante é que a maioria das famílias assentadas antes moravam em terras de patrão e viviam da agricultura de sequeiro, plantando principalmente milho e feijão, ou seja, tinham uma cultura muito enraizada. Desse modo, embora tenha havido um processo de formação na implantação das tecnologias sociais, em alguns casos ele não foi o suficiente para modificar a cultura dos assentados.

Também é fato que as tecnologias sociais dos dois assentamentos estudados ainda estão aptas e podem ser usadas pelas famílias. Para isso acontecer um passo importante é a reativação da política de assistência técnica nos dois assentamentos; outro passo importante é

que essa assistência técnica deve ser pautada na produção agrícola familiar, com foco nas tecnologias sociais de convivência com o semiárido.

Além da assistência técnica oferecida por ações governamentais, para que as tecnologias sociais logrem êxito nos assentamentos Palmares I e Liolândia é necessário as famílias fazerem a parte delas, ou seja, há uma necessidade de mudança de cultura, visto que muitos assentados ainda destinam grande parte de seu tempo para a criação de animais e a agricultura de sequeiro (plantio de milho e feijão), deixando de lado as tecnologias sociais voltadas à produção de alimentos, como as cisternas de enxurrada e as cisternas calçadão.

7 PERSPECTIVAS EM RELAÇÃO AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Resultantes de intensas mobilizações sociais, as políticas públicas de convivência com o semiárido constituem-se em ferramentas de fundamental importância para superar os problemas existentes nesse espaço decorrentes da escassez de chuvas, haja vista que é por meio dessas políticas que é feita a transferência para a população das principais tecnologias sociais de convivência com o semiárido para captar e armazenar água da chuva. Tais políticas era um anseio antigo da população local, principalmente da população rural, visto que essa população historicamente foi a mais atingida pelos efeitos negativos das recorrentes secas.

Embora haja relatos da implantação de várias tecnologias hídras de convivência com o semiárido há muito tempo, foi a partir do ano 2000, por meio das políticas públicas que a implantação dessas tecnologias foi impulsionada. As principais políticas públicas responsáveis pela grande disseminação dessas tecnologias hídras foram o P1MC, o P1+2, o Programa Água para Todos e o Programa Água Doce. É válido destacar que essas políticas públicas foram frutos de uma grande efervescência popular vivida no Brasil nos anos 80 e, principalmente, no final dos anos 90, com multidões imensas indo às ruas pautar melhorias de vida para a população mais carente do país.

Com a chegada de um governo com caráter progressista ao poder em 2003 (governo do partido dos trabalhadores – PT) esta população que historicamente não tinha tido voz começou a ser ouvida e a ideia sobre políticas públicas que realmente resolvesse o seu problema começou a ganhar vida e, nos casos das que já existiam, se fortaleceram. Assim, o período entre 2003 e 2015 foi um período de grandes mudanças no meio rural do semiárido brasileiro, culminando em uma ascensão social nunca vista, uma vez que as políticas públicas implantadas no período reduziram dois dos maiores problemas existentes na região: a sede e a fome. Convém destacar que diversos fatores contribuíram para essa ascensão social, como a democratização de uma política de transferência de renda para as famílias mais carentes, representada pelo Bolsa Família do governo federal e, é claro, o grande investimento governamental em políticas públicas que tinham como objetivo a implantação de tecnologias sociais de convivência com o semiárido, especialmente tecnologias para captação e armazenamento de água da chuva e tecnologias para produção de alimentos.

No cenário político, em 2014 começa no Brasil uma grande turbulência, resultando em pedido de “*impeachment*” da presidente da república em dezembro de 2015, fato esse que foi consumado em agosto de 2016. Assim, seu vice assume a presidência da república para

terminar o mandato, que iria até dezembro de 2018. Nesse momento a ala conservadora do país estava ganhando força e o país passa por grandes mudanças que desfavoreceram a classe trabalhadora do país, como por exemplo a reforma trabalhista de 2017, que ocasionou diversas perdas de direitos para os trabalhadores.

Seguindo a tendência conservadora no país, em outubro de 2018 foi eleito presidente do Brasil para o quadriênio 2019-2022 um presidente de extrema direita. Esse presidente também promoveu reformas profundas, sendo a reforma da previdência de 2019 muito marcante, haja vista que, assim como a reforma trabalhista, também desfavoreceu muito a classe trabalhadora.

No que concerne ao meio rural do semiárido brasileiro, a partir de 2016, período em que do ponto de vista político a ala conservadora retomou o poder no país, tem se observado uma redução drástica das principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido, reduzindo significativamente a quantidade de tecnologias sociais de convivência com o semiárido implantadas nesse espaço. Além disso, a pandemia do Covid-19 que chegou ao Brasil no início de 2020 piorou esse panorama, pois os programas voltados à implantação de tais tecnologias praticamente pararam.

O fato é que as políticas públicas de convivência com o semiárido não tiveram nos últimos anos a mesma importância de outrora. Sobre esse assunto, o coordenador de projetos da Cáritas Diocesana de Crateús no Ceará Adriano Leitão demonstra preocupação ao afirmar que:

A política de convivência com o semiárido não acabou, mas está correndo um sério risco, pois foi danificada em sua essência, foi desestruturada, não tem tido nesses últimos anos a importância que teve em outros tempos. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Diante desse cenário não se sabe ao certo qual será o futuro das principais políticas públicas de convivência com o semiárido. O fato é que elas são fortemente dependentes de financiamento governamental, principalmente do governo federal. Assim, o resultado da eleição presidencial ocorrida em outubro de 2022 poderá influenciar significativamente esse futuro.

Todavia, independente do resultado das eleições de 2022, uma coisa que toda população do semiárido brasileiro deve ter em mente é que a luta por condições melhores de vida não deve parar. Vivemos em uma conjuntura desfavorável, marcada por retirada de direitos dos trabalhadores e aumento das desigualdades sociais, tanto no meio rural quanto no

meio urbano. Sobre esse assunto, devido sua grande experiência como gestor de algumas das principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido, Adriano Leitão demonstra preocupação e alerta sobre o perigo de algumas ideias erradas que tentaram colocar na cabeça do povo:

A luta deve ser constante. Hoje nós temos um desafio maior, pois a sociedade civil está fragmentada, polarizada, sem perspectiva, pois o sistema colocou na cabeça das pessoas que a coletividade não funciona, o que importa é cada um cuidar de sua própria vida. (Adriano Leitão, Cáritas Diocesana).

Ou seja, existe atualmente uma grande preocupação por parte das pessoas que sempre acreditaram no potencial das tecnologias sociais de convivência com o semiárido com o rumo que as principais políticas públicas voltadas à convivência com o semiárido têm tomado.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas à garantia da segurança hídrica das comunidades e assentamentos rurais já beneficiaram mais de 5 milhões de pessoas e ocasionaram mudanças profundas no meio rural do semiárido brasileiro ao promover a diversificação da produção agropecuária familiar e o incremento de renda, além da melhoria na saúde e na qualidade de vida das famílias camponesas.

De modo geral, as principais políticas públicas voltadas à democratização do acesso à água para consumo humano e para produzir alimentos no semiárido brasileiro, especialmente o P1MC e o P1+2, apresentam eficácia e efetividade.

Os resultados de um estudo de caso indicam que devido à ausência de assistência técnica permanente aos agricultores familiares, há uma subutilização das tecnologias sociais de convivência com o semiárido voltadas para a produção de alimentos nos assentamentos estudados, acarretando assim, em desperdício de recursos públicos.

REFERÊNCIAS

- ACB - Associação Cristã de Base. **Aprenda a fazer um canteiro econômico**. Disponível em: <<https://www.acbrato.org/single-post/2013/11/14/aprenda-a-fazer-um-canteiro-econ%C3%B4mico#:~:text=1%20%C2%B0%20Passo%3A%20Cave%20um,buracos%20ou%20po%C3%A7as%20de%20lama>>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- ALENCAR, M. O. et al. Impactos do P1+2 sobre a diversificação agropecuária. **Revista de Política Agrícola**, ano XXVII, n. 3, p. 45-059, 2018b.
- ALENCAR, M. O. et al. Os efeitos do programa “uma terra e duas águas (P1+2)” sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do semiárido nordestino. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 49, n. 1, p. 165-180, 2018a.
- ALMEIDA, C. D. G. C. et al. Characterization of the microtube emitters used in a novel micro-sprinkler. **Irrigation Science**, v. 27, p. 209–214, 2009.
- ANDRADE NETO, C. O. O uso de esgoto tratado e aproveitamento imediato de água da chuva como recurso hídrico alternativo para o semiárido nordestino. In: MATTOS, A.; MATTOS, K. C. M. (Coords.). **Monitoramento da evaporação e mudanças climáticas**. João Pessoa: Moura Ramos Gráfica Editora, 2014. 580 p.
- ANJOS, S. **Tecnologias e Projetos para Conviver com o Semiárido**. Disponível em: <<http://www.insa.gov.br/wp-content/uploads/2013/05/O-Povo-II.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2022.
- ANTAS, F. P. S. et al. Analysis of recovery by desalination systems in the west of Rio Grande do Norte, Brazil. **Desalination and Water Treatment**, v. 138, p. 230-236, 2019.
- ARAÚJO, E. M. **Cisternas: uma tecnologia para armazenagem de água no semiárido**. Iguatu: IFCE, 2020. 20 p.
- ARAÚJO, S. M. S. A REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE DO BRASIL: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE**, ano 5 n. 5, p. 89–98, 2011.
- ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Acesso à água para populações do semiárido brasileiro**. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/Acesso_a_agua_para_populacoes_do_Semiario_brasileiro.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **O lugar da convivência na erradicação da extrema pobreza**. 2011. 20 p.
- ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Programa Um Milhão de Cisternas**. Disponível em: <<https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1mc>>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Semiárido - é no semiárido que a vida pulsa!** Disponível em: <[https://www.asabrasil.org.br/semiarido#:~:text=Em%2060%2C09%25%20dos%20munic%C3%ADpios,ao%20do%20Brasil%20\(0%2C727\)](https://www.asabrasil.org.br/semiarido#:~:text=Em%2060%2C09%25%20dos%20munic%C3%ADpios,ao%20do%20Brasil%20(0%2C727))>. Acesso em: 19 out. 2022.

ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Tecnologias Sociais para Convivência com o Semiárido**: Cisterna Calçadão. 4ª ed. Recife: Z.diZain Comunicação, 2014. 31p.

ASA – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Tecnologias Sociais para Convivência com o semiárido**: Barreiro trincheira. 2014. 39 p.

ASA BRASIL – Articulação no Semiárido Brasileiro. **Programa uma Terra e Duas Águas**. Disponível em: <<https://www.asabrasil.org.br/acoes/p1-2>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

ASSAD P. L. T. et al. Do combate à seca à convivência com o Semiárido – Novos caminhos à procura da sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, Edição Especial, p. 7-21, 2016.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Cartilha cisterna de placas**. Disponível em: <https://www.noclimadacaatinga.org.br/wp-content/uploads/cartilha_no_clima_da_caatinga_cisterna-de-placas.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Entenda como o Sistema Bioágua reutiliza até 500 litros de água por dia**. Disponível em: <<https://www.noclimadacaatinga.org.br/entenda-como-o-sistema-bioagua-reutiliza-ate-500-litros-de-agua-por-dia/>>.

BATISTA, N. Q.; CAMPOS, C. H. Fatores históricos, sociais, culturais e políticos do Semiárido. In: CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. (Orgs.). **Estratégias de convivência com o semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Editora IABS, 2013. p. 27-33.

BRASIL ESCOLA. **Caatinga**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/caatinga.htm>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

BRASIL ESCOLA. **Osmose**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/osmose.htm>>. Acesso em: 12 de jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional - MIN. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido- PDSA, 2005**. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/PDSA-Arrumado.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2022.

BRITO, L. T. L. et al. Captação e uso de água de chuva em cisternas: uma estratégia para convivência com o semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (Eds.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 189-222.

BRITO, L. T. M. et al. Tecnologias para o aumento da oferta de água no Semiárido brasileiro. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Eds.). **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 317-351.

BURSZTYN, M. **O poder dos donos: Planejamento e clientelismo no Nordeste**. Rio de Janeiro: Garamond, 2008. 268 p.

CAMARGO, D. C. **Manejo da Irrigação: Como, Quando e Quanto Irrigar?** Fortaleza: INOVAGRI/IFCE, 2016. 26 p.

CAMPELLO, T.; GENTILI, P. As múltiplas faces da desigualdade. In: CAMPELLO, T. **Faces da Desigualdade no Brasil: Um olhar sobre os que ficam para trás.** Brasil, 2017. p. 10-15.

CAMPOS, R. T. Avaliação benefício-custo de sistemas de dessalinização de água em comunidades rurais cearenses. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 45, n 4, p. 963-984, 2007.

CAMPOS, A.; ALVES, A. M. O programa água para todos: ferramenta poderosa contra a pobreza. In: CAMPELLO, T.; FALCÃO, T. COSTA, P.V. (Orgs). **O Brasil Sem Miséria.** Brasília: MDS, 2014. p: 467-492.

CANAL DO HORTICULTOR. **Vantagens de utilizar plantas de cobertura na produção de hortaliças.** Disponível em: <<https://canaldohorticultor.com.br/vantagens-de-utilizar-plantas-de-cobertura-na-producao-de-hortalicas/>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

CARDOSO, F. B. F. et al. Poços tubulares construídos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XV, 2008, Natal. **Anais...** Natal: CBAS, 2008.

CATH, T.Y. et al. Standard methodology for evaluating membrane performance in osmotically driven membrane processes. **Desalination**, v. 312, p. 31–38, 2013.

CAVALCANTE JUNIOR, E. G. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011

CAVALCANTI JUNIOR, C. A. A.; LIMA, J. P. R. O semiárido nordestino: evolução recente da economia e do setor industrial. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 50, n. 3, p. 69–88, 2019.

CEPAL. **Erradicação da pobreza em todas as suas formas é o maior desafio atual e constitui um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<https://www.cepal.org/pt-br/comunicados/erradicacao-pobreza-todas-suas-formas-o-maior-desafio-atual-constitui-requisito>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

CIRILO, J. A. et al. Soluções para o Suprimento de Água de Comunidades Rurais Difusas no Semi-Árido Brasileiro: Avaliação de Barragens Subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 4, p. 5-24, 2003.

CIRILO, J. A. et al. Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 4, p. 5-24, 2003.

CNM – Confederação Nacional dos Municípios. **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável.** Disponível em: <<http://www.ods.cnm.org.br/agenda->

[2030#:~:text=Em%20setembro%20de%202015%2C%20os,n%C3%A3o%20deixar%20ningu%C3%A9m%20para%20tr%C3%A1s>.](#) Acesso em: 20 dez. 2022.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Plano Nascente Parnaíba**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba. Brasília: Editora IABS, 2016. 174 p.

COELHO, E. F. et al. **Sistemas de irrigação para agricultura familiar**. Crua das Almas: EMBRAPA, 2012. 7 p.

CORREIA, R. C. et al. A região semiárida brasileira. In: VOLTOLINI, T. V. **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21-48.

COSTA, C. V. **Análise da gestão das águas nas cisternas de placas das comunidades: santa vitória e patos no município de Granjeiro – CE**. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Mestrado Profissional em Gestão de Recursos Hídricos. Fortaleza, 2014.

COSTA, E. **Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno**. 2001. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

CUNHA, T. J. F. et al. Principais solos do Semiárido tropical brasileiro: caracterização, potencialidades, limitações, fertilidade e manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Eds.). **Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 49-88.

CUT – Central Única dos Trabalhadores. **A luta das mulheres pelo acesso e gestão pública da água**. Disponível em: <<https://www.cut.org.br/noticias/a-luta-das-mulheres-pelo-acesso-a-agua-62af>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

DIAS, N. S. et al. Potential Agricultural Use of Reject Brine from Desalination Plants in Family Farming Areas. In: TALEISNIK, E; LAVADO, R. S. (Org.). **Saline and Alkaline Soils in Latin America**. Springer, 2020. p. 101-118.

DIAS, N. S. et al. Produção de melão rendilhado em sistema hidropônico com rejeito da dessalinização de água em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 755–761.

DOMBROSKI, S. A. G.; SOUSA, A. B. Reuso de água cinza e agricultura familiar no semiárido. In: DIAS, N. S. et al. (Orgs.). **Agricultura Familiar e Convivência com o Semiárido**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019. p. 133-162.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Barraginhas: Água de chuva para todos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 49 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Implantação de Cisterna Calçadão em Área de Quintal Produtivo**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018.

35 p.

FERNANDES, C. F. et al. A influência da cobertura morta no desempenho agrônomo do coentro adubado com esterco bovino. **Cadernos de Agroecologia**, v 10, n. 3, p. 1-6, 2015.

FERREIRA, V. B. **Irrigação e Drenagem**. Floriano, PI: EDUFPI, 2011. 126 p.

FRANÇA, F. M. C. et al. **Avaliação socioeconômica dos resultados e impactos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Estado do Ceará (PRODHAM) e sugestões de políticas**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 174 p.

FRANÇA, F. M. C. et al. Barragem subterrânea no Semiárido do Ceará: caracterização e análise da viabilidade econômica. **Parcerias Estratégicas**, v. 21, n. 42, p. 17-44, 2016.

FRANCISCO, P. R. M.; BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A. Tecnologias na região semiárida brasileira. In: BARACUHY, J. G. V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M. (Orgs.). **Tecnologias de Convivência com o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande – EDUFPG, 2017. p. 11-13.

G1. **Cem anos depois da seca de 1915, disputa pela água continua no Ceará**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/04/cem-anos-depois-da-seca-de-1915-disputa-pela-agua-continua-no-ceara.html>>. Acesso em: 12 fev. 2022.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. P1+2: Programa uma terra e duas águas para um Semi-Árido sustentável. In: GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: EMBPARA semiárido, 2007. p. 63-77.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995.

GUALDANI, C.; FERNÁNDEZ, L.; GUILLÉN, M. L. **Convivência com o semiárido brasileiro: replicando saberes através de tecnologias sociais**. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento e Sustentabilidade – IABS/ Editora IABS, Brasília-DF, Brasil - 2015. 165 p.

GUALDANI, C.; SALES, M. Tecnologias sociais de convivência com o Semiárido e a racionalidade camponesa. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, Edição Especial, p.86–99, 2016.

HENZE, M.; LEDIN, A. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters. In: LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. (Eds.). **Decentralised sanitation and reuse: Concepts, systems and implantation**. New York: IWA, 2004. p. 39-49.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Eds.). **Reúso de água**. Barueri: Manole, 2003. p.37-95.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 63, n. 22, p. 131-158, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área irrigada dos estabelecimentos, por método utilizado para irrigação.** Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1819#resultado>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

IBV – Instituto Bem Viver. **Manual Bioágua Familiar: implantação e manejo do Sistema.** Disponível em: <https://issuu.com/eraldopaulino1/docs/manual_bio_gua_final_web>. Acesso em: 19 jan. 2022.

INFORAGRO. **Como montar um sistema de irrigação alternativo.** Disponível em: <<https://inforagro.wordpress.com/2010/08/19/irrigacao-alternativa-2/>>. Acesso em: 19 dez. 2022.

IRPAA. Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. **A busca da água no sertão: convivendo com o semiárido.** Juazeiro: IRPAA, 2001. 85 p.

IRRIGAR. **Irrigação com cotonete.** Disponível em: <<http://nebolizacaoeaspersao.blogspot.com/2011/02/irrigacao-com-cotonete.html>>. Acesso em: 19 dez. 2022.

KNAPP, K. C.; BAERENKLAU, K. A. Ground water quantity and quality management: Agricultural production and aquifer salinization over long time scales. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 31, n. 3, p. 616–641, 2006.

LAMBAIS, G. R. et al. Águas residuárias na produção de mudas florestais do bioma Caatinga. In: SANTOS, C. C. (Org.). **O Semiárido Brasileiro e Suas Especificidades.** Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 1-9.

LEVINO, N. A.; CARVALHO, R. S.; PEREIRA, V. B. S. Perspectivas de desenvolvimento no semiárido: um estudo sobre os impactos iniciais do canal do sertão na realidade dos produtores rurais alagoanos. **Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 1057-1078, 2020.

LIMA, A. E. F.; SILVA, D. R.; SAMPAIO, J. L. F. As tecnologias sociais como estratégia de convivência com a escassez de água no semiárido cearense. **Conexões Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 3, p. 9-21, 2011.

LIMA, A. O. et al. Barragens subterrâneas no contexto dos territórios da cidadania no semiárido Potiguar: distribuição e fatores de insucesso. In: Silva, M. R. F. et al. (Orgs.). **Desenvolvimento Territorial, Políticas Públicas e Meio Ambiente no Campo e na Cidade.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019. p. 179-193.

LIMA, A. O. et al. Barragens subterrâneas no semiárido Brasileiro: Análise histórica e metodologia de construção. **Irriga**, v. 18, n. 2, p. 200-211, 2013.

LIMA, B. G. **Caatinga: espécies lenhosas e herbáceas.** Mossoró: Editora Ufersa, 2011.

LIMA, V. **Tecnologia social e agricultura familiar: uma questão de igualdade.** Disponível em: <http://rts.ibict.br/bibliotecarts/livros/tecsocialdessust.pdf#page=95>. Acesso em: 03 de fev. de 2022.

LUNA, C. F. et al. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 11, p. 283-292, 2011.

MALVEZZI, R. **Semi-árido** - uma visão holística. Brasília: Confea, 2007.

MALVEZZI, R. **Série Pensar o Brasil e Construir o Futuro da Nação**. Brasília: Confea, 2007. 140 p.

MARQUELLI, W. A. et al. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, et al. (Org.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa, 2014. p. 157-232.

MATA NATIVA. **Caatinga: muito além da seca que todos falam**. Disponível em: <<https://www.matanativa.com.br/caatinga/>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

MATTEI, R. **Políticas Públicas e Administração Pública Democrática no Brasil**. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/politicas-publicas-e-administracao-publica-democratica-no-brasil>>. Acesso em: 10 fev. 2022.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. **Água para Todos**. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/dadosabertos/317-secretaria-nacional-de-programas-urbanos/agua-para-todos/6076-agua-para-todos>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional. **Programa Água Doce**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/programa-agua-doce/programa-agua-doce-1>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa cisternas: Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 01 – cisternas de placas de 16 mil litros**. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/Cisterna%20de%20Placa%20de%2016%20mil%20litros01/IO_SESAN_n1_07072015_ANEXO.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2022.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa cisternas: Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 04 – Barreiro trincheira**. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/Barreiro%20Trincheira%20Familiar04/IO_SESAN_n4_09122013_ANEXO.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa cisternas: Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 05 – Barragem subterrânea**. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/2017/Barragem_IOESAN_N_13_06112017_BARRAGEM_ANEXO.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2022.

MDS – Ministério do Desenvolvimento Social. **Programa cisternas: Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 21 – Cisterna calçada de 52 mil litros**. Disponível em: <https://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tec>

nologias sociais/Cisterna Calçada de 52mil 21/Anexo IO N15 1912%202017.pdf>.
Acesso em: 03 jul. 2022.

MOHAMED, A. M. O.; MARAQAA, M.; AL HANDHALYB, J. Impact of land disposal of reject brine from desalination plants on soil and groundwater. **Desalination**, v. 182, n. 1-3, p. 411–433, 2005.

MOMENTO AGRO. **Sombrite: O que é, para que serve e qual sua importância?** Disponível em: <<https://www.momentoagrodobrasil.com.br/sombrite-o-que-e-para-que-serve-e-qual-sua-importancia/>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

MONTEIRO, G. S.; SILVA, J. N.; LÔBO, H. L. L. Simulação e Análise de Sistema de Dessalinização Via Osmose Inversa: Considerações Para Análise da Qualidade da Água. **Enciclopédia Biosfera**, v. 5, n. 8, p. 1–12, 2009.

MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. Reúso de águas: conceitos; importância; tipos. In: MOTA, S.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. (Organizadores). **Reúso de águas em irrigação e piscicultura**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará – Centro de Tecnologia, 2007. p. 21-37.

NEGÓCIO RURAL. **Cartilha ensina a construir Barraginhas**. Disponível em: <<https://www.revistanegociorural.com.br/noticias/cartilha-ensina-a-construir-barraginhas/>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

NEVES, A. L. R. et al. Aspectos socioambientais e qualidade da água de dessalinizadores nas comunidades rurais de Pentecoste-CE. **Ambiente & Água**, v. 12 n. 1, p. 124-135, 2017.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa – características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

NEVES, R. S. et al. Programa Um Milhão de Cisternas: guardando água para semear vida e colher cidadania. **Agriculturas**, v. 7, n. 3, p. 7-11, 2010.

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. **IdeAs [Online]**, n. 15, p. 1-23, 2020.

NOSSA CIÊNCIA. **Barragem subterrânea: segurança hídrica e alimentar no semiárido**. Disponível em: <<https://nossaciencia.com.br/colunas/barragem-subterranea-seguranca-hidrica-e-alimentar-no-semiarido/>>. Acesso em: 15 jun. 2022.

ODS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo - A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: < <https://odsbrasil.gov.br/home/agenda>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Diretrizes para qualidade da água potável**. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2011.

OLIVEIRA, A. M. et al. Avaliação físico-química das águas do processo de dessalinização de poços salobros e salinos em comunidades rurais do oeste potiguar. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 2, p. 58–73, 2017.

PATERNOSTRO, R. B. **Análise dos programas de transferência de renda federais: salário-família, abono salarial, benefício de prestação continuada e bolsa família**. Estudo Técnico, 2021. 29 p.

POBLETE, C. P. C. **Estudio del comportamiento de una mezcla de aserrín y grasa láctea de desecho**. Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2010. 45 p. Monografia (Bacharelado em Ciências de Alimentos) - Universidad Austral de Chile, Universidad Austral de Chile, 2010.

RECAL. **Dessalinizadores**. Disponível em: <<http://recalagua.com.br/site/produto/dessalinizadores/>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

SANTIAGO, F. et al. **Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar: reúso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro**. Caraúbas: ATOS, 2015. 194 f.

SANTOS, M. O. et al. **Barragem subterrânea: água para uso na agricultura**. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 13 p.

SEDIYAMA, M. A.N. et al. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento, p. 829-837, 2014.

SEDIYAMA, M. A.N. et al. Ocorrência de plantas daninhas no cultivo de beterraba com cobertura morta e adubação orgânica. **Planta Daninha**, v. 28, p.717-725, 2010.

SILVA, C. V. T. et al. Percepção da assistência técnica e agricultores sobre as tecnologias sociais de convivência com o Semiárido potiguar. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15904-15919, 2020.

SILVA, D. P. M.; PEREIRA, I. N. A. Análise da reutilização de águas cinzas para fins não potáveis. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.7, p.72853-72869, 2021.

SILVA, F. J. R. **O ainda desconhecido Semiárido brasileiro**. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/78-noticias/592171-o-ainda-desconhecido-semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 22 nov. 2021.

SILVA, J. B. et al. Ecologia política das cisternas de placas: uma abordagem sociológica das medidas governamentais recentes relativas aos problemas de abastecimento de água em comunidades rurais de Boa Vista e Montadas-PB. **Cronos**, v. 10, n. 2, p. 121-143, 2009.

SILVA, L. E. **O Impacto de Cisternas Rurais Sobre a Saúde Infantil: Uma Avaliação do Programa 1 Milhão de Cisternas, 2000-2010**. 2015. 33 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.

SILVA, M. J. N. et al. O impacto das tecnologias sociais sobre a geração de emprego e renda, e a sustentabilidade ambiental do pequeno agricultor do semiárido cearense. **Planejamento e políticas públicas**, n. 57, p. 65-94, 2021.

SILVA, M. S. L. et al. Barragem subterrânea. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (Eds.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. Fortaleza, CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. 1116 p.

SILVA, M. S. L. et al. Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: GAMA, G. F. B. **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: EMBPARA semiárido. 2007. p. 63-77.

SILVA, M. S. L. et al. Tecnologias sociais hídricas para a convivência com o semiárido brasileiro. In: RODRIGUES, L. N.; ZACCARIA, D. (Eds). **Agricultura irrigada: um breve olhar**. Fortaleza: INOVAGRI, 2020. p. 211-219.

SILVA, P. O. et al. A experiência de uma jovem agricultora com canteiro econômico no município de Casa Nova – BA. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, p. 1-5, 2020.

SILVA, R. M. A. ENTRE DOIS PARADIGMAS: combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e Estado**, v. 18, n. 1/2, p. 339-360, 2003.

SILVA, R. M. A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido**: Transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento. 2006. 298 p. Tese (Desenvolvimento sustentável). Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, V. P.; BARROS, E. C. N. Tecnologias sociais no Rio Grande do Norte: algumas discussões sobre a convivência com o Semiárido. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, Edição Especial, p. 69-85, 2016.

SILVINO, A. S.; VIGLIO, J. E.; FERREIRA, L. C. A conservação da Caatinga em diferentes arenas do Semiárido brasileiro. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, Edição Especial, p.86-99, 2016.

SOARES, T. M. et al. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 730–737, 2006.

SOUSA, A. B. et al. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido na região do cariri cearense. **Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília**, v. 34, n. 2, p. 197-220, 2017.

SOUZA, M. Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2): uma iniciativa inovadora para o enfrentamento da pobreza rural. **Agriculturas**, v. 11, n. 2, p. 12-15, 2014.

SOUZA, N. G. M. et al. Tecnologias sociais voltadas para o desenvolvimento do semiárido brasileiro. **Biofarm**, v. 12, n. 3, p. 1-12, 2016.

SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa Água Doce – PAD**. Disponível em: <<https://www.srh.ce.gov.br/programa-agua-doce-pad/>>. Acesso em: 15 jan. 2022.

Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE. **Delimitação do semiárido**. Disponível em:<<http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 15 fev. 2022.

TEIXEIRA, E. C. **O Papel das políticas públicas no desenvolvimento local e na transformação da realidade.** Disponível em: <http://www.dhnet.org.br/dados/cursos/aatr2/a_pdf/03_aatr_pp_papel.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2021.

TELES, R. Tecnologias sociais para a convivência com o semiárido: uso de cisternas domiciliares em comunidades rurais do Ceará. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 320-332, 2020.

TESTEZLAF, R; DEUS, F. P. Irrigação Localizada. In: TESTEZLAF, R. (Org). **Irrigação: métodos, sistemas e aplicação.** UNICAMP, 2017. p. 82-112.

TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicação.** UNICAMP, 2017. 209 p.

TSIOURTIS, N. X. Desalination and the environment. **Desalination**, v. 141, n. 3, p. 223–236, 2001.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Situação Mundial da Infância 2011.** Adolescência: uma fase de oportunidades. Relatório Brasil. Unicef, 2011. 148 p. Disponível em: < https://andi.org.br/wp-content/uploads/2020/10/br_sowcr11web.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2022.

UN-WATER. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017.** Resumo executivo - Águas residuais. O recurso inexplorado. Colombella: UNESCO, 2017. 12 p. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247552_por>. Acesso em: 15 mar. 2022.

VENTURA, A. C. et al. Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido como estratégia de mitigação/adaptação às mudanças climáticas no Brasil. **Astrolabio**, v. 1, p. 43-72, 2014.

VENTURA, G. S.; GUIMARÃES, D. F. Abastecimento de água em comunidades rurais – o caso de para terra Iem Bocaiuva (MG). **Geofronter**, v. 8, n. 1, p. 01-22, 2022.

VIEIRA, V. P. P. B. Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido Nordeste. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.1, n.1, p. 89-107, 1996.

VIERTLER, R. B. Métodos antropológicos como ferramentas para estudos em etnobiologia e etnoecologia. In: AMOROZO, M. C. M.; MING, L. C. & SILVA, S. M. P. (Org.). **Métodos de coleta e análise de dados.** Rio Claro: UNESP/CNPq, 2002. p. 11-29.

ZOTALIS, K. et al. Desalination technologies: Hellenic Experience. **Water**, v. 6, n. 5, p. 1134–1150, 2014.