



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VIII
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

LETICIA OLIVEIRA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO
SANEAMENTO RURAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA**

ARARUNA – PB
2023

LETICIA OLIVEIRA DA SILVA

**PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO
SANEAMENTO RURAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof.^a Dra. Yáscara Maia Araújo de Brito

Coorientador: Me. Anderson Matheus de Sousa Lima

**ARARUNA – PB
2023**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Leticia Oliveira da.
Proposição de medidas alternativas para implementação do saneamento rural na região semiárida brasileira [manuscrito] / Leticia Oliveira da Silva. - 2023.
41 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2023.

"Orientação : Profa. Dra. Yáscara Maia Araújo de Brito, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS. "

"Coorientação: Prof. Me. Anderson Matheus de Sousa Lima , UFCG - Universidade Federal de Campina Grande"

1. Saneamento básico. 2. Zona rural. 3. Semiárido. I. Título

21. ed. CDD 363.72

LETICIA OLIVEIRA DA SILVA

PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO
SANEAMENTO RURAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA BRASILEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Civil da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Recursos
Hídricos.

Aprovada em: 06/07/2023.

BANCA EXAMINADORA

Yáscara Maia Araújo de Brito

Prof.^a Dra. Yáscara Maia Araújo de Brito (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Anderson Matheus de Sousa Lima

Prof. Me. Anderson Matheus de Sousa Lima (Coorientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro

Prof.^a Dra. Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Osires de Medeiros Melo Neto

Prof. Me. Osires de Medeiros Melo Neto
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos derramadas sobre minha vida. Sem seu amor e compaixão eu jamais concluiria este ciclo. Obrigado por me fazer permanecer nesta árdua caminhada, e enfrentar as dificuldades vividas.

Aos meus pais Andréa e Fernando, em especial a minha mãe, por sempre me apoiar em todos os momentos da minha vida, sempre priorizando meus estudos e não deixando nada faltar. Não há palavras para descrever o quanto sou grata por todo amor, carinho, compreensão e dedicação a mim, sem isso, nada seria possível.

Ao meu marido Josenildo, sempre me acompanhando, encorajando e compreendendo todos os meus momentos e dificuldades. Tudo isso não se concretizaria sem o seu valioso e incansável apoio.

Ao meu filho Gael, que ainda não tem idade para entender o que é um Trabalho de Conclusão de Curso, agradeço por todo carinho e amor incondicional proporcionado quase no fim desta caminhada e foi o ponto principal para que eu não desistisse e sempre me deu forças nos momentos difíceis.

Aos meus avós paternos Paulo Luís e Maria de Fátima que me acolheram e fizeram o possível para que este sonho fosse realizado, esta vitória também é de vocês.

A todos os meus amigos que sempre torceram e vibraram junto comigo todas as minhas conquistas alcançadas até aqui.

Agradeço aos amigos que adquiri na UEPB, Ayanne, Alexia, Ayala, Débora, Ennya, Gilmara, Hugo, Jefferson, Júlia, Levy, Sara, que sempre estiveram ao meu lado, em viotes estudando, em momentos especiais de diversão, distração e por tornarem meus dias em Araruna mais leves.

Agradeço em especial a Prof.^a Dra. Yáscara Maia Araújo de Brito por ter aceitado ser minha orientadora e com toda sua disponibilidade e paciência tornar possível este trabalho. Ao meu coorientador Prof. Me. Anderson Matheus de Sousa Lima, toda a minha gratidão pelos ensinamentos repassados a este trabalho.

Obrigada a todos que contribuíram de alguma forma importante para a minha caminhada e acreditaram em mim.

RESUMO

A excessiva exploração dos recursos naturais que ocorre no nosso planeta é resultado de uma mentalidade antropocêntrica e cartesiana, na qual o foco não está no todo, e não há preocupação com os relacionamentos nem com o meio ambiente circundante. A marginalização da população rural é um reflexo dessas formas de pensar, deixando os residentes sem apoio em várias áreas, incluindo o saneamento básico. A falta de suporte, juntamente com a falta de informação e conhecimento, coloca em risco tanto o meio ambiente quanto a saúde das pessoas. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo a análise de algumas medidas alternativas, que sejam simples e eficazes, para a implementação do saneamento básico na zona rural, mais especificamente na região semiárida brasileira. Ainda neste linear, o estudo realizado tem como objetivo propor soluções individuais que possam ser aplicadas em nível local e domiciliar, especialmente nas áreas rurais dos municípios do semiárido brasileiro, visando fornecer condições essenciais de saneamento, com foco no abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos para essa população. Por fim, observa-se que o estudo adota uma abordagem quantitativa, utilizando comparação e análise de medidas estatísticas dos dados apresentados, e observou-se quais métodos mais utilizados e eficazes para a implementação do saneamento básico na zona rural.

Palavras-Chave: saneamento básico; zona rural; semiárido; medidas alternativas.

ABSTRACT

The excessive exploitation of natural resources that occurs on our planet is the result of an anthropocentric and Cartesian mentality, in which the focus is not on the whole, and there is no concern for relationships or the surrounding environment. The marginalization of the rural population is a reflection of these ways of thinking, leaving residents without support in several areas, including basic sanitation. The lack of support, together with the lack of information and knowledge, puts both the environment and people's health at risk. Thus, the present work aims to analyze some alternative measures, which are simple and effective, for the implementation of basic sanitation in rural areas, more specifically in the Brazilian semi-arid region. Still along this line, the study carried out aims to propose individual solutions that can be applied at the local and household level, especially in rural areas of municipalities in the Brazilian semi-arid region, aiming to provide essential sanitation conditions, focusing on water supply, sanitary sewage and solid waste management for this population. Finally, it should be noted that the study adopts a quantitative approach, using the comparison and analysis of statistical measures of the data presented, and it was observed which are the most used and effective methods for the implementation of basic sanitation in the rural area.

Keywords: basic sanitation; countryside; semiarid; alternative measures.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de abastecimento de água em centros urbanos	11
Figura 2 – Sistema coletivo separador de esgotamento sanitário	12
Figura 3 – Estruturas componentes de uma rede de drenagem pluvial	16
Figura 4 – Fluxograma de metodologia	20
Figura 5 – Residência com cisterna sem calhas para captação e condução de água na comunidade de Cacimba do Bonfim, Petrolina – PE	23
Figura 6 – Cisterna tipo placas utilizada pelos agricultores da comunidade de jatobá da Cumprida, Petrolina – PE	24
Figura 7 – Exemplificação de como ocorre a contaminação da água por meio de fossas negras	27
Figura 8 – Esquema representativo do Clorador Embrapa, com destaque para seus componentes	28
Figura 9 – Instalação do Clorador Embrapa na rede de captação de água	29
Figura 10 – A Diferença entre uma fossa tradicional e uma fossa séptica biodigestora	30
Figura 11 – Como funciona o círculo de bananeiras	32
Figura 12 – Como separar o lixo em uma residência	34
Figura 13 – Como funciona uma composteira	35

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo geral	9
2.2. Objetivos específicos	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
3.1. Saneamento básico	10
3.2. Fontes de captação de água	16
4. METODOLOGIA	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1. Soluções individuais para o abastecimento de água	22
5.1.1. Captação de água: Cisternas	22
5.1.2. Captação de água: Poços subterrâneos	24
5.1.3. Tratamento de água: dessalinização solar	25
5.1.4. Tratamento de água para a desinfecção: clorador	26
5.2. Soluções individuais para o esgotamento sanitário	29
5.2.1. Fossa séptica biodigestora	29
5.2.2. Jardins filtrantes ou <i>wetlands</i>	31
5.2.3. Círculo de bananeiras	31
5.3. Soluções individuais para o manejo de resíduos sólidos	33
5.3.1. Orgânicos: compostagem domiciliar	34
5.3.2. Recicláveis: reutilização ou envio para a coleta seletiva	35
6. CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o entendimento de Freire (2020), o saneamento básico é uma expressão ampla que denota diferentes serviços, percebe-se que a própria Constituição da República Federativa do Brasil faz menção à expressão, entretanto, não chegou a conceituar. Desta forma, por não haver uma conceituação específica na Carta Magna, a edição da lei de nº 11.445/2007 – Lei do saneamento básico – foi necessária para realizar a conceituação do referido tema, sendo recentemente alterada pela lei 14.026/2020.

Os serviços públicos de saneamento básico são os seguintes: (i) abastecimento de água potável; (ii) esgotamento sanitário; (iii) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e (iv) drenagem e manejo de águas pluviais urbanas.

Assim, compreende-se como abastecimento de água potável o fornecimento de água limpa e segura para uso humano, atendendo às necessidades básicas de consumo, como beber, cozinhar, higiene pessoal e limpeza, já o esgotamento sanitário refere-se ao conjunto de atividades e infraestruturas responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos líquidos provenientes do uso doméstico, industrial e comercial, incluindo águas residuais, fezes e urina, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos estão ligados diretamente por atividades e serviços realizados para manter a higiene e a limpeza das áreas urbanas e também as ações e medidas adotadas para gerenciar de forma adequada os resíduos sólidos produzidos pelas atividades humanas. Por fim, a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas é importante para promover a sustentabilidade e a resiliência das áreas urbanas, minimizando os impactos negativos das chuvas e garantindo a utilização adequada desse recurso natural.

Desta forma, deve-se elucidar que de acordo com Freire (2020), o saneamento básico rural se refere ao conjunto de medidas e infraestruturas destinadas a garantir condições adequadas de saúde e qualidade de vida nas áreas rurais, por meio do acesso a serviços essenciais de saneamento. Esses serviços incluem o abastecimento de água potável, o tratamento e a disposição

adequada dos esgotos, a coleta e a destinação dos resíduos sólidos e o controle de vetores de doenças.

Neste contexto, a pesquisa justifica-se e é embasada no direito que o povo brasileiro tem de ter acesso “ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”, posto no Art. 225 da Constituição Federal de 1988. Quando se referencia a “sadia qualidade de vida”, o saneamento básico entra como um direito essencial para alcançar esse cenário. Isto posto, destaca-se também a vulnerabilidade presente nas áreas rurais, que por serem na maior parte das vezes isoladas, são marcadas pela falta de uma infraestrutura mínima no que diz respeito ao acesso ao saneamento básico.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O estudo desenvolvido tem como objetivo geral descrever a análise de algumas medidas alternativas, que sejam simples e eficazes, para a implementação do saneamento básico na Zona Rural, mais especificamente na região semiárida brasileira.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são: (i) propor soluções individuais que possam ser aplicadas em nível local e domiciliar, especialmente nas áreas rurais dos municípios do semiárido brasileiro, visando fornecer condições essenciais de saneamento, com foco no abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos para essa população; (ii) elencar meios e fontes de captação de água; e (iii) apresentar soluções individuais para o abastecimento de água.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento Básico

O artigo 3º, inciso I, alínea “a” da lei de saneamento básico (lei 14.026/2020) define o abastecimento de água potável como sendo

constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestrutura e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição (BRASIL, Lei de nº 14.026/2020).

Para Freire (2020), o abastecimento de água pode ser classificado, em relação à sua abrangência, em coletivo e individual, sendo que o abastecimento individual é comum em áreas periféricas e na zona rural, sendo classificado como uma solução em que a produção e o consumo de água serão atendidos apenas em um domicílio, já o abastecimento coletivo é caracterizado por sua produção e consumo a serem realizados em locais distintos, atendendo a mais de um domicílio.

Ademais, esclarece-se que o sistema de abastecimento de água, comum em centros urbanos, é composto por uma infraestrutura e outros equipamentos que liga a zona de captação de água até a ligação industrial ou predial domiciliar. O sistema supramencionado é composto pelas seguintes atividades: (i) captação; (ii) adução; (iii) tratamento; (iv) reservação; (v) rede de distribuição; (vi) estações elevatórias; e (vii) ramal predial. A figura a seguir é retirada do Manual de saneamento da Funasa e demonstra de forma clara o processo descrito em etapas.

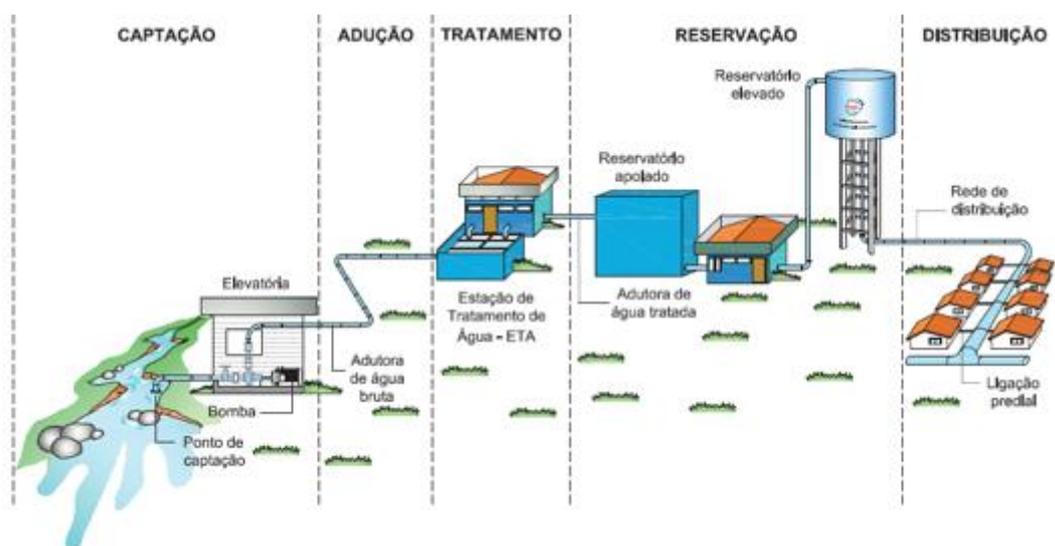
Desta forma, para Freire (2020), durante a captação há a implementação de estruturas construídas ou montadas junto a um manancial¹ para que haja a retirada de água que é destinada ao abastecimento coletivo. O manancial superficial diz respeito às águas que escoam e se acumulam na superfície, como por exemplo os reservatórios artificiais, como lagos represados e açudes, já o manancial subterrâneo se encontra abaixo da superfície terrestre, como por exemplo os lençóis freáticos e profundos.

¹ Manancial é a reserva hídrica ou a fonte utilizada para o abastecimento de água, podendo ser superficial ou subterrâneo.

O segundo serviço público de saneamento básico é classificado como “Esgotamento Sanitário”, que de acordo com o art. 3º, inciso I, alínea “b” da Lei de Saneamento Básico – após a alteração promovida pela lei de nº 14.026/2020 – define o termo supracitado como sendo o constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestrutura e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequada dos denominados esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada ao meio ambiente.

Na figura de número 1 apresentada abaixo pode-se observar como ocorre as etapas do sistema de abastecimento de água nos centros urbanos, desde sua captação até a distribuição.

Figura 1 – Sistema de abastecimento de água em centros urbanos



Fonte: FUNASA, manual de saneamento, p. 67 (2015)

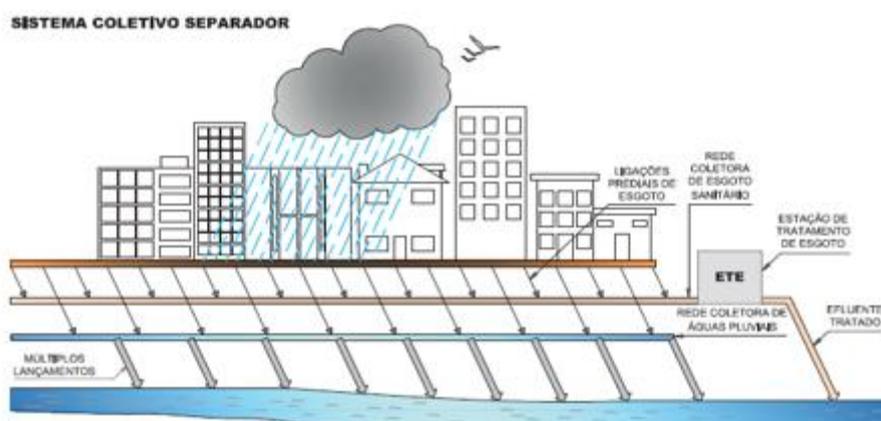
De acordo com Freire (2020), há diversos sistemas coletivos de esgotos sanitários, entretanto, o que deverá interessar para a presente pesquisa é o denominado “sistema coletivo separador”, visto que este é o mais utilizado no Brasil, de acordo com o autor supramencionado.

O sistema coletivo separador é responsável por coletar e transportar, por meio de canalização separada daquela em que escoam as águas pluviais, isso porque as águas das chuvas, por não fornecerem o mesmo perigo que as do

esgoto doméstico, podem ser diretamente encaminhadas aos corpos receptores, ou seja, rios e lagos, sem necessitar de tratamento.

Ademais, denota-se que o artigo 44, §3º, da Lei de Saneamento Básico (Lei de nº 14.026/2020) estabelece que a respectiva agência reguladora deverá estabelecer metas progressivas para que haja a substituição do sistema unitário² pelo sistema separador absoluto, sendo, desta forma, obrigatório o tratamento dos esgotos coletados em períodos de estiagem, enquanto houver a duração da transição.

Figura 2 – Sistema coletivo separador de esgotamento sanitário



Fonte: FUNASA, manual de saneamento, p. 182 (2015)

Para Funasa (2015), uma rede coletora de esgotos sanitários é conceituada como um conjunto de ligações prediais, coletores de esgotos e seus órgãos acessórios – poço de visita; terminal de limpeza; etc. – destinado a receber e conduzir os esgotos das edificações, conforme pode ser observado no sistema descrito na figura de número 2 acima.

Desta forma este esgoto será transportado por emissários, que são os canais condutores de esgotos, até estações de tratamento (ETES), as quais deverão depurar os esgotos antes que sejam lançados nos corpos receptores, ou seja, objeto de reuso. Após a finalização do tratamento supramencionado, os esgotos deverão ser lançados por emissários nos corpos receptores, aplicados no solo, ou submetidos a tratamentos complementares para que seja reutilizado no meio agrícola ou urbano.

² O sistema unitário, é aquele em que os esgotos sanitários e as águas pluviais são coletados e transportados em conjunto (vide art. 3º, XIX, da Lei 11.445/2007, incluído pela Lei 14.026/2020)

O terceiro ponto a ser abordado do saneamento básico é a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos que no artigo 3º, inciso I, alínea “c” da lei 11.445/2007 (alterado pela Lei de nº 14.026/2020) define como sendo o conjunto de atividades e pela manutenção e disponibilização de infraestrutura e instalações operacionais de cólera, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transbordo, transporte, tratamento e destino final ambientalmente adequado dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana.

Ainda neste linear, o artigo 3º-C da lei supramencionada, estabelece que são serviços especializados de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos as atividades operacionais da coleta, o transporte, transbordo, a triagem com fim de reutilização ou reciclagem, tratamento (inclusive compostagem) e destinação final dos: (i) resíduos sólidos; (ii) resíduos originários de atividades comerciais, industriais e de serviços, em quantidade e qualidade similares à dos resíduos domésticos urbanos e que não sejam de responsabilidade do gerador; e (iii) resíduos originários de serviços públicos de limpeza urbana (varrição, capina, roçado, asseio de túneis, raspagem e remoção de terra, areia e quaisquer materiais depositados pelas águas pluviais e logradouros públicos, etc.

Ademais, elucida-se que o artigo 13 da Lei de Resíduos Sólidos (Lei de nº 12.305/2010) classifica os mesmos nos seguintes critérios: (i) origem; e (ii) periculosidade. Desta forma, quanto a origem, os resíduos sólidos podem ser:

Art. 13. Para os efeitos desta Lei, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

I - Quanto à origem:

- a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;
- e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios; (BRASIL, Lei de nº 12.305/2010).

Ainda no mesmo artigo da lei citada acima há o estabelecimento da periculosidade dos resíduos sólidos, podendo estes serem perigosos e não-perigosos. Os resíduos sólidos perigosos são os que, em razão de lei, norma técnica ou regulamento, apresentam algum tipo de risco significativo à saúde pública ou à qualidade ambiental em decorrência de sua inflamabilidade, reatividade, corrosividade, patogenicidade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade ou mutagenicidade.

De acordo com Freire (2020), após chegarem nas unidades de triagem, os resíduos sólidos anteriormente coletados e transportados deverão ser separados para serem reciclados e reutilizados, em caso de reciclagem, haverá a separação e classificação dos materiais (plástico, vidro, papel etc.), processados para obter fardos, materiais triturados ou para beneficiamento, reutilizados e comercializados. Já nas unidades de tratamento deverão ser aplicadas técnicas e métodos – manuais, mecânicos ou químicos – destinado à alteração das características dos resíduos sólidos, sendo uma dessas técnicas a compostagem³.

Por fim, deverá haver a disposição final dos resíduos sólidos, que pode ser feita em aterros sanitários de pequeno ou grande porte, estes são denominados de “lixões”, sendo basicamente áreas em que os resíduos sólidos são destinados sem qualquer tipo de preocupação ambiental.

Porém, No Brasil, a Lei Federal Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que preconiza a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos por meio de aterros sanitários. No entanto, muitos municípios brasileiros não conseguiram cumprir as regras dentro do prazo estabelecido, que inicialmente era agosto de 2014.

³ processo controlado de decomposição, transformando o resíduo sólido num composto que pode ser usado como insumo agrícola

Posteriormente, foi concedido um novo prazo, que se encerrou em agosto de 2022.

Atualmente, com a implementação do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares), estabeleceu-se como meta a eliminação dos lixões e aterros controlados até o ano de 2024. Essa iniciativa visa melhorar as condições de tratamento e destinação dos resíduos sólidos, buscando garantir uma disposição final adequada, que minimize os impactos ambientais e promova a sustentabilidade.

Portanto, o objetivo é substituir os lixões e aterros controlados por aterros sanitários, que atendam aos requisitos ambientais e sanitários estabelecidos na legislação. Essa medida é importante para promover a proteção ambiental, a saúde pública e o manejo adequado dos resíduos sólidos no país.

Finalmente, têm-se que o último serviço público de saneamento básico que é a drenagem e manejo de águas pluviais, que de acordo com o art. 3º, inciso I, alínea “d”, da lei de saneamento básico (lei de nº 14.026/2020), este serviço é definido como sendo o conjunto de atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para que haja o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contemplando a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

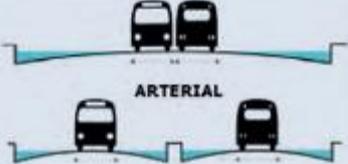
De acordo com Freire (2020), o mau funcionamento ou a inexistência de um sistema de drenagem e manejo de águas pluviais pode trazer uma série de problemas em âmbito social, econômico e até mesmo problemas de saúde. Ocorrem inundações e até desabamentos, usualmente causando prejuízo para a população carente e que vive em locais de risco, como também a ocorrências de poças e inundações podem significar sérios riscos para a saúde.

Ainda de acordo com o autor mencionado, por meio da drenagem ocorre a movimentação de águas de um determinado local para outro, utilizando-se de canais artificiais ou naturais. Este sistema de drenagem possui dois subsistemas denominados de macrodrenagem e microdrenagem.

A microdrenagem – também denominado de drenagem inicial ou sistema coletor de águas pluviais – é composta pelos pavimentos de guias, ruas e sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias de águas pluviais, como

também canais de pequenas dimensões. Elucida-se, ainda, que as vias públicas são classificadas em razão da inundação máxima, como pode ser vislumbrado na figura 3 que segue abaixo:

Figura 3 – Estruturas componentes de uma rede de drenagem pluvial

Via pública	Inundação máxima (y_1)	Ilustração
Via local ou rua secundária	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento atinge até o eixo da rua.	 LOCAL
Via coletora ou rua principal	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre.	 COLETORA
Via arterial ou avenida	Sem transbordamento sobre o passeio público (calçada). O escoamento deverá garantir uma faixa de trânsito livre em cada direção.	 ARTERIAL
Via expressa	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito.	 EXPRESSA

Fonte: FUNASA, manual de saneamento, p. 306 (2015)

Desta forma, denota-se que o transporte de água pluvial pode ocorrer por meio de canais, sejam eles abertos ou fechados, estes canais também podem ser naturais, como rios, ou artificiais como galerias de águas pluviais, calhas, canaletas, dentre outros. O sistema de galerias integra tubulações, boca de lobo, estruturas acessórias e poços de visita, conforme exposto na figura 3 acima.

Já no caso da macrodrenagem é descrita como uma zona urbana correspondente à rede de drenagem natural preexistente nos terrenos antes da ocupação, sendo a responsável pelo escoamento último das águas, podendo, também, ser formados por canais naturais ou artificiais.

3.3. Fontes de captação de água

Primordialmente, deve-se elucidar que as secas no Nordeste atingem diretamente o dia-dia dos indivíduos, independentemente da localidade onde moram, visto que mesmo na zona urbana há o abastecimento de águas que sofrem redução durante o período de seca. Desta forma, no decorrer dos anos,

foram analisados meios para captar águas, como também, um repasse consciente desta substância.

De acordo com Rebouças (2005), a crise da água tem um grande destaque no século XXI, tanto no nível mundial, quanto nacional. Ainda neste contexto, é importante ressaltar que a existência dessa crise da água é de interesse de alguns indivíduos, visto que conseguem transformar a escassez dela em vantagens.

Ainda de acordo com Rebouças (2005), é a partir deste contexto que se faz necessária a avaliação de potenciais hídricos na região Nordeste, considerando, também, as correções necessárias para que o conhecimento destes potenciais hídricos possa reduzir o quadro de pobreza hídrica nesta região.

As secas de 1825, 1827 e 1830 foram cruciais para influenciar o início da açudagem na região Nordeste do Brasil, visando estabelecer uma fonte de água para o abastecimento animal e humano durante os períodos de seca. Ademais, no ano de 1831 a Regência Trina outorgou a abertura de fontes artesianas profundas, já em 1856 foi criada a Comissão Científica de Exploração, que fora chefiada pelo Barão de Capanema, que recomendava a abertura de um canal que ligasse o rio São Francisco ao rio Jaguaribe, a construção de aproximadamente 30 açudes, a melhoria dos meios de transporte e a abertura de fontes artesianas profundas (ALVES, 1953).

Ainda, de acordo com Alves (1953), a partir de 1860, o Barão de Capanema elaborou um relatório visando estabelecer uma avaliação das obras de combate às secas, respaldando seu posicionamento acerca da construção de açudes, entretanto, sendo construídos em lugares que fossem convenientes à prática de atividades hidro agrícolas.

A açudagem pública apresenta um balanço de aproximadamente 1200 a 1500 reservatórios de capacidade superior a 100 mil m³, com cerca de 450 barragens de mais de um milhão m³ e número menor de açudes entre 2 e 4 bilhões de m³. Alguns açudes públicos foram construídos ao longo de dezenas de anos, tal como o de Cedro, Quixada (CE), cujo projeto datava de 1884, mas só concluído em 1906, ou seja, 22 anos depois (REBOUÇAS, 2005, n.,p.).

Ainda neste contexto, Molle e Cadier (1992) alegam que paralelo ao desenvolvimento da açudagem pública conforme fora supracitado, cresceu

também, de forma espontânea, a açudagem em propriedades privadas, visando o abastecimento de rebanhos e até mesmo da população. Entretanto, deve-se destacar que o sertanejo se opõe diretamente ao uso de forma intensiva da água de açude, face ao difícil acesso ao açude público, como também a precariedade no abastecimento.

Por fim, de acordo com Rebouças (2005), a chuva é representada como a única fonte de realimentação da umidade do solo, dos aquíferos e do fluxo dos rios da região Nordeste. Ou seja, na prática, a umidade do solo representa uma reserva localizada de água, visto que é consumida no local onde ocorre a chuva que lhe dá origem. Ressaltando que o seu menor, ou maior, aproveitamento socioeconômico depende diretamente das características edáficas do contexto analisado, da fisiologia da vegetação cultivada ou natural e, por fim, do regime de ocorrência das chuvas.

4 METODOLOGIA

A presente pesquisa se justifica e fundamenta no direito do povo brasileiro ao acesso a um ambiente ecologicamente equilibrado, que é considerado um bem de uso comum e essencial para uma qualidade de vida saudável, conforme estabelecido no Artigo 225 da Constituição Federal de 1988. O conceito de "sadia qualidade de vida" abrange a necessidade do saneamento básico como um direito fundamental para alcançar esse cenário desejado. Além disso, é importante ressaltar a vulnerabilidade encontrada nas áreas rurais, que frequentemente são isoladas e carecem de infraestrutura básica adequada, especialmente no que se refere ao acesso ao saneamento básico.

Diante dessa situação, o objetivo do estudo realizado é propor soluções específicas que possam ser implementadas em nível local e residencial, visando atender as necessidades de saneamento básico nas áreas rurais dos municípios localizados na região semiárida do Brasil. O foco principal é fornecer à população condições essenciais de saneamento, com ênfase no abastecimento de água, esgotamento sanitário e gestão de resíduos sólidos. Além disso, a abordagem do estudo é predominantemente quantitativa, envolvendo a comparação e análise de dados estatísticos apresentados.

Ademais, quanto ao procedimento da pesquisa, denota-se que a mesma pode ser classificada como um estudo de caso, pois enfatiza a interpretação de um fenômeno específico, buscando retratar a realidade de maneira mais complexa e profunda.

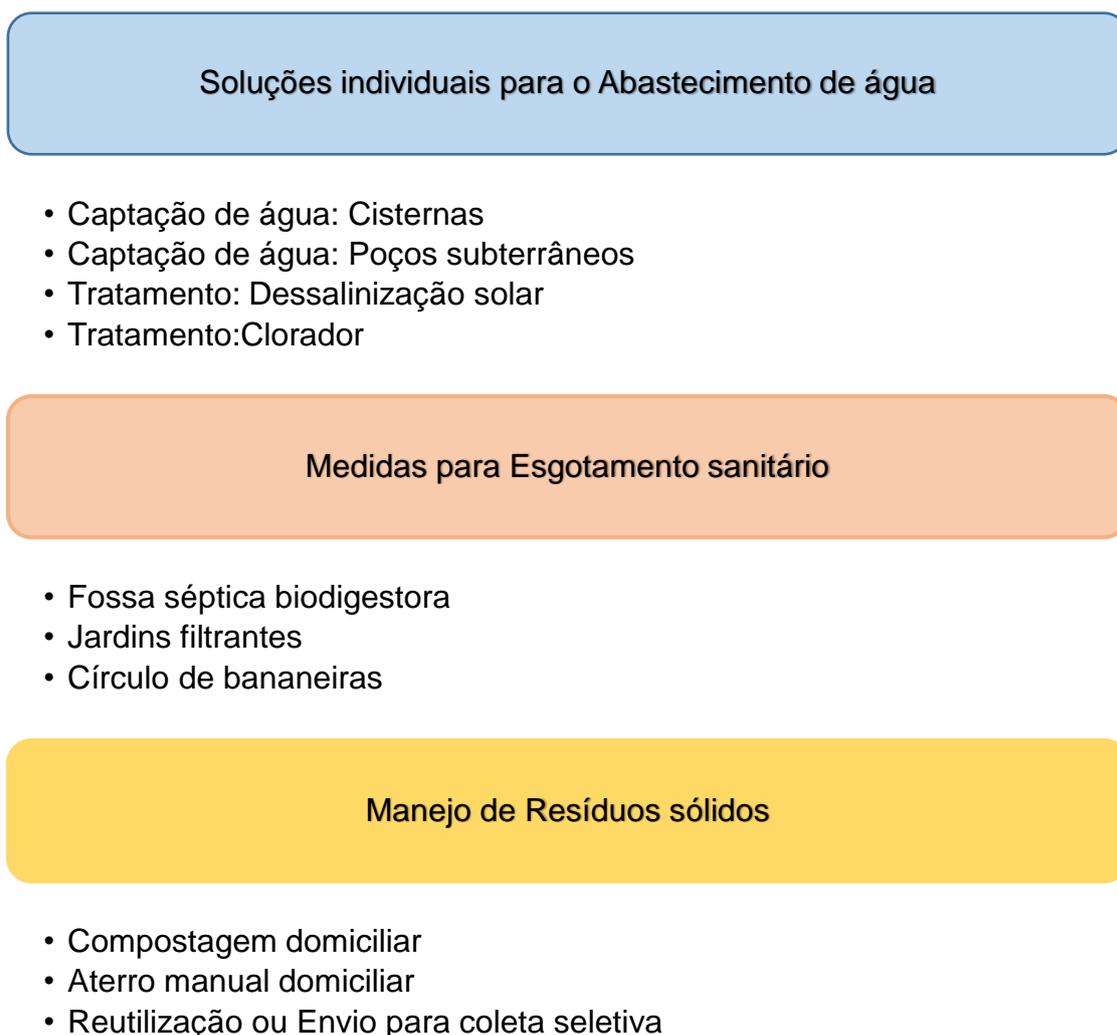
Inicialmente, denota-se que a pesquisa foi baseada na análise de 3 (três) vertentes do saneamento básico, sendo elas (i) água; (ii) esgoto e; (iii) resíduos, mais especificamente no âmbito de uma comunidade rural e a partir disso foram desenvolvidas sugestões dos meios em que uma comunidade pode lidar com a adequação do saneamento básico de sua área de uma forma mais sustentável e econômica.

Primeiramente elencou-se quais seriam as soluções individuais para o abastecimento de água nestas regiões, e as medidas apontadas ao longo do trabalho referem-se ao uso de Cisternas, que já é uma prática comum e ecologicamente benéfica, a captação de água a partir de poços subterrâneos e

o próprio tratamento de água que poderia ocorrer por meio da dessalinização solar ou do uso de clorador.

Desta forma, a figura a seguir demonstra o fluxograma de como foi realizado o presente estudo, observando as soluções individuais para o abastecimento de água, as medidas para a realização do esgotamento sanitário, e, por fim, como deve ocorrer o manejo de resíduos sólidos.

Figura 4 – Fluxograma de metodologia



Fonte: Autoria própria (2023)

Ressalta-se que o uso da dessalinização solar e o uso de clorador não são práticas tão difundidas, porém o uso é bastante comum em regiões com escassez de água, visto que em algumas regiões do semiárido brasileiro utiliza-se mais de uma forma de abastecimento de água, sendo um reflexo da própria escassez naquele local. Posteriormente, sugeriram-se algumas medidas para a

realização do esgotamento sanitário, sendo elas: (i) a fossa séptica biodigestor; (ii) os jardins filtrantes e; (iii) o círculo de bananeiras.

Percebe-se que das medias apontadas, apesar de todas serem de fácil manuseio e aplicação, os jardins filtrantes e o círculo de bananeiras demonstram uma maior efetividade, visto que o presente estudo ressalta a importância de demonstrar medidas alternativas para a implementação do saneamento rural na região semiárida brasileira, logo, por ser na zona rural, a aplicação destas duas medidas mostra maior facilidade em sua aplicabilidade.

Por fim, buscou-se apresentar de forma aprofundada algumas opções no que tange ao manejo de resíduos sólidos, sendo elas: (i) a compostagem domiciliar; (ii) o aterro manual domiciliar e; (iii) e a reutilização ou envio para a coleta seletiva. Percebe-se que a partir das opções apresentadas, apenas o uso da compostagem é descrito como mais complexo, visto que as outras duas alternativas demonstradas no presente estudo são de fácil manuseio e acesso.

Elucida-se que no presente estudo tentou-se trazer medidas alternativas para a implementação do saneamento básico na zona rural do semiárido brasileiro, destacando a importância do uso de soluções simples, acessíveis e de fácil manuseio para que os indivíduos que residem nesta região possam ter total acesso, além disso, possam compartilhar com os demais moradores locais, tanto a experiência como até os ensinamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Soluções individuais para o abastecimento de água

Ainda acerca da análise da situação do Nordeste brasileiro, denota-se que, segundo Cruz (1999), nos sertões, a falta de água é descrita como o principal empecilho para a sobrevivência dos animais e dos agricultores, visto que esta região está exposta a uma grande vulnerabilidade advinda da instabilidade climática, aprofundada pelos períodos de seca que ocorrem mais regularmente a cada cinco anos.

Entretanto, como fora citado acima, a busca por algumas soluções para esta calamidade é datada do século XIX, quando o Imperador Dom Pedro II, em meados de 1845, deu início às primeiras iniciativas locais de combate à escassez de água na região.

Segundo Miranda (2002) embora, nos últimos tempos, tenha ocorrido algumas transformações nesta região, tais como: (i) desenvolvimento da infraestrutura; (ii) intensiva urbanização; e (iii) expansão da irrigação no Vale do São Francisco, no Rio Grande do Norte e no Oeste da Bahia, mesmo após todo o desenvolvimento citado acima, os sertanejos encontram-se ainda mais em situação de vulnerabilidade no que diz respeito aos efeitos das secas, visto que vivem em um ambiente ecologicamente empobrecido, que é historicamente incapaz de oferecer algum tipo de recurso alternativo à escassez de água e alimentos.

5.1.1 Captação de água: Cisternas

Inicialmente, de acordo com Nery (2021), as cisternas surgem como uma opção ecologicamente correta, assegurando o acesso descentralizado à água com impacto ambiental reduzido. Além disso, elas se mostram mais viáveis economicamente, caracterizando-se como uma ferramenta de desenvolvimento sustentável para enfrentar a seca na região do sertão nordestino.

Ainda de acordo com Nery (2021), Apesar das vantagens oferecidas pelo armazenamento em cisternas, é importante destacar que a água da chuva contém uma quantidade significativa de impurezas, como partículas, microrganismos, metais pesados e compostos orgânicos. Portanto, é indispensável realizar um tratamento adequado antes de utilizá-la.

É importante ressaltar que, embora tenham sido originalmente construídas para armazenar água da chuva, nos últimos anos, devido à prolongada seca, as cisternas vêm sendo utilizadas para o armazenamento de água fornecida por caminhões-pipa, bem como de outras fontes disponíveis na região (CERQUEIRA, ALBUQUERQUE, SOUSA, 2017).

Perante o contexto supracitado, uma das medidas alternativas para obtenção de água para abastecimento é o uso de Cisternas, que foi amplamente implementado a partir da criação do Programa de Mobilização Social para a Construção de 1 milhão de Cisternas (P1MC), sendo caracterizado como um meio de solução para a falta de água no sertão, principalmente nas zonas rurais (CÁRITAS BRASILEIRA, 2001).

Resta esclarecer, também, que de acordo com Cavalcanti et al. (2002), as atuações governamentais inseridas na região que corresponde ao semiárido nordestino, por meio dos programas de construção de cisternas, embora tenha contribuído de fato com a amenização dos problemas de falta de água para consumo da população local atendida por esse programa, ainda assim, não foi suficiente para promover uma transformação significativa da região, que convive com a seca anualmente, visto que a cada novo período de estiagem, as calamidades estimuladas pelas secas voltam a trazer transtornos para os habitantes. Na figura 5 apresentada abaixo, pode-se observar uma cisterna do tipo placas, que é regularmente utilizada pelos agricultores da zona rural.

Figura 5 – Residência com cisterna sem calhas para captação e condução de água na comunidade de Cacimba do Bonfim, Petrolina – PE



Fonte: Cavalcanti et al. (2002)

De acordo com análise de Cavalcanti (2002), diversas residências que possuem cisternas não são acopladas com o sistema de calhas nas laterais para a condução e captação das águas da chuva, logo, estas cisternas servem apenas como reservatório para serem abastecidas a partir de carros pipa, conforme pode ser analisado na figura de número 6 abaixo.

Figura 6 – Cisterna tipo placas utilizada pelos agricultores da comunidade de Jatobá da Cumprida, Petrolina – PE.



Fonte: Cavalcanti et al. (2002)

Assim, denota-se que mesmo com o uso de medidas alternativas para obtenção de água, não é apenas a partir destas medidas que pode haver uma alteração no cenário do semiárido Nordeste, pois a falta de água é um episódio constante na região, desta forma, deve-se haver diversas políticas públicas de mudanças neste cenário, como também o próprio incentivo à conscientização do uso da água para todos os cidadãos.

5.1.2 Captação de água: Poços subterrâneos

De Vasconcelos (2018), as informações iniciais sobre o aproveitamento da água subterrânea são incertas e remontam aproximadamente a 2000 a.C. Relatam a construção de poços e túneis, ou seja, sistemas que conectavam poços por meio de túneis, conhecidos como "qanats" ou "kanats". Esses sistemas de captação foram originalmente desenvolvidos na Pérsia, atualmente Irã, e se estenderam por várias regiões vizinhas da Península Arábica até a Europa. Há também indícios de sua possível influência em partes da América do Sul e Central, como México e Peru.

No Estado do Ceará, de acordo com a legislação que abrange o sistema integrado dos recursos hídricos (Ceará, 1994), são estabelecidos os critérios

técnicos para o controle das obras hídricas, sendo definido um poço como uma estrutura hidráulica escavada ou perfurada no solo utilizada para captar água subterrânea. Essa mesma lei estabelece classificações para os poços com base em sua profundidade e vazão nominal de teste. Essa classificação se torna essencial para permitir a regulamentação e obtenção de licenças para obras hidráulicas.

Para Vasconcelos (2018), há relatos sobre poços escavados que mencionam que grande parte dos estudos e publicações modernas sobre água subterrânea concentram-se principalmente em poços de diâmetros reduzidos (entre 150 mm e 800 mm) que são perfurados por máquinas. Essa ênfase é justificada pelo fato de que a maioria das captações de água atualmente são construídas dessa forma, embora não tenha sido assim no passado. No entanto, destaca-se que os poços escavados ainda são utilizados em locais onde não há outra solução disponível para o abastecimento de água.

5.1.3 Tratamento da água: Dessalinização solar

Inicialmente, deve-se esclarecer que de acordo com Campos (2019), a aplicação da energia solar em processos de dessalinização apresenta soluções para alguns dos desafios encontrados nos métodos tradicionais. Essa abordagem proporciona maior sustentabilidade às operações, ao utilizar uma fonte de energia limpa e renovável. Além disso, possui uma relevância social significativa, pois oferece opções economicamente mais viáveis para regiões isoladas e frequentemente negligenciadas, onde a água é escassa ou inadequada para consumo, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população local. Essas são as principais motivações que impulsionaram o desenvolvimento do presente estudo, que se concentra na dessalinização solar, em particular no método de umidificação e desumidificação.

A energia solar tem sido empregada na dessalinização há mais de dois séculos. Em 1862, o químico Lavoisier utilizava lentes de vidro para concentrar a energia solar em garrafas de destilação. Em 1872, na cidade de Las Salinas, técnicas de destilação solar foram adotadas para suprir a demanda de água potável dos mineiros locais. Foi construído um conjunto de 64 tanques de madeira cobertos com vidro, abrangendo uma área total de 4459 m², capaz de produzir 20 mil litros de água dessalinizada. Esses exemplos evidenciam que a

energia solar tem sido considerada há muito tempo como uma opção viável para fornecer água potável a regiões isoladas com baixa demanda (CAMPOS, 2019).

Um fator importante no desenvolvimento desses métodos, que pode se tornar um grande obstáculo, é a variabilidade intrínseca da intensidade solar. A incidência solar sobre a superfície da Terra é variável. Ela varia ao longo do dia, começando com pouca radiação, aumentando até um ponto máximo e depois caindo progressivamente até chegar a zero, onde permanece por toda a noite. Ela também pode sofrer mudanças devido ao tempo, que, ao estar nublado ou chuvoso, pode reduzi-la drasticamente. Há ainda a variação devido à sazonalidade, que aumenta os dias e a intensidade solar no verão e os diminui no inverno, sendo intensificada na medida em que se chega mais próximo aos polos do globo terrestre. (CAMPOS, 2019, n.,p.).

Por fim, de acordo com Hermann, Koschikowsky e Rommel (2002), uma medida mais específica para avaliar o aproveitamento de calor, amplamente utilizado na área de dessalinização, é conhecida como *Gain Output Ratio* (GOR). Para uma determinada quantidade de água salgada, o GOR é definido como a soma do calor de evaporação e do calor da solução, dividida pela energia real consumida durante o processo de destilação. Esse índice representa a proporção da quantidade de água purificada produzida na planta em relação à quantidade que teria sido obtida sem qualquer recuperação de energia, considerando o mesmo consumo energético. Em processos bem desenvolvidos, como a destilação de múltiplos efeitos, nos quais vários estágios favorecem a recuperação de calor, o GOR pode alcançar valores de 20 ou até mais.

5.1.4 Tratamento da água para a desinfecção: Clorador

Segundo o posicionamento de Holowka e Andrade (2012), a água segura para consumo humano é aquela que cumpre os padrões de potabilidade estabelecidos e não representa riscos à saúde, em termos de seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos.

Ademais, ainda de acordo com os autores supramencionados, no que se refere aos parâmetros microbiológicos, é estabelecido que a água potável, ou seja, aquela segura para consumo humano e animal, não deve conter coliformes termotolerantes, também conhecidos como coliformes fecais. Essas bactérias são encontradas no intestino de seres humanos e animais de sangue quente.

Neste linear, para avaliar a qualidade da água nesse aspecto, é analisada a presença da *Escherichia coli*, uma vez que sua detecção geralmente indica a

existência de outras bactérias na água. De acordo com a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, se a presença de *Escherichia coli* for detectada na água, esta é considerada imprópria para consumo humano.

Sabe-se que o consumo de água contaminada pode resultar em diversas doenças, incluindo diarreia (mais grave e comum em crianças e idosos), gastroenterites, conjuntivites, infecções urinárias (especialmente em mulheres), hepatite infecciosa, cólera, salmonelose e febre tifoide.

De acordo com Holowka e Andrade (2012), no meio rural, a água costuma ser coletada de nascentes ou poços escavados, que têm origem no lençol freático. Essa água pode estar contaminada devido à falta de proteção adequada ou à contaminação do próprio lençol freático. Essa contaminação pode ocorrer devido aos dejetos de animais, esgotos a céu aberto, cemitérios, lixões e fossas negras (que são buracos feitos no solo, com ou sem revestimento de pedras, onde o esgoto do banheiro é descartado sem tratamento prévio), conforme pode ser vislumbrado por meio da imagem a seguir.

Figura 7 – exemplificação de como ocorre a contaminação da água por meio de fossas negras



Fonte: HOLOWKA e ANDRADE (2012)

Desta forma, a partir da análise de Otenio (2010), se forem detectados coliformes termotolerantes na água, ela se torna inadequada para o consumo humano. Nessa situação, a única forma das pessoas consumirem a água sem correr riscos à saúde é por meio da desinfecção.

A cloração é o método mais amplamente utilizado para desinfecção da água, devido à sua simplicidade, custo acessível, disponibilidade fácil e eficiência comprovada na redução de contaminantes. Ela representa uma alternativa viável e de fácil aplicação nas propriedades rurais.

Ainda de acordo com Otenio (2010), a desinfecção é realizada por meio da aplicação controlada de cloro, seguindo com as diretrizes estabelecidas pela legislação do Ministério da Saúde. Após o processo de desinfecção, é importante verificar a eficácia da cloração monitorando o teor de cloro residual na água tratada. Para isso, estão disponíveis kits de análise de água em lojas especializadas em materiais para piscinas. Esses kits são de fácil utilização e permitem uma leitura rápida e confiável do nível residual de cloro.

Nesse contexto, uma das principais dificuldades para a realização do abastecimento doméstico está no fato de haver empecilhos no acesso à caixa de água para realizar a adição de cloro, entretanto, após análise no site da Embrapa, percebe-se que há um clorador simples para exercer essa função. O Clorador Embrapa é um sistema de baixo custo e fácil instalação, projetado de forma que utilize a energia hidráulica existente para fornecer cloro diariamente até a caixa d'água das residências, conforme pode ser visto na figura abaixo.

Figura 8 - Esquema representativo do Clorador Embrapa, com destaque para seus componentes



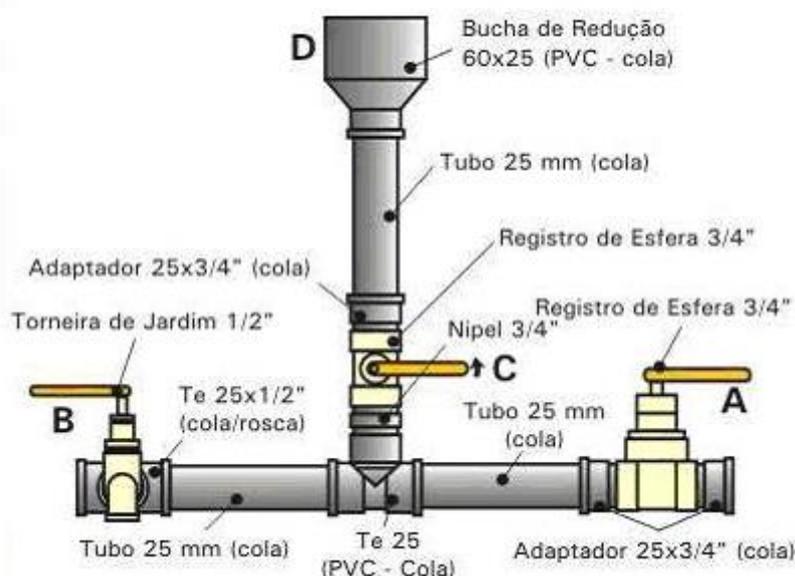
Fonte: EMBRAPA, Saneamento básico rural.

A figura 8 ilustra o esquema do Clorador, onde é possível observar que ele é composto por materiais de baixo custo, como tubos, conexões, válvulas e uma torneira, que podem ser facilmente encontrados em lojas de materiais para construção. A figura 4 apresenta o processo de instalação do Clorador na rede de água.

O Clorador Embrapa é utilizado em um processo por batelada, conforme descrito a seguir: Primeiramente, o registro (A), que controla a entrada da água captada, é fechado. Em seguida, a torneira (B) é aberta para liberar a pressão da tubulação que conduz a água para a caixa, esgotando completamente o líquido antes de ser fechada novamente. Prepara-se uma solução de cloro

utilizando 1 colher rasa de café de cloro granulado, como hipoclorito de cálcio 65%, suficiente para tratar 1000 litros de água. Nessas condições, a quantidade de cloro ativo no início da manhã fica em torno de 1,5 mg/L, atendendo às regulamentações estabelecidas pela portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Em seguida, o registro do clorador (C) é aberto e a solução de cloro é adicionada lentamente ao receptor (D). O receptor de cloro é lavado com um pouco de água e a válvula (C) é fechada. Por fim, o registro de entrada de água (A) é aberto, permitindo que o cloro seja conduzido até a caixa d'água, conforme pode ser observado na figura 9.

Figura 9 - Instalação do Clorador Embrapa na rede de captação de água.



Fonte: EMBRAPA, Saneamento básico rural (2023).

Por fim, de acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde, a água que será submetida à cloração deve apresentar características específicas. Ela não deve possuir cor, sabor indesejável e deve ter baixa turbidez, com um valor inferior a 2 UFT. Caso esses parâmetros mínimos não sejam atendidos, será necessário realizar um tratamento prévio da água para corrigir essas questões antes do processo de cloração.

5.2 Soluções individuais para o esgotamento sanitário

5.2.1 Fossa Séptica Biodigestora

De acordo com o que dispõe o site da Embrapa, o principal benefício do sistema de fossa séptica biodigestora é tornar possível o tratamento de esgoto

doméstico, resultando em resíduos com uma baixa presença de coliformes termotolerantes. Esse processo é alcançado por meio da digestão fermentativa, na qual o esterco bovino é utilizado como inoculante para promover a decomposição dos resíduos.

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de tratamento de esgoto que funciona como um biorreator. Sua estrutura básica é composta por três tanques de armazenamento feitos de materiais como fibra de vidro ou fibrocimento, com capacidade de 1000 litros cada. Esses tanques são facilmente encontrados no comércio local. As duas primeiras caixas são responsáveis pelo processo de fermentação, onde ocorre a descontaminação do esgoto. Já a terceira caixa, também com capacidade de 1000 litros, é utilizada para coletar o efluente tratado.

Conforme vislumbra-se na figura 9, pode ser analisado de forma evidente a diferença existente entre uma fossa tradicional e uma fossa séptica biodigestor, além disso, também é de fácil compreensão e análise quais são os materiais que compõe essa fossa biodigestora.

Figura 10 - Diferença entre uma fossa tradicional e uma fossa séptica biodigestora.



Fonte: Árvore e água (2023).

O sistema de tratamento é projetado para tratar exclusivamente o esgoto proveniente do vaso sanitário, conhecido como águas negras. Essas águas contêm uma grande quantidade de coliformes termotolerantes e têm uma alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Por outro lado, o restante do esgoto gerado na residência rural, como o proveniente da lavanderia, cozinha e banho, não possui o mesmo potencial patogênico das águas negras. Além disso, os sabões e detergentes utilizados nesses processos possuem propriedades antibióticas que podem inibir o processo de biodigestão.

Por fim, conforme consta no site da Embrapa, para que o sistema funcione adequadamente, este é inoculado mensalmente com esterco bovino fresco. Este material, facilmente encontrado na área rural, é rico em bactérias anaeróbias celulolíticas, hemicelulolíticas, hidrolíticas, entre outras, que tornam a Fossa Séptica Biodigestora mais eficiente na remoção de sólidos, principalmente composto por materiais fibrosos e proteicos.

5.2.2 Jardins filtrantes ou *wetlands*

Inicialmente, elucida-se que de acordo com o site da Embrapa, o sistema de jardins filtrantes é composto por uma zona alagada construída, que funciona como um ecossistema artificial, utilizando tecnologias baseadas nos princípios de depuração da água por áreas alagadas naturais, como várzeas e manguezais. O objetivo principal desse sistema é tratar as chamadas "águas cinzas". Essa abordagem foi adaptada para complementar o tratamento de esgoto em áreas rurais, uma vez que a fossa séptica biodigestora não é capaz de tratar as "águas cinzas".

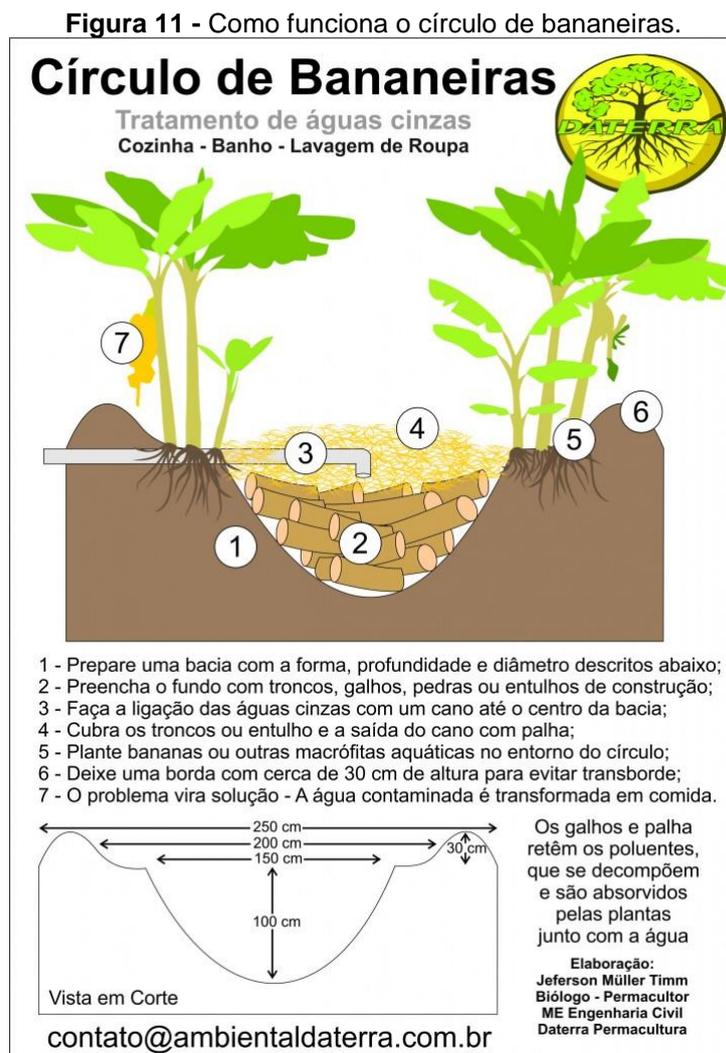
As áreas alagadas construídas são empregadas devido às suas capacidades de eliminar e reter nutrientes, processar matéria orgânica e produtos químicos, e reduzir a carga de sedimentos que são descarregados nos corpos d'água receptores. O Jardim Filtrante oferece diversas vantagens, como sua operação simplificada, baixo custo de implementação e manutenção, além de não exigir consumo de energia elétrica.

5.2.3. Círculo de bananeiras

Primordialmente, destaca-se que de acordo com análise no site DATERRA (centro ambiental), o sistema de cultivo em círculo de bananeiras é

uma solução adequada para o tratamento das águas cinzas provenientes da cozinha, lavanderia e banheiro, consistindo em uma área escavada onde são cultivadas bananeiras e outras plantas com alta capacidade de evapotranspiração. Esse sistema é ideal para o reuso das águas residuais geradas no local.

Além das bananeiras, de acordo com o site DATERRA, é viável cultivar outras plantas, como mamão e taioba, que podem ser utilizadas como alimento ou com fins ornamentais, como copo de leite e papiros. Os microrganismos presentes na água cinza não contaminam os tecidos internos das plantas e seus frutos. Na verdade, a maioria dos componentes poluentes da água cinza são nutrientes benéficos para o crescimento das plantas. As folhas velhas podem ser podadas e usadas na compostagem, proporcionando um excelente adubo. Todo o processo pode ser observado na figura 11.



Fonte: Centro Ambiental DATERRA (2016).

Por fim, pode ser analisado na figura 11 todo o processo realizado a partir do Círculo de Bananeiras, desde o primeiro passo, que é o preparo da bacia até o momento em que a água, anteriormente contaminada, transforma-se em alimento.

5.3 Soluções individuais para o Manejo de resíduos sólidos

Inicialmente, entende-se por resíduo sólido todo o material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (art. 3º, XVI, da lei de nº 12.305 de 02 de agosto de 2010).

Posteriormente, elucida-se que, de acordo com o Instituto Federal de Brasília, o lixo compreende os itens descartados que não têm mais utilidade e são descartados. Por outro lado, os resíduos são materiais que não são úteis para você, mas podem ser transformados em matéria-prima para a criação de novos produtos ou processos por outras pessoas. O rejeito é uma forma particular de resíduo, no qual todas as oportunidades de reutilização ou reciclagem foram esgotadas.

Ademais, denota-se que na PNRS “rejeito” é descrito como sendo: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

Os únicos materiais que deveriam ir para aterros sanitários, mas se sabe que grande parte de materiais passíveis de reciclagem ou algum outro tratamento acabam indo parar nesses lugares. Por isso, a cada dia se torna mais importante a gestão de resíduos sólidos dentro das residências. Na figura 11 é demonstrado como deve ser realizada a separação do lixo, principalmente no que tange ao lixo doméstico, sendo classificados como orgânicos, secos e rejeitos.



Fonte: Árvore e água (2023).

5.3.1 Orgânicos: Compostagem domiciliar

Esclarece-se que a compostagem é um processo em que a matéria orgânica é decomposta de forma ecológica, resultando em um composto que pode ser utilizado como fertilizante.

De acordo com Malta (2017), a autora define compostagem como sendo um processo controlado, realizado por uma comunidade diversa de microorganismos, que ocorre em fases distintas. Na primeira fase, ocorrem reações bioquímicas intensas de oxidação, principalmente termofílicas. Na segunda fase, chamada de fase de maturação, ocorre o processo de humificação.

A duração da compostagem é variável e depende do método utilizado, geralmente levando de 25 a 35 dias para a primeira fase e de 30 a 60 dias para a segunda fase. A duração também pode ser influenciada pelo tipo de material que está sendo compostado (MALTA, 2017). Na figura 13 abaixo é exemplificado como é realizada a funcionalidade de uma composteira, ademais entre as vantagens do uso da compostagem, pode-se destacar: a utilização dos resíduos orgânicos, economia de espaço físico ao prolongar a vida útil e reduzir os custos

de aterros sanitários e transporte de resíduos, aproveitamento agrícola da matéria orgânica para reciclagem de nutrientes no solo, diminuindo a necessidade de fertilizantes artificiais. Além disso, a compostagem evita a poluição de água, solo e ar, bem como a propagação de vetores que podem disseminar doenças.

Figura 13 - Como funciona uma composteira.



Fonte: Rastro Sustentabilidade.

5.3.2 Recicláveis: Reutilização ou Envio para coleta seletiva

De acordo com o que expõe Pimenta (2022), a reutilização ocorre quando um produto é utilizado novamente, seja para a mesma finalidade ou para outra. Por outro lado, a reciclagem envolve a transformação física e/ou química de um material descartado, visando obter uma nova matéria-prima ou criar um produto.

Na reutilização, o material não sofre alterações para se tornar um novo produto. Ao reutilizar um item, seja na mesma função ou não, está sendo combatido o desperdício. Isso significa que papéis usados podem ser transformados em blocos de rascunho, móveis podem adquirir novas utilidades e garrafas podem ser convertidas em objetos decorativos, entre outras

possibilidades. Tudo isso depende da criatividade das pessoas (PIMENTA, 2022).

Por fim, ainda de acordo com Pimenta (2022), na reutilização, o material não passa por um novo ciclo de produção, mas é utilizado novamente para a mesma função ou para uma nova função. Ao reaproveitar materiais, contribui-se para a gestão adequada de resíduos, pois se dá uma nova utilidade a esses materiais em vez de descartá-los, além de reduzir a exploração de recursos naturais. Essa prática tem como objetivo diminuir o desperdício e prolongar a vida útil desses materiais. Por exemplo, pode-se utilizar uma garrafa de vidro como vaso de flores, transformar papéis usados em blocos de anotações ou utilizar pneus para criar jardins.

6 CONCLUSÕES

Finalmente, deve-se elucidar que para que haja a propositura de medidas alternativas para a implementação do saneamento rural, mais especificamente na região do semiárido brasileiro, deve haver também uma conscientização e educação básica sobre os meios que possibilitem essa implementação do saneamento rural.

Como foi abordado ao longo de todo o estudo, há diversos métodos simples e acessíveis que contribuem para a melhoria do saneamento básico no núcleo familiar e a maioria deles podem ser aplicados e mantidos por famílias do meio rural, entretanto, para que haja essa aplicabilidade, deve haver inicialmente o estudo e o incentivo desses métodos e grande parte disso deve partir de órgãos e instituições públicas.

Os recursos naturais devem ser gerenciados de forma inteligente, abandonando a prática de manipular, processar, usar e "descartar". Não há um lugar chamado "fora", uma vez que todo produto derivado de recursos extraídos da Terra continuará, de alguma forma, dentro do planeta.

Uma abordagem para essa transformação pode ser encontrada por meio do saneamento ecológico, que prioriza a reutilização da água e dos nutrientes presentes no esgoto, visando respeitar e praticar a ciclicidade, a fim de estabelecer uma relação mais harmoniosa com a natureza.

Por fim, sugere-se que haja uma maior atenção aos estudos locais para que possa haver uma melhoria na situação e não apenas a aplicabilidade de métodos paliativos quando não há mais meios de implementação do saneamento básico na área rural.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. **História das secas**. Fortaleza, Inst. do Ceará: Mon. 23, v. 1, séculos XVI a XIX, 1953.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado Federal, 2007.
- BRASIL. **Lei de nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em 24 mai. 2023.
- BRASIL. **Lei de nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 25 de mai. 2023.
- BRASIL. **Lei de nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm>. Acesso em 24 de mai. 2023.
- BRASIL. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea na Paraíba**. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/15843/1/Rel_Belem.pdf>. Acesso em 02 jun. 2023.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2015
- BRITO, Yáscara Maia Araújo de. **Abordagem cumulativa e plurianual das secas no nordeste brasileiro**: proposta metodológica de gestão proativa. Orientadora: Iana Alexandra Alves Rufino. 2021. (Pós-Graduação) - Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/22654>>. Acesso em: 05 jun. 2023.
- CAMPOS, Bruno Lacerda de Oliveira; FRAGAS, Mariana Myrian Campos; COSTA, Andréa Oliveira Souza da; COSTA JUNIOR, Esly Ferreira da. **Análise do processo de dessalinização solar com ênfase no método de umidificação e desumidificação**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/TMMcNysYbLQPGYQLYDMF4Yf#:~:text=O%20m%C3%A9todo%20de%20dessaliniza%C3%A7%C3%A3o%20solar,utilizam%20para%20aquecimento%20da%20%C3%A1gua.>>. Acesso em 12 jun. 2023.
- CÁRITAS BRASILEIRA. **Água de chuva**: o segredo da convivência com o Semi-Árido brasileiro. Cáritas Brasileira, Comissão Pastoral da Terra, Fian/Brasil – São Paulo: Paulinas, 2001. il. 104p.

CARVALHO, Marina Lins de; KLEIN, Helena; JUNIOR, Celso Athayde; BRAVO, Raissa Z. B.; LEIRAS, Adriana. **A Seca no nordeste do Brasil: Um estudo sobre as principais políticas públicas e métodos de previsão.**

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.

CAVALCANTI, Nilton de Brito; BRITO, Luiza Teixeira de Lima; RESENDE, Geraldo Milanez de. **Em busca de água no Sertão do Nordeste.** Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/28478/1/OPB991.pdf>>. Acesso em 06 jun. 2023.

CEARÁ, Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará. 1994. Legislação Sobre Sistema Integrado dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, **decreto n°23.068**, de 11 de fevereiro de 1994. Fortaleza-CE.

Centro Ambiental DATERRA. **Círculo de Bananeiras.** Disponível em: <<http://www.ambientaldaterra.com.br/circulo-de-bananeiras/>>. Acesso em 08 jun. 2023.

CERQUEIRA, J. S.; ALBUQUERQUE H. N.; SOUSA, F. A. S. Operação de “Carro Pipa” para convivência com a seca e o desperdício de água potável no Semiárido Paraibano. **Revista Espacios**, v. 38, n. 11, p. 1 – 11, 2017.

CRUZ, P. H. COIMBRA, R. M., FREITAS, M. A. V. **Vulnerabilidade climática e recursos hídricos no Nordeste.** In.: O ESTADO DAS ÁGUAS NO BRASIL/ org. Marcos Aurélio Vasconcelos de Freitas – Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMH, SRH; MME, 1999. 334p.

EMBRAPA, **Saneamento Básico Rural.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural/sobre-o-tema>>. Acesso em 08 jun. 2023.

GOVERNO DA PARAÍBA. **Em Bananeiras: Aesa realiza limpeza da calha do rio Lagoa de Matias.** Disponível em: <<https://paraiba.pb.gov.br/noticias/em-bananeiras-aesa-realiza-limpeza-da-calha-do-rio-lagoa-de-matias-1#:~:text=Atualmente%2C%20a%20barragem%20comporta%201.239,%2C%20Bel%C3%A9m%2C%20Cai%C3%A7ara%20e%20Logradouro.>>. Acesso em 01 jun. 2023.

HERMANN, M.; KOSCHIKOWSKY, J.; ROMMEL, M. (2002) **Corrosion-free solar collectors for thermally driven seawater desalination.** Solar Energy, v. 72, n. 5, p. 415-426. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(02)00006-3)>. Acesso em 13 jun. 2023.

HOLLOWKA, Herivelto; ANDRADE, Márcia de. **Clorador Emater: Tratamento de água no meio rural.** Disponível em: <https://www.saude.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-04/cloradoremater.pdf>. Acesso em 12 jun. 2023.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R.V.; SCHRÖDER, P.H.; GRANDO, Â.; REGINATTO, G.M.P. **Papel da comunidade e da universidade no**

gerenciamento de desastres naturais. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1., 2004 Florianópolis. Anais... Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004. p. 834-846.

LAREDO, Gustavo. **Árvore e água:** Como fazer fossa séptica biodigestor. Disponível em: <<https://globo rural.globo.com/vida-na-fazenda/como-fazer/noticia/2013/12/como-fazer-fossa-septica-biodigestora.html>>. Acesso em 14 jun. 2023.

MALTA, Tamize Machado. **Compostagem domiciliar:** uma alternativa para a redução do descarte de resíduos orgânicos. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25193/3/CompostagemDomiciliarAlternativa.pdf>>. Acesso em 14 mai. 2023.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, Instituto Federal de Brasília. **Semana do Meio Ambiente — Saiba a diferença entre lixo, rejeito e resíduo.** Disponível em: <<https://www.ifb.edu.br/reitori/30837-semana-do-meio-ambiente-saiba-a-diferenca-entre-lixo-rejeito-e-residuo>>. Acesso em 14 mai. 2023.

MIRANDA, E. E. **O sertão vai virar pasto.** Jornal da Ciência, 27 de agosto de 2002.

MOLION, L. C. B. **Seca, o eterno retorno.** Ciência Hoje, v. 3, n. 18, p. 26-32, 1985;

MOLLE, F. & CADIER, E. **Manual do pequeno açude.** Recife, SUDENE-ORSTOM, 521 p., 1992.

NERY, Janiele França. **Águas inseguras? Monitoramento da qualidade da água estocada em cisternas no semiárido paraibano.** Disponível em: <<https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/principia/article/viewFile/3455/1603>>. Acesso em 10 jun. 2023.

OTENIO, M. H. et al. **Cloração de Água para Propriedades Rurais.** Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2010. Comunicado Técnico, n. 60.

PIMENTA, Júlia. **Qual a diferença entre reciclagem e reutilização.** 2022, disponível em: <<https://recicla.club/diferenca-entre-reciclagem-e-reutilizacao/>>. Acesso em 23 mai. 2023.

RASTRO SUSTENTABILIDADE. **Como funciona uma composteira.** Disponível em: <<http://rastro.eco.br/compostagem/>>. Acesso em 18 jun. 2023.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste:** desperdício e escassez. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/VfYsXjpmCS9KsT4HWnsMJgy/?lang=pt>>. Acesso em 05 jun. 2023.

SANTANA, M. O., SEDIYAMA, G. C., RIBEIRO, A., SILVA, D. D. da. **Caracterização da estação chuvosa para o estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.15, n.1, p.114-120, 2007.

SILVA, Virgínia Mirtes de Alcântara *et al.* **O desastre seca no nordeste brasileiro.** POLÊMICA, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 284-293, jun. 2013. ISSN 1676-0727. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/6431/4857>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

TRAVASSOS, Ibrahim Soares; Souza, Bartolomeu Israel de; Silva, Anieres Barbosa da. **Secas, Desertificação e Políticas públicas no Semiárido Nordestino Brasileiro.** 2013.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. **Poços para a captação de águas subterrâneas:** Revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. Disponível em: <<file:///C:/Users/Pessoal/Downloads/28288-Texto%20do%20artigo-104162-1-10-20150220.pdf>>. Acesso em 09 jun. 2023.