



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



TÉCNICAS SIMPLICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: ROTEIROS PARA UTILIZAÇÃO

RAQUEL FRAGA VILAS BÔAS MOURA

São Cristóvão, 2021

TÉCNICAS SIMPLICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: ROTEIROS PARA UTILIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Sergipe - UFS, para
encerramento do componente curricular e conclusão da
graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Prof. Dr^a. Denise Conceição de Gois
Santos Michelan

São Cristóvão, 2021

TÉCNICAS SIMPLICADAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA: ROTEIROS PARA UTILIZAÇÃO

**MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO
DE CURSO**

RAQUEL FRAGA VILAS BÔAS MOURA

APRESENTADO AO PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE EM 26 DE MARÇO DE 2021

Técnicas simplificada de tratamento de água

BANCA EXAMINADORA:

Profª Drª Denise Conceição de Gois Santos Michelan
Orientadora
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Profª Drª Luciana Coelho Mendonça
1ª Examinador
Departamento de Engenharia Civil
Universidade Federal de Sergipe – UFS

Profº Me. Anderson de Jesus Lima
2º Examinador
Departamento Engenharia Civil
Centro Universitário AGES – UniAGES

Resumo

Todo cidadão deve consumir água potável. Entretanto, nem todos possuem esse benefício. Muitos ainda não têm acesso à rede de distribuição de água. Somando-se a isso, no Brasil entre os anos 2000 e 2017 ocorreu crescente no número de municípios que não realizavam nenhum tratamento de água, apesar de receber a rede de distribuição. Por isso, faz-se necessário utilizar técnicas para a captura da água, bem como para o armazenamento. Além disso, é de suma importância aplicar métodos que tornem a água própria para o consumo. Nesse sentido, o objetivo do estudo foi apresentar algumas formas de como tratar água de forma simplificada, por meio de roteiros, de modo a ser consumida de forma individual ou coletiva por um pequeno número de indivíduos, com qualidade. Assim, foi realizada uma revisão bibliográfica quanto à temática, juntamente com informações de como os municípios no Brasil encontram-se, ao longo dos anos, em relação ao tratamento de água. Os roteiros de técnicas simplificadas propostos apresentam facilidade na implantação e baixo custo para a potabilização da água, como o SODIS, desinfecção e destilador solar. Outrossim, procedimentos que utilizam plantas regionais como cactos mandacaru, moringa *oleifera*, quiabo e tanino vegetal foram também demonstradas, pelo fato de apresentarem grande relevância e eficiência para a região brasileira onde se desenvolvem. Dessa maneira, mostrou-se roteiros de captura, armazenamento, tratamento e desinfecção, juntos ou separados, para obter a potabilização, apresentando-se, assim, soluções para que todos tenham acesso ao bem indispensável para a sobrevivência: a água potável.

Palavras chave: Potabilização, água potável, purificar a água, tratamentos caseiros.

Lista de Abreviaturas e siglas

ANA	Agência Nacional de Águas
DBO	Demanda Biológica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETA	Estação de Tratamento de Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização Nacional das Nações Unidas
PET	Politereftalato de etileno
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Municípios
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAAC	Sistema de Abastecimento de Água Coletivo
SAAI	Sistema de Abastecimento de Água Individual
SENAR	Serviço Nacional de Aprendizagem Rural
SODIS	<i>Solar water Disinfection</i>
UNICEF	Fundação das Nações Unidas pela Infância

Lista de Figura

Figura 1: Exemplo de fossa rudimentar.....	18
Figura 2: Fossa Séptica.....	18
Figura 3: Funcionamento geral de um tanque séptico.....	19
Figura 4: Fossa Séptica Biodigestora.....	19
Figura 5: Esquema de um SAA.....	20
Figura 6: Perfil de um esquema de SAA.....	20
Figura 7: Estação elevatória.....	22
Figura 8: Estação de Tratamento de água.....	23
Figura 9: Rede de distribuição.....	24
Figura 10: Esquema de uma cisterna de produção P1+2.....	25
Figura 11: Estrutura básica de um sistema de captação de água da chuva.....	26
Figura 12: Tipos de Aquíferos.....	27
Figura 13: Demonstração da técnica SODIS.....	28
Figura 14: Garrafas PETs em superfície de zinco.....	29
Figura 15: Esquema do Destilador Solar.....	30
Figura 16: Planta do tipo Bambu.....	32
Figura 17: Distribuição dos vasos condutores da seiva do Bambu.....	32
Figura 18: Cacto Mandacaru (<i>cereus jamacaru</i>).....	33
Figura 19: Redução de turbidez.....	38
Figura 20: Acácia <i>mearnsii</i> (a esquerda) e folhas de Acácia <i>Mearnsii</i> (à direita).....	39
Figura 21: pH da água tratada com tanino (TAN), sulfato (SUL) e sem coagulante (AC).....	40
Figura 22: Comparação de diversos coagulantes na remoção de turbidez de águas naturais.....	40
Figura 23: Gráfico comparativo dos municípios que realizam o tratamento de água não convencional.....	45
Figura 24: Gráfico comparativo dos municípios que realizam a simples desinfecção.....	45
Figura 25: Gráfico comparativo dos municípios que não realizam nenhum tratamento.....	46
Figura 26: Ilustração dos procedimentos para a ingestão de água potável.....	47
Figura 27: Proporções das dosagens de Hidroclorito de sódio para cloração.....	48
Figura 28: Moradia beneficiada pelo sistema Prochuva.....	49
Figura 29: Filtro acoplado a dois reservatórios.....	50

Figura 30: Modelo de funcionamento de uma Mini Cisterna.....	50
Figura 31: Ilustração de um poço artesiano.....	51
Figura 32: Garrafa PET com a metade pintada de preto para utilização no SODIS.....	54
Figura 33: Superfície metálica ondulada para colocar a garrafa no processo SODIS.....	55
Figura 34: Ilustração dos 7 passos para a técnica SODIS.....	56
Figura 35: Destilador solar do tipo pirâmide.....	57
Figura 36: Protótipo do destilador solar.....	58
Figura 37: Semente de <i>Moringa Oleífera</i>	60
Figura 38: Percentagem de turbidez utilizando-se o tantinho vegetal o (a) após 30 min e (b) 60 min de sedimentação seguida da filtração.....	63
Figura 39: Quiabos cortados na vertical.....	65
Figura 40: Modelo de Almofariz e pistilo.....	65
Figura 41: Béquer a esquerda com água do Rio Amazonas e à direita o béquer com água após o tratamento com quiabo e sulfato de alumínio.....	65
Figura 42: miniestação de tratamento de água; a) sistema de filtros; b) decantação; c) água antes e depois do tratamento.....	66
Figura 43: Cerne de mandacaru.....	67
Figura 44: Água do barreiro com o cerne do mandacaru sendo misturada com um bastão.....	68
Figura 45: Água do barreiro tratada após a utilização do cerne do mandacaru.....	68
Figura 46: Formação de gases devido o contato das bactérias presentes no bambu com a água residuária.....	69
Figura 47: Afluente do Rio Antas em Santa Catarina.....	70
Figura 48: Amostra de água do rio Antas/SC.....	70
Figura 49: Recipiente para o experimento. Retirada de água após 1 hora.....	71
Figura 50: Amostra de água residuária após 1 hora de tratamento.....	71
Figura 51: Filtro doméstico acoplado à torneira.....	73
Figura 52: Modelo de filtro doméstico de porcelana.....	73

Lista de tabelas

Tabela 1: Resultados dos testes realizados variando-se os reagentes coagulantes e mantendo constante os parâmetros ajustados nos testes iniciais.....	34
Tabela 2: Dosagens para o ensaio de floculação.....	37
Tabela 3: Municípios, total e com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento, por existência de tratamento da água distribuída e tipo de tratamento existente, referente aos anos supracitados.....	44

Sumário

	Resumo.....	04
	Lista de Abreviaturas e siglas.....	06
	Lista de Figuras.....	09
	Lista de Tabelas.....	07
1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1.	Objetivo Geral.....	14
2.2.	Objetivos Específicos.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1.	Saneamento.....	15
3.2.	Saneamento Rural.....	16
3.3.	Sistema de Abastecimento de Água.....	19
3.3.1.	Sistema de Abastecimento de Água Coletivo.....	20
3.3.1.1.	<i>Manancial.....</i>	<i>21</i>
3.3.1.2.	<i>Captação.....</i>	<i>21</i>
3.3.1.3.	<i>Adução.....</i>	<i>21</i>
3.3.1.4.	<i>Estação Elevatória.....</i>	<i>22</i>
3.3.1.5.	<i>Estação de tratamento de água.....</i>	<i>22</i>
3.3.1.6.	<i>Reservatórios.....</i>	<i>23</i>
3.3.1.7.	<i>Rede de Distribuição.....</i>	<i>23</i>
3.3.2.	Sistema de Abastecimento de Água Individual.....	24
3.3.2.1.	<i>Cisternas.....</i>	<i>25</i>
3.3.2.2.	<i>Captação da água da chuva.....</i>	<i>26</i>
3.3.2.3.	<i>Poços Artesanais.....</i>	<i>27</i>
3.3.2.4.	<i>SODIS.....</i>	<i>28</i>
3.3.2.5.	<i>Destilador Solar.....</i>	<i>29</i>
3.3.2.6.	<i>Filtração.....</i>	<i>31</i>
3.3.2.7.	<i>Técnica da utilização de Bambu.....</i>	<i>31</i>
3.3.2.8.	<i>Técnica da utilização de Mandacaru.....</i>	<i>33</i>

3.3.2.9.	<i>Técnica da utilização de Moringa oleifera</i>	35
3.3.2.10	<i>Técnica de desinfecção (química e física)</i>	35
3.3.2.11.	<i>Tratamento com Quiabo</i>	36
3.3.2.12.	<i>Técnica de Tratamento com Tanino Vegetal</i>	38
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	41
4.1.	Delineamento do estudo.....	41
4.2.	Obtenção dos dados para apresentação da distribuição de água no Brasil – Panorama.....	41
4.3.	Roteiros para aplicação das técnicas simplificadas.....	42
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1.	Panorama do tratamento de água no Brasil.....	44
5.2.	Roteiros para aplicação de técnicas simplificadas.....	46
5.2.1.	Simple desinfecção.....	46
5.2.1.1.	<i>Fervura</i>	47
5.2.1.2.	<i>Cloração</i>	48
5.2.2.	Captura/armazenamento e desinfecção.....	49
5.2.2.1.	<i>Aproveitamento de água de chuva</i>	49
5.2.2.2.	<i>Utilização de cisternas</i>	50
5.2.2.3.	<i>Poços artesanais</i>	51
5.2.3.	Captura, armazenamento e tratamento.....	53
5.2.3.1.	<i>SODIS</i>	54
5.2.3.2.	<i>Destilador solar</i>	57
5.2.4.	Armazenamento, tratamento e desinfecção.....	59
5.2.4.1.	<i>Moringa oleifera</i>	60
5.2.4.2.	<i>Tanino Vegetal</i>	61
5.2.4.3.	<i>Quiabo</i>	64
5.2.4.4.	<i>Mandacaru</i>	66
5.2.4.5.	Tratamento com o Bambu.....	69
5.2.5.	Tratamento.....	72
6.	CONCLUSÃO	74

REFERÊNCIAS..... 76

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos bens mais preciosos e indispensáveis para a sobrevivência humana. Todos os indivíduos devem ter acesso a mesma. Entretanto, a água não é igualmente distribuída no planeta. Segundo a Agência Nacional de Águas, o Brasil possui 12% de toda a água doce do mundo, além de possuir 60% da bacia amazônica (ANA, 2010). Apesar desse benefício, nem todos os brasileiros disfrutam de tal abundância, visto que algumas regiões, como a do agreste nordestino sofre com a falta de água.

Nesse sentido, com o objetivo de promover a disponibilidade da mesma e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos para a atual e futuras gerações, em meados de 1997 criou-se no Brasil, a Lei de nº 9433, conhecida como a Lei das Águas (BRASIL, 1997). Tal lei, foi reformulada em 2007 e a mesma estabelece a universalização do acesso a água potável.

Além da problemática da má distribuição de água, há a necessidade do tratamento, pois o consumo da água potável é indispensável para a saúde humana. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) a cada dólar investido em água e saneamento, tem-se economia de \$ 4,3 em saúde, como a diminuição de leitos e gastos relacionados com remédios (OMS, 2014). A água, quando não potável, é um veículo de transmissão de agentes patológicos e pode ser também fonte de contaminação por produtos químicos (GROTT SC et al., 2016). Aproximadamente 82% da população mundial não tem acesso à água potável de qualidade e isso gera anualmente mais de cinco milhões de mortes de pessoas que adquiririam doenças relacionadas à água. No mundo, 88% das mortes por diarreia estão associadas a doenças de transmissão hídrica (FERREIRA JUNIOR, 2017).

Essa realidade no Brasil, também é alarmante. No país, em 2004, morriam cerca de 29 pessoas/dia decorrente de doenças causadas pela má qualidade da água consumida e também devido ao não tratamento de esgotos. Ademais, avaliava-se que cerca de 70% dos leitos dos hospitais eram ocupados por pessoas que contraíram doenças transmitidas pela água (FERREIRA JUNIOR, 2017).

Por esses e outros motivos é de suma importância a presença de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) que disponibilize água de boa qualidade. Um SAA é de extrema importância sanitária, econômica e social, já que facilita a limpeza pública, diminui o risco de doenças disseminadas pela água e conseqüentemente aumenta a esperança de vida da população (BRASIL, 2013).

Em geral, nas zonas urbanas há Sistema de Abastecimento Público de Água que é constituído por um conjunto de obras, instalações e serviços, destinados a produzir e distribuir água à comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população (BRASIL, 1992). Entretanto, nas zonas rurais onde a população é mais dispersa, a solução coletiva não é aplicada, pois além de muitas vezes o acesso aos mananciais ser difícil é necessário investimento maior em tubulação para direcionar a água para as residências isoladas (BRASIL, 2013).

Nesse aspecto, a grande maioria da população que mora em áreas rurais, em zonas periféricas de centros urbanos ou em áreas isoladas, que possuem características rurais, ficam em condições precárias de abastecimento de água. Assim, faz-se necessário a utilização das soluções individuais como exemplo a captação de água da chuva e do tratamento da mesma para o consumo, como soluções para tratamento de água ou mesmo outras soluções simplificadas.

Assim, este trabalho propõe apresentar algumas técnicas simplificadas de tratamento de água, que apresentam viabilidade de implantação em áreas rurais, áreas periféricas dos centros urbanos ou áreas isoladas.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Apresentar formas de tratamento de água simplificada, para uso individual ou coletivo para grupo reduzido de consumidores, por meio de roteiro.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar o Panorama do tratamento de água no Brasil, para os anos de 2000, 2008 e 2017, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE);
- Descrever roteiros para uso de técnicas de tratamento simplificados que possam ser realizadas pela própria população;
- Apresentar técnicas à base de culturas regionais para o tratamento de água simplificado

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SANEAMENTO

De acordo com a OMS a definição para saneamento pode ser dita como “todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social”. Ele está relacionado ao estado de saúde em que vive a população e tem a capacidade de inibir inúmeras doenças. Ademais, saneamento é um conjunto de ações socioeconômicas tomadas em prol da vida (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

As características que definem o saneamento básico são: abastecimento de água com qualidade potável para a população, drenagem, coleta e tratamento de esgoto e resíduos sólidos, a fim de que não se tenha nenhum dano a natureza. Nesse sentido, o abastecimento de água é formado pelo conjunto de instalações que capturam a água dos mananciais, e a direcionam para a Estação de Tratamento de Água (ETA), quando existe SAA e em seguida é distribuída para as residências (FREITAS; BANDEIRA, 2014).

Já no que diz respeito ao resíduo sólido, define-se como toda matéria sólida produzida pelo homem ou pela natureza que possa ser reciclada, reutilizada ou até consertada, ou seja, o lixo. Referindo-se a drenagem, tem-se como definição da mesma todo o conjunto de medidas realizados para minimizar problemas que tragam riscos a população, como as inundações. Sendo assim, a drenagem é constituída por meios que captura a água e a leva para seu curso natural. Por fim, o esgotamento sanitário é formado pela coleta da água já utilizada, transporte, tratamento e disposição adequada da mesma para que seja lançada ao meio ambiente de forma responsável (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

A alta taxa de mortalidade infantil está diretamente relacionada a doenças veiculadas pelos problemas hídricos, pois a principal causa das mortes de crianças relaciona-se às doenças diarreicas. Desse modo, a prevenção mais eficaz é o saneamento básico. De acordo com o IBGE (2019) há queda na taxa de mortalidade infantil. Tal taxa que no ano de 1998 era de 33,5 passou para 14,9 para cada mil nascidos vivos que não completavam 5 anos de idade em 2017. Apesar dessa redução, o número de crianças que morrem ainda é altíssimo. Se comparado com as taxas da Europa e da América do Norte observa-se que são de 6 crianças para cada mil nascidas vivas, segundo relatório de 2018

publicado pela Fundação das Nações Unidas para Infância (UNICEF), percebe-se que ainda há um atraso no desenvolvimento do Brasil.

Os benefícios gerados através do saneamento básico são diversos. Eles abrangem desde a redução dos custos com saúde, até a melhoria na qualidade de vida como um todo. Um dado relevante sobre essa temática foi apresentado no G1 em 2017 do Instituto Trata Brasil, o qual revela que a universalização dos serviços de saneamento básico traria ao país economia de até R\$537,4 bilhões em 20 anos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2010).

A universalização do saneamento é tão importante que se tornou um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), divulgados pela Organização das Nações Unidas (ONU). No Brasil, a ideia de universalização veio através da criação da Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) que universaliza o direito para que todos tenham assegurado seu acesso ao abastecimento de água de qualidade e em quantidades suficientes às suas necessidades, além de a coleta e tratamento adequado de esgoto e de lixo.

Nesse sentido, a lei ampliou o conceito de saneamento básico, pois abrangeu além de o abastecimento de água e do esgotamento sanitário, a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais, a limpeza urbana e os resíduos sólidos.

A Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) estabeleceu também, diretrizes para a Política Federal de Saneamento, no qual se elaborou o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), através do qual o município passa a exercer a titularidade na provisão do saneamento, podendo ter uma ou mais empresas responsáveis pela prestação dos serviços. O governo Federal fica responsável por estabelecer as diretrizes gerais, além de formular e apoiar os programas de saneamento em âmbito nacional.

Outrossim, a falta de saneamento básico afeta não só as crianças como os adultos. Conforme a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2012, trabalhadores que não têm acesso à coleta de esgoto possuem salários cerca de 10,1% inferiores quando comparados àqueles que moram em locais com coleta de esgoto e que dispõem das mesmas condições de empregabilidade. Ainda de acordo com o mesmo estudo a falta de água tratada, ocasiona perda média de 4% nos salários (FREITAS; BANDEIRA, 2014).

3.2 SANEAMENTO RURAL

O saneamento básico na área rural contribui para prevenção de doenças e para melhoria contínua da saúde da população, como também para a conservação do meio ambiente. Segundo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR, 2019) o que diz respeito ao abastecimento de água, 65% das residências rurais captam a água em poços e nascentes contaminados. Geralmente os esgotos são despejados em fossas rudimentares, diretamente no solo ou em rios ou lagos. Outrossim, nas propriedades rurais não há manejo correto do lixo o que gera poluição do solo, da água de córregos e rios. Mananciais estes que podem ser utilizados como fonte abastecedora.

Em vista de situações iguais ou semelhantes a aquelas citadas, em 2013 foi criado (PLANSAB), previsto pela Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007). O PLANSAB foi avaliado pelos Conselhos Nacionais de Saúde, de Meio Ambiente, de Recursos Hídricos e das Cidades, sendo aprovado pela Portaria Interministerial nº571 de 05/12/2013. Além disso, diante do panorama da Política Federal de Saneamento Básico, o PLANSAB determinou a elaboração de três programas para sua operacionalização que são: Saneamento Básico Integrado, Saneamento Rural e Saneamento Estruturante. Sendo assim, foi criado o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) que tem por responsabilidade a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2017).

O PNSR tem como objetivo a promoção do desenvolvimento de ações de saneamento básico em áreas rurais com vistas à universalização do acesso. O mesmo deverá usar técnicas e estratégias que garantam a equidade, a integridade e a sustentabilidade, além da participação e do controle social. É de suma importância também ressaltar que se deve levar em conta a compreensão das características de cada tipo de população, além da compatibilidade das necessidades e realidades encontradas em cada uma dessas comunidades em regiões distintas (FUNASA, 2017).

Na grande maioria das zonas rurais existe um déficit no saneamento em que muitas vezes não há rede coletora de esgoto sanitário. Dessa maneira, a solução para se despejar os dejetos tem sido as fossas rudimentares, as sépticas e as fossas sépticas biodigestores. A fossa rudimentar (Figura 1) é apenas um buraco escavado no terreno, no qual os dejetos são lançados diretamente no solo e assim há uma poluição do subsolo e dos lençóis freáticos (SENAR, 2019). Essa poluição pode impactar na contaminação do lençol

freático, que possivelmente pode ser utilizada como manancial abastecedor para a população rural.

Figura 1: Exemplo de fossa rudimentar.



Fonte: SENAR (2019)

Ainda segundo o SENAR (2019), a fossa séptica comum é formada por um conjunto de 3 tanques enterrados. O primeiro deles tem a função de separar o líquido das partículas sólidas, mantendo-as no fundo e assim há uma decomposição da matéria através das bactérias. O segundo tem a função de receber o líquido com as partículas sólidas mais leves, filtrando-as. Por fim, o terceiro tanque recebe a função de liberar o restante do efluente para o solo, pois elimina as impurezas restantes e é denominado sumidouro. Se não for dimensionado de forma correta, existe tendência de contaminação do lençol freático.

Figura 2: Fossa Séptica

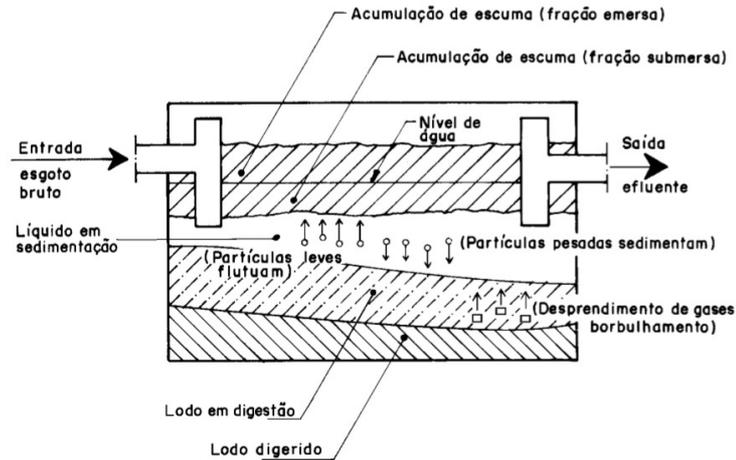


Fonte: SENAR (2019)

No que diz respeito ao Sistema de tanque séptico é um conjunto de unidades destinadas ao tratamento de esgoto. Como mostra na Figura 3 o tanque séptico é uma unidade prismática retangular ou cilíndrica de fluxo horizontal que trata a água de esgoto por meio de flotação, sedimentação e digestão. Ele é indicado para área desprovida de

rede pública para a coleta de esgoto, ou seja, é uma alternativa de tratamento para áreas sem rede local (ABNT, 1993). Caso não seja dimensionado corretamente e sem proposta complementar de tratamento, pode também contaminar o manancial abastecedor da localidade.

Figura 3: Funcionamento geral de um tanque séptico



Fonte: ABNT (1993)

Por fim, a fossa séptica biodigestora (Figura 4), é composta por três caixas enterradas e conectadas que funcionam como uma usina de fermentação ou de biodigestão anaeróbica, ou seja, de decomposição de matéria orgânica realizada por microrganismos sem a presença de oxigênio (SENAR, 2019).

Figura 4: Fossa Séptica Biodigestora



Fonte: SENAR (2019)

3.3 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de abastecimento de água pode ser dividido entre sistema de abastecimento de água coletiva ou individual. O sistema coletivo costuma ser aplicado em áreas urbanas, enquanto que o individual é mais usual em áreas mais afastadas dos

centros urbanos. Segundo o Ministério da Saúde a Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017) define que toda água destinada ao consumo humano deve ter boa qualidade, conforme a citação:

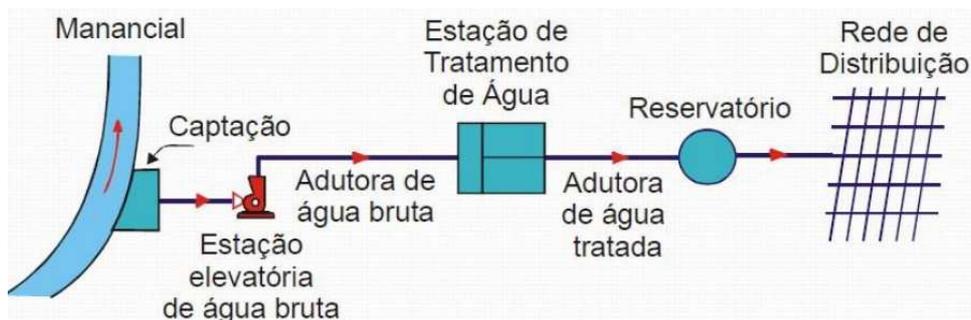
“Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 3º)

Art. 4º Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água. (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art. 4º)” (BRASIL, 2017).

3.3.1 Sistema de Abastecimento de Água Coletivo

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é um conjunto de obras, instalações e serviços que têm como objetivo produzir e distribuir água à comunidade. Um SAA é composto por estações elevatórias, ETA, reservatórios e adutoras. As Figuras 5 e 6 ilustram esquemas de SAA em planta e em perfil do SAA, respectivamente (CODEVASF, 2019).

Figura 5: Esquema de um SAA



Fonte: Heller e Pádua (2010)

Figura 6: Perfil de um esquema de SAA



Fonte: Heller e Pádua (2010)

O sistema de abastecimento de água coletivo (SAAC) é dividido em etapas: manancial, captação, adução, estação elevatória (não obrigatória), ETA, reservatório e rede de distribuição.

3.3.1.1 Manancial

O manancial pode ser definido como o local de onde se retira a água para abastecimento do sistema. Ele pode ser subterrâneo ou superficial. Além disso, para que não ocorra desperdícios e preservação do meio ambiente é preciso que o manancial possua vazão que supra a demanda da população, além de fornecer qualidade adequada da água (UFPEL, 2018). Entretanto, existe a possibilidade de utilizar a água da chuva para o abastecimento, do qual não se enquadra nem como manancial superficial e nem subterrâneo.

3.3.1.2 Captação

A captação de água é a estrutura que tem como função a retirada da água do manancial. O seu objetivo final é transportar essa água disponibilizando-a para a população. Assim, é preciso que a unidade de captação permita fácil acesso para caso ocorra a necessidade de manutenção, além de permitir a retirada de água em quantidade suficiente para atender as comunidades que irão recebê-la (HELLER; PÁDUA, 2006).

3.3.1.3 Adução

A adução ou adutora diz respeito a toda canalização que é destinada a conduzir a água do SAA entre as unidades de captação, tratamento e estações elevatórias. Assim, de acordo com Heller e Pádua (2006) a adutora não distribui água diretamente para a população. O propósito de transportar para as comunidades é da sub-adutora que é uma derivação da adutora. Ademais, há diferentes tipos e características das unidades de aduções. No que se refere a água transportada, a adutora pode-se caracterizar como água bruta ou água tratada. No que diz respeito a suas características hidráulicas, podem ser caracterizadas por condutos forçados por gravidade ou recalque, ou conduto livre (TSUTYIA, 2006).

3.3.1.4 Estação Elevatória

A estação elevatória é por definição um conjunto de obras e equipamentos que tem como função recalcar a água entre as unidades do sistema ou apenas elevar a pressão e a vazão em redes de distribuição ou adutoras. A estação elevatória é um sistema não obrigatório, é apenas utilizada quando necessário e o fator que determina essa necessidade é o relevo da região, principalmente em cidades planas que não possuem muitos desníveis. Assim, quando é preciso atingir níveis geométricos mais elevados, faz-se necessário o uso da estação elevatória (TSUTYIA, 2006). A Figura 7 mostra um exemplo de Estação Elevatória.

Figura 7: Estação elevatória



Fonte: PATNER (2019)

3.3.1.5 Estação de tratamento de água

A ETA é definida como um conjunto de unidades cujo objetivo é tratar a água bruta que vêm dos mananciais de modo a torna-la potável para o consumo da população. Há exigência do Ministério da Saúde em relação ao quesito qualidade da água (BRASIL, 2017) que sai da ETA. A mesma deve passar no mínimo por um processo de filtração quando for fornecida por um manancial superficial distribuída por canalização e por um processo de desinfecção quando for distribuída coletivamente. A Figura 8 retrata como é uma ETA (EOS, 2019).

Figura 8: Estação de Tratamento de água



Fonte: EOS (2019)

3.3.1.6 Reservatórios

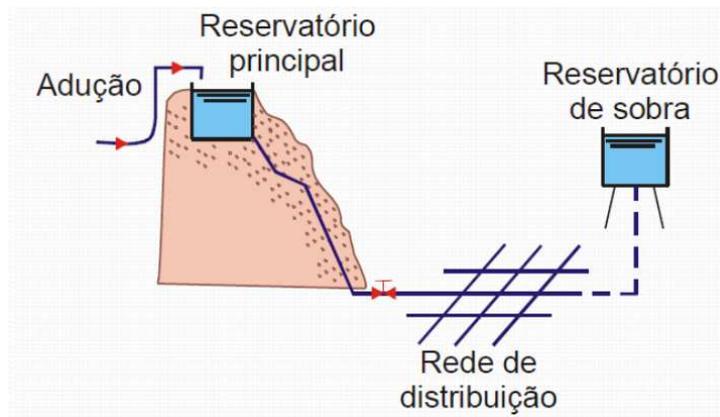
Reservatórios, como o próprio nome sugere são unidades de reserva de um sistema de abastecimento de água. De acordo com Heller e Pádua (2006) suas principais funções são:

- Realizar a compensação entre a vazão que é produzida pela captação, adução e pela ETA;
- Compensar a vazão consumida pela população que varia tanto com as horas do dia, quanto com as estações do ano;
- Gerar reserva para combate de incêndio;
- Condicionar pressões na rede de distribuição quando necessário;
- Interrupção no funcionamento da adução.

3.3.1.7 Rede de Distribuição

Uma rede de distribuição é definida como parte do SAA que é formada por um conjunto de tubulações, conexões e outros órgãos acessórios (Figura 9). Tem como objetivo o transporte de água com a finalidade de disponibilizá-la de forma contínua para o consumidor final com a qualidade, quantidade e pressão adequada. Esse consumidor final refere-se a toda população consumidora sendo ela residencial ou industrial. O problema na rede de distribuição é o seu elevado custo, o que faz com que a população periférica e rural, em sua grande maioria, não tenha acesso a água (UFPel, 2018).

Figura 9: Rede de distribuição



Fonte: UFPel (2018)

3.3.2 Sistema de Abastecimento de Água Individual

O Sistema de Abastecimento de Água Individual (SAAI) é uma solução que se caracteriza por não existir distribuição coletiva, nesse sentido independente de terceiros a própria pessoa busca a melhor forma de conseguir água independente de terceiros. Segundo Brasil (2017) em seu artigo 5º, inciso VIII, “um Sistema de Abastecimento de Água Individual é definido como uma modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados”.

Dessa forma, a água das residências que possuem um abastecimento individual muitas vezes não é potável, visto que não passa por um tratamento como a ETA. As residências capturam a água geralmente de poços artesianos, cisternas ou os moradores se deslocam para captura-la em córregos, rios, barreiros e lagos. Assim é de suma importância que a água que for consumida seja potável para que não haja nenhum dano à saúde da população. Em vista disso, são apresentados alguns tipos de SAAI (HELLER; PÁDUA, 2006).

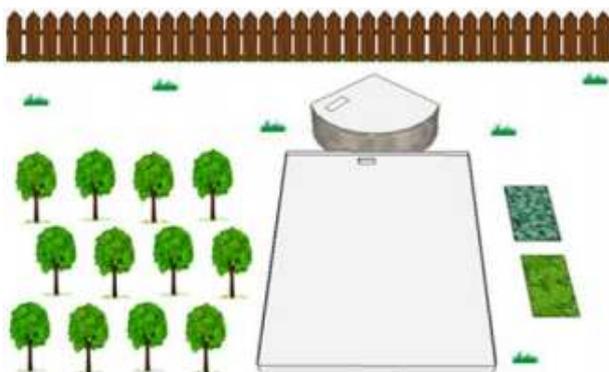
O SAAI, diferentemente do SAAC não apresenta tipo de transporte e/ou armazenamento definido. Recomenda-se se após o armazenamento, utilize-se a desinfecção da água.

3.3.2.1 Cisternas

Cisterna é um reservatório que tem como finalidade captar, armazenar e conservar a água. Há diversos tipos de materiais para a edificação de cisternas como as de alvenaria (enterrada no solo e precisa de obras de engenharia) e compacta (muito utilizada por residências que não possuem grandes espaços e que não querem fazer reformas para obras). Independente de qual tipo a ser usado, a cisterna é um utensílio que permite que se tenha aproveitamento da água, tanto da chuva, quanto da água cinza (provenientes de máquinas de lavar roupa ou de banhos) ou água potável. Dessa maneira, a cisterna permite economia e aproveitamento de água (FERREIRA et al., 2015).

Como as cisternas são um tipo de reservatório, elas servem como meio de obtenção de água para comunidades que passam por crises hídricas, como o Semiárido brasileiro. Sendo assim, a água da chuva atua como fonte de água disponível, como ideia de captação da água para a sua utilização. Na década de 1990 no Semiárido do Estado de Gansu na China, foi desenvolvido um programa de cisterna do tipo Calçadão do Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), como mostra na Figura 10. Tal programa, o número 1 significa uma terra para a produção agrícola e o número 2 corresponde a dois tipos de águas (consumo humano e produção de alimentos). Esse programa, permitiu perenizar o cultivo de hortaliças e frutas, e potencializou a criação de pequenos animais na China (ARAÚJO; BRITO; CAVALCANTI, 2011).

Figura 10: Esquema de uma cisterna de produção P1+2



Fonte: Ferreira et al. (2015)

Esta experiência veio ao conhecimento científico brasileiro no final da década de 1990, durante o Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Sendo assim, esse programa passou a ser experimentado pela sociedade presente no Semiárido

brasileiro, além de ser estabelecida como política pública. Com essa tecnologia há aumento sustentável da oferta de água para o cultivo de alimentos, além de promoção de segurança hídrica para a população do semiárido brasileiro. Dessa maneira, é comprovado que a utilização de cisternas é um excelente mecanismo para se adquirir e armazenar a água para o consumo humano (ARAÚJO; BRITO; CAVALCANTI, 2011).

3.3.2.2 Captação da água da chuva

A captação da água da chuva também é outro grande potencial que pode ser utilizado para se adquirir água. O aproveitamento da mesma tem lógica simples e de fácil compreensão. Tal aproveitamento consiste em modelo alternativo de abastecimento de água que faz uso das superfícies impermeáveis já existentes como os telhados, lajes ou superfícies. Por esse meio, se coleta o produto das precipitações pluviométricas. A Figura 11 ilustra os itens necessários para a implantação da cisterna (MANO, 2004).

Figura 11: Estrutura básica de um sistema de captação de água da chuva



Fonte: Mano (2004)

Países desenvolvidos como Japão, EUA, Alemanha, Austrália já usam a água da chuva em diversas aplicações, como por exemplo para a ingestão e até para fins domésticos como lavagens. Entretanto, segundo Fendrich (2002), apesar dessa técnica ser milenar, o aproveitamento das precipitações pluviométricas no Brasil ocorreu apenas, pela primeira vez em registro histórico, pelas tropas do império, no século XVIII em Santa Catarina, da água oriunda de uma cisterna que captava chuva dos telhados da fortaleza de Santo Antônio de Ratonés.

Na contemporaneidade, apesar dessa técnica ser milenar, ainda não é tão utilizada como deveria ser. Há um grande paradoxo quando se trata da região Amazônica, pois

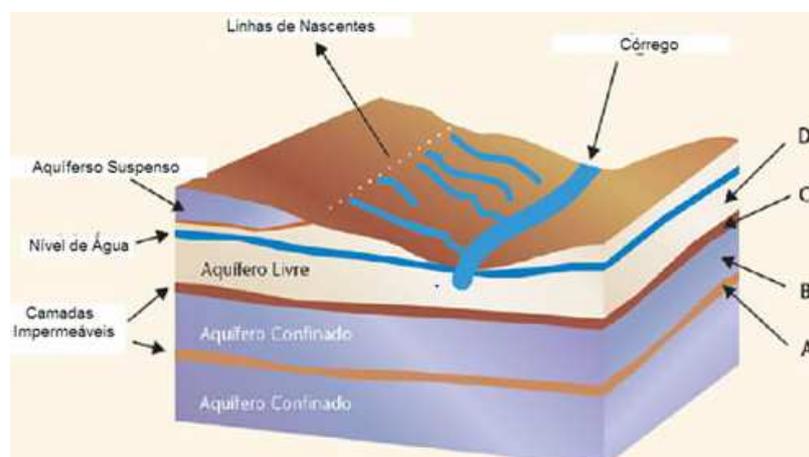
apesar de ser reconhecida mundialmente como a maior reserva superficial de água doce, sofre problemas relacionados ao fornecimento de água. De acordo com o levantamento pela ANA (2010), cerca de 60% dos municípios paraenses são desprovidos de ampla distribuição de água tratada. Tendo em vista, que a região possui alta densidade pluviométrica, tal dado não é admissível, pois de acordo com Lima et al. (2011), cerca da metade da população poderia ter abastecimento de água através da captação de água da chuva.

3.3.2.3 Poços artesanais

No território nacional há grande reserva de água subterrânea. Tal reserva é decorrente da infiltração da água no solo e da formação geológicas de rochas porosas e permeáveis capazes de armazenar essa água. Essas reservas são chamadas de aquíferos e podem ser utilizadas como fonte para o consumo humano (MOURA et al., 2009).

Há vários tipos de aquíferos (Figura 12). O aquífero confinado ou também chamado de artesiano é aquele que possui o teto e a base constituídos por rochas permeáveis. Para a captação dessa água nesses aquíferos são utilizados poços artesianos. Tais poços são tubulares e profundos, cuja pressão da água é suficiente para a sua subida à superfície. Nesse sentido, é necessário a instalação de equipamentos “na boca do tubo” para que ocorra o controle da saída de água, mas não é necessário a utilização de bombeamento para captura da mesma. Como a profundidade na maioria das vezes é maior que a de um poço convencional, geralmente suas águas têm uma pureza microbiológica maior e possuem mais sais minerais (FEITOSA et al., 2008; MOURA et al., 2009).

Figura 12: Tipos de Aquíferos



Fonte: Caetano (2010)

Nesse aspecto, a água subterrânea é uma alternativa do ponto de vista econômico muito viável, pois apresenta baixo custo e facilidade de obtenção. É um recurso hídrico que possui grande viabilidade de utilização, pois abrange extensas áreas, é convencional em relação a pequena distância entre a captação e o ponto de utilização além de que apresenta qualidade satisfatória dispensando tratamentos sofisticados (CONCEIÇÃO et al., 2014).

3.3.2.4 SODIS

A técnica de Desinfecção Solar da água (SODIS) utiliza a energia solar para a desinfecção de microrganismos patogênicos. Isso acontece pelo fato dos microrganismos patogênicos serem vulneráveis a dois efeitos da luz solar: ao aumento da temperatura (calor) e a radiação do espectro de luz UV-A que refere-se ao comprimento de onda 320-400nm. A combinação desses dois efeitos é o que potencializa a mortalidade dos microrganismos presentes na água. Essa técnica de baixo custo serve principalmente para baixos volumes de água e de baixa turbacão. Geralmente a água de baixa grau de turbacão é colocada em garrafas PETs e expostas a radiação solar, como mostra na Figura 13 (SILVA, 2004).

Figura 13: Demonstração da técnica SODIS



Fonte: EAWARG (2013)

Se durante o período de exposição ocorrer temperaturas de 50°C ou mais em apenas uma hora a água já estará pronta para o consumo. A eficiência do processo pode ser melhorada quando as garrafas forem de plástico transparente e a mesma for acomodada em uma superfície refletora da luz solar como alumínio ou zinco (Figura 14) ou também placas de ferro acumulada (SILVA, 2004).

Figura 14: GarrafaS PETs em superfície de zinco



Fonte: EAWARG (2013)

3.3.2.5 Destilador Solar

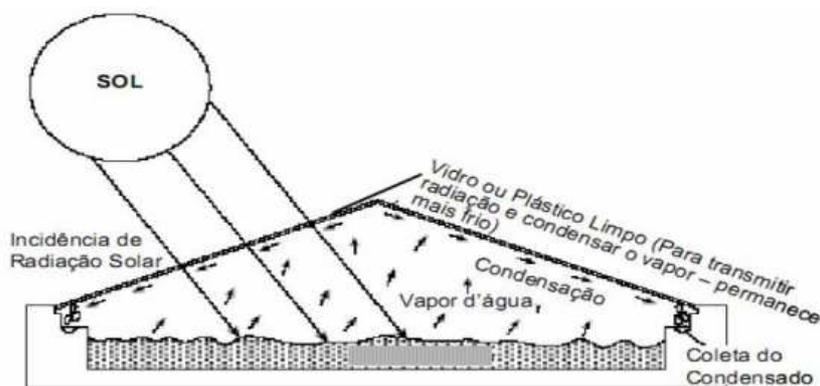
O processo realizado no destilador solar diz respeito a utilização da radiação solar a qual aquece a água, conseqüentemente há evaporação e condensação da mesma dentro do destilador. Assim, com esse processo de mudanças de fases ocorre separação de partículas, além de ocorrer a morte dos microrganismos patogênicos em virtude das altas temperaturas no interior do destilador. Com essas mudanças de fases, também é possível a retirada de sais dissolvidos que estavam presentes na água. Dessa maneira, a água pode ser utilizada para consumo (BRASIL, 2013).

No Brasil, principalmente no Nordeste onde o clima é árido e existe uma cultura de utilizar poços artesianos para aliviar as secas cíclicas, a dessalinização é uma prática comum. Isso acontece porque a água dos poços em sua grande maioria é salobra. Nesse aspecto, a destilação solar é um meio simples para a retirada de sais presentes na água, além de evitar doenças transmitidas por agentes patogênicos (BRASIL, 2013).

É considerada tecnologia limpa e sustentável, visto que o destilador permite a produção de água para o consumo sem a utilização de eletricidade, produtos químicos ou elementos filtrantes. Sendo assim, a técnica possui baixo custo tanto de manutenção como de implantação. Uma breve síntese dos benefícios da tecnologia utilizada pelo destilador solar é que o mesmo permite a produção de água potável, melhorando a segurança hídrica das populações que sofrem com a escassez, a partir da captação da água da chuva. Ademais, é uma tecnologia de fácil aprendizagem e pode ser utilizada individualmente ou coletivamente (BOUKAR; HARMIN, 2001).

Como mostra na Figura 15, o processo de dessalinização acontece quando há o aquecimento da água que pode ser salgada ou infectada. Isso é provocado devido a radiação solar que passa pela superfície transparente de cobertura. Com esse aumento da temperatura e conseqüentemente do gradiente de pressão de vapor dentro do destilador, há uma condensação da água sobre a superfície da cobertura transparente. A água então escorre pela película delgada do condensador até as canaletas que direcionam a mesma para um depósito (MARINHO et al., 2015).

Figura 15: Esquema do Destilador Solar



Fonte: Marinho et al. (2015)

Os destiladores solares podem ser encontrados com diversas configurações. Dessa maneira eles podem ser considerados como passivos ou ativos. O que os diferencia é a energia externa adicionada. No destilador ativo a energia do sistema é proveniente de um coletor solar ou térmico que permite uma variação maior de temperatura, visto que o mesmo atua diretamente na lâmina d'água da bandeja. Já no destilador passivo a energia solar direta atua sobre o destilador e dessa maneira há uma destilação noturna (LEITE, 2019).

As partes que compõem um destilador são: tanque, cobertura e canaleta de coleta. Eles podem possuir algumas variações de composição e modelo. No entanto, todos devem apresentar as principais características, que são elas: não serem feitos de materiais tóxicos ou reativos com o fluido a ser destilado, devem ser resistentes à abrasividade e a produtos corrosivos. Ademais, eles devem também possuir alta vida útil e um baixo custo de implantação (COSTA, 2008).

3.3.2.6 Filtração

A filtração é um processo no qual há remoção das impurezas presentes na água bruta, floculada ou decantada. Isso ocorre pela passagem da mesma por meio de material granular poroso. As partículas a serem removidas são menores que os interstícios entre os grânulos do filtro. Na maioria das vezes esse material poroso é formado por areia ou uma camada de pedregulho ou até carvão mineral.

Uma breve contextualização histórica é que com o crescimento da urbanização brasileira juntamente com a precarização dos sistemas de abastecimento de água, abriu-se caminhos para o mercado de filtros domésticos. Segundo Mimura, Sales e Pinheiro (2010), um conhecimento popular era colocar carvão no interior da geladeira ou nas dispensas dos alimentos para retirar odores desagradáveis. Isso ocorre pelo fato das substâncias ficarem retidas na superfície do carvão, diminuindo assim a sua concentração. Essa prática popular pelo fato do carvão ser um material formado por cadeias de carbono e essa composição química ser responsável pela retenção em sua superfície de substâncias dissolvidas, líquidas ou gasosas (MIMURA; SALES; PINHEIRO, 2010).

Aliados a prática da utilização do carvão como um meio de filtrar as impurezas, tem-se a escassez de água potável que atinge uma em cada seis pessoas no mundo, segundo BRASIL (2013), sendo a má qualidade de água consumida relacionada a principal causa de mortes. Nesse contexto, a utilização de filtros domésticos é uma solução simples e eficaz para essa problemática.

Os filtros domiciliares com vela cerâmica são utilizados no Brasil como forma de melhorar a qualidade da água disponível para o consumo humano. Eles são usados principalmente em habitações isoladas em zonas rurais ou em pequenas comunidades não dotadas de sistemas coletivos de abastecimento de água ou até mesmo em zonas urbanas quando não há uma garantia da qualidade da água (BRASIL, 2013).

3.3.2.7 Técnica da utilização de Bambu

O bambu (Figura 16) é uma planta típica da região de clima tropical e possui potencial agrícola, por crescer rápido e em quantidade. Possui propriedades capazes de purificar o ar e remover gases tóxicos. O sistema que compõe o bambu é formado por: rizomas, colmos, galhos e folhas podendo apresentar flores e frutos (RANGEL, 2015).

Figura 16: Planta do tipo Bambu

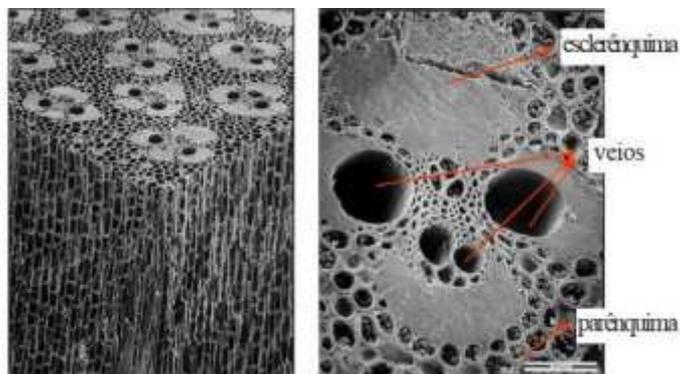


Fonte: Campos (2020)

O tratamento da água com bambu é feito devido à filtração que ocorre no contato da água residual com os poros das paredes internas dos tocos de bambu. Tais paredes, possuem bactérias pseudomonas, que se desenvolvem com os contaminantes presentes no líquido, gerando a limpeza. Isso ocorre pelo fato do bambu ser hospedeiro da bactéria Pseudomonas, as quais aderem as paredes internas do colmo (caule do bambu) por causa da presença da parênquima (HILMAN; ALLEM, 2017; RURAL CENTRO, 2013).

A responsável pelo armazenamento de substâncias fabricadas pela célula, como o óleo e o amido é a parênquima e essas substâncias é que garantem a existência das bactérias responsáveis pela limpeza da água residual. Ademais, o colmo é formado entrenós e nós (Figura 17), dos quais são constituídos por fibras e vasos condutores de seiva. Seguindo o raciocínio, analisando anatomicamente, o bambu constituído por 40% de fibras, 50% por células parenquimatosas e 10% por vasos (HILMAN; ALLEM, 2017; RURAL CENTRO, 2013).

Figura 17: Distribuição dos vasos condutores da seiva do Bambu



Fonte: Ghavami (2005)

3.3.2.8 Técnica da Utilização de Mandacaru

A prática de se utilizar cactos para o tratamento de água é menos difundida quando se compara com coagulantes naturais, como a moringa, por exemplo. Devido a composição química, os cactos vêm recebendo melhor atenção para esse quesito. Os mesmos apresentam estruturas e componentes nutritivos como o ácido málico, resina, celulose, pectina, além de vitaminas (LENZ et al., 2011)

No Brasil, o cacto Mandacaru (*cereus jamacaru*) é uma planta típica da região Nordeste que pode atingir até 10 m de altura (Figura 18). Ela é muito abundante no semiárido nordestino onde há muita escassez de água e por esse motivo é uma ferramenta que pode ser muito utilizada pela população para se adquirir a água potável com custo zero. Essa potencialidade ocorre pelo fato dele ser utilizado como coagulante natural para a purificação de água residuais (GARRIDO, 2007).

Figura 18: Cacto Mandacaru (*cereus jamacaru*)



Fonte: Garrido (2007)

A planta nativa, o Mandacaru, é um polímero natural e apresenta em sua composição a pectina que em contato com a água barrenta se une com os resíduos presentes fazendo com que eles decantem. Dessa maneira, ocorre uma floculação da sujeira, deixando a água limpa para qualquer uso (LENZ et al., 2011).

Nesse sentido, o processo para o tratamento de água com o Mandacaru é bem simples e eficaz. Uma pesquisa realizada com o mandacaru obteve resultados de que com apenas um pedaço de mandacaru é possível dissociar a matéria orgânica presente e consequentemente tornar a água própria para o consumo (COSTA, 2017).

É provado que o cacto mandacaru reduz a turbidez da água e permite a sua utilização. Entretanto, percebe-se que quando se alia o mandacaru com outros agentes coagulantes como o hidróxido de cal ou hidróxido de sódio há maior eficiência. Isso ocorre pelo fato desses coagulantes permitirem a formação de flocos maiores e consequentemente a sedimentação mais rápida e maior dos resíduos presentes na água contaminada. Dessa maneira a junção do cacto mandacaru com esses coagulantes permitem uma eficiência de 100% (DAVET, 2005).

Nesse sentido, pesquisa realizada por Damasceno, Araújo e Silva (2018), mostrou que apesar da utilização de outros coagulantes como o hidróxido de cal ou hidróxido de sódio, apenas a utilização do mandacaru é suficiente para tratar a água. A pesquisa trouxe resultados conforme se observa na Tabela .

Tabela 1: Resultados dos testes realizados variando-se os reagentes coagulantes e mantendo constante os parâmetros ajustados nos testes iniciais

REAGENTE	PH	Cond. (mS/cm)	TURBIDEZ (NTU)	DECANTAÇÃO (mL/min)	RECUPERAÇÃO (%)
Al/Cao	7,4	1,6	1,6	1,4	77
Al/NaOH	7,3	12,3	1,4	0,4	60
Mandacaru	7,1	0,8	7,1	1,8	76
Al/CaO/Mand.	7,1	2,1	2,1	1,8	75
Al/NaOH/Mand.	7,0	11,6	9,9	0,9	64

Fonte: Damasceno, Araújo e Silva (2018)

A pesquisa mostra a utilização apenas do mandacaru e a utilização do mesmo com outros coagulantes para o tratamento da água do barreiro. Os resultados da Tabela mostram que usando-se somente o mandacaru puro houve significativos resultados em relação a velocidade de decantação, ao pH e a melhora na condutividade iônica.

No entanto, apesar da utilização apenas do mandacaru apresentar turbidez mais elevada quando se compara com os outros parâmetros, pode-se remover tal turbidez quando passa a água pelo filtro do carvão ativado. Isso acontece pelo fato da planta possuir pigmento natural que se solubiliza na água. Dessa maneira, pode-se utilizar o mandacaru como forma de tratamento de água simplificado sem a presença de reagente químico. Ademais, o lodo que fica retido no fundo do recipiente não traz nenhum problema ambiental podendo ser utilizado para outros fins como adubo. Portanto, a utilização do *cereus jamacaru* é eficiente, de grande potencial e de custo zero para o nordestino, visto que há em seu habitat em demasia (DAMASCENO; ARAÚJO; SILVA, 2018).

3.3.2.9 Técnica da utilização de *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* é uma planta medicinal que possui vários nutrientes, vitaminas e minerais como o ferro, por exemplo. Ela pode ser utilizada para o tratamento de doenças cardiovasculares, ansiedade, perda de peso no tratamento de água simplificado por meio da trituração das sementes (AMAGLOH; BENANG, 2009).

A utilização das sementes de moringa para se tratar a água possui baixo custo e alta eficiência na remoção de bactérias (reduzem-nas cerca de 90 a 99%). Quando o pó de moringa é dissolvido na água as proteínas presentes (que possuem baixo peso molecular) adquirem carga positivas que atraem partículas que estão carregadas negativamente, como siltes e argilas. Há então formação de flocos densos que geram a sedimentação das partículas. A semente de moringa, nesse aspecto, serve como coagulante natural que permite o consumo de água a um baixo custo e de fácil acesso (SILVA; MATOS, 2008).

Ademais, a semente de moringa pode ser utilizada como sedimentação e também filtração lenta. O uso da técnica como filtração lenta vem sendo utilizada há muitos anos. Um dos relatos da mesma é do ano de 1804, quando John Gibbd desenvolveu um filtro lento na Escócia com o objetivo de purificar a água do rio Tâmsa, reduzindo a sua turbidez. Sendo assim, a utilização de semente de moringa como filtração possui uma grande eficiência (SILVA; MATOS, 2008). Técnicas simples como essa são alternativas sustentável para as comunidades do semiárido nordestino, pois permite que a população tenha qualidade de água saudável, melhorando o índice de saúde da população.

3.3.2.10 Técnica da Desinfecção (química e física)

A desinfecção é um processo que objetiva destruir ou inativar os organismos patogênicos que são capazes de produzir doenças. Esses organismos patogênicos, normalmente, presentes na água conseguem sobreviver em temperaturas próximas a 21°C. Eles também sobrevivem não só devido aos fatores físicos, como a temperatura, mas também devido a fatores morfológicos, fisiológicos, como o pH, turbidez, oxigênio, entre outros. Nesse sentido, a desinfecção é um processo que visa a destruição desses seres vivos que trazem danos à saúde, entretanto nem sempre irá ocorrer a esterilização completa da água (DANIEL, 2001; ROCHA et al., 2011).

Os processos para desinfecção podem ser variados, dentre eles tem-se os processos físicos com a aplicação de calor, irradiação, luz ultravioleta e outros agentes físicos. Outrossim, além do uso dos processos físicos há também os processos químicos como a utilização de substâncias oxidantes, por exemplo, o cloro que é uma substância que pertence à família dos halogênios (UNIFEST, 2016).

Para que ocorra a desinfecção é preciso que o agente desinfetante tenha algumas características. Uma dessas características é a capacidade de destruição em um tempo razoável, os agentes patogênicos presentes na água. Outra característica é que o desinfetante não pode causar cheiro nem sabor à água, além de que o mesmo deve ser utilizado em quantidades adequadas para que não prejudique a saúde do consumidor. Por fim, é preciso que o desinfetante esteja em concentração residual resistente na água, de forma que se construa uma barreira sanitária contra eventuais contaminações (ROCHA et al., 2011).

A fervura da água é um exemplo de desinfecção física. Esse procedimento elimina bactérias, vírus e parasitas presentes na água. É aconselhável que antes de ferver ocorra a filtração da água (com filtro doméstico, coador de papel ou pano limpo) a fim de que se obtenha melhor êxito no desempenho da eliminação dos microrganismos presentes (SUS, 2016).

Apesar da fervura ser um método muito comum no tratamento de água, quando não é possível realizá-lo, utiliza-se a desinfecção química com hipoclorito de sódio ou água sanitária. Antes de 1900 o cloro já era utilizado para desinfecção da água a fim de combater epidemias. Isso ocorre devido a sua capacidade de oxidação de microrganismos, através das rápidas reações que ocorrem quando o cloro entra em contato com a água (SUS, 2016).

3.3.2.11 Tratamento com Quiabo

A utilização do quiabo como tratamento das águas ocorreu após o conhecimento do interesse dos produtores em usá-lo como matéria prima na fabricação de colas. Desde 1993 o quiabo (*Abelmoschus esculentus*) tem sido utilizado com floculação pela Companhia de Saneamento do Estado do Mato Grosso. O quiabo pode ser usado na reabilitação das estações de tratamento que operam com sobrecarga de vazão (MULLER; LIMA; SOUZA, 2018).

O quiabo é um dos vegetais mais produzidos no Brasil e a utilização do mesmo no tratamento de água pode reduzir impactos ambientais de forma sustentável. Isso acontece pelo fato da mucilagem do quiabo, obtida através das sementes, é um polímero natural biodegradável e por isso pode ser usado como floculante (ASSIS; SILVA; SILVA, 2011).

Os polímeros utilizados para a flotação e filtração geralmente são os sintéticos que não são biodegradáveis e apresentam riscos à saúde da população. Por isso a importância da utilização de polímeros não sintéticos como o quiabo (ASSIS; SILVA; SILVA, 2011). As propriedades presentes no quiabo proporcionam maior eficácia na sedimentação, na flotação e na filtração. A utilização do polímero natural proveniente do quiabo torna os flocos mais resistentes às forças de cisalhamento, além de aumentar a velocidade de flotação com uma maior aderência no meio filtrante (SILVA et al., 2013).

A utilização do quiabo pode ser tanto para a floculação quanto para filtração. As vantagens da utilização do polímero natural são inúmeras. Ele pode ser usado como auxiliar na floculação melhora a qualidade das águas decantadas. Isso faz com que ocorra redução nos custos, como por exemplo quando se utiliza junto com o sulfato de alumínio (material com alto custo), pode-se obter a mesma eficiência no tratamento da água, reduzindo a quantidade de sulfato de alumínio (SILVA et al., 2013; PEREIRA; MEIRA; SOUSA, 2019).

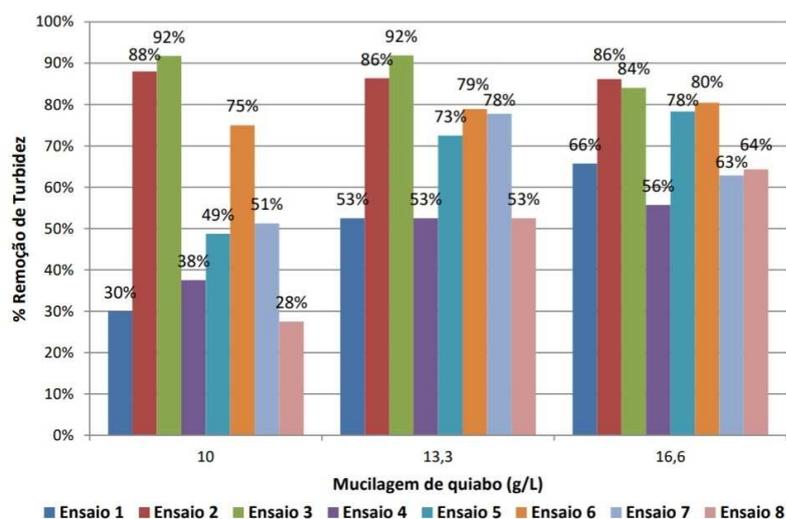
De acordo com Pereira, Meria e Sousa (2019) em pesquisa realizada com as águas do rio Amazonas, observou-se estudo de floculação com base no Sulfato de Alumínio e na Mucilagem de quiabo (Tabela 2). Obteve-se maior eficiência quando colocou-se a mucilagem do quiabo como auxiliar na mesma medida que o sulfato de alumínio como mostra o ensaio 3 na Figura 19.

Tabela 2: Dosagens para o ensaio de floculação

Ensaio	ml de quiabo	ml de sulfato de Alumínio
1	3 ml	0 ml
2	0 ml	3 ml
3	3 ml	3 ml
4	7 ml	3 ml
5	3 ml	7 ml
6	7 ml	7 ml
7	3 ml	2 ml
8	3 ml	1 ml

Fonte: Pereira, Meira e Sousa, (2019)

Figura 19: Redução de turbidez



Fonte: Pereira, Meira e Sousa (2019)

Além disso, o mesmo possui preparação mais simples quando comparados com os auxiliares de floculação. A aplicação do quiabo como auxiliar na floculação é uma alternativa de baixo custo, visto que o quiabo é muito presente na cultura regional (principalmente do Nordeste que é uma região mais afetada pela falta de água). Além disso, o quiabo melhora a qualidade da água e reduz o custo com a adição de coagulantes como o alumínio (MULLER; LIMA; SOUZA, 2018).

3.3.2.11 Técnica de Tratamento com Tanino Vegetal

Os taninos vegetais continuam uma das maiores classes de metabólitos secundários das plantas. Eles podem ser encontrados em frutos, folhas, raízes e cascas. As principais espécies vegetais que são fontes de taninos são *Schinopsis Balansae*, popularmente conhecida como Quebracho e a *Acácia mearnsii*, mais conhecida como Acácia negra (Figura 20). Na contemporaneidade a Acácia negra é a principal fonte de Tanino, pois as suas cascas são ricas dos mesmos. A Acácia negra é originada da Austrália, entretanto é amplamente cultivada no sul do Brasil e é responsável pela produção de biocoagulantes (AGUIAR et al., 2017; LIMA JUNIOR; ABREU, 2018).

Os taninos são aproveitados no saneamento básico como coagulantes e floculantes poliméricos catiônicos utilizados para reduzir a turbidez das águas. Além de clarificar a água para o consumo humano, os taninos têm a capacidade de neutralizar cargas

superficiais de partículas coloidais em suspensão e por isso é muito utilizado no tratamento de efluentes. Ele promove a aglomeração das partículas e sua sedimentação (AGUIAR et al., 2017).

Figura 20: Acácia *mearnsii* (a esquerda) e folhas de Acácia *Mearnsii* (à direita)



Fonte: Lima Junior e Abreu (2018)

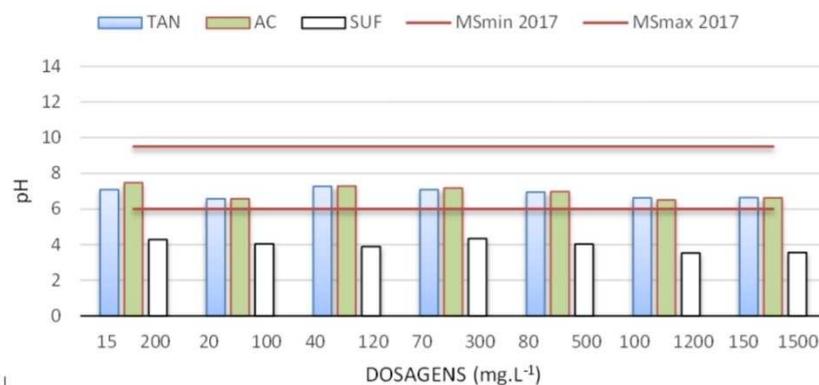
As vantagens dos polímeros a base de taninos são inúmeras quando comparadas com os coagulantes inorgânicos tradicionais. Os taninos não alteram o pH da água tratada, pois não consomem a alcalinidade do meio, ademais simultaneamente são efetivos numa ampla faixa de pH (4,5-8) (SANTOS et al., 2020). Pode-se citar outra vantagem que os coagulantes dos taninos possuem que é a redução do volume de lodo gerado, que é biodegradável, além de possuir uma baixa toxicidade (AGUIAR et al., 2017).

De acordo com Santos et al. (2020) caso a água seja tratada com o sulfato de alumínio, que é um polímero sintético muito utilizado, é preciso que posteriori ocorra uma adequação do pH da água. A Figura 21 traz essa comprovação, visto que a água tratada com Tanino Vegetal possui pH de acordo com o aceitável pelo Ministério de Saúde para o consumo quando é comparada com a que foi tratada apenas com o sulfato de alumínio (SANTOS et al., 2020).

A Figura 22 mostra uma comparação com a eficiência dos taninos com outros compostos orgânicos e inorgânicos que são usados como coagulantes para tratamento de água como a *Moringa oleifera* e o composto inorgânico de alumínio ($AL_2(SO_4)_3$), por exemplo. É possível observar através da Figura 22 que os coagulantes dos taninos são superiores no que diz respeito a capacidade de remoção de material coloidal, ou seja, na clarificação da água (redução de turbidez). Segundo Lima Junior e Abreu (2018) os

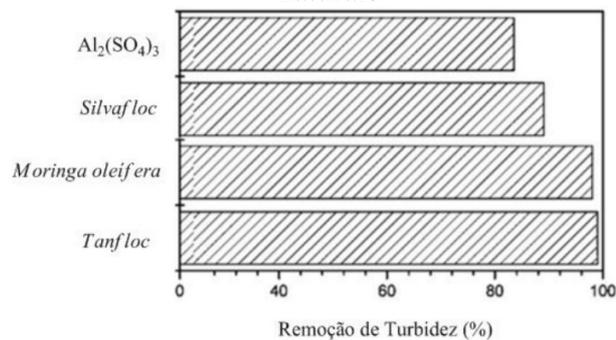
mesmos foram submetidos nas mesmas condições de estudo (dosagem de 15 mg.L⁻¹, 20°C e pH natural da água).

Figura 21: pH da água tratada com tanino (TAN), sulfato (SUL) e sem coagulante (AC)



Fonte: Santos et al. (2020)

Figura 22: Comparação de diversos coagulantes na remoção de turbidez de águas naturais



Fonte: Lima Junior e Abreu (2018)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. DELINEAMENTO DO ESTUDO

O presente trabalho se configura como uma pesquisa bibliográfica. Segundo Koche (2011) uma pesquisa bibliográfica é a que se desenvolve tentando explicar um problema apresentando soluções ao mesmo. O pesquisador levanta o conhecimento disponível na área, identificando as teorias produzidas a fim de ampliar o grau de informações, além de compreender melhor um problema para dar possíveis soluções. Assim, o presente estudo tem o caráter de descrever e sistematizar técnicas simplificadas para o armazenamento/potabilização da água, dando a oportunidade de mais cidadãos consumirem água potável.

Para se obter o conhecimento sobre tais técnicas é necessário que ocorra uma investigação na literatura. Nesse sentido, a revisão da literatura qualifica e capacita o pesquisador, pois fornece base teórica já disponível na ciência, para que se possa perceber aspectos do problema a ser investigado. Assim, a ciência se aperfeiçoa e é construída constantemente a cada pesquisa realizada. Dessa maneira, tem-se soluções para os problemas que no pertinente trabalho é a falta de água potável, sistematizando soluções para a problemática (KOCHE, 2011).

Para a obtenção dos dados e técnicas, foi feita análise documental. Bibliografias como Tysutya (2006), Heller e Pádua (2010) e Funasa (2017) foram utilizadas dentre outras. Além desses sites eletrônicos como o IBGE e ONU entre outros foram tidos como fonte de dados. Outrossim, utilizou-se artigos científicos para adquirir informações sobre o dado assunto.

Assim, o objetivo da documentação bibliográfica utilizada é de acumular e organizar ideias já produzidas na ciência, de maneira que haja sistematização da mesma para que seja usada de forma a solucionar problemas posteriores existentes (KOCHE, 2011).

4.2 OBTENÇÃO DE DADOS PARA APRESENTAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO BRASIL – PANORAMA

No que se refere ao panorama do tratamento de água no Brasil, o mesmo foi caracterizado em função de dados fornecidos pelo IBGE, com base em informações de

tipo de tratamento de água distribuída no Brasil, em função do número de municípios brasileiros que preencheram os formulários do IBGE para a informação supracitada, referente aos anos de 2000, 2008 e 2017.

Os tipos de tratamento citados são o tratamento convencional, não convencional, simples desinfecção e totalmente sem tratamento. Com essa amostragem espaçada ao longo de 18 anos foi observado a porcentagem da quantidade de municípios que tem água disponível, porém sem tratamento.

4.3 ROTEIROS PARA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS SIMPLIFICADAS

Com intuito de minimizar o consumo de água pelo homem, com baixa ou sem qualidade, propõe-se em forma de roteiro, como aplicar algumas técnicas simplificadas citadas na revisão de literatura.

As técnicas simplificadas podem ser compostas pela combinação de algumas etapas do tratamento, a exemplo captura / armazenamento e desinfecção; captura / armazenamento, tratamento e desinfecção; simples desinfecção, tratamento e desinfecção. É essa combinação de etapas que caracteriza o tipo de técnica simplificada. De acordo com Heller e Pádua (2010) é importante a desinfecção, pois atua como eliminador de possíveis microrganismos que ainda estejam na água a ser consumida.

Para a elaboração do roteiro, buscou-se elencar informações pertinentes à aplicação da técnica. Para isso, para cada técnicas simplificadas supracitada, são apresentadas as condições de uso e operação:

- Tipo de água utilizada para o tratamento

A respeito da procedência da água a ser tratada, ou seja, se a água é oriunda de manancial superficial, subterrâneo ou oriunda de captação de água de chuva.

- Elemento imprescindível para a aplicação da técnica

Os elementos imprescindíveis são aqueles que não podem faltar para o funcionamento da técnica, ou seja, sem os materiais necessários não há como realizar a técnica de potabilização da água. Esses materiais são particulares de cada técnica. Por exemplo, na técnica SODIS os elementos imprescindíveis para a realização da técnica são as garrafas transparentes limpas (de vidro ou plástico), a superfície de apoio (de preferência de alumínio) para a garrafa e a presença dos raios solares.

- Etapas para a implantação da técnica

Descrever, passo a passo a técnica que irá ser realizada, ou seja, as etapas que devem ser executadas, para assim obter êxito com a mesma.

- Vantagens e/ou limitações.

Foram apresentadas algumas vantagens para cada técnica realizada, bem como as suas limitações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PANORAMA DO TRATAMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

Com base nos dados disponibilizados pelo IBGE, observou-se que ocorreu um aumento no número de municípios que não possuem tratamento de água do ano de 2000 para 2017. A Tabela 3 traz essa informação os anos 2000, 2008 e 2017.

Tabela 3: Municípios, total e com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento, por existência de tratamento da água distribuída e tipo de tratamento existente, referente aos anos supracitados.

Brasil	Municípios							
	Total	Com serviço de abastecimento de água por rede geral de distribuição em funcionamento						
		Total	Existência de tratamento da água distribuída					
			Existe					Não existe
			Tipo de tratamento					
			Total	Convencional	Não convencional	Simplex desinfecção		
2000	5 507	5 391	4420	2 686	577	1 980	900	
2008	5 564	5 531	5166	2 817	560	3 005	365	
2017	5 570	5 517	5 235	2 768	715	3 124	1 522	

Fonte: Adaptado do IBGE (2000, 2008 e 2017)

De acordo com IBGE (2020) existem no Brasil o total de 5.570 municípios. Entretanto, como pode-se perceber na Tabela 3, em 2000 apenas 5.507 municípios foram analisados, ou seja, 98,86% dos municípios brasileiros fizeram parte da pesquisa. No ano de 2008 foram analisados 5.564 municípios dos 5570 existentes, ou seja, 99,89% do total que foi tido como base para esses dados de tratamento de água, o que se observa aproximação de informações para a totalidade dos municípios brasileiros. Para o estudo realizado pelo IBGE (2018), esta totalidade é obtida.

Analisando-se o número de municípios que recebem tratamento de água convencional percebe-se que os números oscilaram muito pouco entre os anos de 2000, 2008 e 2017. Nota-se ainda que ocorreu um aumento de 2000 para 2008 de 131 municípios. No entanto, observa-se redução de 49 municípios, após dez anos.

Possivelmente, essa redução pode estar relacionada à mudança no tipo de tratamento para a água.

Em relação ao tratamento não convencional percebe-se que ocorreu um aumento no número de municípios que usam esse método entre o ano de 2000 para 2017. O aumento foi de 123,97% nesse período com o aumento de 577 para 715 municípios, como mostra a Figura 23. Enquadra-se como tratamento não convencional aquele que diverge do tratamento convencional e da desinfecção simples.

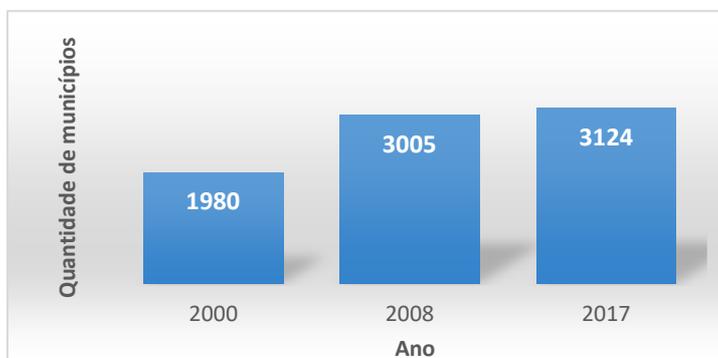
Figura 23: Gráfico comparativo dos municípios que realizam o tratamento de água não convencional



Fonte: Autor

No que diz respeito ao tratamento por simples desinfecção, analisa-se que ocorreu aumento entre os anos de 2000, 2008 e 2017. Como pode-se observar na Figura 24. No ano de 2000 tinha-se o total de 1980 municípios que realizavam a simples desinfecção, enquanto em 2017 esse número aumentou para 3124. O tratamento da água por simples desinfecção é aplicado quando a água bruta apresenta boa qualidade, de modo a não necessitar de tratamento com etapas.

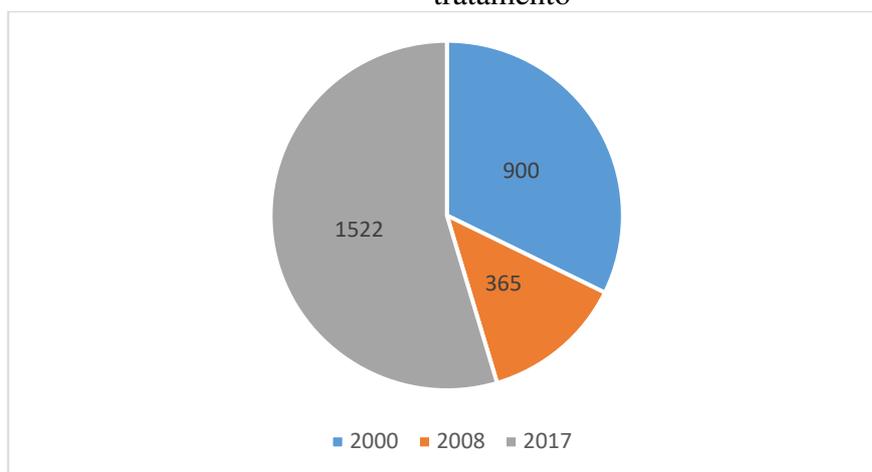
Figura 24: Gráfico comparativo dos municípios que realizam a simples desinfecção



Fonte: Autor

Outrossim, observa-se na Figura 25 ocorreu aumento no número de municípios que não realizam nenhum tratamento. Tal aumento em 10 anos (entre 2008 e 2017) foi de 416,99% na quantidade de municípios que não fazem nenhum tratamento de água, apesar de receber redes de distribuição. Esse dado alarmante e preocupante do aumento de 1157 municípios que não realizam nenhum tipo de tratamento pode ser solucionado por meio do uso de técnicas simplificadas de tratamento de água como soluções viáveis e práticas de serem realizadas.

Figura 25: Gráfico comparativo no número dos municípios que não realizam nenhum tratamento



Fonte: Autor

Dessa maneira, como todo o cidadão tem o direito ao consumo de água potável, mas muitas vezes não é beneficiado pela mesma, recomenda-se p uso de técnicas simplificadas. Assim, segue a descrição de algumas técnicas simplificadas em forma de roteiros, para realizar a potabilização da água.

5.2 ROTEIROS PARA APLICAÇÃO DE TÉCNICAS SIMPLIFICADAS

5.2.1 Simples desinfecção

De acordo com Brasil (2017), toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deve passar pela etapa de desinfecção. Quando a qualidade da água é considerada boa, ou seja, possui baixa turbidez e pH entre os padrões do Ministério da Saúde a Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017), pode-se optar pela utilização apenas da desinfecção.

A desinfecção tem como função a inativação dos microrganismos patogênicos presentes na água. Ela pode ser realizada por meios físicos, como a fervura ou por meios químicos como a cloração. É de suma importância a realização da mesma no tratamento de água, visto que mesmo ocorrendo a redução do número de microrganismos, somente a desinfecção inativa qualquer tipo existente e ainda previne o crescimento microbiológico. Por esses motivos, é etapa básica obrigatória nas redes de distribuição e de grande valia nas técnicas simplificadas de potabilização (BRASIL, 2013). São diversas as formas de se realizar a desinfecção. O presente roteiro se baseou em tipos de desinfecção compatíveis com técnicas simplificadas ou aplicações corriqueiras.

5.2.1.1 Fervura

A desnaturação de proteínas é o que acontece na fervura. É o método de desinfecção mais utilizado no mundo. A quantidade em litros de água potável que se forma após o tratamento é quase a mesma antes da fervura. Apesar de não ser um método de esterilização, pois não é eficaz contra endósporos bacterianos, neutraliza quantidade de bactérias que não resistem à temperaturas acima de 100°C (TRABULSI; ALTERTHUM, 2008).

Para a realização da técnica e para obter boa eficiência, primeiramente é preciso coar a água (podendo ser de mananciais subterrâneos, terrestres ou vinda da chuva). Em seguida precisa-se de um recipiente que possa aderir calor, ou seja, resistente ao fogo (como exemplo panela de alumínio ou bule). Por fim, deve-se colocar a água nesse recipiente e esperar ela entrar em estado de ebulição (quando aparecem as bolhas) e deixar ferver por 15 minutos (Figura 26). Em seguida, para melhor eficiência, coloca-se duas gotas de cloro e espera 30 minutos para o consumo (SUS, 2016).

Figura 26: Ilustração dos procedimentos para a ingestão de água potável



Fonte: SUS (2016)

5.2.1.2 Cloração

A adição de cloro na água é um dos métodos mais corriqueiros de forma prática. No quesito de quantidade de litros gerados com a cloração é 100% de eficiência, pois a adição de cloro não altera no volume tratado. Por exemplo: um litro de água não tratada gera um litro de água potável. No que diz respeito ao tipo de água utilizada, pode ser tanto de mananciais quanto proveniente da chuva, o que irá depender é a disponibilidade do local, se há poços artesianos ou riachos próximos (MEYER, 1994).

É importante salientar que a mesma deve possuir baixa turbidez, ou seja, muitas vezes é preciso de outra técnica anterior, como a fervura. As etapas para a técnica são bem simples, basta colocar a água em um recipiente que a comporte e adicionar 2 gotas de hipoclorito de sódio (água sanitária) para cada 1 litro de água. A Figura 27 ilustra relações de quantidade de água com forma de aplicação para o hipoclorito de sódio que deve ser posto para cada quantidade referente (SUS, 2016).

Figura 27: Proporções das dosagens de Hidroclorito de sódio para cloração

Água	Hipoclorito de sódio (2,5%)	Modo de higienização
1 litro	2 gotas	<ul style="list-style-type: none">• Para cada litro de água para consumo humano, adicionar duas gotas de hipoclorito de sódio (2,5%);• Deixar repousar por 30 minutos.
20 litros	1 colher das de chá	
200 litros	1 colher das de sopa	
1.000 litros	2 copinhos de café (descartável)	

Fonte: SUS (2016)

A vantagem da utilização do cloro no tratamento de água simples é referente à sua disponibilidade e baixo custo. Além disso, ele é eficiente na ação desinfetante e na ação residual. Em relação as suas limitações, deve-se ter atenção para não ocorrer vazamentos, já que o hipoclorito de sódio é líquido e quando em contato com a pele e os olhos é prejudicial. Ademais, com o passar do tempo há redução no teor de cloro, pois ele é volátil. Além disso, quando em contato com a água produz cloraminas que geram odores. Por fim, após a reação com a água pode formar trihalometanos, compostos carcinogênicos e seu consumo constante traz malefícios a saúde humana. Entretanto, há mais benefícios em realizar a cloração do que não a realizar (MEYER, 1994; Q1AMBIENTAL, 2017; SUS, 2016).

5.2.2 Captura/armazenamento e desinfecção

Para as técnicas que se enquadram nesse item precisa-se primeiramente capturar a água, que pode ser proveniente de mananciais subterrâneos ou superficiais ou da chuva. É necessário após essa captura, armazená-la. Seu consumo só deverá ocorrer após o procedimento de desinfecção (BONA, 2014). A captura de água traz vários benefícios para a sociedade, visto que além de permitir que a água fique a disposição quando for necessária a utilização da mesma.

5.2.2.1 Aproveitamento de água de chuva

O aproveitamento da água da chuva traz muitos benefícios tanto econômicos quanto naturais. O seu reuso permite redução de alagamentos, além de ajudar no ciclo hidrológico. A captura da água da chuva é bem simples em sua maioria e consiste de um sistema que se utiliza o caimento do telhado para adquiri-la, na qual seguirá para a calha, da tubulação e posteriormente direcionada a um reservatório (BONA, 2014).

Em vista dessa simplicidade, de acordo com Veloso et al. (2012), a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas, em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), criou o programa de melhorias sanitárias domiciliares, para o aproveitamento da água da chuva no Amazonas. O sistema é composto por: calha, tubulação e um reservatório, como pode-se observar na Figura 28.

Figura 28: Moradia beneficiada pelo sistema Prochuva



Fonte: Veloso et al. (2012)

Sabe-se que para o consumo não basta apenas capturar a água da chuva, é preciso que a mesma esteja apta para ser consumida. Nesse sentido, técnicas são implementadas na captura de água para que a mesma se torne potável. Uma dessas técnicas que podem

contribuir para o consumo é a de um filtro acoplado a um dos reservatórios, como mostra a Figura 29 (VELOSO et al., 2012).

Figura 29: Filtro acoplado a dois reservatórios



Fonte: Veloso et al. (2012)

Nesse sistema, utiliza-se duas calhas para colocar a água em direção a primeira cisterna e logo em seguida há uma filtração das pedras, cascalhos, folhas que possam haver na água, bem como a filtração de outras impurezas. Essa primeira água pode ser descartada. Em seguida, passa para o segundo reservatório própria para o consumo (VELOSO et al., 2012). No entanto, segundo Bona (2014) não precisa necessariamente utilizar um filtro para o consumo. Como normalmente a água vinda da chuva possui boa qualidade (quando a chuva não é ácida), basta apenas utilizar uma das técnicas de desinfecção descritas no item 5.2.1.

5.2.2.2 Utilização de cisternas

Cisterna (reservatório) é um dos elementos constituintes do sistema de aproveitamento de água da chuva que depende da captação da água da chuva e a armazena para uso posterior. É considerada uma das melhores opções para a reutilização da água e economia da mesma (ARAÚJO; BRITO; CAVALCANTI, 2011).

O sistema da cisterna funciona com base no recebimento da captação da água da chuva através das calhas e um filtro que eliminará as impurezas como folhas e galhos, por exemplo. Em seguida um freio d'água impede que ocorra uma agitação e conseqüentemente suspensão das partículas depositadas no fundo. Geralmente, as cisternas de maior porte são enterradas para que não ocorra a incidência de luz solar

(FERREIRA et al., 2015). A Figura 30 mostra um modelo e o funcionamento de uma mini cisterna que pode ser implantada em qualquer residência.

Figura 30: Modelo de funcionamento de uma Mini Cisterna



Fonte: ECYCLE (2020)

A utilização da cisterna permite benefícios para toda a natureza, visto que ela auxilia no ciclo hidrológico com a reutilização da água da chuva. Além disso, ela permite economia financeira, pois reduz o uso da água. Reduz também o volume de água nas redes coletoras das cidades, evitando inundações e conseqüentemente doenças causadas pelas mesmas. A limitação para a sua utilização é que para o consumo da água é preciso realizar o processo de desinfecção descrito no item 5.2.1 (ARAÚJO; BRITO; CAVALCANTI; 2011).

Existem programa de gestão pública na região agreste e árida do nordeste brasileiro responsável pela disseminação e implantação de cisternas em propriedades isoladas e/ou rurais. Além de incluir as cisternas, em função da área de captura de água de chuva, é possível implantar o que chamam de “calçadão” de modo a aumentar a área de coleta para captura da água de chuva. O item 3.3.2.1 traz informações e ilustração a respeito desse calçadão.

5.2.2.3 Poços artesanais

O poço artesiano é um mecanismo de captura dos mananciais subterrâneos. A água subterrânea é uma fonte de reserva hídrica e alternativa para o suprimento das demandas atuais e futuras (BORGHETTI et al., 2004).

Para a construção de um poço artesiano é necessário que ocorra perfuração do solo até atingir o aquífero confinado (Figura 31). O diâmetro da perfuração é pequeno quando se compara com a profundidade. Busca-se que a água subterrânea flua naturalmente para a superfície (ROCHA; LOPES, 2015; BORGHETTI et al., 2004). Quando isso não acontece, há necessidade do uso de bombas para que a pressão aumente e assim a água atinja o nível superficial. Nesse caso, denomina-se como poço semi-artesiano (HYRATA, 2002).

Figura 31: Ilustração de um poço artesiano



Fonte: JGF Bombas (2018)

De acordo com a ABNT (1992) com base na NBR12212, os elementos indispensáveis para a perfuração de um poço que estão descritos no item 4.1 são:

“a) estudo de concepção elaborado conforme a NBR 12211; b) vazão pretendida para o sistema; c) estudo hidrogeológico contendo as informações básicas geofísicas e geológicas dos aquíferos, características hidráulicas e qualidade das águas; em áreas onde não haja conhecimento hidrogeológico suficiente, deve ser elaborado um relatório técnico preliminar com os dados disponíveis; d) avaliação do risco do sistema; e) estimativa do número de poços a constituir o sistema; f) planta topográfica em escala adequada, com a localização e o cadastro das obras e dos poços existentes, e registro dos níveis de drenagem atual e piezométrico; g) planta da bacia hidrográfica, em escala reduzida, com localização e cadastro dos poços existentes; h) registro do nível máximo de cheias na área do sistema.” (ABNT, 1992)

Para as etapas necessárias para a construção do mesmo de acordo com ABNT (1992) no item 4.2 da NBR 12212 são:

“a) prescrição do método de perfuração; b) locação topográfica do poço, atendida a alínea 4.1-b); c) estimativa das profundidades mínima e máxima do poço; d) estimativa da vazão do poço; e) fixação dos diâmetros nominais úteis do poço; f) fixação do(s) diâmetro(s) nominal(is) de perfuração do poço; g) previsão da coluna estratigráfica a ser perfurada até o limite do solo, da transição solo-rocha e da extensão em rocha(s); h) previsão da zona de saturação a ser explorada, do potencial e das pressões existentes, representadas pelos níveis piezométricos, tipos de vazios e sua geometria; i) previsão das prováveis posições do nível dinâmico; j) avaliação do perfil hidroquímico da(s) água(s) na zona de saturação; k) previsão da extensão e do tipo de revestimento

de acabamento em tubo liso ou filtro; quando necessária, a colocação de filtro deve ser decidida após a perfilagem elétrica do trecho considerado, indicando-se o posicionamento das seções de filtros na coluna de revestimento; l) indicação da cota de posição da sapata da coluna parcial de tubos de revestimento lisos ou filtro, a fim de se obter absoluta estanqueidade na transição da formação friável para a consistente; m) análise granulométrica da formação aquífera, quando friável, e verificação da necessidade de pré-filtro; n) definição das características do filtro quanto à abertura, área útil e qualidade do material; o) definição das dimensões e dos materiais usados no revestimento definitivo do poço, tais como tubos lisos e filtros; p) caracterização da natureza e previsão da granulometria dos materiais do pré-filtro; q) indicação dos trechos do poço e do revestimento a serem cimentados; r) indicação do trecho de cimentação de proteção sanitária superficial; s) especificação da laje de concreto de proteção do poço; t) definição do tipo de desinfecção do poço, após a conclusão de todos os trabalhos.”(ABNT, 1992).

O menor custo por m³ em comparação com as demais fontes de abastecimento é uma das vantagens da implantação dos poços artesianos. Outro benefício é que há abastecimento constante independente das redes gerais, além de ser solução para a escassez hídrica. Outrossim, os aquíferos são regiões de alta concentração de água infiltrada em rochas e isso equivale a uma filtragem, ou seja, a água sai com boa qualidade (BRITO, 2019).

Entretanto, para o consumo é preciso que ocorra a desinfecção como está descrito no item 5.2.1. Outra limitação é que como a perfuração é profunda no subsolo e que demanda de maquinários específicos, é um procedimento com alto custo, embora, esse custo compense a posteriori com a redução da utilização das redes de abastecimento (PALUDO, 2010; BRITO, 2019).

5.2.3 Captura, armazenamento e tratamento

Algumas técnicas como a SODIS e o destilador solar não precisam necessariamente da desinfecção ao final, pois ao final do tratamento a água se enquadra aos parâmetros descritos pelo Ministério da Saúde a Portaria de Consolidação nº5 (BRASIL, 2017; LEITE, 2019; SODIS, 2003). Dessa forma é preciso apenas capturar a água, armazená-la e realizar o tratamento. Entretanto, caso os parâmetros não consigam ser enquadrados nos limites recomendados por Brasil (2017), recomenda-se adicionar a desinfecção, conforme o item 5.2.1.

5.2.3.1 SODIS

Como dito no item 3.3.2.4, a técnica SODIS consiste na utilização da radiação solar para a erradicação dos microrganismos patogênicos. Nesse sentido, não há alteração no volume de água tratada, ou seja, há um aproveitamento de 100% do líquido tratado. O tipo de água para esse método pode ser, tanto de reservatórios que armazenam água dos mananciais, como de cisternas que armazenam chuva (MONTEIRO, 2009).

De acordo com SILVA (2004) e SODIS (2003), para a realização da técnica, os elementos indispensáveis para o seu êxito são:

- Garrafas transparentes que podem ser de vidro ou plástico. É importante salientar que a garrafa deve possuir no máximo 2 litros de volume para que se obtenha melhor desempenho. Além disso, deve-se verificar se há o fechamento hermético, ou seja, se não há defeito na tampa. É necessário lavar a garrafa interna e externamente. Além disso, para melhor eficiência recomenda-se pintar de preto (Figura 32) a metade da garrafa que deverá ficar voltada para baixo no período de exposição.

Figura 32: Garrafa PET com a metade pintada de preto para utilização no SODIS



Fonte: Silva (2004)

- A água a ser tratada não deve estar muito turva (no máximo 30NTU);
- É indispensável a presença do sol, ou seja, essa técnica é apropriada para países próximos a linha do Equador, pois possuem maior incidência solar;

- Se ocorrer nebulosidade de 50% no período, será necessário a exposição de 2 dias da mesma durante dois dias sucessivos para que o êxito do processo.
- O local em que irá acomodar a garrafa é um elemento indispensável. A mesma deve ser posta na horizontal, logo é preciso que a superfície a acomode dessa forma (Figura 33). A superfície deve ser de preferência de cor escura para uma maior absorção de calor ou ainda de materiais metálicos que possuem um maior albedo.

Figura 33: Superfície metálica ondulada para colocar a garrafa no processo SODIS



Fonte: EAWAG (2013)

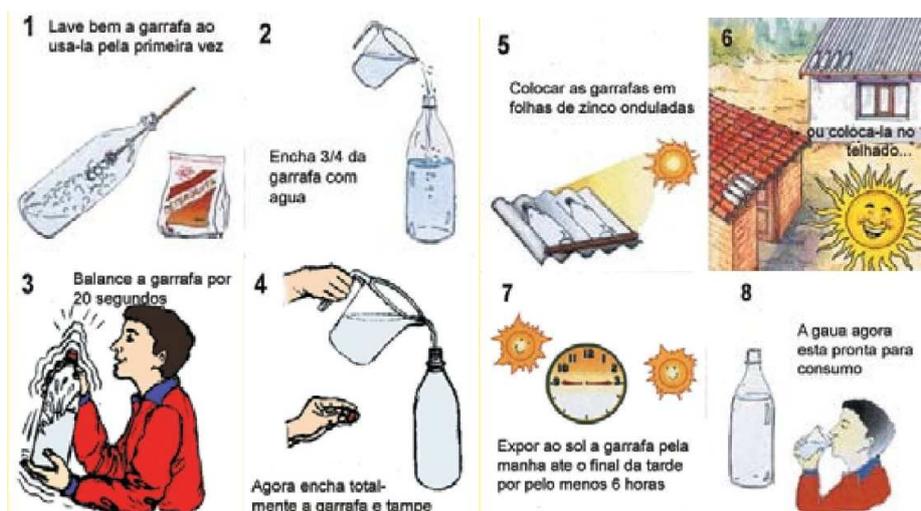
Segundo SILVA (2004) e EAWAG (2013) o SODIS pode ser realizado em simples 7 etapas:

- Limpa-se a garrafa (no máximo de 2 litros);
- Coloca-se 3/4 da água a ser tratada dentro da garrafa transparente;
- Agita-se a garrafa para ter uma oxigenação e uma heterogeneidade das moléculas;
- Preencher-se a garrafa totalmente com a água a ser tratada;
- Tapa-se o recipiente;
- Acomoda-se a garrafa na horizontal em uma superfície de cor escura ou de material metálico que absorva energia luminosa como o alumínio ou folha de zinco;
- Deixa-se a garrafa com água exposta a radiação solar plena (pela manhã) durante 6 horas. Entretanto, para melhor garantia da inativação de 100%

microrganismos, recomenda-se um dia de exposição ao sol sob condições climáticas adequadas. Quando há ocorrência de muitas nuvens, a garrafa deve ficar em tratamento durante dois dias sucessivos (WEGELIN et al., 1994; BRANDÃO et al., 2000).

A Figura 34 ilustra esses 7 passos da técnica SODIS.

Figura 34: Ilustração dos 7 passos para a técnica SODIS



Fonte: EAWAG (2013)

As vantagens desse procedimento são inúmeras. Além possuir baixo custo (principal motivo de utilização), o mesmo melhora a saúde da família, reduzindo a taxa de doenças causadas pela transmissão da água. Ademais, o SODIS reduz a devastação florestal, pois não necessita da queima de lenha para a fervura da água (como muitas vezes são feitos os tratamentos de água em locais onde não há uma ETA). Além disso, reduz a emissão de gás carbônico. Com essa técnica existe também, diminuição de poluentes com a reutilização de garrafas Politereftalato de etileno (PET) e de vidro. Na maioria das vezes, dá-se preferência pela garrafa PET pelo fato de a mesma ser mais vantajosa economicamente do que a de vidro, além de ser mais leve e mais resistente a quebra (EAWAG, 2013).

As limitações do SODIS se referem ao mesmo não conseguir ser realizado em países com baixa densidade de radiação ultravioleta (UV-A), o que não é o caso do Brasil, pois o país fica entre a Linha do Equador e o Trópico de Capricórnio. Por fim, para se obter boa eficiência é preciso ter baixos volumes de água (EAWAG, 2013).

Após esses procedimentos, deve-se esperar a temperatura voltar ao natural (temperatura ambiente) para o consumo. Não é recomendado estocar água por mais que

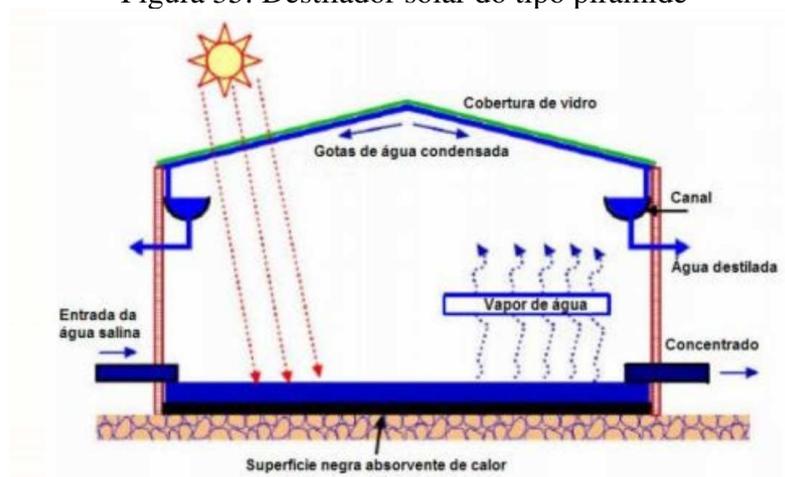
um dia, visto que pode ocorrer a possibilidade do recrescimento de microrganismos, pois não há efeito residual (SODIS, 2003).

5.2.3.2 Destilador solar

A destilação solar é uma técnica simples, pois produz água potável através do ciclo natural da água. A técnica consiste na remoção de sais minerais dissolvidos e microrganismos patogênicos presentes. Segundo Leite (2019) a técnica do destilador solar possui eficiência superior a 90%, ou seja, a cada um litro produz ao final cerca de 900 mililitros de água tratada. A água pode ser proveniente tanto de mananciais como da chuva.

Há vários modelos de destilador solar, no entanto o mais comum é o do tipo pirâmide, denominado assim por causa do formato da cobertura do destilador (Figura 35).

Figura 35: Destilador solar do tipo pirâmide



Fonte: Clayton, (2006)

Além da água a ser tratada ser indispensável e a presença do sol, as outras partes que são indispensáveis para sua produção estão descritas:

- Tanque: A depender da quantidade de água tratada, deve possuir profundidade de lâmina de 1,5 a 2,5cm. Além disso, a superfície do mesmo deve ser lisa, sem porosidade, para melhor limpeza. Em relação a quantidade de líquido na cuba deve ser constante de forma a evitar perdas bruscas de quantidade de calor (SÁ; MOTTA; JUCÁ, 2012).

- Cobertura: A cobertura deve ser confeccionada de material com baixo índice de rugosidade, pelo fato de se evitar a formação localizada de gotículas,

além de possibilitar a formação de lâmina do destilador que possa fluir de forma contínua. Nesse aspecto, o material mais utilizado para a formação da cobertura é o vidro, pois possuem a maior eficiência. Entretanto, pode-se utilizar também o plástico (SÁ; MOTTA; JUCÁ, 2012).

- Canaleta de coleta: A canaleta tem como função a coleta do líquido destilado e seu envio ao recipiente de coleta. A mesma se encontra nas laterais do destilador, geralmente nas bases de cobertura (SÁ; MOTTA; JUCÁ, 2012).

- Reservatórios: Como mostrado na Figura. Há dois reservatórios, tanto para a captação da água tratada, como para o líquido que irá ser tratado (FARIA et al., 2015).

O protótipo de um destilador solar está ilustrado na Figura 36. De acordo com Faria et al. (2015), a cobertura e o corpo do destilador foram encaixados em uma bacia de alumínio de 45 cm de lado, em uma base de isopor. O objetivo foi que a incidência dos raios solares absorção do calor ocorresse de forma mais eficiente, além de pintar o fundo da bacia com tinta preta acrílica. Nas laterais do destilador encaixou-se mangueiras acrílicas acopladas em garrafas PET. O protótipo possui área útil de 0,2025 m² e pode ser de grande utilidade para locais em que não há espaço para a criação de uma construção de um destilador em maiores proporções.

Figura 36: Protótipo do destilador solar



Fonte: Faria et al. (2015)

Ainda de acordo com Faria et al. (2015) as etapas do procedimento são descritas a seguir:

- Coloca-se o tanque do destilador em um local em que ocorra incidência solar e que não haja influência de sombras durante o dia, como perto de árvores, por exemplo;
- Limpa-se tanto a base em que vai receber o líquido a ser tratado, como também as canaletas e a cobertura. No caso do protótipo da Figura 36, limpa-se as garrafas PET e o vidro;
- Coloca-se a solução a ser tratada no reservatório que irá receber o líquido a ser tratado. No caso da Figura o reservatório é a garrafa PET. A água a ser tratada deve ir em direção ao tanque, que no caso é a bacia (Figura 36);
- Veda-se o tanque com a cobertura;
- Coloca-se as canaletas junto ao reservatório que irá receber a água tratada. No caso acoplou-se as tubulações de acrílico às garrafas PETs;
- Espera-se ocorrer a evaporação da água e a condensação da mesma. Assim, quando o reservatório que irá receber a água tratada estiver cheio, encerra-se o procedimento. A depender do tamanho do destilador, um dia já é suficiente para o tratamento total do líquido.

As vantagens para a utilização dessa técnica, como fonte para a potabilização da água, baseiam-se na simplicidade e sustentabilidade, pois utiliza energia limpa. Ademais, possui baixo custo de implantação e de manutenção. Entretanto, há também algumas limitações, pois para produção de grande quantidade de água potável é preciso grandes áreas para a instalação do destilador. Ademais, há uma necessidade de limpeza para a remoção periódica dos resíduos depositados sobre o fundo dos destiladores (LEITE, 2019).

5.2.4 Captura, armazenamento, tratamento e desinfecção

Os coagulantes naturais como o Tanino vegetal, a *Moringa Oleifera* e o quiabo são exemplos que podem ser utilizados como matéria prima no tratamento de água simplificado. Além desses, algumas plantas muito presentes no Brasil podem ajudar na potabilização como o Bambu e o Mandacaru (SKORONSKIL et al., 2014; LIMA, 2007).

Nesse sentido, para a realização dessas técnicas é preciso que ocorra a captura, em seguida o armazenamento e depois o tratamento da água. Por fim, para o consumo é

necessário que ocorra a desinfecção (SKORONSKIL et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2018; LIMA, 2007). As matérias primas supracitadas são responsáveis pelo tratamento de água. A seguir serão descritos os roteiros de utilização de algumas técnicas que se enquadram nessas etapas.

5.2.4.1 Tratamento com *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* pode reduzir o uso de coagulantes químicos. De acordo com Bongiovani, Valverde e Bergamasco (2013) há remoção de mais de 90% das bactérias, além de gerar menos lodo e não alterar o pH. Dessa maneira ocorre boa eficiência na utilização dessa técnica, oferecendo a cada 1 litro de solução cerca de 0,9 litros tratados.

Essa eficiência se dá pelo fato da semente de moringa (Figura 37) possuir agentes coagulantes que ajudam na remoção da turbidez, da cor e dos coliformes. A proteína catiônica é o composto mais abundantemente presente no extrato da semente e é a responsável por clarificar a água. Isso ocorre pelo processo de desestabilização das partículas contidas na água e pelas neutralizações e adsorções que flocculam os coloides (BORGIO, 2016).

Figura 37: Semente de *Moringa oleifera*



Fonte: Oliveira et al. (2018)

A quantidade para o procedimento do tratamento com *Moringa oleifera* é de 2g de sementes trituradas para cada 20L de água a ser tratada (Pinto, 2016 apud Oliveira et al., 2018). Nesse sentido, segundo Oliveira et al. (2018), os elementos necessários para o procedimento são:

- Semente de *Moringa oleifera*;
- Triturador ou liquidificador;
- Solução a ser tratada.

As etapas do processo de acordo com Oliveira et al. (2018) são:

- Colhe-se as sementes maduras e secas de *Moringa oleifera*;
- Remove-se as vagens e as "asas" das sementes, deixando-se apenas a parte branca;
- Tritura-se as sementes até que se obtenha uma farinha;
- Adiciona-se 5mL de água em um recipiente limpo separado;
- Mistura-se a farinha da semente com os 5mL de água até formar uma solução leitosa;
- Adiciona-se a solução leitosa na água que irá ser tratada. As medidas devem ser proporcionais as quantidades de soluções. Como dito anteriormente, 2g de semente triturada para cada 20L de água a ser tratada;
- Espera-se cerca de 30 minutos até que ocorra a sedimentação das partículas que estejam dentro da solução.

A água para ser consumida após esse procedimento precisa passar pelo processo de desinfecção como é descrito no item 5.2.1. Dessa maneira estará atendendo a Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. Outra limitação é que a eficiência da *Moringa oleifera* é maior quando é utilizada com outro coagulante sintético como o sulfato de alumínio (OLIVEIRA et al., 2018). Outrossim, de acordo com Valverde et al. (2014) apud Oliveira et al. (2018) deve-se usar o pó para o tratamento de água em até duas semanas, visto que ele perde a sua eficiência com o passar do tempo.

As vantagens da utilização da *Moringa oleifera* são inúmeras, já que não apresenta toxicidade, não provocando danos à saúde da população. Além disso, ela pode reduzir a utilização de coagulantes químicos que são maléficos para a saúde e à natureza, pois não são biodegradáveis. Ademais, com essa técnica há redução do lodo produzido. Por fim, as sementes possuem significativo grau de lipídio e proteínas possuindo características anti-inflamatórias, antidiabética, antibacteriana e até anticancerígena (GIMENES, 2015).

5.2.4.2 Tanino Vegetal

O coagulante/floculante proveniente dos taninos da Acácia Negra apresenta eficiência no tratamento de água maior que 90%, ou seja, há um grande aproveitamento (ZHAN; ZHAO, 2003). Além disso, de acordo com Sánchez-Mártin et al. (2010), o coagulante do Tanino apresenta a mesma capacidade de remoção de turbidez que o sulfato

de alumínio com dosagem até 40% menor. O tipo de água que pode ser tratada pode ser proveniente da chuva ou até de mananciais.

Segundo Gusmão (2014), o coagulante a base de Acácia Negra mais utilizado no Brasil é o Tanfloc da empresa TANAC S.A (situada em Santa Catarina). A descrição do produto segundo o fabricante é:

“Os produtos da linha Tanfloc são obtidos de um extrato vegetal da casca da acácia negra. É constituído por uma combinação de polifenóis, com característica catiônica, de fácil aplicação e alta eficiência. Composto majoritariamente de unidades flavonoides de massa molecular média de 1200g/gmol e pequenas porções de açúcares, gomas hidrolícolídeais e sais solúveis. Uma modificação química é realizada, tornando-o um polímero orgânico-catiônico.” (TANAC, 2012)

Skoronskil et al. (2014) realizou testes do tipo *Jar-test* para aferir a eficácia do coagulante natural. Segundo o mesmo, para o referente tratamento simplificado é necessário a utilização dos seguintes elementos:

- Coagulante do Tanino vegetal. No caso, o mais utilizado no Brasil é o Tanfloc;
- A água a ser tratada;
- Um recipiente limpo que possa misturar o coagulante com a solução a ser tratada.

No caso foram os jarros de teste.

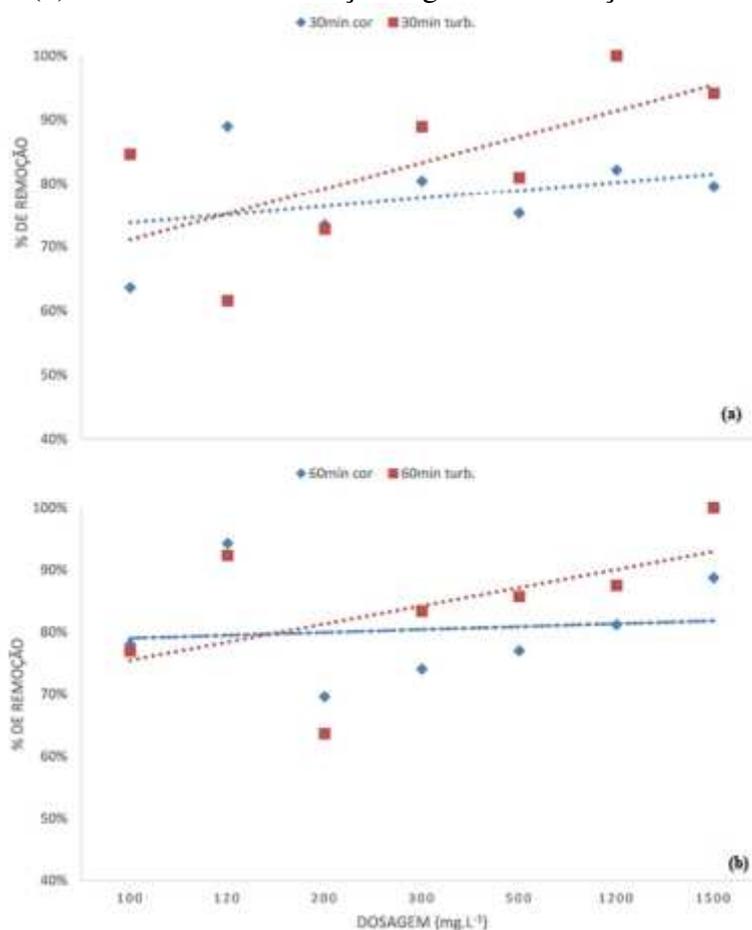
As etapas para o tratamento segundo Skoronskil et al. (2014) estão descritas a seguir:

- Coleta-se a água a ser tratada;
- Coloca-se a solução dentro de um recipiente em que possa ocorrer o procedimento;
- Aplica-se 10 mg L⁻¹ a cada 500 ml de água a ser tratada;
- Agita-se a solução durante 1 minuto com uma agitação de 100 rpm para ocorrer a coagulação;
- Agita-se novamente a solução durante 10 minutos a 30 rpm para que ocorra a floculação;
- Espera-se 30 minutos para que ocorra a sedimentação do logo gerado.

Após esses procedimentos, faz-se a desinfecção com cloro descrita no item 5.2.1.2 e então pode-se consumir. Segundo Arantes et al. (2014) *apud* Santos et al. (2020) a proporção é de 1% de Tanino Vegetal, ou seja, 1g de coagulante para cada 100 mL de água destilada. Outrossim, Santos et al. (2020) realizou ensaios em *Jar-Test* para comparar a eficiência do Tanino Vegetal com o Sulfato de Alumínio e constatou-se que o coagulante natural do Tanino se enquadra, também, nos parâmetros para o consumo.

Segundo o mesmo a proporção ótima para a redução de 100% da turbidez é de 20 gm.L^{-1} de Tanino para 30 minutos de sedimentação como mostra na Figura 38.

Figura 38: Percentagem de turbidez utilizando-se o tantinho vegetal o (a) após 30 min e (b) 60 min de sedimentação seguida da filtração



Fonte: Santos et al. (2020)

As vantagens de utilizar os polímeros catiônicos a base de taninos é significativa. Quando comparados aos coagulantes inorgânicos tradicionais apresenta melhor desempenho, por não alterar o pH da água tratada pelo fato de não consumirem a alcalinidade do meio. Além disso, ele permite a redução do volume de lodo gerado, que é biodegradável e solúvel em água fria. Além disso, podem ser utilizados para a remoção de compostos tóxicos presentes nas águas, produzidos por bactérias clorofiladas e cianofíceas (SKORONSKIL et al., 2014).

Em relação as suas limitações é que o mesmo não se apresenta em demasia em todas as regiões. Antigamente havia receio, pois acreditava-se que o Tanino consumido na água possuía efeitos tóxicos hepáticos. Entretanto, na contemporaneidade, há estudos

realizados em cobaias de laboratório que comprovam, através de resultados, que para concentrações de até 110ppm de taninos na água não há nenhum dano nos rins ou fígado (JONG et al., 2001 apud VANACÔR, 2005).

5.2.4.3 Quiabo

De acordo com Pereira, Meira e Sousa (2019), a utilização da mucilagem do quiabo sozinho apresenta eficiência de 30% na remoção da turbidez, enquanto quando usado em conjunto com o sulfato de alumínio apresenta remoção de 92%. Nesse sentido, pode-se reutilizar a cada litro de solução tratada com o quiabo em conjunto com o sulfato de alumínio, cerca de 0,9L. Sendo assim, recomenda-se utilizar a mucilagem do quiabo juntamente com o sulfato de alumínio.

Segundo Lima (2007) a água a ser tratada pode ser proveniente tanto de mananciais como também da chuva.

Para a realização do método, de acordo com Lima (2007) e Pereira, Meira e Sousa (2019) é indispensável a presença dos elementos descritos:

- A água a ser tratada;
- Um recipiente limpo que comporte a solução;
- O quiabo para ser moído e utilizar a mucilagem dele para o tratamento;
- O sulfato de alumínio para auxiliar no tratamento;
- Uma colher para mexer a solução ou um agitador magnético.

As etapas para a realização da técnica com o quiabo segundo Pereira, Meira e Sousa (2019) são descritas a seguir:

- Corta-se o quiabo na vertical e coloca-os em uma estufa a 60°C durante 24 horas (Figura 39);

Figura 39: Quiabos cortados na vertical



Fonte: Pereira, Meira e Sousa (2019)

- Espera-se o quiabo secar e então tritura-os em um liquidificador até que fiquem mais finos possíveis;
- Tritura-os ainda mais no almofariz e no pistilo (Figura 40);

Figura 40: Modelo de Almofariz e pistilo



Fonte: Gral (2020)

- A tritura do quiabo é passada por uma peneira (abertura de 0,17mm ou 80#). Esse pó é utilizado para o tratamento;
- Coloca-se 30 mg do pó do quiabo a cada 1 litro de solução a ser tratada;
- Adiciona-se a essa solução 30mg de Sulfato de Alumínio a cada litro de água;
- Agita-se durante 2 minutos essa mistura (a agitação foi realizada em um agitador magnético);
- Espera-se 60 minutos para que ocorra a sedimentação na solução;

A Figura 41 mostra a água do Rio Amazonas após o tratamento com a mucilagem do quiabo em conjunto com o sulfato de alumínio com a sedimentação das impurezas (béquer a direita). O béquer a esquerda mostra a solução antes do tratamento e o da direita, após tratamento.

Figura 41: Béquer a esquerda com água do Rio Amazonas e à direita o béquer com água após o tratamento com quiabo e sulfato de alumínio.



Fonte: Pereira, Meira e Sousa (2019)

As vantagens de se utilizar o quiabo como agente floculante são inúmeras. Além de ser um polímero natural muito produzido no Brasil, ele reduz os impactos ambientais de forma sustentável. Além disso, é um polímero natural que não gera risco a saúde da população. Avanços para a tecnologia também são trazidos com a utilização do tratamento, pois é um polímero biodegradável. A utilização do mesmo também reduz os custos, pois é mais barato. Outrossim, reduz a utilização do polímero sintético que não é biodegradável e traz danos à saúde da população. No que diz respeito à limitação da utilização do quiabo como polímero é que ele é utilizado como auxiliar, ou seja, sozinho ele não traz resultados que cumpram a Portaria do Ministério de Saúde (BRANDÃO, 2011; LIMA, 2007; PEREIRA; MEIRA; SOUSA, 2019).

5.2.4.4 Mandacaru

Em relação a quantidade de água que é produzida pela técnica simplificada utilizando o mandacaru, a eficiência é de quase 80%, pois as impurezas presentes no líquido irão decantar e logo após o tratamento estará própria para o consumo. Nesse sentido, segundo Damasceno, Araújo e Silva (2018), como mostra na Figura 42 a miniestação de tratamento com a utilização do mandacaru que possui capacitação de 100 litros apresentou taxa de recuperação de 78% de água tratada.

Figura 42 – miniestação de tratamento de água; a) sistema de filtros; b) decantação; c) água antes e depois do tratamento.



Fonte: Damasceno, Araújo e Silva (2018)

O tipo de água a ser tratada pode ser tanto de reservatórios ou cisternas, como de barreiros. Os barreiros, são locais em que muitas vezes se armazena água no sertão e a qualidade dessa é barrenta, como o próprio nome sugere. O processo com o mandacaru é bastante simples e eficaz, não precisando necessariamente de uma miniestação de tratamento. Para o tratamento simplificado, só é preciso de um cerne de mandacaru (2g), uma faca ou objeto cortante, um recipiente limpo e a água a ser tratada (COSTA, 2017; DAMASCENO; ARAÚJO; SILVA, 2018).

Segundo Costa (2017) a depender do tempo de armazenamento da água do barreiro o processo pode ser de dois tipos. O primeiro deles é o que possui pouco tempo de armazenamento (até dois anos). Os passos do procedimento são descritos a seguir:

- Coloca-se um litro dessa água contaminada em uma garrafa PET ou em um recipiente plástico transparente;
- Corta-se um cerne o Mandacaru (2g) em forma de cubo fazendo cortes na vertical e horizontal para que haja uma maior exposição da pectina com a água contaminada (como mostra na Figura 43);

Figura 43: Cerne de mandacaru



Fonte: G1 (2017)

- Feito isso, mexe com um bastão ou uma colher a água (como mostra na Figura 44) com o cerne do mandacaru durante 10 minutos. Nesse período, irá ocorrer a pectina irá reagir com os resíduos presentes formando grãos que irão decantar para o fundo do recipiente;

Figura 44: Água do barreiro com o cerne do mandacaru sendo misturada com um bastão



Fonte: G1, 2017

- Espera-se ocorrer a floculação durante 5 minutos (Figura 45);

Figura 45: Água do barreiro tratada após a utilização do cerne do mandacaru



Fonte: G1, 2017

- Por fim, deve-se realizar a desinfecção com hipoclorito de sódio como descrito no item 5.2.1.2;

O segundo tipo diz respeito a uma água que possui uma alta quantidade de matéria orgânica, ou seja, que tem uma pior qualidade, é mais escura e é mais barrenta. O processo é semelhante ao descrito anteriormente, a diferença é que para esse tipo de água barrenta deve-se utilizar, além do Mandacaru o hidróxido de cal que é a cal hidratada branca (COSTA, 2017).

Assim, basta apenas quando for adicionar o cerne do mandacaru na mesma proporção (2g de mandacaru para um litro de água), adicionar também 2g de cal

hidratada. Em seguida, mexe-se com um bastão a cal com o cerne do mandacaru com cubo e a água durante 10 minutos. Por fim, deixa-se que a cal e a pectina reajam com os resíduos e ocorra a floculação. Logo após esse procedimento, faz-se a desinfecção química (descrita no item). Após esses procedimentos a água antiga do barreiro estará pronta para a utilização (COSTA, 2017).

5.2.4.5 Tratamento com Bambu

Segundo Sabesp (2015) as bactérias *Pseudomas* presentes no bambu podem gerar uma limpeza em esgotos, removendo cerca de 95% da carga poluidora. Isso acontece pelo fato das bactérias serem decompositoras, portanto elas consomem a carga poluidora formada pela matéria orgânica transformando-as em gases (como mostra na Figura 46). Nesse sentido, também existe viabilidade em utilizar o bambu em água a ser tratada. Há aproveitamento de mais de 90% da água tratada, visto que no tratamento além da ação das bactérias, as impurezas ficam retidas nas paredes internas do bambu, ou seja, ocorre a filtração. Para o método pode-se utilizar tanto água vinda da chuva como de mananciais (SABESP, 2015).

Figura 46: Formação de gases devido o contato das bactérias presentes no bambu com a água residuária



Fonte: Hilman e Allem (2017)

De acordo com Hilman e Allem (2017), o processo com o bambu é simples e prático. Apenas com o contato da água com as paredes internas do bambu, é possível realizar o tratamento. Um exemplo prático foi a limpeza de água afluyente do rio Antas/SC - poluído com o despejo de esgoto (Figura 47).

Figura 47: Afluente do Rio Antas em Santa Catarina



Fonte: HILMAN e ALLEM (2017)

Ainda de acordo com Hilman e Allem (2017), é necessário para o procedimento o bambu, um recipiente para colocá-lo, uma torneira, e a água a ser tratada. As etapas são simples:

- Coleta-se a água a ser tratada. A Figura 48 mostra a amostra de água do rio Antas;

Figura 48: Amostra de água do rio Antas/SC



Fonte: Hilman e Allem (2017)

- Corta-se o bambu em colmos (espaçados cerca de 10cm) para que a água entre em contato com as paredes externas;
- Em um recipiente limpo (de preferência transparente) e coloca-se uma torneira na parte inferior do recipiente para que saia a água tratada. A Figura 49 mostra o recipiente com uma torneira do tipo "bidim" que foi usado para o tratamento do rio Antas.

Figura 49: Recipiente para o experimento. Retirada de água após 1 hora.



Fonte: Hilman e Allem (2017)

- Coloca-se a água a ser tratada dentro do recipiente junto com os colmos do bambu. Deixa-se agir durante 1 hora. Nesse intervalo de tempo as bactérias *Pseudomonas* presentes no bambu irão consumir a carga poluidoras presentes na água, além das impurezas ficarem retidas nas paredes internas dos colmos. Em seguida, é nítida a redução da turbidez presente na água (Figura 50). Para o consumo é necessário realizar a desinfecção química com cloro como é descrito no item.

Figura 50: Amostra de água residuária após 1 hora de tratamento.



Fonte: Hilman e Allem (2017)

Apesar da melhora das características físicas da água, quando se referem aos parâmetros como pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) analisados e coliformes totais, os resultados não se adequam aos valores permitidos pela resolução do Ministério da Saúde de acordo com Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017), ou seja, não são próprios para o consumo com apenas

a utilização do bambu, o que seria uma limitação. Entretanto, basta apenas realizar desinfecção química com cloro (item 5.2.1.2) que pode consumi-la (HILMAN; ALLEM, 2017). Outrossim, o que limita a utilização do mandacaru é que o mesmo é presente apenas em climas tropicais, ou seja, não pode realizar essa técnica em todos os países.

As vantagens de utilização do processo são inúmeras, visto que é simples, fácil, econômico, além de não poluir o meio ambiente e gerar menos resíduos. Ademais, o bambu pode ser utilizado também para a dessalinização da água do mar. A grande vantagem é que 97% da água do Planeta está nos oceanos, ou seja, é uma alternativa de grande importância. O método de dessalinização com o bambu apresentado por Medeiros (2014) proporciona a dessalinização da água do mar com um custo 70% menor quando comparado com os métodos já existentes. Além disso, há uma produção de menos resíduos (cerca de 250 gramas enquanto no método convencional, produz cerca de 0,5 toneladas).

As etapas para a dessalinização são as mesmas descritas anteriormente nesse item. Esse avanço traz para cidades como as de Pernambuco que possuem poços artesianos com água salobra, oportunidade de utilização da mesma de forma ecologicamente correta e de baixo custo. Ainda segundo Medeiros (2014), o método produz uma água potável, pois já foi testado em laboratórios tanto no Brasil como na Espanha e em ambos os lugares apresentaram boas respostas no quesito da salinidade, condutividade e cloretos.

5.2.5 Tratamento

O tratamento de água com filtros domésticos é muito utilizado no Brasil. Os mais comuns encontrados no comércio são os que possuem cartuchos de porcelana porosa ou materiais similares como carvão mineral. Esse material poroso tem como função a retenção da matéria em suspensão que causa turbidez na água. Já o carvão ativado tem como função a retenção de odores e sabores que possam existir na água, causados muitas vezes pelo cloro residual presente na água (MORRIS; NEWCOMBE, 1993; SERVAIS et al., 1996).

Dessa maneira, mesmo a água vinda de uma ETA é muito comum nas residências a utilização de filtros ligados a torneiras (como na Figura 51) ou filtros de porcelana/barro (Figura 52).

Figura 51: Filtro doméstico acoplado à torneira



Fonte: ACQUA (2020)

Figura 52: Modelo de filtro doméstico de porcelana



Fonte: Camicado (2021)

O filtro doméstico tem como finalidade a retenção de turbidez, do cloro residual e de bactérias, além de compostos inorgânicos que normalmente vêm na solução.

5 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido a respeito de técnicas simplificadas como forma de tratar água individual ou coletiva, para atender número reduzido de consumidores localizados em zonas rurais, isoladas ou nas periferias das zonas urbanas, e que não recebem água potável nas edificações, teve ênfase nos roteiros de utilização das técnicas, na qual pode-se concluir que houve crescimento no número de municípios brasileiros que não possuem nenhum tratamento de água, com bases em estudos realizados nos anos de 2000, 2008 e 2017 no Brasil. Nesse sentido, tem-se a importância da utilização de procedimentos simples que potabilizam a água.

Com base na descrição dos roteiros para o uso de tratamento de técnicas simplificadas foi dividida em etapas, com base na captura, armazenamento, tratamento e desinfecção. Algumas das técnicas possuem todas essas etapas supracitadas e outras apresentam algumas dessas etapas.

Destaque para as formas de desinfecção física, a exemplo da fervura, ou química, a exemplificada pela cloração, por serem técnicas práticas e viáveis economicamente. Demonstrou-se, também, como forma de captura a água da chuva e a implantação de poços artesianos, pela relação direta com o ciclo hidrológico como também reduzir os custos do consumidor. Para forma de armazenamento, buscou-se demonstrar as cisternas por ser de fácil acesso, alta disponibilidade, baixo custo de instalação e eficiência para armazenar.

Como o Brasil possui grande incidência solar, pelo fato de ser um país tropical e estar próximo a Linha do Equador, procurou-se explicar técnicas de tratamento como o SODIS e o destilador solar para a realização do tratamento residencial de água.

Observou-se também, o potencial de culturas regionais para a potabilização. A respeito disso, apresentou-se o cacto mandacaru como solução para a obtenção de água potável no sertão nordestino, devido à presença na região nordeste brasileira. Além disso, mostrou-se outras simples técnicas com coagulantes naturais que não provocam danos à saúde e são sustentáveis, além de serem viáveis para implantação das culturas no Brasil que produzam tanino vegetal, do quiabo e da moringa *oleifera*.

Por fim, mostrou-se a possibilidade de utilizar filtros domésticos para o consumo de água potável. Assim, conclui-se que com técnicas simplificadas é possível obter água

com boa qualidade e conseqüentemente diminuir o grande número de pessoas que sofrem com o déficit de água potável no Brasil.

REFERÊNCIAS:

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**. 1992. Projeto de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**. 1993. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- ACQUA. **Filtro Doméstico Acqua**. 2020. Disponível em: https://www.submarino.com.br/produto/1311537121/purificador-de-agua-torneira-filtro-acqua-bella-branca-parede-lorenzetti-7411815?pfm_carac=filtros%20de%20agua%20domesticos&pfm_index=7&pfm_page=search&pfm_pos=grid&pfm_type=search_page. Acesso em 5 de março de 2021.
- AGUIAR, A. R.; LIBARDO, K. S.; NUNES, J. D.; PEREIRA, F. A.; MECABÔ, B. C. M. **Aplicação do Tanino Vegetal no tratamento de água e Gerenciamento Integrado dos SubProdutos**. 2017. Universidade do Estado de Santana Catarina. 28º Seminário de Iniciação Científica da UDESC.
- AMAGLOH, C.; BENANG, A. Effectiveness of Moringa oleira seed as coagulant for water purification. **African Journal of Agricultura Research**, v.4, n.1, p.119-123, 2009.
- ANA. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional**. Brasília: ANA; Engecorps; Cobrape, 2010. 68 p. v.1. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso em: 25 de novembro de 2020.
- ARAÚJO, J. O; BRITO, L. T. L; CAVALCANTI, N. B. **Água de chuva armazenada em cisterna pode incrementar qualidade nutricional da dieta das famílias**. Cadernos de Agroecologia, Cruz Alta, v. 6, n. 2, dez. Fortaleza. 2011.
- ASSIS, G. B. R.; SILVA, E. M. S.; SILVA, A. C. Ensaio de desidratação do quiabo (*abelmoschus esculentus*) para uso como Floculante. In: 63º REUNIÃO ANUAL DO SBPC, Goiás. **Anais...** Goiás, Brasil, p. 1-5, 2011.
- BONA, B. O. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho-RS**. 2014, 34f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina-RS. 2014.
- BONGIOVANI, M.C., VALVERDE, K.C., BERGAMASCO, R. Utilização do processo combinado coagulação/floculação/uf como processo alternativo ao tratamento convencional utilizando como coagulante a moringa *oleifera* lam. **Anais...** IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 11, p. 65-76, 2013.
- BORGHETTI, M.R.B.; BORGHETTI, J.R.; FILHO, E.F.R. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do Mercosul**. Curitiba: Fundação Roberto Marinho/Itaipu Binacional, 2004.
- BORGO, C. Tratamento De Água Com Semente De Moringa Oleífera. **Blucher Proceedings** - V Semana De Engenharia QUÍMICA UFES. 2016, p1-4.

BOUKAR, M.; HARMIM, A. 2001. Effect of climate conditions on the performance of a simple basin solar still: a comparative study. **Desalination**, v.137. Adrar, Algérie, 2001. p. 15-22.

BRANDÃO, C.C.S., MONTEIRO, P.C.G., FONSECA, B.M., ARANTES, C., Avaliação da Desinfecção Solar na Região Centro-Oeste do Brasil Usando Diferentes Organismos Indicadores de Contaminação. **XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**, ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

BRANDÃO, V.A.C. **A importância do tratamento adequado da água para eliminação de microorganismos**. 2011. 84f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Brasília, UNB, Brasília - DF, 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **1º Caderno de Pesquisa em Engenharia e Saúde Pública/Fundação Nacional da Saúde**. Brasília: Funasa, 2013. 244p.

BRASIL. **Lei nº 11.445**, Diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República. 5 de janeiro de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 36, de 19.01.90**. Dispõe sobre as normas e padrões de potabilidade de água para consumo humano. Diário Oficial, 23.01.90, Seção I. Portaria 134, de 24.09.92. Dispõe sobre o registro de produto saneante domissanitário – “água sanitária”. Diário Oficial, 28.09.92, Seção I.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5 de setembro de 2017**. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Lei nº 9.433**. Brasília, DF: Presidência da República. 8 de Janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm#:~:text=L9433&text=LEI%20N%C2%BA%209.433%2C%20DE%208%20DE%20JANEIRO%20DE%201997.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,o%20inciso%20XIX%20do%20art.&text=1%2C%20da%20Lei%20n%C2%BA%208.001,28%20de%20dezembro%20de%201989.> Acesso em 17 de março de 2021.

BRITO, K. P. **Qualidade da Água de poços artesianos das comunidades rurais Aroeiras e Pau Ferro em São José de Piranhas-PB**. 2019, 42f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso).. Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB, 2019.

CAETANO, L. C. **Tipos de Aquíferos**. 2010. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/CPRM-Divulga/Aquiferos-1377.html>. Acesso em 26 de outubro de 2020.

CAMICADO. Home Style. **Filtro Mestras do Barro 1,3 litros**. 2021. Disponível em: <https://m.camicado.com.br/p/filtro-mestras-do-barro-13-litros-home-style/-/A-100001051-br.lc?sku=100001060&gclid=Cj0KCQiAyoeCBhCTARIsAOfpKxizY65FjsT8pNER->

[pg59QvssTC3sXptFjVio1SE0kj5zRkaKkiR_rQaAtQREALw_wcB](#) . Acesso dia 5 de março de 2021.

CAMPOS, T. T. **Saiba tudo sobre como plantar bambu**. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/mao-na-massa/horta/saiba-tudo-sobre-como-plantar-bambu/> Acesso em 05 de janeiro de 2021.

CLAYTON, R. *Desalination for Water Supply*. FR/R0013, *Review of Current*. In: XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, Santa Catarina, 2015. **Anais**. Santa Catarina, Brasil, 1-52p, 2015.

CONDEVASF. Companhia do desenvolvimento do Vale do São Francisco, 2019. **Sistema de Abastecimento de Água**. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/revitalizacao/sistemas-de-abastecimento-de-agua#:~:text=O%20sistema%20de%20abastecimento%20de,os%20indiv%C3%ADduos%20que%20a%20comp%C3%B5em>. Acesso em 25 de outubro de 2020

CONCEIÇÃO, F. T.; MAZZINI, F.; MORUZZI, R. B.; NAVARRO, G. R. Influências naturais e antrópicas na qualidade da água subterrânea de poços de abastecimento público na área urbana de Marília, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 19, n. 3, jul./set. 2014.

COSTA, Andre. **Pesquisador trata água do barreiro com mandacaru**. 2017. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/pesquisador-trata-agua-de-barreiro-com-mandacaru-1.1687460> . Acesso em 17 de março de 2021.

COSTA, C.G. **Destilação Solar: aplicação no tratamento de efluentes líquidos de laboratório**. 2008. 94p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) Pós-Graduação em Química, Instituto de Química, Universidade de Brasília – UnB, Brasília, 2008.

DAMASCENO, J.R; ARAÚJO, G.T; SILVA, M.A. Miniestação de Tratamento de Água Barrenta com uso de mandacaru como coagulante natural. In: 15º CONGRESSO DE MEIO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, Poços de Caldas. **Anais**. Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil, 1-5p, 2018.

DANIEL, L. A. **Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável**. Rio de Janeiro: Rima, ABES, 2001. 155 p.

DAVET, A. **Estudo Fitoquímico e biológico do cacto – Cereus jamacaru de Candolle, Cactaceae**. 2005, 121f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

EAWAG, Aquatic Receach. **Desinfecção Solar da Água Guia de Aplicação**. Instituto Federal Suíço de Ciência e Tecnologia Aquática, 2013.

ECYCLE. **Cisterna: entenda como funciona e quais os seus benefícios**. 2020. Disponível em: www.ecycle.com.br Acesso em 3 de março de 2021.

EOS. **O que é e como funciona um Sistema de Abastecimento de Água.** 2019. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-de-abastecimento-de-agua/>. Acesso em 26 de outubro de 2020.

FARIA, E. V.; ALVES, I. F. B.; ARAUJO, B. S. A.; BONTEMPO, L. H. S.; LIMA, M. N.; OLIVEIRA, L. C. C. B. Desenvolvimento e construção de um destilador solar para dessalinização de água salgada em diferentes concentrações de sais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS, São Carlos – SP. **Anais...** São Carlos, Brasil, 2015.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL-FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM. 2008. ISBN 9788574990613.

FENDRICH, R. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana.** 2002, 67f . Tese (Doutorado em Geologia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2002.

FERREIRA JUNIOR, O. A. Saneamento Ambiental e Qualidade de Vida. 2017 Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5458:oms-2-1-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-agua-potavel-em-casa-e-mais-do-dobro-nao-dispoem-de-saneamento-seguro&Itemid=839 Acesso em: 22 de outubro de 2020.

FERREIRA, E. P., BRITO, L. T. de L., CAVALCANTI, N. de B., NETO ROLIM, F. C. Production cisterns to improve the quality of life in the semiarid of the pernambuco state. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), vol. 10, nº 4 , p. 13 - 19, out-dez, 2015.

FREITAS, F. G.; BANDEIRA, A. C. **Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento.** Relatório de pesquisa produzido para o Instituto Trata Brasil e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: CEBDS, 2014

FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **3º Caderno de Pesquisa em Engenharia de Saúde Pública.** Brasília, Distrito Federal, 2017.

G1, Notícias. **Mandacaru é utilizado para purificar água de barreiros no interior do Ceará.** G1,2017. Disponível em: <http://g1.globo.com/ceara/cetv-1dicao/videos/v/mandacaru-e-usado-para-purificar-agua-de-barreiras-no-interior-do-ceara/5586440/> . Acesso em 20 de dezembro de 2020.

GARRIDO, J. L. 2007. **Cereus jamacaru.** Disponível em: <https://www.suculentas.com/> . Acesso em: 20 de dezembro de 2020

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia.** 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662005000100016&script=sci_arttext . Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

GIMENIS, J. M. **Avaliação da atividade antioxidante, fotoprotetora e antiglicante dos extratos das folhas e flores de moringa oleífera**. 2005, 60f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências e Letras de Assis – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005.

GRAL, **Americanas. Produto Almofariz com Pistilo**. 2020. Disponível em: <<https://www.americanas.com.br/produto/44595559/gral-almofariz-com-pistilo-em-porcelana-100ml-diametro-92mm-unilab>>. Acesso em 3 de março de 2021.

GROTT, S.C.; HARTMANN, B.; SILVA FILHO, H. H.; FRANCO, R.M.B. GOULART, J.A.G. **Deteção de cistos de Giardia spp. e oocistos de Cryptosporidium spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, SC, Brasil**. Rev. Ambient. Água. 2016; 11(3): 689-701.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/> . Acesso em: 26 de outubro de 2020.

GUSMÃO, A, L, de S. **Uso dos taninos no tratamento de água para o abastecimento**. 2014, 38f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para o consumo humano**. Editora UFMG, Volume 2, 2010.

HILMAN, B. O; ALLEM, P. M. Estudo de Tratamento de Água Residuária com meio de suporte de Bambu. **UNESC**, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 1-25p, 2017. Disponível em: < <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/5548/1/BeatrizHillman.pdf>>. Acesso em 05 de janeiro de 2021.

HYRATA, R. **O que é um poço artesiano**. São Paulo, Set. 2002. Disponível em: <https://super.abril.com.br/historia/o-que-e-um-poco-artesiano/> . Acesso em 15 de março de 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Gestão Municipal de Saneamento Básico. Abastecimento de Água**. Tabela 39. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=9077&t=resultados>> Acessado em 17 de fevereiro de 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil- IBGE Cidades**. 2020. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>> . Acesso em 5 de março de 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Pesquisa. **Mortalidade infantil cai no Brasil, mas segue longe de padrão desenvolvido**. Novembro, 2019. Disponível em: <https://valor.globo.com/brasil/noticia/2019/11/28/ibge-mortalidade-infantil-cai-no->

[brasil-mas-segue-longo-de-padrao-desenvolvido.ghtml](#) . Acesso em 22 de outubro de 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. **Gestão Municipal de Saneamento Básico. Abastecimento de Água**. Tabela 60. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?edicao=28244&t=resultados> Acessado em 17 de fevereiro de 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **O que é Saneamento?**. 2010. Disponível em <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em 25 de outubro de 2020.

JGF Bombas. **Poço artesiano ou semi artesiano ou poço caipira** 2020. Disponível em: <https://jgfbombas.com.br/poco-artesiano-ou-semi-artesiano-ou-poco-caipira/> Acesso em 4 de março de 2021.

KOCHE, J. C. **Fundamentos da Metodologia Científica**. Teoria da Ciência Iniciação Científica. 2011.

LEITE, W. U. **Destilação Solar para Fins de Dessalinização: Aplicação de Materiais Alternativos e Tecnológicos para a Produção mais Eficiente de Água Potável**. 2019. 115 f. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Natal/RN, Brasil.

LENZ, GF; ZARA, RF; THOMAZINI, MH. Study of the efficiency of natural polymer extracted Mandacaru cactus (*Cereus jamacaru*) as coagulation and flocculation aids for water treatment. In: SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE SYSTEMS, PROCEEDINGS, Toledo. **Anais**, Toledo, Brasil, 1-5p, 2011.

LIMA JUNIOR, R. N e ABREU, F. O. M. Produtos Naturais Utilizados como Coagulantes e Floculantes para Tratamento de Águas: Uma Revisão sobre Benefícios e Potencialidades. 2018. **Rev. Virtual Quim**, 10 (3), 709-735, 2018.

LIMA, G. J. A. **Uso do polímero natural do quiabo utilizado como auxiliar de floculação e filtração no tratamento de água e esgoto**. 2007, 154f. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, Rio de Janeiro-RJ, 2007.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO de, M. A. P. M.; JANSEN, J. G; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.

MANO, R. S. **Captação residencial de água de chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema**. 2004, 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na Modalidade Acadêmica), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MARINHO, F. J. L; UCHOA, T. R.; LEITE, S. F.; AGUIAR, R.L.; NASCIMENTO, A. S. 2015. Dessalinizador Solar associado a coletor de águas de chuvas para fornecer água

potável. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.20, 2015, p. 68-82.

MEDEIROS, D. **Pesquisador de SC inventa método com bambu para tornar água potável**. G1, 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/07/pesquisador-de-sc-inventa-metodo-com-bambu-para-tornar-agua-potavel.html>>. Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

MEYER, S. T. Chlorine Use in Water Disinfection, Trihalomethane Formation, and Potential Risks to Public Health. **Cad. Saúde Públ.**, Rio de Janeiro, 10 (1): 99-110, Jan/Mar, 1994.

MIMURA, A. M. S.; SALES, J. R. C.; PINHEIRO, P. C. Atividades experimentais simples envolvendo adsorção sobre carvão. **Revista Química Nova Escola**, Vol. 32, N° 1, fevereiro, 2010.

MONTEIRO, P. C. G. ; Peron, I . Avaliação da tratabilidade da água através do uso da desinfecção solar. In: III SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA LIMPA – ABES, 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, Brasil , 1-5p, 2009.

MORRIS, G.; NEWCOMBE, G. J. *Colloid and Interface. Science* 1993. 159, 413.

MOURA, M. H. G.; BUENO, R. M.; MILANI, I. C.; COLLARES, G. L. Análise das águas dos poços artesianos do campus CAVG-UFPel. In: MOSTRA DE TRABALHOS DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, 2., 2009, Pelotas. **Anais...**Pelotas: IFSUL, 2009. p.10-12.

MULLER G.; LIMA A.; SOUZA, J. F. **Uso do quiabo como auxiliar na floculação**. em: < <https://docplayer.com.br/51042984-Uso-do-quiabo-como-auxiliar-de-floculacao.html>> Acesso em 8 de fevereiro de 2021.

OLIVEIRA, N. T., NASCIMENTO, K. P., GONÇALVES, B. de O., de LIMA, F. C., de COSTA, A. L. N. Tratamento de água com moringa eleífera como coagulante/floculante natural. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes: FAEMA**, v. 9, n. 1, jan./jun., 2018.

OMS. Organização Mundial da Saúde. 2014. **Para cada dólar investido em água e saneamento , economiza-se 4,3 dólares em saúde global**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/#:~:text=OMS%3A%20Para%20cada%20d%C3%B3lar%20investido,em%20sa%C3%BAde%20global%20%E2%80%93%20ONU%20Brasil>>. Acesso em 10 de setembro de 2020.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul**. 2010, 77f. Monografia de Conclusão de Curso. Graduação em Química Industrial. Centro Universitário Univates. Lajeado, Brasil, 2010.

PATNER. **Estação elevatória de água**. 2019. Engenharia e Gerenciamento LTDA. Disponível em: < <https://www.partnerenge.com.br/estacao-elevatoria-de-agua/> > Acesso em 17 de fevereiro de 2021.

PEREIRA, T.I.O; MEIRA, L.D.A.S. SOUSA, M.E.A. Uso da Mucilagem do Quiabo como agente floculante no tratamento da água do Rio Amazonas. In: XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA EXTRATIVA, Belo Horizonte-MG. **Anais...** Belo Horizonte, Brasil, 1-8p, 2019.

Q1AMBIENTAL, Tratamento de Água com Ozônio. **Tudo sobre Hipoclorito de Sódio**. 2017. Disponível em: <https://q1a.com.br/saiba-tudo-sobre-o-cloro-liquido-hipoclorito-de-sodio-ozonio-para-piscina/#:~:text=Outras%20desvantagens%20s%C3%A3o%3A,com%20as%20impurezas%20da%20%C3%A1gua> . Acesso em 22 de fevereiro de 2021

RANGEL, J. **Plantas que filtram o ar em ambientes internos**. 2015. Disponível em: <https://sustentarqui.com.br/plantas-que-filtram-o-ar-nasa/> . Acesso em: 05 de janeiro de 2021.

ROCHA, B. C. C. M., REIS, R. P. A., ARAÚJO, J. V. G. Evaluation of treatment system of rainwater collected in asbestos cement roofing using filtration and disinfection by UV and chlorine. **Revisit Eletronic of Engennier Civil**, nº 3, 1-7p, 2011.

ROCHA, J.P.; LOPES, A. POÇOS ARTESIANOS: uma reflexão na perspectiva da sustentabilidade. **Revista multidisciplinar**, 1-7p, 2015.

RURAL CENTRO. **Novo sistema de tratamento de efluentes ecológicos usa bambu como filtro**. 2013. Disponível em: <http://ruralcentro.uol.com.br/analises/novo-sistema-de-tratamento-de-efluentes-ecologico-usa-bambu-como-filtro-3947>. Acesso em: 05 de janeiro de 2021

SÁ, L. F., MOTTA, M, JUCÁ, J. F. *Tratament of landfill leachate using a solar distiller*. Article in *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* · March 2012.

SABESP. **Micro-organismos no tratamento dos esgotos**. 2015. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/> . Acesso em 5 de março de 2021.

SÁNCHEZ-MARTÍN, J. GONZÁLEZ-VEL ASCO, M., BELTRÁN-HEREDIA, J. *Surface water treatment with tannin-based coagulants from Quebracho (Schinopsis balansae)*. **Chemical Engineering Journal**, v. 165, n. 3, p. 851-858, 12/15/2010.

SANTOS, W. N. de A; SANTOS, D. de G.; MICHELAN, D. C. de G. S; BATISTA, I. F. Avaliação do uso dos coagulantes sulfato de alumínio e de Tanino vegetal em parâmetros de tratamento de água para abastecimento humano. **Rede - Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, V. 14, n 1, p. 23 - 34. 2020.

SENAR, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Saúde e Saneamento rural. **Cartilha número 226**. Brasília, 2019.

SERVAIS, P.; BILLEN, G.; VENTRESQUE, C.; BABLAB, G. P., J. *Am. Water Works Association* 1996, 83, 62.

SILVA, E.M.S.; SILVA, A.C.; RIBEIRO, A.S.; CRUZ, S.H. Uso do quiabo (*Abelmoschus Esculentus*) como floculante na desestabilização de emulsões óleo/água. In: XXV ENCONTRO NACIONAL DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS E METALURGIA ESTRATIVA & VIII MEETING OF THE SOUTHEN HEMISPHERE ON MINERAL TECHNOLOGY, Goiânia. **Anais...** Goiânia, Brasil, 1-8p, 2013.

SILVA, F. J. A; MATOS, J. E. X. Sobre dispersões de Moringa oleífera para tratamento de água. **Revista Tecnologia**, v.29, n.2, p.157-163, 2008.

SILVA, M. J. M. **Desinfecção de Água utilizando Energia Solar (SODIS): Inativação e Recrescimento Bacteriano**. 2004, 81f. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SKORONSKIL, E; NIERO, B.; FERNANDES, M.; ALVES, M. V.; TREVISAN, V. Study of the application of tannin in the treatment of drinking water from the Tubarão River at Tubarão, SC. **Água** vol.9 no.4 Taubaté Oct./Dec. 2014.

SODIS, Efficiency. **Covered Sky Conditions**, Technical, 2003. Disponível em: <<http://www.sodis.ch>. Acesso em 23 de fevereiro de 2021

SUS. **Cuidados com a água para o consumo humano**. Ministério da Saúde Governo Federal. Brasil, 2016.

TANAC, S. A. **Ficha de Segurança de Produto Químico do Tanfloc SG**, versão atualizada em 10/12/2012. Disponível em: [Microsoft Word - TANFLOC SG.doc \(tanac.com.br\)](#). Acesso em 3 de março de 2021.

TRABULSI, L. R. A.; ALTERTHUM, F. Microbiologia, São Paulo: Atheneu, 2008.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. Editora ABES. Janeiro, 2006.

UFPel, 2018. **Rede de Distribuição de Água**. Hugo Alexandre Soares Guedes. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/hugoguedes/files/2018/11/Aula-8-Distribui%C3%A7%C3%A3o-Parte1.pdf>. Acesso em 26 de outubro de 2020.

UNIFEST, Universidade Federal de São Paulo. **Hipoclorito de sódio: O que é e como usar o produto**. 2016. Disponível em [:https://www.minhavidacom.br/saude/materias/20634-hipoclorito-de-sodio-o-que-e-e-como-usar-o-produto](https://www.minhavidacom.br/saude/materias/20634-hipoclorito-de-sodio-o-que-e-e-como-usar-o-produto). Acesso em 25 de janeiro de 2021

VANACÔR, R. N. **Avaliação do coagulante orgânico Veta Organic utilizado em estação de tratamento de água para abastecimento**. 2005. Dissertação (Mestrado em engenharia de recursos hídricos). Programa de Pós-Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VELOSO, N. de S. L; MENDES, R. L. R; OLIVEIRA, D. R. C; COSTA, T. C. D. **Água da chuva para abastecimento na Amazônia.** Revista Movendo Ideias ISSN: 1517-199x Vol. 17, Nº 1 - janeiro a junho de 2012.

WEGELIN, M., CANONICA, S., MECHSNER, K., FLEISHMANN, T., PESARO, F., METZLER, A., Solar Water Disinfection: Scope on Process and Analysis of Radiation Experiments, Journal of Water Suply: **Research and Technology - Aqua**, v. 43, n3, p.154 – 169, 1994.

ZHAN, X. M., ZHAO, X. *Mechanism of lead adsorption from aqueous solutions using an adsorbent synthesized from natural condensed tannin*, **Water Research**, 1-37p, 2003.