

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AMBIENTAL E SANITÁRIA

**PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
TRATAMENTO DE ÁGUA APLICÁVEIS EM
COMUNIDADES RURAIS E TRADICIONAIS**

PATRÍCIA PAULLA DE OLIVEIRA

GOIÂNIA
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese

2. Nome completo do autor

Patrícia Paulla de Oliveira

3. Título do trabalho

Proposição de tecnologias de tratamento de água aplicáveis em comunidades rurais e tradicionais

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **PATRÍCIA PAULLA DE OLIVEIRA, Discente**, em 15/03/2021, às 08:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Paulo Sérgio Scalize, Coordenador**, em 17/08/2021, às 18:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1940491** e o código CRC **1CFFADE8**.

PATRÍCIA PAULLA DE OLIVEIRA

**PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIAS DE
TRATAMENTO DE ÁGUA APLICÁVEIS EM
COMUNIDADES RURAIS E TRADICIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize

GOIÂNIA
2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Oliveira, Patrícia Paula de
Proposição de tecnologias de tratamento de água aplicáveis em comunidades rurais e tradicionais [manuscrito] / Patrícia Paula de Oliveira. - 2021.
CXVI, 116 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental(EECA), , Goiânia, 2021.
Bibliografia.
Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Saneamento rural. 2. Tratamento de água. 3. Água potável. 4. Pequenas comunidades. 5. Sistemas descentralizados. I. Scalize, Paulo Sérgio, orient. II. Título.

CDU 628



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **003/2021** da sessão de Defesa de Dissertação de **Patrícia Paula de Oliveira**, que confere o título de Mestre em **Engenharia Ambiental e Sanitária**, na área de concentração em **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**.

Aos **vinte e seis dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte um**, a partir das **quatorze horas**, por meio de **videoconferência**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“Proposição de tecnologias de tratamento de água aplicáveis em comunidades rurais e tradicionais”** Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Paulo Sérgio Scalize (PPGEAS/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professora Doutora **Nolan Ribeiro Bezerra (IFG)**, membro titular externo; Professora Doutora **Luiza Carla Girard Mendes Teixeira (UFPA)**, membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Paulo Sérgio Scalize**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **vinte e seis dias do mês de fevereiro de dois mil e vinte um**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **NOLAN RIBEIRO BEZERRA, Usuário Externo**, em 24/02/2021, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Sérgio Scalize, Professor do Magistério Superior**, em 26/02/2021, às 16:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIZA CARLA GIRARD MENDES TEIXEIRA, Usuário Externo**, em 26/02/2021, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1897102** e o código CRC **7BB88C2A**.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que esteve à frente abrindo caminhos, me dando força e sabedoria.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize, pelas orientações e contribuições.

À minha família e amigos pelo apoio e incentivo.

Aos amigos e colegas de trabalho do Projeto SanRural pelo apoio e compartilhamento dos conhecimentos adquiridos em visitas técnicas nas comunidades rurais e tradicionais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Nacional da Saúde (FUNASA) através do projeto intitulado Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidades Rurais e Tradicionais de Goiás (SanRural) - TED 05, pelo apoio e suporte financeiro.

Aos Professores e membros da banca pelas enriquecedoras contribuições.

RESUMO

Dados estatísticos demonstram que grande parcela populacional, com destaque para a área rural, não possui saneamento básico, sendo desprovida de acesso a água potável segura para consumo e, em geral, pequenas comunidades possuem particularidades que inviabilizam o emprego do processo convencional de tratamento da água. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo propor tecnologias de tratamento de água, que se adequem a realidade de comunidades quilombolas rurais e tradicionais do estado de Goiás. Para isso, realizou-se revisão sistemática sobre as tecnologias de tratamento de água usualmente empregadas em pequenas comunidades; selecionou-se quatro comunidades para estudo de caso; coletou-se dados e água nas fontes e nos pontos de consumo, exclusivamente para ingestão; realizou-se análise da qualidade da água e disponibilidade hídrica; e, elaborou-se diagnóstico situacional de cada comunidade. A proposição das tecnologias foi baseada nos critérios técnicos eficiência e eficácia, fundamentado nos resultados da revisão sistemática realizada e buscou-se atender as exigências da Portaria de potabilidade e recomendações das matrizes tecnológicas propostas pelo Programa Nacional de Saneamento Rural. A partir da revisão sistemática e bibliográfica, verificou-se que há mais estudos sobre tecnologias de abrangência individual e em escala de bancada. A nível individual, as tecnologias mais empregadas foram o filtro lento de areia, filtração cerâmica, fervura, *Sodis* e cloração, enquanto a nível coletivo foram os filtros compostos por meios granulares, coagulação com *moringa oleífera* ou sulfato de alumínio, o processo de adsorção principalmente com carvão ativado, além da cloração. Além disso, verificou-se a busca por processos de tratamento simples e naturais, em substituição aos químicos, o que corrobora com a sustentabilidade e, um aspecto negativo identificado foi a baixa quantidade de estudos que avaliaram a aceitação social da tecnologia, demonstrando o descaso com a participação social na escolha tecnológica. De outro lado, resultados do estudo de caso nas quatro comunidades, mostraram que em Canabrava muitos domicílios ainda não são contemplados com Sistema de Abastecimento de Água. Em Baco Pari, houve relatos de falta de água na rede de distribuição. Em nenhuma das comunidades é realizado o tratamento da água fornecida pelos sistemas coletivos, sendo esta recusada pela comunidade devido alteração organoléptica e, muitos domicílios não realizam nenhuma medida sanitária intradomiciliar, conseqüentemente, todas as amostras de água coletadas apresentaram desconformidade para os parâmetros biológicos. Destaca-se, portanto, a importância do tratamento da água e monitoramento constante de sua qualidade. Por fim, o presente trabalho cumpriu com o objetivo de propor tecnologias adequadas à realidade das pequenas comunidades com base nos critérios eficiência e eficácia, priorizando tecnologias de fácil operação e manutenção e ainda, baixo custo. Entretanto, devem ser avaliados outros aspectos, tais como aceitação social, disponibilidade financeira e mão de obra operacional local.

Palavras-chave: Saneamento rural. Tratamento de água. Água potável. Pequenas comunidades. Sistemas descentralizados.

ABSTRACT

Statistical data show that a large part of the population, with emphasis on the rural area, does not have basic sanitation, being deprived of access to safe drinking water for consumption and, in general, small communities have particularities that make it impossible to use the conventional water treatment process. In view of this, the present work aimed to propose water treatment technologies, which are adapted to the reality of rural and traditional quilombola communities in the state of Goiás. For this, a systematic review was carried out on the water treatment technologies usually used in small communities; four communities were selected for a case study; data and water were collected from sources and points of consumption, exclusively for ingestion; analysis of water quality and water availability was carried out; and, a situational diagnosis of each community was elaborated. The proposition of the technologies was based on the technical criteria of efficiency and effectiveness, based on the results of the systematic review carried out and sought to meet the requirements of potability Ordinance and recommendations of the technological matrices proposed by the National Rural Sanitation Program. From the systematic and bibliographic review, it was found that there are more studies on technologies of individual scope and on a bench scale. At the individual level, the most used technologies were the slow sand filter, ceramic filtration, boiling, Sodis and chlorination, while at the collective level were the filters composed by granular means, coagulation with oil moringa or aluminum sulfate, the adsorption process mainly with activated carbon, in addition to chlorination. In addition, there was a search for simple and natural treatment processes, replacing chemicals, which corroborates with sustainability, and a negative aspect identified was the low number of studies that evaluated the social acceptance of the technology, demonstrating the neglect with social participation in technological choice. On the other hand, results from the case study in the four communities, showed that in Canabrava many households are not yet covered by the Water Supply System. In Baco Pari, there were reports of a lack of water in the distribution network. In none of the communities is the treatment of water provided by collective systems carried out, which is rejected by the community due to organoleptic alteration, and many households do not carry out any intra-household sanitary measure, consequently, all water samples collected showed non-compliance with biological parameters. Therefore, the importance of water treatment and constant monitoring of its quality is highlighted. Finally, the present work fulfilled the objective of proposing technologies appropriate to the reality of small communities based on the criteria of efficiency and effectiveness, prioritizing technologies that are easy to operate and maintain, and yet, low cost. However, other aspects, such as social acceptance, financial availability and local operational labor, must be evaluated.

Keywords: Rural sanitation. Water treatment. Potable water. Small communities. Decentralized systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos avaliados nos estudos.....	31
Figura 2 - Processos de tratamento de água identificados na revisão sistemática nos estudos a nível individual	32
Figura 3 - Tecnologias de tratamento de água a nível individual identificadas na revisão sistemática.....	33
Figura 4 - Processos de tratamento de água identificados na revisão sistemática nos estudos a nível coletivo.....	38
Figura 5 - Tecnologias de tratamento de água a nível coletivo identificadas na revisão sistemática.....	40
Figura 6 - Localização das comunidades quilombolas rurais no estado de Goiás selecionadas no presente estudo.....	50
Figura 7 - Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Baco Pari, bem como delimitação das microbacias que atendem à comunidade	60
Figura 8 - Representação do poço tubular profundo (a), do reservatório elevado metálico (b) e do reservatório elevado de polietileno (c), pertencentes ao SAA da comunidade de Baco Pari	61
Figura 9 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Baco Pari	63
Figura 10 - Representação do caminhão pipa abastecendo uma residência (a) e dos recipientes utilizados por um morador com água proveniente do caminhão pipa (b) na comunidade de Baco Pari	63
Figura 11 - Alternativas tecnológicas coletivas propostas para o tratamento da água utilizada pela SAC em	65
Figura 12 - Recipientes de armazenamento utilizados para armazenamento de água de chuva de forma improvisada em Baco Pari.....	65
Figura 13 - Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Baco Pari.....	67
Figura 14 - Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Canabrava	68
Figura 15 - Representação do poço tubular profundo do SAA1 (a), SAA2 (b), SAA3 (c) e SAA4 (d) da Comunidade de Canabrava.....	70

Figura 16 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelos SAA em Canabrava	71
Figura 17 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água do rio Santa Maria em Canabrava	73
Figura 18 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água das SAI, poço tubular profundo e cisterna de água de chuva, em Canabrava.....	75
Figura 19 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água da SAI, manancial de serra, em Canabrava.....	75
Figura 20 - Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Extrema	77
Figura 21 - Representação do poço tubular profundo (a) e do reservatório elevado (b) pertencentes ao SAA da Comunidade de Extrema.....	78
Figura 22 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Extrema.....	79
Figura 23 - Cisterna de água de chuva implantada em domicílio na comunidade de Extrema	80
Figura 24 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Extrema.....	81
Figura 25 - Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Quilombo do Magalhães	83
Figura 26 - Representação do poço tubular profundo (a) e do reservatório elevado (b) pertencentes ao SAA da Comunidade de Quilombo do Magalhães	84
Figura 27 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Quilombo do Magalhães.....	85
Figura 28 - Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água do rio Paranã ou do rio Cajueiro em Quilombo do Magalhães.....	87
Figura 29 - Estrutura de captação de água instalada no Rio Paranã e utilizada para abastecimento de um domicílio.....	87
Figura 30 - Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, ribeirão Paranã, em Quilombo do Magalhães	88
Figura 31- Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Quilombo do Magalhães	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eficiência de tecnologias de tratamento de água a nível individual	36
Tabela 2 - Uso regular e percepção social sobre as tecnologias de tratamento de água a nível individual	37
Tabela 3 - Eficiência de tecnologias de tratamento de água a nível coletivo	42
Tabela 4 - Uso regular e percepção social sobre as tecnologias de tratamento de água a nível coletivo.....	43
Tabela 5 - Comunidades abastecidas por SAA e percentual de domicílios com rejeição à água fornecida.....	49
Tabela 6 - Comunidades quilombolas rurais analisadas no presente estudo	50
Tabela 7 - Variáveis de qualidade da água e método de análise.....	53
Tabela 8 – Padrões de qualidade das classes de águas doces superficiais pela Resolução CONAMA n° 357	56
Tabela 9 - Valores máximos permitidos para abastecimento para consumo humano das águas subterrâneas pela Resolução CONAMA n° 396.....	56
Tabela 10 - Valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação n° 5 de 2017 (Anexo XX).....	57
Tabela 11 - Valores limites aceitáveis pela população, identificados na literatura, em função da qualidade organoléptica da água	58
Tabela 12 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água distribuída pelo SAA em Baco Pari, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017b).....	62
Tabela 13 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da SAC, por caminhão pipa, em Baco Pari, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017b).....	64
Tabela 14 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água dos poços tubulares profundos dos SAA em Canabrava, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017b).....	70
Tabela 15 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Santa Maria, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017b)	72

Tabela 16 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água das SAI em Canabrava, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b)	74
Tabela 17 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água captada e distribuída do SAA em Extrema, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b)	78
Tabela 18 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do SAI, água de chuva, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b)	80
Tabela 19 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água distribuída do SAA em Quilombo do Magalhães, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b)	84
Tabela 20 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Santa Maria, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).....	86
Tabela 21 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da SAI, ribeirão Paranã, em Quilombo do Magalhães, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).....	88
Tabela 22 - Eficácia das tecnologias de tratamento de água a nível coletivo	90
Tabela 23 - Características técnicas e econômica de alternativas tecnológicas propostas a nível coletivo	92
Tabela 24 – Eficácia das tecnologias de tratamento de água a nível individual	93
Tabela 25 - Características técnicas e econômica das alternativas tecnológicas sugeridas as SAI	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC1	Atividade de campo 1
AC2	Atividade de campo 2
ACH	Água de chuva
AD	Adsorção
AM	Articulador municipal
ANA	Agência Nacional de Águas
AR	Aeração
ARG+VD	Filtro com argila e vidro triturado
AV	Adubo verde
BC	Filtro com bloco de concreto poroso
BMQS	Bentonita Modificada com Quitosana-Surfactante
BMS	Bentonita Modificada com Surfactante
BQ	Bentonita natural e quitosana
BSF	<i>Biosand filter</i> – Filtro lento de areia
Ca(OH) ₂	Hidróxido de cálcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CAG	Filtro com Carvão Ativado Granular
CAP	Carvão Ativado em Pó
CERHi	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CF	Cloreto férrico
CFS	Coagulação, floculação, sedimentação
Cl	Cloro
CnF	Coagulação natural, floculação
CnFS	Coagulação natural, floculação, sedimentação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP	Cloreto de Polialumínio
CPC	Coletor parabólico composto
Cq	Coagulação química
CqFS	Coagulação química, floculação, sedimentação
CS	Carbonato de sódio
CT	Coliformes totais
CTT	Coliformes termotolerantes
CuO	Óxido de cobre
CVC	Cinza volante de carvão
DD	Dendrímeros de poli (amidoamina) modificados com sais de amônio
DF	Desinfecção
Div	Diversos
DS	Destilação solar
EC	<i>Escherichia coli</i>
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EF	<i>Streptococcus fecalis</i>
EL	Eletrólise
EP	Esponja de poliuretano
ESC	Escória
FA	Filtro de Areia
FAN	Filtro de Areia para nitrificação biológica
FAT	Filtro com atapulgite granulada carbonizada

FC	Filtro de cascalho
Fe	Ferro
FG	Filtro grosseiro
FiME	Filtração em múltiplas etapas
FL	Filtro Lento de Areia
FM	Filtração em margem
FMP	Filtro de malha plástica
FT	Filtração em tecido
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
FV	Fervura
GG	<i>Goma de guar</i>
GS	Filtro com geotêxtil sintético não tecido
H ₂ O	Água
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
HC	Hipoclorito de cálcio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
JC	<i>Jatropha curcas</i>
LA	Laterita
LAnA	Laboratório de Análises de Água
LI	Limonita
LIG	Lignito
MaS	<i>Maerua subcordata</i>
MC	Mobilizador Comunitário
MF	Microfiltração
MgO	Óxido de magnésio
MI	Microfibra
Mn	Manganês
MO	<i>Moringa oleifera</i>
MS	<i>Moringa stenopetala</i>
NA	Não se aplica
NC	Nanotubo de carbono
NI	Não identificado
NP(Ag)	Nanopartículas de prata
NR	Não realizada
O	Ozônio
O ₂	Oxigênio
OH	Hidroxila
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OR	Osmose reversa
PA	<i>Parkinsona aculeata</i>
PC	Pote cerâmico
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PET	Poli tereftalato de Etila
PF	Papel filtro
pH	Potencial hidrogeniônico
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico

PNPCT	Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
POA	Processo Oxidativo Avançado
PP	Permanganato de potássio
PVC	Policloreto de vinila
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i> / Espécies reativas de oxigênio
S	Sedimentação
SA	Sulfato de Alumínio
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SAC	Solução Alternativa Coletiva
SAI	Solução Alternativa Individual
SanRural	Saneamento e saúde ambiental rural
SD	Sulfato duplo de alumínio e potássio
SF	Sulfato férrico
SI	Sem Informação
Sodis	Solar Disinfection / Desinfecção solar
SSF	<i>Slow sand filter</i> – Filtro lento de areia
ST	Sintética
SUB	Manancial subterrâneo
SUP	Manancial superficial
TA	Tanino
TI	Troca iônica
TiO ₂	Dióxido de titânio
TJ	Tijolos
TS	Tecnologias Sociais
UF	Ultrafiltração
UFG	Universidade Federal de Goiás
UV	Ultravioleta
VC	Vela cerâmica
VMP	Valor máximo permitido
VU	<i>Vigna unguiculata</i>
WHO	<i>World Health Organization</i>
Ze	Zeólita

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	22
OBJETIVO GERAL.....	25
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
CAPÍTULO 1 – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA APLICÁVEIS EM PEQUENAS COMUNIDADES	27
1.1 INTRODUÇÃO	27
1.2 METODOLOGIA	28
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
1.3.1 Revisão Sistemática	30
1.3.1.1 Tecnologias a nível individual	32
1.3.1.2 Tecnologias a nível coletivo	38
1.4 CONCLUSÕES.....	43
CAPÍTULO 2 – DIAGNÓSTICO SITUACIONAL E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA COMUNIDADES QUILOMBOLAS RURAIS E TRADICIONAIS DO ESTADO DE GOIÁS	45
2.1 INTRODUÇÃO	45
2.2 METODOLOGIA	47
2.2.1 Área de estudo.....	48
2.2.2 Coleta de dados	51
2.2.2.1 Instrumento de coleta	51
2.2.2.2 Definição do número de domicílios visitados.....	51
2.2.2.3 Levantamento de dados em campo	52
2.2.2.4 Análise de água	52
2.2.2.5 Disponibilidade hídrica	53
2.2.2.6 Tratamento dos dados obtidos.....	54
2.2.3 Definição das tecnologias aplicáveis nas comunidades	54
2.2.3.1 Seleção das tecnologias existentes na literatura.....	54
2.2.3.2 Fontes de água utilizadas na comunidade	54
2.2.3.3 Disponibilidade hídrica	54
2.2.3.4 Aceitação da água pela comunidade	55
2.2.3.5 Proposição da tecnologia baseado em padrões de potabilidade da água	55

2.3 RESULTADOS	59
2.3.1 Baco Pari	59
2.3.1.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente	61
2.3.1.2 Solução Alternativa Coletiva (SAC) existente	63
2.3.1.3 Solução Alternativa Individual existente.....	65
2.3.2 Canabrava	67
2.3.2.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente	69
2.3.2.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente.....	73
2.3.3 Extrema.....	76
2.3.3.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente	77
2.3.3.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente.....	79
2.3.4 Quilombo do Magalhães.....	81
2.3.4.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente	83
2.3.4.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente.....	87
2.3.5 Aplicação de alternativas coletivas de tratamento de água	90
2.3.6 Aplicação de alternativas individuais de tratamento de água.....	93
2.4 CONCLUSÕES	97
CONCLUSÕES FINAIS	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

INTRODUÇÃO GERAL

No cenário internacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) vem assegurando o acesso à água e ao esgotamento sanitário como direito humano (ONU, 2010). No Brasil, a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007b) define saneamento básico como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Esta mesma lei estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e representa um grande marco e avanço para o setor. Outro avanço é o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), elaborado em consonância com a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007b), que amplia o conceito de acesso adequado aos serviços de saneamento para além da infraestrutura instalada, levando-se em consideração elementos relativos à qualidade e à continuidade do acesso (BRASIL, 2018b).

O Plansab reconhece a importância das medidas estruturantes associadas as medidas estruturais para garantir a sustentabilidade das ações e serviços. Nessa perspectiva, o programa Sustentar, lançado pela Funasa, em consonância com o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), se propõe a orientar e apoiar as intervenções realizadas nos territórios rurais pela própria instituição, pelos municípios e/ou comunidades incentivando e promovendo o desenvolvimento de ações de gestão e educação em saúde ambiental em conjunto com as obras (BRASIL, 2018b).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), considera como área rural de um município, aquela externa ao seu perímetro urbano e que corresponda aos setores censitários rurais (IBGE, 2011). Segundo a divisão do IBGE, há 8 setores censitários, sendo o setor 1 - área urbanizada de cidade ou vila; 2 - área não urbanizada de cidade ou vila; 3- área urbana isolada; 4 - aglomerado rural de extensão urbana; 5 - aglomerado rural isolado (povoado); 6 - aglomerado rural isolado (núcleo); 7 - aglomerado rural isolado (outros); e, 8 - zona rural, exclusive aglomerado rural. Os setores 1, 2 e 3 são áreas legalmente definidas como urbanas, enquanto 4, 5, 6, 7 e 8 são áreas definidas como rurais que compreendem aglomerados rurais ou zona rural (BRASIL, 2019b). O IBGE define aglomerado rural como unidades domiciliares que conformem um conjunto de edificações adjacentes (50 m ou menos de distância entre si) com características de permanência (IBGE, 2011, p. 19).

De acordo com a divisão do IBGE, dados do censo demográfico de 2010 apontam população brasileira total de 190.755.799, em que 160.925.792 (84,4%) residem na área urbana (setores 1, 2 e 3) e 29.830.007 (15,6%) na área rural (setores 4 ao 8). Especificamente em Goiás, estima-se população total de 6.003.788 e 587.074 residentes na área rural (IBGE, 2011).

Diante do censo demográfico de 2010 do IBGE, que revelou sedes urbanas com baixa densidade populacional e reduzido número de equipamentos e serviços, o PNSR sugeriu uma nova composição do rural, defendendo que além do critério de densidade demográfica, deve ser considerada as características da vizinhança, pois representam valiosos instrumentos na identificação de áreas rurais típicas. Deste ponto de vista, para ser conceituado como setor rural, devem apresentar densidade demográfica reduzida, como também, possuir como setores vizinhos pelo menos outro setor rural (BRASIL, 2019b).

Assim, pela proposta do PNSR os setores censitários 2 e 3 foram incluídos nas áreas rurais e o setor 1 foi reclassificado em 1a e 1b, sendo 1a aqueles que se mantiveram urbanos, e, 1b considerado setor rural com densidade demográfica inferior a 605 hab/km² e contiguidade a pelo menos um setor censitário de igual característica (BRASIL, 2019b).

Os setores 1b, 2 e 4 são conceituados como aglomerações próximas do urbano; 3 – aglomerações mais adensadas isoladas; 5, 6 e 7 – aglomerações menos adensadas isoladas; e, 8 – sem aglomerações. Após esta nova composição, estima-se uma população residente em áreas rurais no Brasil igual a 39.914.415 habitantes, ou seja, 10.084.0408 habitantes a mais em relação a distribuição original do IBGE (BRASIL, 2019b).

Por outro lado, segundo a Lei Federal nº 5.172 (BRASIL, 1966), que dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional, somente é considerada área urbana aquela que possuir pelo menos dois dos seguintes incisos: I – meio-fio ou calçamento, com canalização de águas pluviais; II – abastecimento de água; III – sistemas de esgotos sanitários; IV – rede de iluminação pública, com ou sem posteamento para distribuição domiciliar; V – escola primária ou posto de saúde a uma distância máxima de 3 (três) quilômetros do imóvel considerado.

Assim, a área urbana é caracterizada em função da existência de bens e serviços de saneamento, infraestrutura, saúde e educação, em clara alusão à ausência destes em áreas rurais. Portanto, nota-se pouca atenção das políticas públicas de saneamento básico em áreas rurais.

O IBGE, na última pesquisa nacional por amostra de domicílios relativa ao ano de 2015, publicada no ano de 2016, abordou o panorama de abastecimento de água. No Brasil, na área urbana, 93,9% dos domicílios recebem água da rede geral de abastecimento e 6,1% são servidos de outra forma, enquanto na área rural 65,5% são ligados a rede geral e 34,5% servidos de outra forma. Especificamente no estado de Goiás, nota-se uma maior discrepância na área rural, com apenas 14,9% ligados a rede geral e 85,1% servidos de outra forma. As outras formas mencionadas se referem a água proveniente de poço ou nascente, carro-pipa, coleta de chuva ou outra procedência (IBGE, 2016).

Diante destes dados, percebe-se que, embora o acesso a água potável seja um direito humano assegurado pela ONU e a universalização do acesso ao saneamento básico seja um princípio fundamental instituído na Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007b), grande parcela populacional ainda não tem acesso a água potável segura, com destaque para a população residente em áreas rurais e remotas, condicionando a população a buscar por fontes alternativas de água com qualidade sanitária duvidosa (RAZZOLINI e GÜNTHER, 2008).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) desempenha papel essencial nas diretrizes de qualidade da água, as quais são utilizadas como referência global para redação das diretrizes nacionais e regionais (PANDIT; KUMAR; 2019). No Brasil, o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) estabelece requisitos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A potabilização das águas tem como função adequar a qualidade da água bruta, através de tecnologias de tratamento de água para fins de remoção de substâncias prejudiciais à saúde da população abastecida.

Devido as especificidades das áreas rurais, tais como distribuição geográfica; isolamento político e geográfico da sede municipal; área de difícil acesso; limitação financeira ou de pessoal; déficit de políticas públicas de saneamento rural e ainda, de participação e envolvimento social (BRASIL, 2019b), geralmente torna-se inviável a adoção do tratamento convencional de água, composto por coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Diante disso, há a necessidade da busca por tecnologias de tratamento mais acessíveis a pequenas comunidades, que apresentem boa eficiência, baixo custo capital e operacional, facilidade de operação e manutenção, entre outros aspectos.

A escolha da tecnologia de tratamento para alcançar a potabilidade requerida depende de alguns fatores, tais como as características da água bruta, custos, manuseio e confiabilidade dos

equipamentos, flexibilidade operacional, localização geográfica, características da comunidade, e disposição final do lodo e/ou resíduos gerados (LIBÂNIO, 2010).

Di Bernardo, Brandão e Heller (1999) ressaltam a necessidade de uma análise holística para definição de alternativas tecnológicas. Decisões não devem ser tomadas baseadas em aspectos fragmentados. A tecnologia adotada deve ser sustentável, de forma que seja operada continuamente atendendo a qualidade e quantidade necessária. Para que isto ocorra, faz-se necessário interação entre as tecnologias de tratamento, meio ambiente e comunidade.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), as ações de saneamento rural no Brasil têm sido executadas de forma fragmentada, de maneira pontual e descontínua, desconsiderando as peculiaridades culturais de cada região brasileira, resultando em descontinuidade dos serviços implementados após o fim da instalação da infraestrutura. A carência técnica e gerencial das prefeituras e a ausência de modelos de gestão com vistas à sustentabilidade das ações contribuem para o agravamento desse cenário, pois os projetos de saneamento nas áreas rurais deveriam considerar também a ativa participação das comunidades (BRASIL, 2018b).

A presente dissertação tem por objetivo propor tecnologias de tratamento de água viáveis para comunidades rurais e tradicionais do estado de Goiás, que se adequem às realidades locais e que sejam sustentáveis. A dissertação organiza-se da seguinte maneira: o Capítulo 1 - Tecnologias de tratamento de água aplicáveis em pequenas comunidades, apresenta uma revisão sistemática das tecnologias usualmente empregadas em pequenas comunidades em um cenário mundial. O Capítulo 2 - Diagnóstico situacional e proposição de tecnologias de tratamento de água para comunidades quilombolas rurais e tradicionais do estado de Goiás, apresenta os resultados de estudo de caso em comunidades quilombolas, acerca do abastecimento de água e condições intradomiciliares. Por último, são apresentadas as conclusões gerais.

OBJETIVO GERAL

Propor tecnologias de tratamento de água que se adequem à realidade de comunidades rurais e tradicionais.

Objetivos específicos

- Identificar e analisar as tecnologias de tratamento de água aplicáveis em pequenas comunidades em um cenário mundial.
- Diagnosticar as condições e formas de abastecimento de água em quatro comunidades quilombolas rurais e tradicionais do estado de Goiás e propor tecnologias de tratamento de água considerando as peculiaridades locais.

CAPÍTULO 1 – TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA APLICÁVEIS EM PEQUENAS COMUNIDADES

1.1 INTRODUÇÃO

A água contém naturalmente uma população diversificada de organismos vivos, sendo alguns inofensivos e outros prejudiciais aos seres humanos, podendo veicular várias enfermidades (BRASIL, 2006). A potabilização das águas tem como função adequar a qualidade da água bruta, através de tecnologias de tratamento de água, para fins de remoção de substâncias maleficas à saúde da população abastecida.

No Brasil (BRASIL, 2017b) e no mundo (EPA, 2009; HEALTH CANADA, 2020; NHMRC, NRMMC, 2019; WHO, 2017) são estabelecidos requisitos de controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) e a Resolução CONAMA nº 396 (BRASIL, 2008) classificam as águas em classes com base em parâmetros de qualidade da água. Cada classe requer um tipo de tratamento para que seja liberada para consumo humano, que varia desde uma simples desinfecção até tratamento convencional. Libânio (2010) menciona que as delegações de tratamento levando em consideração apenas as características da água bruta, conduzem, de maneira quase invariável, para o tratamento convencional, composto por coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção.

A tecnologia convencional de tratamento de água, normalmente empregada em grandes centros urbanos, é caracterizada como: poupadora de mão de obra; escala ótima de produção e aplicáveis em escalas cada vez maiores; intensiva em insumos sintéticos e produzidos por grandes empresas; ambientalmente insustentável; sua cadência de produção é dada pelas máquinas; alienante: não utiliza a potencialidade do produtor direto; entre outros aspectos (DAGNINO, 2004).

Contudo, há particularidades no fornecimento de serviços de saneamento adequados às populações rurais ou pequenas comunidades, devido condicionantes específicos, entre eles: distribuição geográfica; isolamento político e geográfico da sede municipal; área de difícil acesso; limitação financeira ou de pessoal; déficit de políticas públicas de saneamento rural e ainda, de participação e envolvimento social (BRASIL, 2019b).

Diante disso, surgem as tecnologias sociais que vêm sendo disseminadas desde a década de 70, porém conhecidas como Tecnologias Apropriadas. Estas eram utilizadas para solucionar problemas locais, de forma simples, com baixo custo, com vistas a geração de renda ou melhorias na saúde e no ambiente. O termo Tecnologia Social (TS), surge no Brasil na década 80, como um aperfeiçoamento das Tecnologias Apropriadas, considerando o contexto de países em que eram criadas e não dos países de primeiro mundo, considerando o desenvolvimento sustentável e o envolvimento das comunidades locais (SEBRAE, 2017).

“Essas soluções tecnológicas são construídas por nossas comunidades, organizações e movimentos sociais a partir das próprias experiências, das próprias realidades em seus locais de vida e de trabalho” (WEISS, 2009, p. 165). Pena (2010, p. 46) complementa: “são soluções que agregam processos de aprendizagem e trocas coletivas, autogestão solidária e de construção social das próprias tecnologias”.

A TS é caracterizada como adaptada a pequeno tamanho físico e financeiro; liberadora de potencial e da criatividade do produtor interno; capaz de viabilizar economicamente os empreendimentos autogestionários e as pequenas empresas (DAGNINO, 2004).

Neste contexto, realizou-se uma revisão sistemática que teve como objetivo identificar, classificar e analisar as tecnologias de tratamento de água com potencial em pequenas comunidades.

1.2 METODOLOGIA

O presente trabalho seguiu as etapas apresentadas por Snyder (2019). Realizou-se a pesquisa na base de busca *Web of Science*, baseada na junção dos termos: “tratamento de água” ou “*water treatment*” e “pequenas comunidades” ou “*small communities*” ou rural. As palavras adotadas foram examinadas no título, resumo e palavras-chave das publicações. A busca não foi restringida em nenhum dos aspectos: espaço físico e temporal, área e tipo de documento.

Os critérios de seleção das publicações relevantes foram (i) apresentar alguma tecnologia de tratamento de água destinada ao consumo humano aplicável em pequenas comunidades e (ii) demonstrar a eficiência da tecnologia fundamentada na remoção de parâmetros físicos e/ou químicos e/ou biológicos. Foram excluídos documentos repetidos e inadequados ao tema, que não atendiam ao critério estabelecido.

Em seguida, os dados dos estudos foram tabulados utilizando o editor de planilhas Microsoft Excel, o qual também foi utilizado para realização dos cálculos e geração de gráficos. Foram coletadas as seguintes informações: escala de teste do estudo (bancada, piloto ou real), processos de tratamento de água, nível de abrangência da tecnologia (individual ou coletivo) e fonte de água utilizada (manancial superficial, manancial subterrâneo, água de chuva ou água sintética).

Contudo, em algumas publicações havia avaliação em mais de uma escala de teste e/ou análises de processos distintos de tratamento, podendo estes pertencerem ou não ao mesmo nível de abrangência, e/ou avaliação de mais de uma fonte de água, logo, dividiu-se estes estudos de maneira que cada um abordasse somente um único processo tecnológico, nível de abrangência, fonte de água e escala de teste. Posteriormente, averiguou-se os parâmetros de potabilidade da água avaliados, a eficiência tecnológica, o emprego de produto químico, e aceitação social.

Para a classificação nos níveis de abrangência, considerou-se tratamento a nível individual quando um único domicílio é atendido, e, a nível coletivo, quando mais de uma residência é abastecida, conhecido como sistema descentralizado de tratamento em pequena escala (COTRUVO; SOBSEY; 2009). Ressalta-se que havia estudos sobre tecnologias com potencial de serem aplicadas tanto a nível individual quanto coletivo, sendo assim, quando as publicações não direcionavam a finalidade, optou-se por enquadrá-las em ambos os níveis de abrangência.

Em relação à aceitação social, estudos avaliaram a taxa de uso regular da tecnologia e/ou percepção social. O uso regular foi avaliado através de auto relato das famílias e/ou recolhimento de sachês vazios e/ou análise da presença de cloro residual livre na água, enquanto a percepção social foi identificada através de aplicação de questionário sobre o emprego da tecnologia e qualidade da água após tratamento.

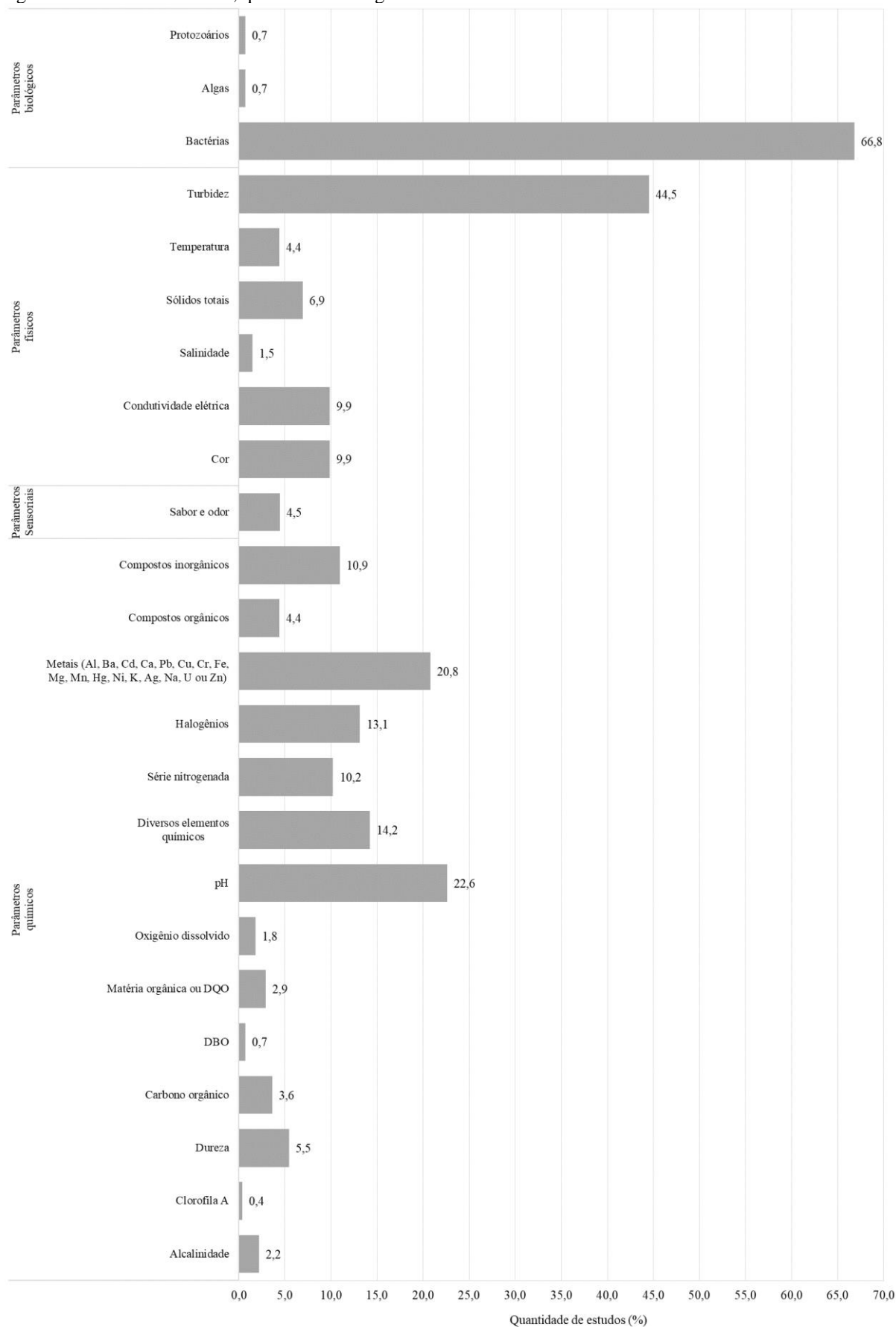
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.3.1 Revisão Sistemática

A pesquisa apresentou um total de 782 publicações, das quais apenas 136 atendiam aos critérios estabelecidos, distribuídos em 97 publicações a nível individual e 59 a nível coletivo. Os documentos selecionados se enquadraram dentro do recorte temporal de 1989-2019.

A Figura 1 apresenta os parâmetros de potabilidade da água analisados nos estudos. Nota-se, em destaque, que 66,8% dos estudos avaliaram a remoção de bactérias, em maior frequência os coliformes termotolerantes e/ou *Escherichia coli* (*E. coli*). Entre os parâmetros físicos, destacou-se a turbidez e nos químicos pH seguido dos metais, estes últimos avaliados em função de contaminação específica da região.

Figura 1 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos avaliados nos estudos.

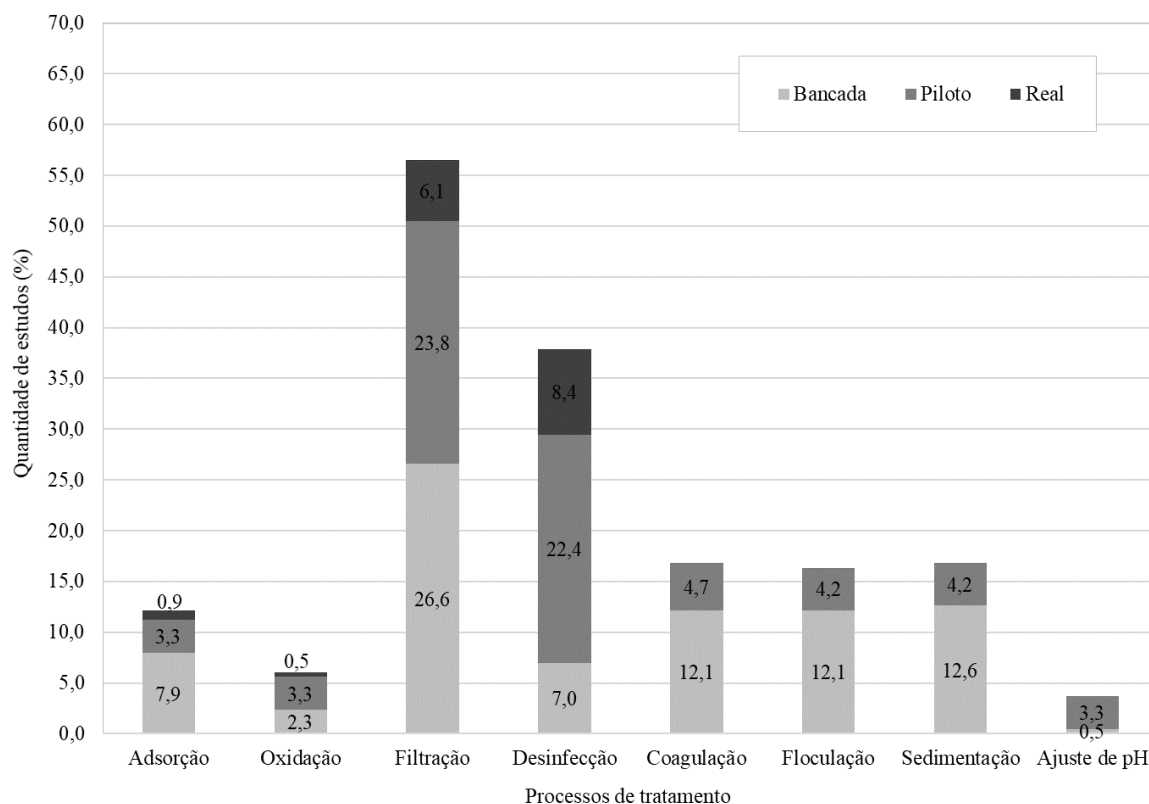


Fonte: autora.

1.3.1.1 Tecnologias a nível individual

Identificou-se 97 publicações nesta categoria, totalizando 214 sistemas de tratamento estudados, destacando que em um mesmo artigo poderiam existir mais de um tratamento. A Figura 2 apresenta os processos de tratamento de água identificados e a respectiva quantidade de estudos nos quais tal processo foi avaliado, de forma isolada ou em combinação com outros processos.

Figura 2 – Processos de tratamento de água identificados na revisão sistemática nos estudos a nível individual.

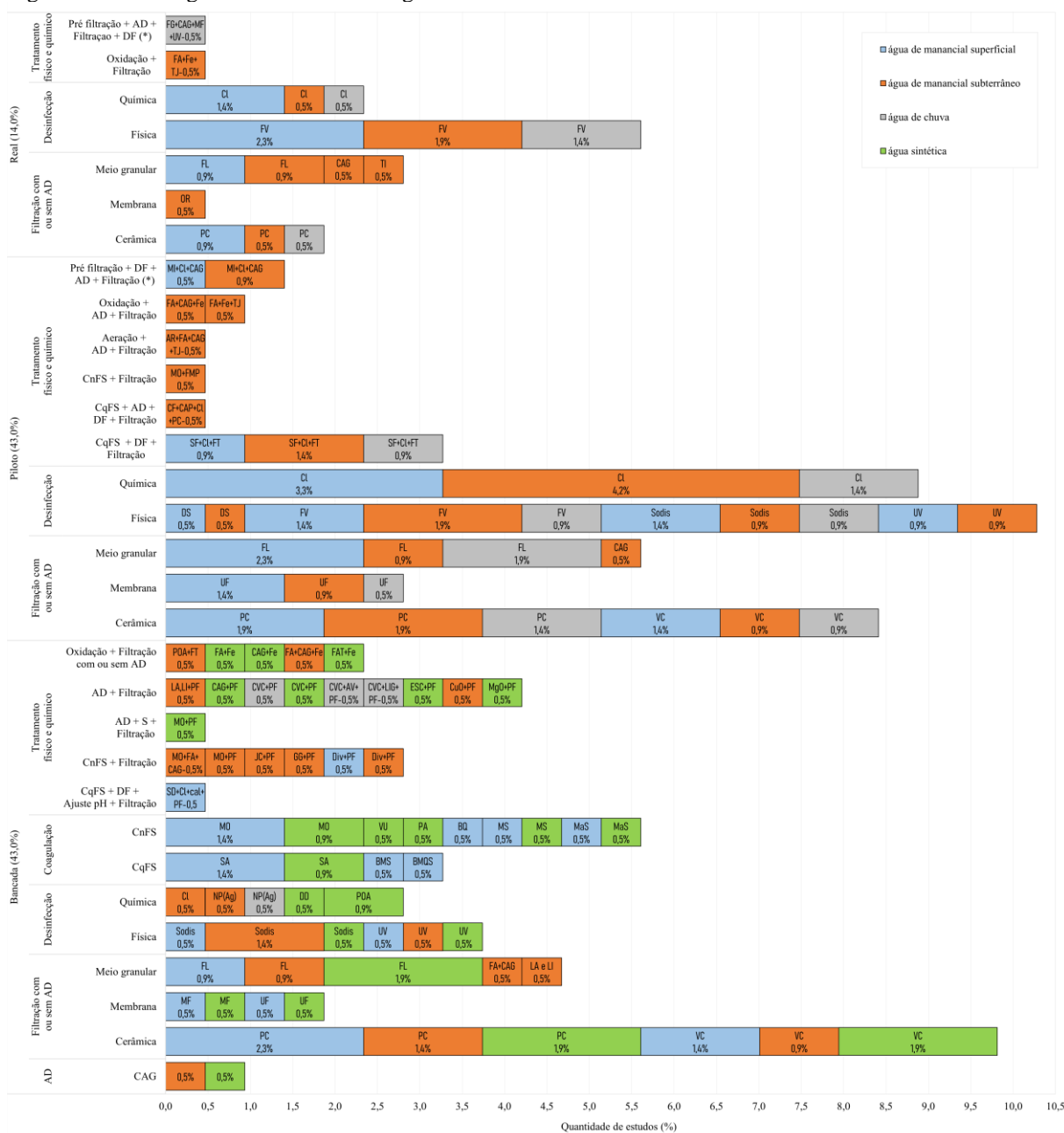


Fonte: autora.

Em geral, nota-se pela Figura 2 que a filtração foi o processo mais discutido, presente em 56,5% dos estudos. Analisando por escala de teste, nas escalas bancada e piloto a filtração permanece sendo o processo mais abordado, entretanto, em escala real predomina a desinfecção. Destaca-se também que em escala real foram avaliados somente os processos de adsorção, oxidação, filtração e desinfecção.

A Figura 3 expõe as tecnologias de tratamento de água avaliadas, agrupadas por escala de teste e fonte de água utilizada. Observa-se 43,0% estudos em escala de bancada, enquanto 43,0% em escala piloto e 14,0% em escala real. As amostras de água de manancial subterrâneo foram as mais utilizadas (35,5%), seguida de manancial superficial (34,1%), sintética (16,8%) e água de chuva (13,6%).

Figura 3 – Tecnologias de tratamento de água a nível individual identificadas na revisão sistemática.



Nota: (*)-Unidade compacta; AD – Adsorção; AR – Aeração; AV – Adubo verde; BMS – Bentonita Modificada com Surfactante; BMQS – Bentonita Modificada com Quitosana-Surfactante; BQ – Bentonita natural e quitosana; CAG – Filtro com Carvão Ativado Granular; CAP – Carvão Ativado em pó; CnFS – Coagulação natural, floculação, sedimentação; CqFS – Coagulação química, floculação, sedimentação; CI – Cloro; CF – Cloreto férrico; CuO – Óxido de cobre; CVC – Cinza volante de carvão; DF – Desinfecção; Div – Diversos; DS – Destilação solar; DD – Dendrímeros de poli (amidoamina) modificados com sais de amônio; ESC – Escória; FA – Filtro de Areia; FAT – Filtro com atapulgitte granulada carbonizada; Fe – Ferro; FG – Filtro grosseiro; FL – Filtro Lento de Areia; FMP – Filtro de malha plástica; FT – Filtração em tecido; FV – Fervura; GG - *Goma de guar*; JC - *Jatropha curcas*; LA – Laterita; LI – Limonita; LIG – Lignito; MaS - *Maerua subcordata*; MF – Microfiltração; MgO – Óxido de magnésio; MI – Microfibra; MO – *Moringa oleífera*; MS – *Moringa stenopetala*; NP(Ag) – Nanopartículas de prata; OR – Osmose Reversa; PF – Papel filtro; PA - *Parkinsona aculeata*; PC – Pote Cerâmico; POA – Processo Oxidativo Avançado; S – Sedimentação; SA – Sulfato de Alumínio; SD – Sulfato duplo de alumínio e potássio; SF – Sulfato férrico; TJ – Tijolos; TI – Troca iônica; UF – Ultrafiltração; VC – Vela Cerâmica; UV – Ultravioleta; VU – *Vigna unguiculata*.

Fonte: autora.

Especificamente nos testes em bancada, predominou-se os estudos com água sintética, enquanto nas escalas piloto e real foram mais frequentes estudos com água superficial e subterrânea.

Em geral, nota-se também pela Figura 3, que as tecnologias de filtração que mais se destacaram foram a filtração cerâmica (20,6%), independente da escala de teste, em pote cerâmico ou vela cerâmica seguido do filtro lento de areia (10,8%) e, alguns estudos em escala de bancada (7,5%) utilizaram o papel filtro, simulando uma tecnologia de filtração.

As demais tecnologias de filtração, tais como, filtração em membrana: microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa; e outras técnicas: filtro com carvão ativado ou filtro com camadas de areia, estes sozinhos ou combinados entre si e/ou com outros elementos: ferro e/ou tijolo; filtro com laterita e limonita, minerais com grande concentração de hidróxidos de ferro; e troca iônica, apareceram em poucos estudos, contabilizando 17,6%. Os estudos sobre combinações de meios filtrantes com ferro, tinham como objetivo avaliar a redução de arsênio através do processo de oxidação.

A filtração em tecido, por sua vez, foi abordada apenas de forma combinada com sachê contendo uma mistura de coagulante e desinfetante ou, com processo oxidativo avançado, utilizando o limão como fotossensibilizador.

Em relação à desinfecção, houve 20,1% processos físicos e 17,8% químicos. Contudo, em geral o cloro foi o desinfetante mais avaliado (12,1%) com destaque para o uso de cloro líquido, seguido de fervura (9,8%) e Sodis (5,6%). Os demais métodos de desinfecção química, tais como nanopartículas de prata; Processo Oxidativo Avançado (POA); e, dendrímeros de poli (amidoamina) modificados com sais de amônio e, desinfecção física: ultravioleta (UV) e destilação solar, contabilizaram 10,4%.

Por outro lado, os coagulantes naturais (9,3%) foram mais utilizados do que os químicos (7,5%), sendo a *Moringa oleifera* (5,1%) o coagulante natural mais frequente. Contudo, apareceram outros extratos de plantas, tais como *Vigna unguiculata*, *Parkinsona aculeata*, *Moringa stenopetala*, *Maerua subcordata*, *Jatropha curcas* e *Goma de guar*. Foi encontrado também o mineral bentonita, constituído essencialmente por argilominerais, combinado com quitosana.

De acordo com Heller e De Pádua (2006), clima quente e baixo índice pluviométrico favorecem o desenvolvimento da moringa, que não é criteriosa quanto ao tipo de solo.

Os coagulantes químicos avaliados foram sulfato de alumínio, sulfato duplo de alumínio e potássio, sulfato férrico, cloreto férrico, e bentonita modificada com surfactante ou com quitosana-surfactante.

Houve ainda, uma variedade de adsorventes avaliados (12,1%), tais como carvão ativado; laterita e limonita; cinza volante de carvão, de forma isolada ou combinada com adubo verde e lignito; escória de alto forno; *moringa oleífera*; óxido de cobre; e, óxido de magnésio e, os processos que envolveram oxidação (6,1%), recorreram à adição de ferro em meio filtrante, adição de cloro ou aeração. A aeração permite a redução de gostos e odores; redução da corrosividade; remoção de gases dissolvidos e oxidação de substâncias dissolvidas na água (BABBITT; DOLAND; CLEASBY; 1973).

Verificou-se também, em 1,9% dos estudos, avaliação de unidades compactas, nas quais vários processos ocorrem consecutivamente. Uma das unidades contava com as etapas de adsorção por carvão ativado, microfiltração e desinfecção ultravioleta (UV), e a outra unidade contava com um pré filtro de microfibras, desinfecção por cloro e filtração em carvão ativado. Além disso, averiguou-se que a maioria das tecnologias de tratamento (74,8%) não requerem produto químico, o que corrobora com a sustentabilidade.

Por fim, os resultados da sistematização apontaram como principais tecnologias ou métodos de tratamento de água a nível individual, o filtro lento de areia, filtro de pote cerâmico, filtro de vela cerâmica, fervura, Sodis e cloração. Resultados da eficiência, destes principais métodos, identificados na revisão da literatura, são apresentados na Tabela 1.

Nota-se, que no geral, os processos de filtração são efetivos na remoção dos parâmetros turbidez e cor, bem como na redução de bactérias (MWABI, MAMBA e MOMBA, 2013; PÉREZ-VIDAL *et al.*, 2016, UWIMPUHWE *et al.*, 2014). Além disso, tanto os processos de filtração, quanto os de desinfecção, não são efetivos na remoção de químicos. Por isso, na necessidade de remoção de químicos, faz-se necessário a combinação com outros processos ou meios filtrantes. Como exemplo, cita-se a filtração lenta de areia modificada com camadas de tijolo, cascalho, areia e ferro, que apresentou boa remoção dos compostos químicos arsênio, ferro e fosfato, variando de 85% a 95% (NGAI *et al.*, 2007). Nota-se também que os métodos fervura, Sodis e cloração apresentaram bons resultados, com remoções acima de 90,0% para os parâmetros coliformes termotolerantes e *E. coli*.

Taxa de uso regular e percepção da população em relação ao emprego das tecnologias são descritas na Tabela 2. A aceitação social foi avaliada em 25,70% dos estudos de abrangência a nível individual, sendo 22,0% em escala piloto e 3,70% em escala real. Nota-se que os frequentes motivos de desuso das tecnologias foram em função da operação e manutenção, custo e percepção das características organolépticas da água (aparência, sabor, odor).

Tabela 1 – Eficiência de tecnologias de tratamento de água a nível individual.

Escala	Processo	Tecnologia ou método	Fonte de água	Parâmetro avaliado	Concentração na água bruta	Remoção (%)	Referência
Real	Filtração	Filtro lento de areia	SUP	CT (UFC/100 mL)	7,0 x 10 ^{3(a)}	95,9	Uwimpuhwe <i>et al.</i> (2014)
				CTT (UFC/100 mL)	16,0 ^(a)	95,5	
Real	Filtração	Filtro lento de areia modificado (tijolo, cascalho, areia e ferro).	SUB	Arsênio (µg/L)	SI	85,0 – 90,0	Ngai <i>et al.</i> (2007)
				Ferro (mg/L)	SI	90,0 – 95,0	
				Fosfato (mg/L)	SI	80,0 – 85,0	
Piloto	Filtração	Filtro lento de areia	SUP e ACH	Turbidez (uT)	21,5 ^(a)	3,8	De Aceituno <i>et al.</i> (2012)
				CT (NMP/100 mL)	SI	61,0	
				EC (NMP/100 mL)	59,4 ^(a)	38,0	
Piloto	Filtração	Filtro lento de areia	SUP	Turbidez (uT)	47,0 ^(a)	67,0	Stauber <i>et al.</i> (2012)
				EC (NMP/100 mL)	437,0 ^(a)	97,0	
Piloto	Desinfecção	Fervura	SUB, SUP e ACH	EC (UFC/100 mL)	SI	98,5	Brown e Sobsey (2012)
Piloto	Desinfecção	<i>Sodis</i>	ACH	CTT (UFC/100 mL)	0-10000,0	74,6 – 99,7	Islam <i>et al.</i> (2015)
				EC (UFC/100 mL)	0-1000,0	89,7 – 95,0	
Piloto	Desinfecção	Cloração (Hipoclorito de sódio) Cloração (Dicloroisocianurato de sódio)	SUB e ACH	CTT (NMP/100 mL)	SI	99,4	Mohamed <i>et al.</i> (2016)
					SI	99,5	
Bancada	Filtração com ou sem AD	Filtro lento de areia	SUP, SUB e ST	Turbidez (uT)	2,2-11,9	11,0 - 93,0	Mwabi, Mamba e Momba (2013)
				Bactérias (UFC/mL)	3-6 log10	60,0 - 100,0	
		Filtro lento de areia modificado com zeólita		Turbidez (uT)	2,2-11,9	45,0 - 95,0	
		Bactérias (UFC/mL)		3-6 log10	90,0 - 100,0		
		Filtro de pote cerâmico		Turbidez (uT)	2,2-11,9	64,0 - 98,0	
		Bactérias (UFC/mL)		3-6 log10	100,0		
		Filtro de vela cerâmica		Turbidez (uT)	2,2-11,9	58,0 - 94,0	
Bactérias (UFC/mL)	3-6 log10	90,0 - 100,0					
Bancada	Filtração	Filtração em pote cerâmico	ST	Turbidez (uT)	33,6 ^(a)	98,0	Pérez-Vidal <i>et al.</i> (2016)
				Cor aparente (uC)	201 ^(a)	96,3	
		EC (UFC/100mL)		3,4 x 10 ^{5(a)}	100,0		
		Filtração em vela cerâmica (uma vela)		Turbidez (uT)	33,6 ^(a)	98,7	
		Cor aparente (uC)		201 ^(a)	96,5		
		EC (UFC/100mL)		3,4 x 10 ^{5(a)}	100,0		
		Filtração em vela cerâmica (duas velas)		Turbidez (uT)	33,6 ^(a)	98,0	
Cor aparente (uC)	201 ^(a)	96,9					
EC (UFC/100mL)	3,4 x 10 ^{5(a)}	100,0					

Nota: (a) – valor médio; (b) valor mediano; ACH – água de chuva; AD – Adsorção; CFS – coagulação, floculação, sedimentação; CT– coliformes totais; CTT – coliformes termotolerantes; EC – *E. coli*; EF - *Streptococcus fecalis*; SUB – manancial subterrâneo; SUP – manancial superficial; SI – sem informação; ST – água sintética.

Fonte: autora.

Tabela 2 – Uso regular e percepção social sobre as tecnologias de tratamento de água a nível individual.

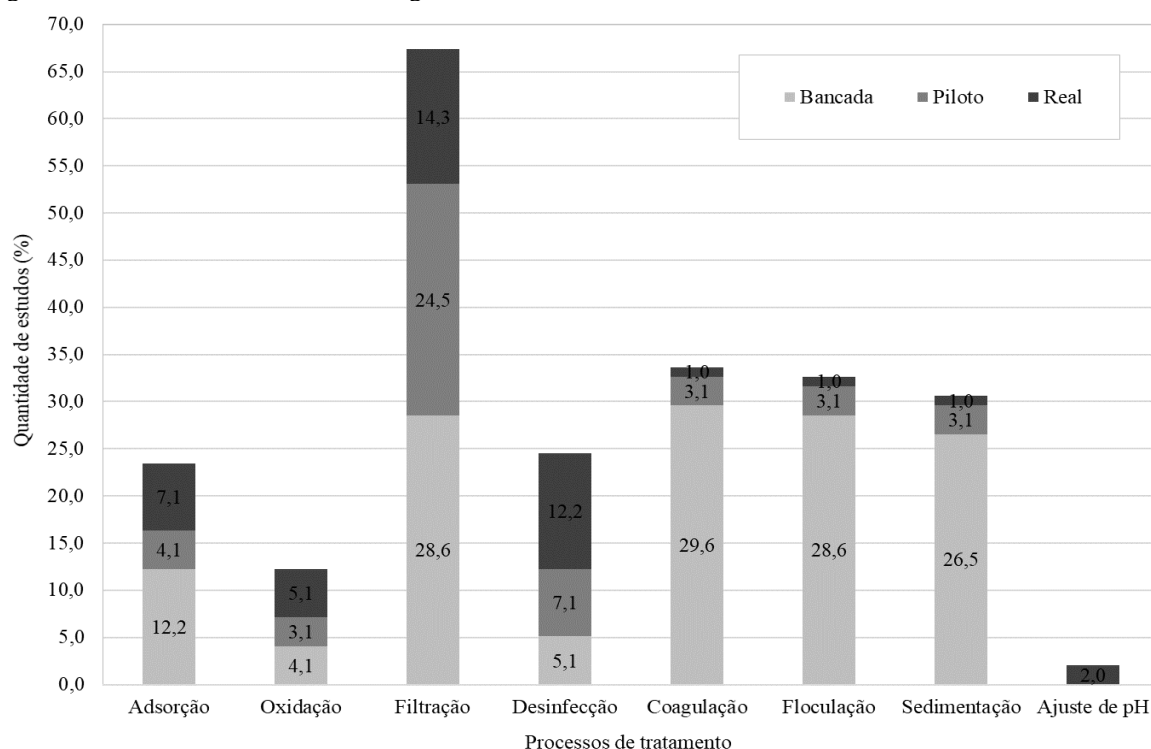
Tecnologia ou método de tratamento	Uso regular (%)	Percepção populacional sobre o uso da tecnologia	Referência
Desinfecção (<i>Sodis</i>) ⁽²⁾	90,6 ^(a)	-	Bitew <i>et al.</i> (2018)
Desinfecção (<i>Sodis</i>) ⁽²⁾	34,0 ^(a)	Relutantes sobre o tratamento (50,0%), dificuldade em tratar grande quantidade de água (39,0%) e dificuldade em gerenciar o tempo para tratamento (11,0%), mas todos apontaram facilidade e 60,0% que era barato.	Islam <i>et al.</i> (2015)
Desinfecção (<i>Sodis</i>) ⁽²⁾	SI	Alegaram água "boa": purificada pelo aquecimento com gosto de água fervida.	Mcguigan <i>et al.</i> (2011)
Desinfecção (Fervura) ⁽²⁾	31,0 ^(a)	SI	Brown e Sobsey (2012)
Desinfecção (Fervura) ⁽¹⁾	60,0 ^(a)	SI	Psutka <i>et al.</i> (2011)
Desinfecção (Fervura) ⁽¹⁾	92,0 ^(a)	SI	Rosa, Miller e Clasen (2010)
Desinfecção (Fervura) ⁽¹⁾	SI	83,0% dos entrevistados disseram que a fervura era prática, 73,0% que era fácil e 90,0% que era barata.	Sodha <i>et al.</i> (2011)
Desinfecção (Cloração) ⁽²⁾	32,0 ^(b)	SI	Boisson <i>et al.</i> (2013)
Desinfecção (Cloração) ⁽²⁾	75,0 a 77,0 ^(b)	SI	Mengistie, Berhane e Worku (2013)
Desinfecção (Cloração) ⁽²⁾	60,0 a 100,0 ^(b)	Os motivos apresentados pelo desuso foram: acreditavam que a água era segura e não precisava de tratamento e, não gostaram do sabor do hipoclorito de sódio na água.	Potgieter, Becker e Ehlers (2009)
Desinfecção (Cloração) x CFS (<i>Moringa oleífera</i>)(*) ⁽²⁾	SI	83,0% insatisfeitos e 34,0% inicialmente se recusaram a usar cloro, principalmente devido gosto e cheiro de cloro.	Firth <i>et al.</i> (2010)
Filtração lenta em areia ⁽²⁾	100,0 ^(a)	SI	Stauber <i>et al.</i> (2012)
Filtração lenta em areia ⁽¹⁾	83,0 ^(a)	90,0% relataram melhoria na aparência, sabor e odor da água, 72,0% perceberam melhora na saúde e 85,0% acharam fácil de operar e manter.	Ngai <i>et al.</i> (2007)
Filtração lenta em areia ⁽²⁾	SI	Satisfação com a facilidade de operação do filtro, redução de custos, quantidade de água tratada e odor, temperatura e gosto melhorado.	Tiwari <i>et al.</i> (2009)
Filtração lenta em areia ⁽¹⁾	77,0 ^(a)	Satisfação com a melhora do sabor da água e da saúde.	Fiore <i>et al.</i> , (2010)
Filtração (Pote cerâmico) ⁽²⁾	SI	Relataram gosto aceitável da água, que o filtro era suficiente para atender as necessidades da família e era fácil de usar.	Morris <i>et al.</i> (2018)
Filtração (Pote cerâmico) ⁽²⁾	SI	77,0% satisfeitos, 94,0% apontaram facilidade de uso e 87,0% relataram que o gosto da água tratada com o filtro de pote cerâmico é muito melhor quando comparado com outros métodos de tratamento anteriormente utilizados.	Abebe <i>et al.</i> (2014)
Filtração (Pote cerâmico) ⁽²⁾	SI	Satisfação, citando-o como fácil de usar e manter, melhorando a qualidade da água.	Kallman, Oyanedel-Craver e Smith (2011)
Filtração (Vela cerâmica) ⁽²⁾	67,0 ^(a)	Os motivos relatados pelo desuso foram: filtro quebrado (25%); falta de instrução (13%); taxa de filtração lenta (31%); entre outros motivos.	Clasen, Brown e Collin (2006)
Filtração (Membrana de ultrafiltração) ⁽²⁾	84,9 ^(a)	SI	Kirby <i>et al.</i> (2017)
Filtração (Membrana de ultrafiltração) ⁽²⁾	76,0 ^(a)	Satisfação devido à estética melhorada (88,0%), sabor (92,0%), odor (56,0%) e melhora na saúde (35,0%), porém produção lenta de água filtrada (87,0%), tamanho pequeno do recipiente (85,0%) e problemas com roedores (44,0%) que mastigavam a mangueira do filtro.	Boisson <i>et al.</i> (2010)
Desinfecção (Cloro) x CFS (Sachê contendo SF + HC) + Filtração em tecido (*) ⁽²⁾	SI	Satisfação pela melhora da qualidade da água por 100% dos usuários do sachê e 77,0% do cloro.	Crump <i>et al.</i> (2005)
Desinfecção (Cloro) x Filtração (vela cerâmica) x Desinfecção (Cloro) x CFS (Sachê contendo SF + HC) + Filtração em tecido (*) ⁽²⁾	SI	67,0% desmontou preferência pelo filtro, devido facilidade de uso. 20,0% das famílias que classificaram como menos preferidos os outros métodos, listaram odor e sabor, enquanto 27,0% dificuldade de uso, 24,0% falha na remoção da turbidez e 20,0% duração do tratamento.	Albert, Luoto e Levine (2010)

Nota: (a) – auto relato do entrevistado; (b) teste de cloro residual livre na água. (1) escala real; (2) escala piloto; (*) comparação entre métodos de tratamento; CFS - coagulação, floculação, sedimentação; SF – sulfato férrico; HC – hipoclorito de cálcio; SI – sem informação. Fonte: autora.

1.3.1.2 Tecnologias a nível coletivo

Identificou-se 59 publicações nesta categoria, totalizando 98 sistemas de tratamento estudados. A Figura 4 apresenta os processos de tratamento de água identificados na revisão sistemática e a respectiva quantidade de estudos nos quais tal processo foi avaliado, de forma isolada ou em combinação com outros processos.

Figura 4 – Processos de tratamento de água identificados na revisão sistemática nos estudos a nível coletivo.



Fonte: autora.

Em geral, nota-se a predominância de processos de filtração, presente em 67,3% dos estudos. Existe uma grande variedade de dispositivos filtrantes, distintos pelos meios filtrantes, taxas de filtração, entre outros aspectos. Além disso, a filtração pode ser realizada por um único filtro ou por uma sequência de filtros.

Analisando por escala de teste, nas escalas piloto e real o processo de filtração se mantém em destaque, mas em escala de bancada o processo de coagulação foi o mais discutido (33,7%), com uma pequena diferença dos processos de floculação (32,7%) e sedimentação (30,6%), todos estes quase sempre combinados.

A Figura 5 expõe as tecnologias de tratamento identificadas. Nota-se maior frequência de testes em escala de bancada representados por 55,1% dos estudos, enquanto 29,6% testes em escala

de piloto e 15,3% em escala real. De forma similar aos estudos de abrangência individual, nos testes em bancada, predominou-se estudos com água sintética, enquanto nos testes piloto e em escala real foram mais frequentes estudos com água superficial e subterrânea.

Nota-se pela Figura 5 que as tecnologias de filtração que se destacaram foram as que compreendem meios granulares, especialmente as unidades: filtro lento ou rápido de areia (10,2%); filtro com carvão ativado (4,1%), bem como, FiME: filtro lento de areia precedido de filtro de cascalho e/ou seguido de filtro com carvão ativado (12,2%).

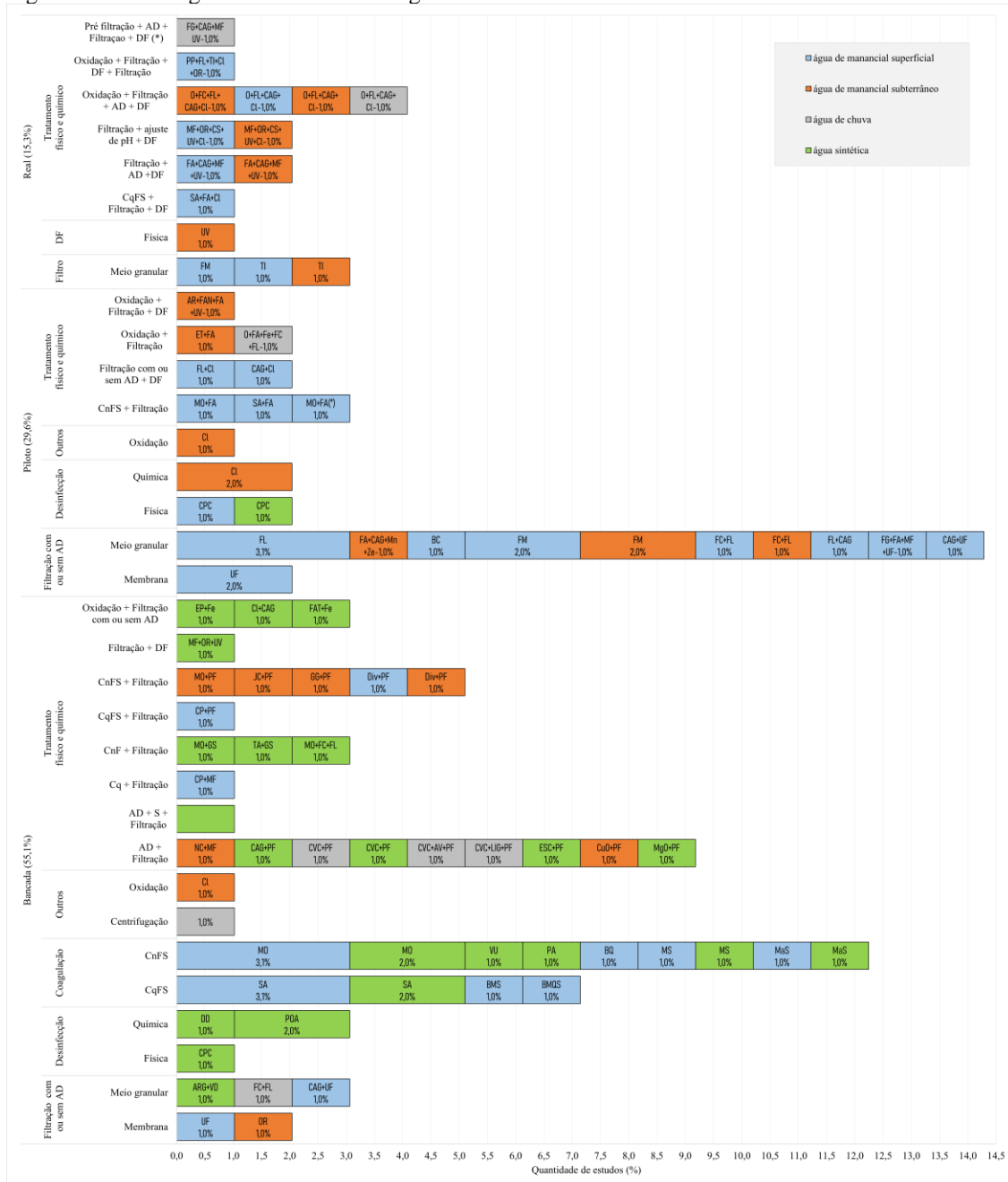
Além destes, identificou-se também, filtro com camada de argila e vidro triturado; filtro combinado com camadas de areia, carvão ativado, manganês e zeólita; filtro de bloco de concreto poroso; filtração em margem; troca iônica; filtração em membrana, representada pela microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa e outras sequências de filtros, tais como: filtro com carvão ativado seguido de microfiltração; filtro de cascalho seguido do filtro lento de areia e do filtro com carvão ativado, contabilizando em geral 40,8%.

Em relação ao processo de desinfecção, em contraste com os métodos a nível individual, predominou-se os processos químicos (15,3%), especialmente o cloro (12,2%), seguido da técnica de desinfecção ultravioleta (4,1%), mas também houve estudos sobre o coletor parabólico composto, dendrímeros de poli (amidoamina) modificados com sais de amônio e Processo Oxidativo Avançado (POA).

O Coletor Parabólico Composto (CPC) consiste em um reator estático com uma superfície refletora complexa ao redor do cilindro reator (NOGUEIRA *et al.*, 2007). Entre os processos oxidativos avançados, notou-se estudos com o ferrioxalato, complexo orgânico de ferro, conhecido por desempenhar papel importante na produção de oxidantes (CHO *et al.*, 2004). Também, foram avaliados alguns fotossensibilizadores químicos como a rosa bengala e rutênio II, e, o semicondutor dióxido de titânio.

Por outro lado, de conformidade com os resultados sobre as tecnologias a nível individual, predominou-se a coagulação natural (22,5%) representada principalmente pela *Moringa oleífera* e em segundo lugar o sulfato de alumínio. Mas, os coagulantes *Vigna unguiculata*, *Parkinsona aculeata*, *Moringa stenopetala*, *Maerua subcordata*, *Jatropha curcas*, *Goma de guar*, hipoclorito de sódio, cloreto de polialumínio, mineral bentonita combinado com outros elementos, entre outros, também foram identificados.

Figura 5 – Tecnologias de tratamento de água a nível coletivo identificadas na revisão sistemática.



Nota: (*) Unidade compacta; AD – Adsorção; AR – Aeração; ARG+VD – Filtro com argila e vidro triturado; AV – Adubo verde; BC – Filtro com bloco de concreto poroso; BMS – Bentonita Modificada com Surfactante; BMQS – Bentonita Modificada com Quitosana-Surfactante; BQ – Bentonita natural e quitosana; CAG – Filtro com Carvão Ativado Granular; CnF – Coagulação natural, floculação; Cq – Coagulação química; CnFS – Coagulação natural, floculação, sedimentação; CqFS – Coagulação química, floculação, sedimentação; Cl – Cloro; CP – Cloreto de Polialumínio; CPC – Coletor parabólico composto; CS – Carbonato de sódio; CuO – Óxido de cobre; CVC – Cinza volante de carvão; DF – Desinfecção; DD – Dendrímeros de poli (amidoamina) modificados com sais de amônio; Div – Diversos; EL – Eletrólise; EP – Esponja de poliuretano; ESC – Escória; FA – Filtro de Areia; FAN – Filtro de Areia para nitrificação biológica; FAT – Filtro com atapulgite granulada carbonizada; FC – Filtro de cascalho; Fe – Ferro; FG – Filtro grosso; FL – Filtro Lento de Areia; FM – Filtração em margem; GS – Filtro com geotêxtil sintético não tecido; GG - *Goma de guar*; JC - *Jatropha curcas*; LIG – Lignito; MaS - *Maerua subcordata*; MF – Microfiltração; MgO – Óxido de magnésio; Mn – Manganês; MO – *Moringa oleífera*; MS – *Moringa stenopetala*; NC – Nanotubo de carbono; OR – Osmose Reversa; O – Ozônio; PF – Papel filtro; PA - *Parkinsona aculeata*; POA – Processo Oxidativo Avançado; PP – Permanganato de potássio; S – Sedimentação; SA – Sulfato de Alumínio; TA – Tanino; TI – Troca iônica; UF – Ultrafiltração; UV – Ultravioleta; VU – *Vigna unguiculata*; Ze – Zeólita. Fonte: autora.

Houve ainda, uma variedade de adsorventes avaliados (23,5%), tais como carvão ativado (14,3%); nanotubo de carbono; cinza volante de carvão, de forma isolada ou combinada com adubo verde e lignito; escória de alto forno; *moringa oleífera*; óxido de cobre; e, óxido de magnésio.

O carvão ativado é o mais popular adsorvente sólido e sua alta capacidade adsorptiva e versatilidade tem expandido sua aplicação (NOLL; GOUNARIS; HOU; 1992). É adotado, principalmente, para o controle dos gostos e odores decorrentes de gases dissolvidos e matéria orgânica presente na água (BABBITT; DOLAND; CLEASBY; 1973).

Estudos envolvendo o processo de oxidação (12,2%) foram representados pelas técnicas de esponja de poliuretano revestida com ferro; eletrólise; adição direta de cloro ou ozônio; e, aeração.

Por fim, observou-se que a maioria dos processos de tratamento nesta categoria (66,3%) não utilizam produto químico, o que corrobora com a sustentabilidade. A Tabela 3 apresenta resultados sobre eficiência tecnológica, identificados na literatura revisada, dos principais métodos de tratamento de água aplicados a nível coletivo: filtro lento ou rápido de areia, filtração em margem, FiME representada pelo filtro lento de areia precedido de filtro de cascalho ou seguido de filtro com carvão ativado, cloração, coagulação com *moringa oleífera* ou sulfato de alumínio e, o processo de adsorção principalmente com carvão ativado, considerando que alguns podem ser utilizados também a nível individual.

Observa-se que a filtração lenta apresenta bons resultados de remoção de cor e turbidez, porém tem algumas limitações, devido à natureza do sistema, operando com taxas lentas de filtração e com partículas de menores dimensões. Dentre as limitações pode-se citar a necessidade de a fonte de água bruta ser de alta qualidade; exigência de maiores áreas de terra quando comparado com filtros de taxa rápida; menor eficácia de operação quando exposta a temperaturas muito baixas, próximas a 0°C; entre outras (LOGSDON *et al.*, 2002). Por isso, muitos estudos optam combinar esta tecnologia com outros processos, entre eles o pré filtro de cascalho (PEREIRA *et al.*, 2012; GOTTINGER *et al.*, 2013) e, uso de ozônio e camada de carvão ativado granular (GOTTINGER *et al.*, 2011). Comumente, a ozonização atua na degradação de pesticidas e outros químicos orgânicos (WHO, 2017) e, o carvão ativado melhora o desempenho do filtro para remoção de contaminantes químicos que oferecem risco à saúde.

Tabela 3 – Eficiência de tecnologias de tratamento de água a nível coletivo.

Escala	Processo	Tecnologia ou método	Fonte de água	Parâmetro avaliado	Concentração na água bruta	Remoção (%)	Referência
Real	Oxidação + AD+ FiME+ Desinfecção	Ozônio + filtro lento de areia + filtro com carvão ativado e cloro	SUB	Turbidez (uT)	2,7 ^(a)	96,3	Gottinger <i>et al.</i> (2011)
				Amônia (mg/L)	0,53 ^(a)	75,4	
				Ferro (mg/L)	0,8 ^(a)	98,7	
				Manganês (mg/L)	0,8 ^(a)	99,9	
Real	Oxidação + AD+FiME+ Desinfecção	Ozônio + filtro lento de areia + filtro com carvão ativado e cloro	SUP	Turbidez (uT)	8,3 ^(a)	98,8	Gottinger <i>et al.</i> (2011)
				Cor verdadeira (uC)	25,0 ^(a)	69,2	
				Ferro (mg/L)	0,13 ^(a)	69,2	
				Manganês (mg/L)	0,2 ^(a)	99,9	
Piloto	Filtração	Filtração em margem	SUP e SUB	Carbonato (CO ₃)	12,8 ^(a)	95,3	Boving <i>et al.</i> (2014)
				Zinco (ppb)	SI	60,1	
				Cádmio (ppb)	SI	27,8	
				Chumbo (ppb)	SI	83,9	
				Cobre (ppb)	SI	75,5	
Piloto	Filtração	Filtração em margem	SUP e SUB	Crômio (ppb)	SI	100,0	Cady <i>et al.</i> (2013)
				EC (NMP/100mL)	SI	99,2	
Piloto	Filtração	Filtro lento de areia	SUP	Turbidez	5,0 ^(a)	76,0 – 83,0	Pizzolatti <i>et al.</i> (2010)
				Cor aparente	65,7 ^(a)	> 69,0	
				Cor verdadeira	8,7 ^(a)	< 10,0	
Piloto	Desinfecção	Clorador simplificado (Hipoclorito de cálcio)	SUB	CT (NMP/mL)	1011,2 ^(a)	100,0	Ferreira, Luz e Buss (2016)
				EC (NMP/mL)	1 – 1011,2	100,0	
Piloto	FiME	Pré filtro de cascalho + Filtro lento de areia	SUP	Turbidez (uT)	3,2 – 16,8	> 80,0	Pereira <i>et al.</i> (2012)
				Fitoplâncton	1,8x10 ⁵ - 3,9x10 ⁵	> 90,0	
Piloto	Oxidação + FiME	Ozônio + filtro de areia com ferro valência zero + filtro de cascalho + filtro lento de areia	SUB	Urânio (g/L)	23,4 ^(a)	> 80,0	Gottinger <i>et al.</i> (2013)
Bancada	Coagulação	<i>Moringa oleifera</i>	SUP	Turbidez (uT)	47,0 ^(a)	90,0	Gámez, Luna Delrisco e Cano (2015) ⁽¹⁾
		Sulfato de alumínio		Turbidez (uT)	47,0 ^(a)	96,0	
Bancada	Coagulação	<i>Moringa oleifera</i>	SUB	Turbidez (uT)	49,0 ^(a)	> 90,0	Pritchard <i>et al.</i> (2009) ⁽¹⁾
Bancada	AD + Filtração	Carvão ativado granular + papel filtro	ST	Arsênio (ppb)	150,0	27,0 - 92,7	Xi <i>et al.</i> (2009) ⁽¹⁾

Nota: (1) = pela falta de especificação e possibilidade de aplicação em ambos os níveis, descreveu-se os resultados nessa categoria; (a) – valor médio; AD – Adsorção; CFS – coagulação, floculação, sedimentação; CT – coliformes totais; EC – *E. coli*; EF – *Streptococcus fecalis*; FiME – filtração em múltiplas etapas; SUB – manancial subterrâneo; SUP – manancial superficial; SI – sem informação; ST – água sintética; TiO₂ - Dióxido de titânio. Fonte: autora.

A filtração em margem, por sua vez, apresenta boa remoção de indicadores de bactérias (Cady *et al.*, 2013) e também de metais (BOVING *et al.*, 2014). Contudo, o desempenho do sistema depende de vários fatores, incluindo solo e condições geológicas, bem como a qualidade da fonte de água (WHO, 2017).

Além disso, nota-se na Tabela 3 que ambos os coagulantes, natural e químico, apresentaram remoções acima de 90,0% para cor e turbidez, compatível com estudo realizado por Cangela e Benetti (2018) utilizando *Moringa oleifera* como coagulante, que apresentou remoção de 80,0% e 94,0%, respectivamente, para cor aparente e turbidez.

A Tabela 4 apresenta o percentual de domicílios que utilizaram regularmente a tecnologia a nível coletivo, bem como a percepção da população. A aceitação social foi avaliada em apenas 5,1% dos estudos a nível coletivo, sendo 2,0% em escala piloto e 3,1% em escala real.

Tabela 4 – Uso regular e percepção social sobre as tecnologias de tratamento de água a nível coletivo.

Tecnologia ou método de tratamento	Uso regular (%)	Percepção populacional sobre o uso da tecnologia	Referência
Desinfecção (clorador simplificado) ⁽²⁾	SI	Satisfação pela minimização ou eliminação de problemas relacionados ao gosto e praticidade	Ferreira, Luz e Buss (2016)
Desinfecção (Coletor parabólico composto) ⁽²⁾	SI	Satisfeitos	Gill e Price (2010)
CFS (Sulfato de alumínio) + Filtração rápida em areia + desinfecção (cloro) ⁽¹⁾	SI	Satisfeitos	Wilbers, Sebesvari e Renaud (2014)
FiME (Filtro rápido de areia + filtro com carvão ativado) + membrana de microfiltração + Desinfecção (ultravioleta) ⁽¹⁾	38,0 ^(a)	SI	Opryszko <i>et al.</i> (2013)

Nota: (a) – auto relato do entrevistado; (1) escala real; (2) escala piloto; CFS - coagulação, floculação, sedimentação; FiME – filtração em múltiplas etapas; SI – sem informação. Fonte: autora.

Nota-se que a avaliação nem sempre foi feita antes da implantação do sistema de tratamento de água, o que pode gerar a rejeição da tecnologia pela comunidade, como é o caso do estudo realizado por Opryszko *et al.* (2013), no qual avaliaram a utilização do sistema FiME (Filtro com camada de areia seguido do filtro com carvão ativado granular) acompanhado de microfiltração e de desinfecção ultravioleta.

1.4 CONCLUSÕES

O presente trabalho permitiu concluir que em geral, há mais estudos sobre tecnologias de abrangência individual e em escala de bancada e, por outro lado, uma quantidade bem inferior de estudos em escala real.

Nos testes em bancada, predominou-se estudos com água sintética, enquanto nas escalas piloto e real foram mais frequentes estudos com água de manancial superficial e subterrâneo. Além disso, houve uma quantidade bem inferior de estudos utilizando água de chuva, o que pode estar relacionado a baixa disseminação do aproveitamento desta fonte de água ou a sua melhor qualidade.

Em relação aos processos de tratamento, observou-se que, independente do nível de abrangência, individual ou coletivo, o processo de filtração foi o mais abordado. A nível individual, as tecnologias ou métodos mais empregados foram o filtro lento de areia, filtração

cerâmica, fervura, Sodis e cloração, enquanto a nível coletivo foram os filtros compostos por meios granulares, de forma isolada ou FiME, com destaque para o filtro lento ou rápido de areia, bem como, a cloração, coagulação com *moringa oleífera* ou sulfato de alumínio e, o processo de adsorção principalmente com carvão ativado.

Em relação à eficiência, todas estas tecnologias se mostram viáveis, com remoções satisfatórias e as que apresentam alguma limitação relacionada a qualidade da água ou remoção de algum contaminante específico, normalmente são combinadas com outras tecnologias.

Verificou-se também, independente da abrangência, a busca por processos naturais de tratamento, comprovado pela quantidade de estudos sobre processos de coagulação natural e desinfecção física, em substituição aos químicos, o que corrobora com a sustentabilidade.

Um aspecto negativo identificado foi a baixa quantidade de estudos que avaliaram a aceitação social (19,2%), principalmente a nível coletivo (1,6%), destacando a preocupação com a eficiência tecnológica e descaso com a mobilização social.

Além disso, entre os estudos que analisaram a aceitação da comunidade, 3,5% foram após a implantação do sistema, o que não é o ideal, haja vista o valor investido e a possibilidade de rejeição social e descontinuidade dos serviços implementados. Destaca-se, portanto, a importância do envolvimento e participação social na escolha da tecnologia de tratamento, para que o sistema seja aceito e utilizado de forma contínua.

Por fim, a pesquisa cumpriu com o objetivo de apontar as tecnologias mais avaliadas, no âmbito científico, e, possivelmente as mais empregadas em pequenas comunidades.

CAPÍTULO 2 – DIAGNÓSTICO SITUACIONAL E PROPOSIÇÃO DE TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA COMUNIDADES QUILOMBOLAS RURAIS E TRADICIONAIS DO ESTADO DE GOIÁS

2.1 INTRODUÇÃO

Os territórios rurais são marcados por uma grande diversidade humana, com diferentes formas de organização social, representados por agricultores, por povos e comunidades tradicionais, e, por indivíduos com variados perfis sócio ocupacionais, com destaque para aqueles relacionados a grandes propriedades e ao agronegócio (BRASIL, 2019b).

O Decreto nº 6.040 (BRASIL, 2007a) que institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais (PNPCT), reconhece os povos e comunidades tradicionais e os define como:

Grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007a, p. 1).

Considera-se como povos e comunidades tradicionais: indígena, quilombola, ribeirinha, ciganos, povos e comunidades de matriz africana e povos e comunidades de terreiro, extrativistas, pescadores artesanais, quebradeiras de coco babaçu, pomerano e outros (BRASIL, 2019a). A presente pesquisa engloba comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás, representadas pelos quilombolas.

O Decreto nº 4.887 (BRASIL, 2003, p. 1), considera como remanescentes das comunidades dos quilombos: “os grupos étnico-raciais, segundo critérios de auto-atribuição, com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à opressão histórica sofrida”.

É responsabilidade do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), a identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por estes grupos (BRASIL, 2003).

Embora a maioria dos quilombos encontra-se na zona rural, também ocupam áreas urbanas e peri-urbanas (BRASIL, 2019a). Para o INCRA existem mais de três mil comunidades quilombolas no Brasil (INCRA, 2020).

Em função das especificidades das áreas rurais, o PNSR adaptou a conceituação de atendimento e acesso ao abastecimento de água do Plansab. Assim, considera-se atendimento adequado:

A população que: em todos os casos, não sofra com intermitência prolongada ou racionamento e: recebe água potável da rede de distribuição, com ou sem canalização interna; recebe água potável de poço ou nascente, com canalização interna; apresenta, como solução complementar às outras fontes, a água proveniente de cisterna de captação de água de chuva, com canalização interna (BRASIL, 2019b, p. 66).

Por outro lado, atendimento precário:

A população que: recebe água da rede de distribuição, fora dos padrões de potabilidade e/ou com intermitência prolongada no fornecimento; recebe água de poço ou nascente, mas não possui canalização intradomiciliar, e/ou recebe água fora dos padrões de potabilidade e, ou, está sujeita a intermitência prolongada; utiliza água de cisterna de captação de água de chuva que forneça água sem segurança sanitária e/ou em quantidade insuficiente para a proteção à saúde; utiliza água de chafariz ou caixa abastecidos por carro pipa (BRASIL, 2019b, p. 66).

A OMS também apresenta definições quanto ao acesso à água, em função da distância e tempo decorrido e volume disponível (L/pessoa.dia). Considera-se sem acesso, a população que percorre mais de 1 km ou mais que 30 minutos em busca de água e obtém um volume aproximado de 5 L; acesso básico, quando percorre até 1 km ou por até 30 minutos e coleta aproximadamente 20 L; acesso intermediário, quando a água é fornecida através de torneiras no quintal da casa e a captação é em média de 50 L; e ótimo acesso, para abastecimento intradomiciliar entre 100 e 200 L (WHO, 2017).

O Plansab, por sua vez, para a caracterização do déficit em saneamento básico, divide a população total em população com oferta de serviço coletivo e população sem oferta de serviço coletivo. No primeiro caso, a população pode utilizar ou não o serviço. Caso utilize, este pode ser conceituado como adequado ou precário; caso não utilize ou não tenha acesso ao serviço coletivo, enquadra-se por definição na população que usa solução individual, adequada ou

precária, ou, na população sem atendimento, a qual não detém solução alguma (BRASIL, 2019c).

O PNSR constatou que as aglomerações nas áreas rurais, quanto mais consolidadas maior a quantidade de soluções coletivas. Por outro lado, quanto mais dispersa a forma de ocupação do território, refletindo em domicílios isolados, maior a presença de soluções individuais” (BRASIL, 2019b).

O abastecimento coletivo pode ser realizado por sistema de abastecimento de água (SAA) ou solução alternativa coletiva (SAC). A Portaria de Consolidação nº 5 define SAA como: “instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição” (BRASIL, 2017b, p. 432-433), e SAC como: “modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição” (BRASIL, 2017b, p. 433). Já a solução alternativa individual (SAI), por sua vez, atende uma única família, incluindo seus agregados familiares, sendo a captação subterrânea ou superficial (BRASIL, 2017b).

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar o diagnóstico das condições de saneamento básico de comunidades quilombolas rurais do estado de Goiás, bem como propor soluções tecnológicas adequadas à realidade de cada comunidade estudada.

2.2 METODOLOGIA

De acordo com Souza *et al.* (2013), uma pesquisa pode ser classificada em relação ao objeto, aos objetivos, à forma de abordagem, aos procedimentos técnicos e ao local. Assim, o presente trabalho pode ser classificado como:

- Pesquisa científica, quanto ao objeto, com a finalidade de gerar conhecimentos para solução de problemas específicos. Nesta pesquisa, o problema solucionado foi a proposição de processos de tratamento de água considerados mais adequados nas comunidades estudadas.
- Pesquisa exploratória e descritiva, quanto ao objetivo, uma vez que visa maior conhecimento do assunto através de pesquisa bibliográfica, e também, visa identificar e

descrever as características de uma determinada população ou local, através de levantamento e estudo de campo.

- Pesquisa quantitativa e qualitativa, quanto à abordagem, pois as decisões foram fundamentadas em aspectos quantitativos e qualitativos.
- Pesquisa bibliográfica, levantamento e estudo de caso, quanto aos procedimentos técnicos.
- Pesquisa de campo, quanto ao local, visto que a pesquisa ocorreu no próprio local onde o problema se manifesta, com intuito de extrair dados e informações diretamente da realidade do objeto de estudo.

2.2.1 Área de estudo

As comunidades analisadas no presente estudo foram selecionadas no âmbito do Projeto Saneamento e Saúde Ambiental em Comunidade Rurais e Tradicionais de Goiás, conhecido como projeto SanRural, concebido em 2017 em parceria firmada entre a Universidade Federal de Goiás (UFG) e a Fundação Nacional de Saúde (Funasa) sob o TED 05/2017. O projeto SanRural busca promover o conhecimento acerca das condições de saneamento e saúde ambiental em 127 comunidades rurais e tradicionais do estado de Goiás, apontando para ações de gestão e tecnologias inovadoras, almejando a sustentabilidade e a promoção de serviços em ações ambientais. As comunidades deste estudo foram selecionadas a partir das 49 comunidades que foram contempladas com o monitoramento da qualidade da água pelo projeto SanRural e, foram escolhidas em função dos seguintes critérios: i) possuir sistema de abastecimento de água; e, ii) recusa, por pelo menos metade da comunidade, em consumir água da rede de distribuição, por razões organolépticas.

A

Tabela 5 apresenta as 49 comunidades e os respectivos percentuais de domicílios abastecidos pelo SAA e de domicílios em que os moradores demonstraram rejeição à água fornecida coletivamente. Nota-se que cinco comunidades quilombolas apresentaram elevada recusa populacional ao consumo da água da rede de distribuição. Destas cinco, foram selecionadas quatro para estudo de caso, entre elas Baco Pari, Canabrava, Extrema e Quilombo do Magalhães.

Tabela 5 – Comunidades abastecidas por SAA e percentual de domicílios com rejeição à água fornecida.

Tipologia	Município de localização da comunidade	Comunidade	Domicílios abastecidos pelo SAA (%)	Domicílios com rejeição à água fornecida pelo SAA (%)
Assentamentos	Faina	Arraial das Antas	NA	
	Palmeiras de Goiás	Canudos	NA	
	Minaçu	Céu Azul	NA	
	Santa Rita do Novo Destino	Engenho da Pontinha	NA	
	Piranhas	Fortaleza	NA	
	Goianésia	Itajá II	NA	
	Silvânia	João de Deus	NA	
	Niquelândia	Julião Ribeiro	NA	
	São Miguel do Araguaia	Lageado	NA	
	Goandira	Madre Cristina	NA	
	São Luiz do Norte	Monte Moriá	NA	
	Piracanjuba	Piracanjuba	NA	
	Faina	Arraial das Antas	NA	
	Palmeiras de Goiás	Canudos	NA	
	Minaçu	Céu Azul	NA	
	Santa Rita do Novo Destino	Engenho da Pontinha	NA	
	Mineiros	Pouso Alegre	100,0	0,0
	Professor Jamil	Rochedo	NA	
	Barro Alto	Santa Fé da Laguna	NA	
	Uruaçu	São Lourenço	21,0	0,0
Silvânia	São Sebastião da Garganta	NA		
Nova Crixás	Tarumã	NA		
Ribeirinhas	Água Limpa	Arraial da Ponte	100,0	16,7
	São Miguel do Araguaia	Fio Velasco	42,9	0,0
	Britânia	Itacaiú	NA	
	Nova Crixás	Landi	NA	
	Gameleira de Goiás	Olho D'Água	NA	
	Goandira	Povoado Veríssimo	100,0	0,0
Montes Claros de Goiás	Registro do Araguaia	79,3	4,3	
Quilombolas	Faina	Água Limpa	NA	
	Silvânia	Almeidas	92,0	4,3
	Posse	Baco Pari	100,0	100,0
	Flores de Goiás	Canabrava	61,9	100,0
	Simolândia	Castelo, Retiro e Três Rios	97,1	0,0
	Mineiros	Cedro	54,8	17,6
	Cachoeira Dourada	Córrego Inhambu	85,7	0,0
	Iaciara	Extrema	100,0	91,7
	São João D'Aliança	Forte	87,0	0,0
	Colinas do Sul	José de Coletto	66,7	0,0
	Cidade Ocidental	Mesquita	65,1	17,9
	Monte Alegre de Goiás	Pelotas	NA	
	Santa Rita do Novo Destino	Pombal	79,3	21,7
	São Luiz do Norte	Porto Leocadio	NA	
	Alto Paraíso de Goiás	Povoado Moinho	100,0	7,1
	Minaçu	Povoado Vermelho	95,0	0,0
	Mimoso de Goiás	Queixo Dantas	100,0	7,1
	Nova Roma	Quilombo do Magalhães	100,0	85,7
	Niquelândia	Rafael Machado	NA	
	Barro Alto	Santo Antônio da Laguna	NA	
	Cavalcante	São Domingos	91,7	6,1
	Padre Bernardo	Sumidouro	NA	
	Campos Belos	Taquarussu	89,5	100,0
Divinópolis de Goiás	Vazante	100,0	60,0	

Nota: NA – não se aplica. Fonte: Banco de dados SanRural.

A Tabela 6 apresenta as quatro comunidades selecionadas, os respectivos municípios, quantidade de famílias e tamanho da amostra calculada para as atividades de campo 1 (AC1) e

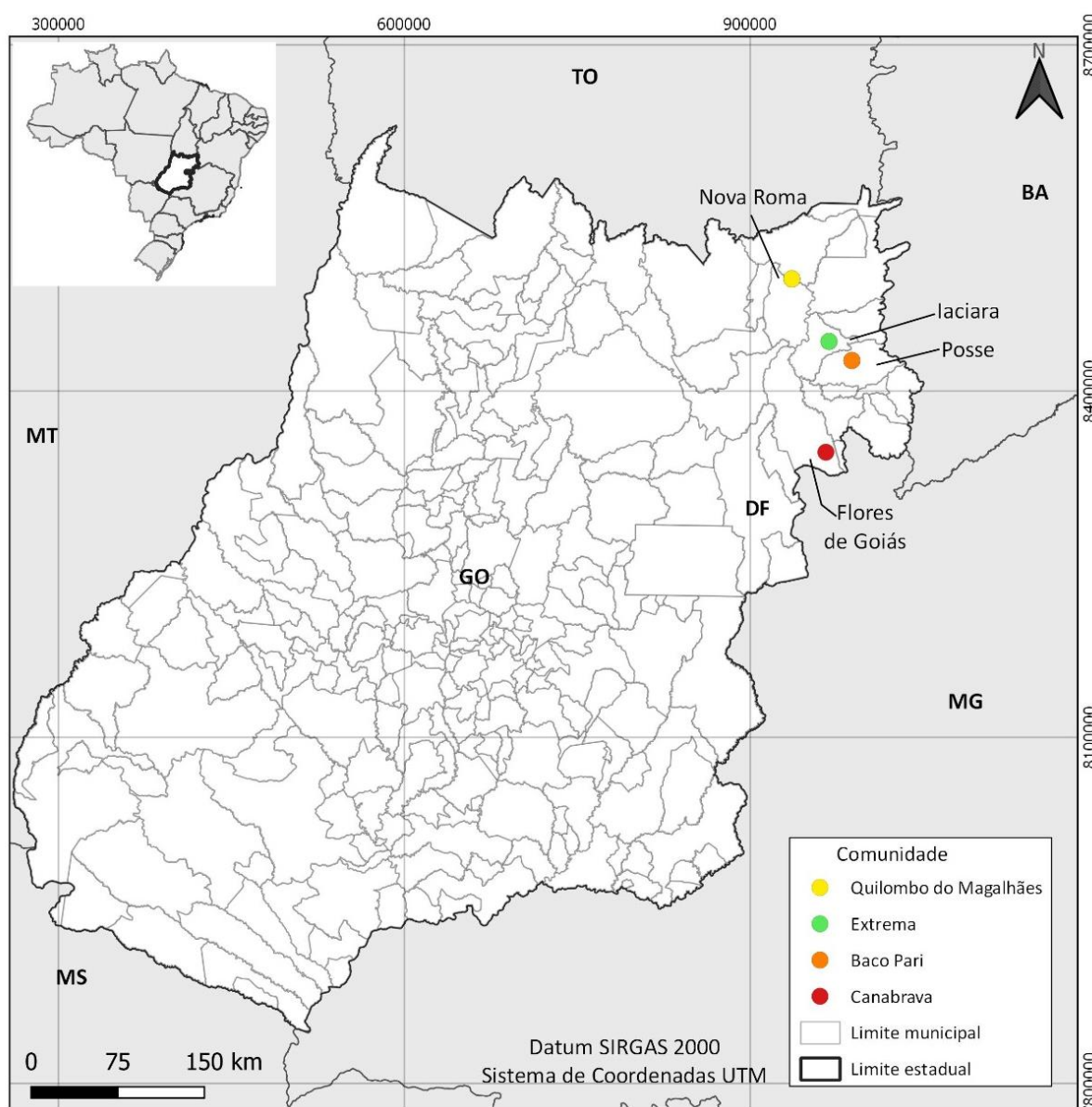
atividade de campo 2 (AC2) e a Figura 6 apresenta a localização destas comunidades no estado de Goiás.

Tabela 6 – Comunidades quilombolas rurais analisadas no presente estudo.

Município de localização da comunidade	Nome da Comunidade	Quantidade total de famílias (N)	Amostragem para AC1	Amostragem para AC2
Posse	Baco Pari	41	26	16
Flores de Goiás	Canabrava	103	42	20
Iaciara	Extrema	40	24	16
Nova Roma	Quilombo do Magalhães	9	7	7

Nota: AC1 - atividade de campo 1; AC2 – atividade de campo 2. Fonte: Banco de dados SanRural.

Figura 6 – Localização das comunidades quilombolas rurais no estado de Goiás selecionadas no presente estudo.



Fonte: autora, utilizando dados do projeto SanRural.

2.2.2 Coleta de dados

2.2.2.1 Instrumento de coleta

Os instrumentos de coletas de dados (formulários e *check-lists*) elaborado pelo projeto SanRural para investigação sobre a situação das infraestruturas de saneamento existentes, as condições intradomiciliar nas comunidades e a condições das fontes de abastecimentos durante o momento da realização da coleta de água foram utilizados neste estudo. Para aplicação dos instrumentos de coleta de dados o projeto SanRural cadastrou na Plataforma Brasil com aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFG, sob o Protocolo nº. 2.886.174/2018.

2.2.2.2 Definição do número de domicílios visitados

O número real das famílias nas comunidades selecionadas foi conseguido pelos Articuladores Municipais (AM) e Mobilizadores Comunitários (MC), pessoas de referência do município e da comunidade identificadas pelo projeto, e também, nas oficinas 1 e 2 realizadas no município e na comunidade, respectivamente (SCALIZE *et al.*, 2020a; SCALIZE *et al.*, 2020b; SCALIZE *et al.*, 2020c; SCALIZE *et al.*, 2020d).

A determinação do número de famílias a serem visitadas na atividade de campo 1 (AC1), para aplicação dos instrumentos de coleta, foi dimensionada de forma que as estimativas intervalares de proporções fossem obtidas com nível de confiança de 95% e o erro máximo das estimativas variassem de acordo com os diferentes níveis de abrangência geográfica, sendo que o menor nível de abrangência com controle de precisão das estimativas considerado é por comunidade, com margem de erro máxima de 10% e, para a totalidade de comunidades do mesmo tipo, com erro máximo de 2% (SCALIZE *et al.*, 2020a; SCALIZE *et al.*, 2020b; SCALIZE *et al.*, 2020c; SCALIZE *et al.*, 2020d).

A determinação do número de famílias para a atividade de campo 2 (AC2), coleta de água, foi realizada estatisticamente, sendo dimensionada de forma que proporcionasse um erro máximo esperado de estimativa intervalar da média de 40% do valor do desvio padrão e nível de confiança de 95% para as variáveis de qualidade da água (SCALIZE *et al.*, 2020a; SCALIZE *et al.*, 2020b; SCALIZE *et al.*, 2020c; SCALIZE *et al.*, 2020d).

2.2.2.3 Levantamento de dados em campo

A coleta dos dados iniciou-se na oficina 2 pelo projeto SanRural. Nas quatro comunidades selecionadas foram aplicados os instrumentos de coleta (AC1) entre março e abril de 2019, os quais possibilitaram o conhecimento sobre as fontes de água utilizadas para consumo, aceitabilidade social da fonte e tratamentos da água, coletivo e intradomiciliar. As coletas de amostras de água (AC2) direto das fontes de abastecimento utilizadas pela população e dos pontos de consumo foram realizadas entre setembro e outubro de 2019. Nas unidades familiares em que se alternavam as fontes de água para consumo, adotou-se como fonte principal a rede de abastecimento, quando contemplados com SAA e, nos demais, àquela de uso mais frequente. No caso de não ter água da rede disponível, coletou-se a água que estava sendo utilizada para consumo. Além disso, excepcionalmente em algumas comunidades, novas visitas técnicas foram realizadas em março de 2020 e coletou-se água dos mananciais superficiais disponíveis.

2.2.2.4 Análise de água

Os parâmetros de qualidade da água analisados foram cor aparente, turbidez, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, alcalinidade, pH, dureza total, cloreto, salinidade, nitrato, ferro, alumínio, fluoreto, fósforo, matéria orgânica, coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Análises de Água (LAnA) da Universidade Federal de Goiás, utilizando a metodologia *Standard Methods* (APHA, AWA, WEF, 2012), conforme mostra a Tabela 7, com exceção da determinação da matéria orgânica, para a qual foi utilizada a metodologia da NBR 10739 (ABNT, 1989).

Tabela 7 – Variáveis de qualidade da água e método de análise.

Variável de qualidade da água	Método
Cor aparente	2120 C
Turbidez	2130 B
Temperatura	2550 B
Condutividade elétrica	2510 B
Sólidos dissolvidos totais	2540
Alcalinidade	2320 B
pH	4500 -H+ B
Dureza total	2340 C
Cloreto	4500-Cl ⁻ B
Salinidade	2520 B
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ B
Ferro	3500-Fe B
Alumínio	3500-Al B
Fluoreto	4500-F ⁻ D
Fósforo	4500 P E
Matéria orgânica	NBR 10739
Coliformes totais	9223 B
<i>Escherichia coli</i>	9223 B
Bactérias heterotróficas	9215 B

Fonte: autora.

2.2.2.5 Disponibilidade hídrica

A análise de disponibilidade hídrica foi realizada pelo projeto SanRural a partir da delimitação das microbacias que abrangem cada comunidade por meio do *software* ArcGis e estudo hidrográfico e geológico da região. Em seguida, foi realizada uma estimativa da demanda de consumo populacional e determinada a disponibilidade hídrica superficial, subterrânea e de água de chuva. A disponibilidade de água dos mananciais foi determinada de três formas: em alguns locais por meio da regionalização da vazão; em outros através da medição da vazão *in loco* no período de estiagem e, onde não foi possível realizar a medição e nem havia informações suficientes sobre as estações fluviométricas, a disponibilidade foi estabelecida a partir das informações disponíveis no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) (GOIÁS, 2015; SCALIZE *et al.*, 2021a; SCALIZE *et al.*, 2021b; SCALIZE *et al.*, 2021c; SCALIZE *et al.*, 2021).

Para determinar a disponibilidade de água de chuva foram utilizados os dados de estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas – ANA (BRASIL, 2017c) e/ou das estações do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (BRASIL, 2020) mais próximas e averiguou-se o período de estiagem e o índice pluviométrico da região referente a um período de 12 meses anterior a mediação.

2.2.2.6 Tratamento dos dados obtidos

Todos os dados obtidos foram tabulados no programa Microsoft Excel e posteriormente iniciou-se o tratamento dos dados, por meio de análise de consistência das respostas.

2.2.3 Definição das tecnologias aplicáveis nas comunidades

Para definição das tecnologias aplicáveis nas comunidades foi inicialmente realizado um estudo para a seleção das tecnologias existentes na literatura e também diagnóstico técnico, contendo informações para proposição das tecnologias aplicáveis em cada comunidade, conforme os seguintes itens:

2.2.3.1 Seleção das tecnologias existentes na literatura

Foi realizada uma revisão sistemática, apresentada no Capítulo I do presente trabalho, para selecionar as principais tecnologias de tratamento de água com potencial em pequenas comunidades. A revisão forneceu dados sobre eficácia e eficiência, bem como aceitação social das tecnologias.

2.2.3.2 Fontes de água utilizadas na comunidade

Optou-se por propor alternativas tecnológicas apenas para as fontes de água existentes na comunidade no momento da visita, uma vez que já é conhecida a percepção da população sobre estas fontes e também, a proposição depende da coleta e análise da qualidade da água.

Adicionalmente, visando sugerir mais possibilidades, nas comunidades onde havia disponibilidade de mananciais superficiais, ainda não utilizados para abastecimento coletivo, propôs-se tecnologias de tratamento para estas fontes visando um consumo alternativo.

2.2.3.3 Disponibilidade hídrica

Nos sistemas e soluções coletivas comparou-se a disponibilidade hídrica, subterrânea e superficial, com a demanda total populacional, considerando consumo humano e pecuária, exceto rebanho bovino. A demanda para consumo humano foi estimada a partir do quantitativo de famílias e da média do número de pessoas residentes em cada comunidade, determinada pelo projeto SanRural (SCALIZE *et al.*, 2020a; SCALIZE *et al.*, 2020b; SCALIZE *et al.*, 2020c;

SCALIZE *et al.*, 2020d). considerando o valor de 145 L.dia⁻¹.habitante⁻¹ e o consumo por animal adotado foi o indicado no Manual Técnico de Outorga (GOIÁS, 2012).

Caso a fonte de água não atendesse a demanda da comunidade, uma fonte alternativa seria proposta. Além disso, utilizou os dados de disponibilidade hídrica de água de chuva para propor soluções individuais, como cisterna de água de chuva, prevendo a dimensão necessária da cisterna e a área requerida para sua implantação.

2.2.3.4 Aceitação da água pela comunidade

Água que é esteticamente inaceitável pode levar ao uso de fontes alternativas que são esteticamente mais aceitáveis, porém de qualidade duvidosa (WHO, 2017). Logo, observou-se os relatos dos moradores sobre as fontes de água utilizadas, no momento da aplicação dos instrumentos de coleta e também por meio de entrevistas por telefone, com respeito aos aspectos organolépticos, como aparência, sabor e odor.

Em casos de reclamações sobre a fonte de água, buscou-se detectar a substância presente na água responsável pela rejeição e propor tecnologias de tratamento de água capazes de melhorar sua qualidade organoléptica.

2.2.3.5 Proposição da tecnologia baseado em padrões de potabilidade da água

De acordo com a qualidade da água bruta, a água é classificada em classes e cada classe requer um tipo de tratamento para que seja liberada para abastecimento para consumo humano (BRASIL, 2005; BRASIL, 2008).

A Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), estabelece cinco classes para as águas doces superficiais, sendo elas classe especial e classe 1 até a classe 4. Manancial enquadrado na classe 4 não pode ser utilizado para fins de abastecimento para consumo humano. A Tabela 8 apresenta os padrões de qualidade para as águas estabelecidos pela Resolução referida. Destaca-se que não são estabelecidos padrões para a classe especial, pois nesta deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

De acordo com a Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005) para ser destinado ao abastecimento para consumo humano, os mananciais superficiais classificados como especial necessitam apenas de desinfecção; classe 1 requer tratamento simplificado; classe 2 requer

tratamento convencional; e, classe 3 requer tratamento convencional ou avançado. A Resolução define como tratamento simplificado processo de clarificação por meio de filtração e desinfecção e correção de pH.

Tabela 8 – Padrões de qualidade das classes de águas doces superficiais pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005.

Parâmetro	Unidades	Valores máximos permitidos para enquadramento em cada classe		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
Cor verdadeira	Pt/L	Nível de cor natural do corpo de água	75	75
Turbidez	uT	40	100	100
pH	-	6,0 a 9,0 (1)	6,0 a 9,0 (1)	6,0 a 9,0 (1)
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	500	500
Cloreto	mg/L	250	250	250
Salinidade	(‰)	0,5	0,5	0,5
Nitrato	mg/L	10	10	10
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,3	5
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,1	0,2
Fluoreto	mg/L	1,4	1,4	1,4
Fósforo	mg/L	0,02 – 0,1 (2)	0,03 - 0,05 (2)	0,05 – 0,15 (2)
Coliformes totais	NMP/100 mL	200	1000	4000

Nota: (1) faixa recomendável; (2) depende do ambiente aquático.

Fonte: BRASIL (2005).

As águas subterrâneas também são classificadas em classes pela Resolução CONAMA n° 396 (BRASIL, 2008). Contudo, esta resolução apresenta valores máximos permitidos de alguns parâmetros, independente da classe, conforme Tabela 9, para que a água seja utilizada para abastecimento para consumo humano.

Tabela 9 – Valores máximos permitidos para abastecimento para consumo humano das águas subterrâneas pela Resolução CONAMA n° 396 de 2008.

Parâmetro	Unidades	Valores máximos permitidos
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
Cloreto	mg/L	250
Nitrato	mg/L	10
Ferro	mg/L	0,3
Alumínio	mg/L	0,2
Fluoreto	mg/L	1,5
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Ausente

Fonte: BRASIL (2008).

Observa-se, no caso de mananciais superficiais (Tabela 8) que as delegações de tratamento levando em consideração apenas as características da água bruta, conduzem, de maneira quase invariável, para o tratamento convencional da água, inviável em pequenas comunidades.

Diante do exposto, para a proposição das tecnologias de tratamento de água nas comunidades quilombolas rurais, não se considerou as recomendações da Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005). Entretanto, foram utilizados os critérios técnicos eficiência e eficácia, fundamentado nos resultados da revisão sistemática, expostos no Capítulo 1 do presente

trabalho, e observou-se as exigências da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) para os sistemas e soluções coletivas e, recomendações das matrizes tecnológicas propostas pelo Programa Nacional de Saneamento Rural (BRASIL, 2019b) para as soluções coletivas e individuais.

As matrizes do PNSR foram elaboradas considerando os condicionantes ambientais, demográficos, culturais e socioeconômicos da realidade rural e baseadas em diretrizes e estratégias e os pressupostos de gestão, educação e participação social, visando garantir sustentabilidade (BRASIL, 2019b).

A Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) estabelece que a água fornecida coletivamente e destinada ao consumo humano seja submetida ao processo de desinfecção, garantindo, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado no sistema de distribuição (reservatório e/ou rede). Além disso, quando a água for proveniente de manancial superficial estabelece que seja adicionado processo de filtração.

A portaria referida determina que 95,0% das amostras de manancial subterrâneo, antes de ser submetida à desinfecção, apresentem turbidez $\leq 1,0$ uT e, no caso de manancial superficial estabelece um valor máximo permitido de 5,0 uT para turbidez no sistema de distribuição de água (reservatório e rede) e ainda, que 95,0% das amostras apresentem turbidez $\leq 0,5$ uT após filtração rápida ou $\leq 1,0$ uT após filtração lenta (BRASIL, 2017b).

Logo, os resultados de qualidade da água das comunidades foram comparados com os padrões de potabilidade do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b), apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores máximos permitidos pela Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (Anexo XX).

Parâmetro	Unidades	Valores máximos permitidos
Cor aparente	uC	15
Turbidez	uT	5
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1000
pH	-	6,0 a 9,5 (*)
Dureza total	mg/L	500
Cloreto	mg/L	250
Nitrato	mg/L	10
Ferro	mg/L	0,3
Alumínio	mg/L	0,2
Fluoreto	mg/L	1,5
Coliformes totais	NMP/100 mL	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Ausente

Nota: (*) faixa recomendável.

Fonte: BRASIL (2017b).

Ressalta-se que foi realizada apenas uma coleta de água dos mananciais superficiais, ou seja, não foi analisada a variação sazonal da qualidade da água, o que dificulta a proposição tecnológica e pode comprometer o uso de tecnologias específicas. Logo, serão sugeridas tecnologias baseadas nos dados disponíveis, porém para uma avaliação mais precisa outros parâmetros devem ser pesquisados e analisados, tais como algas e pesticidas, e deve ser avaliada a variação sazonal.

A Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b), em seu anexo XX, não estabelece um valor limite para alguns parâmetros, tais como alcalinidade, condutividade elétrica, salinidade, entre outros. Também, alguns limites estabelecidos pela portaria mencionada são questionados na literatura, como é o caso da dureza total. Segundo Libânio (2010), o valor de 500 mg/L limitado para dureza é elevado, tendo em vista que quando a água apresenta dureza maior que 100 mg/L a população tende a rejeitá-la para consumo.

Logo, para a definição de “desconformidade” para estes parâmetros, adotou-se como referência valores citados na literatura, apresentados na Tabela 11, acima dos quais é gerado gosto desagradável na água e recusa da população em consumi-la.

Tabela 11 – Valores limites aceitáveis pela população, identificados na literatura, em função da qualidade organoléptica da água.

Parâmetro	Valor de referência	Referência
Dureza total	100	Libânio (2010)
Alcalinidade (mg/L)	200	Mitra, Pal e Das (2018)
Condutividade elétrica (uS/cm)	800	Molle e Cadier (1992)
Salinidade (‰)	0,5	Brasil (2005)
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	600	Who (2017)

Fonte: autora.

Em relação à dureza da água, esta pode ser classificada em dureza temporária e dureza permanente. A dureza temporária é aquela em que o cálcio ou o magnésio encontram-se associados a carbonatos ou bicarbonatos e pode facilmente ser removida por um processo de aquecimento da água. A dureza é dita permanente quando o cálcio e o magnésio se encontram associados a sulfatos, cloretos e nitratos e a remoção é mais difícil (BLUMBERG; AZEVEDO NETTO, 1956).

O sulfato e o nitrato são íons solúveis em água, que requerem processos de tratamento específicos para serem removidos da água, tais como troca iônica, osmose reversa, eletrodialise, entre outros. No entanto, existem desvantagens associadas a estes processos, incluindo custos,

complexidades operacionais e a necessidade de descarte de resina ou rejeitos, que os tornam inviáveis, principalmente em pequenas comunidades (WHO, 2017).

Tendo em vista a complexidade e custo envolvido no tratamento de água contaminada com sulfato e nitrato, nos casos em que estes contaminantes excedem as legislações, sugeriu-se a busca por outra fonte de água não contaminada para ingestão. Contudo se a substituição da fonte não for viável, outra opção seria a diluição da água contaminada com uma fonte contendo baixo nível ou ausência destes contaminantes.

Ao final, foram apresentadas características adicionais acerca de custos, aplicação e operação/manutenção das alternativas tecnológicas propostas, uma vez que um resultado negativo destes aspectos pode ser suficiente para impedir a implantação desta tecnologia.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Baco Pari

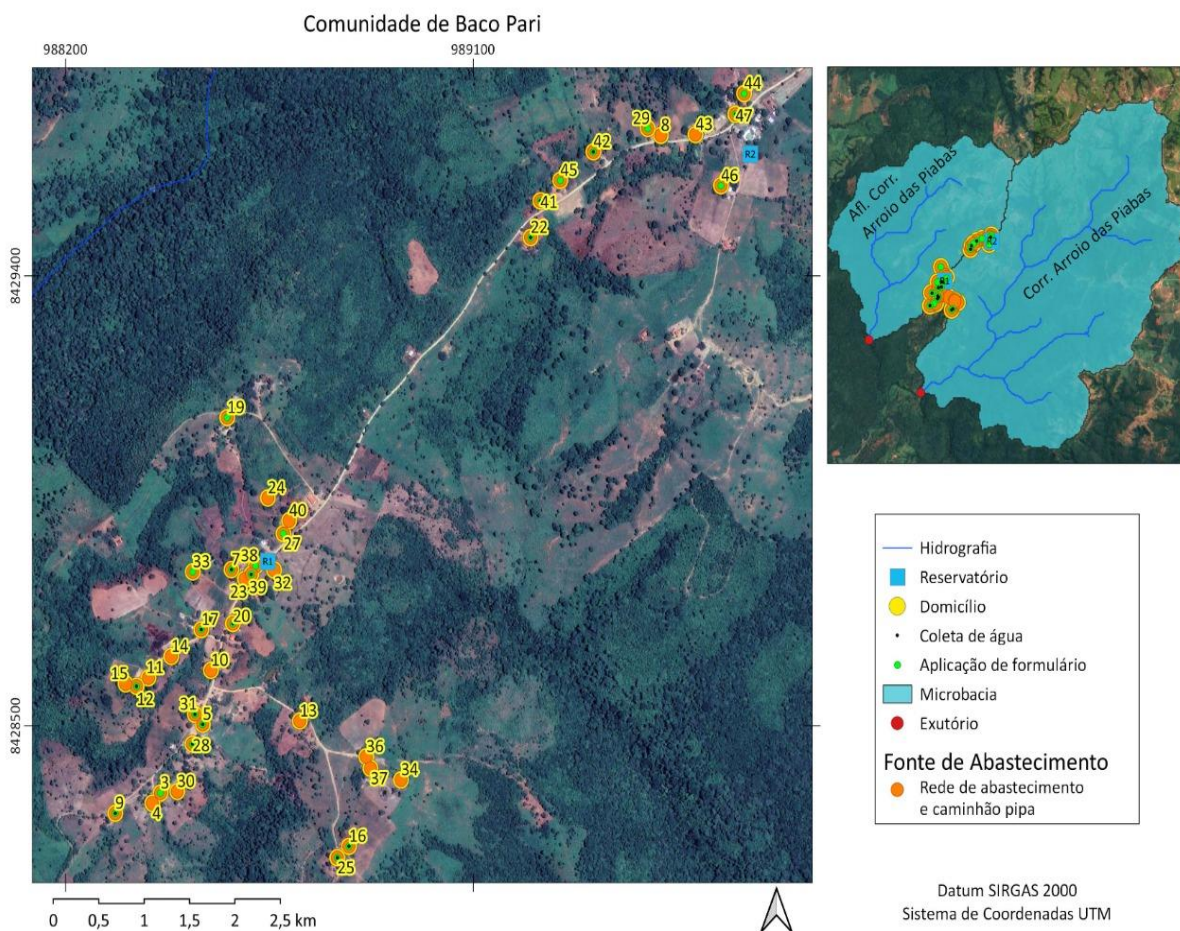
Verificou-se através de levantamento *in loco* que em Baco Pari todos os moradores são abastecidos pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA), através de captação de água em um poço tubular profundo. Contudo, houve relatos de falta de água na rede, explicado pelo fato de o abastecimento ser realizado de forma intermitente, pois o registro é aberto apenas duas vezes por semana, devido ao rodízio no abastecimento de água com o Povoado de Extrema, não sendo este estudado nesta pesquisa (SCALIZE *et al.*, 2020e).

Para suprir a demanda nos dias sem abastecimento pelo SAA, a comunidade é atendida por um caminhão-pipa da Prefeitura, caracterizando uma Solução Alternativa Coletiva (SAC), contudo a água fornecida não recebe nenhum tipo de tratamento e não tem uma frequência determinada de abastecimento, condicionando a população a buscar por outras fontes. Diante disso, os moradores improvisam e armazenam água de chuva nos recipientes disponíveis, como bombonas e caixas d'água (SCALIZE *et al.*, 2020e).

A Figura 7 expõe a distribuição espacial dos domicílios na comunidade de Baco Pari e as respectivas fontes utilizadas para consumo, a localização dos reservatórios 1 e 2, alimentados pela rede de abastecimento de água, e ainda, a delimitação das microbacias que atendem à comunidade em questão.

Para a análise de disponibilidade hídrica, delimitou-se as microbacias do Córrego Arroio das Piabas, principal manancial na comunidade, e afluente do Córrego Arroio das Piabas, totalizando uma área aproximada de 35,64 km². A disponibilidade de água superficial corresponde a 572,77 L/s, sendo maior do que à subterrânea, de 440,67 L/s. Logo, constata-se que ambos os mananciais possuem capacidade de atender à comunidade em questão, que apresenta uma demanda total, considerando o consumo humano e atividades de pecuária, exceto rebanho bovino, de 0,38 L/s ou 32,83 m³/d (SCALIZE *et al.*, 2021a).

Figura 7 – Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Baco Pari, bem como delimitação das microbacias que atendem à comunidade.



Fonte: autora, utilizando dados do projeto SanRural.

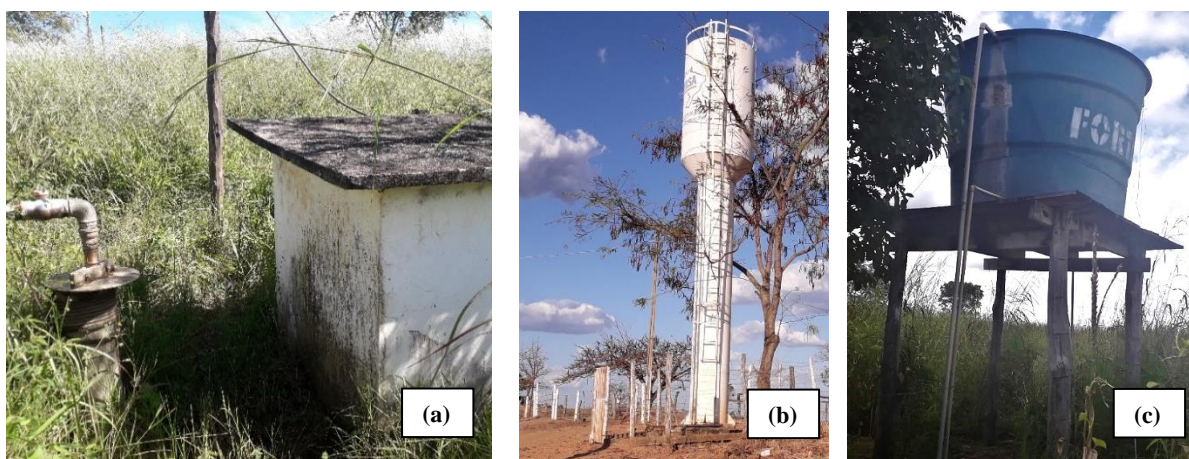
Além disso, diante da vazão requerida, não é necessário um plano de outorga, baseado nas premissas da resolução CERHi nº 22/2019 (GOIÁS, 2019), a qual estabelece que independe de outorga o uso de recursos hídricos em comunidades rurais, desde que não ultrapasse o volume diário de 86.400 L, não sendo permitido atingir este limite em um tempo menor que 360 minutos ou, em caso de extração de água subterrânea com vazão de até 1.000 L/h por no máximo 16 horas de exploração diária.

Verificou-se também um acúmulo médio anual de água de chuva de 1.446,24 mm.ano⁻¹, utilizando como base 5 anos observados, de 1988-1992 (SCALIZE *et al.*, 2021a).

2.3.1.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente

O SAA é constituído pela fonte de captação, que consiste em um poço tubular profundo, localizado em área protegida por cercas; por dois reservatórios, sendo um metálico com volume de 10 m³ e o outro de polietileno com volume de 5 m³; e, pela rede de distribuição subterrânea com extensão desconhecida, composta por tubulação em PVC com diâmetro de 25 mm, que opera como conduto forçado por gravidade (SCALIZE *et al.*, 2020e). A Figura 8 ilustra os componentes do SAA em Baco Pari.

Figura 8 – Representação do poço tubular profundo (a), do reservatório elevado metálico (b) e do reservatório elevado de polietileno (c), pertencentes ao SAA da comunidade de Baco Pari.



Fonte: Acervo do Projeto Sanrural.

Ressalta-se que há relatos de falta de água e rompimentos frequentes na rede de abastecimento de água e agravante a isto, constatou-se que apenas 69,2% da comunidade possui reservatório domiciliar de água (caixa d'água). Além disso, não é realizado nenhum tratamento da água fornecida, estando o sistema em desacordo com o estabelecido no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Devido intermitência no abastecimento de água, não foi coletada água diretamente do poço tubular profundo, fonte de captação do SAA. Apenas 12,5% das residências possuíam água armazenada proveniente da rede de distribuição e nestas foram coletadas amostras no mês de outubro do ano de 2019, para caracterizar a água da fonte, conforme Tabela 12.

Verifica-se pela Tabela 12 que os parâmetros microbiológicos estavam em desacordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b). Contudo, observou-se ausência

de coliformes totais e *E. coli*, e ainda, bactérias heterotróficas abaixo de 500 UFC/mL em amostra proveniente da rede de distribuição coletada em um dos domicílios, sugerindo que a água do poço tubular profundo atende integralmente à portaria e que a desconformidade identificada em uma das amostras é resultante de contaminação durante a distribuição da água ou no interior do recipiente de armazenamento domiciliar.

Tabela 12 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água distribuída pelo SAA em Baco Pari, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Poço tubular profundo Média ± σ
Cor aparente (uC)	≤ 15	1,10 ± 0,00
Turbidez (NTU)	≤ 5	0,48 ± 0,03
Alcalinidade (mg/L)	NA	227,76 ± 27,40
Temperatura (°C)	NA	32,40 ± 1,84
pH	6,0 a 9,5 (*)	6,96 ± 0,08
Condutividade elétrica (uS/cm)	NA	491,50 ± 41,72
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	270,30 ± 22,91
Dureza total (mg/L)	≤ 500	199,4 ± 31,34
Cloreto (mg/L)	≤ 250	15,4 ± 0,21
Salinidade (‰)	NA	0,00 ± 0,00
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,50 ± 0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,01 ± 0,01
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,00 ± 0,00
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,15 ± 0,02
Fósforo (mg/L)	NA	0,08 ± 0,03
Matéria orgânica (mg/L)	NA	1,94 ± 0,34
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	30,65 ± 43,35
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	1,00 ± 1,41
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	662,00 ± 500,63

Nota: σ – Desvio padrão; VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; (*) faixa recomendável.

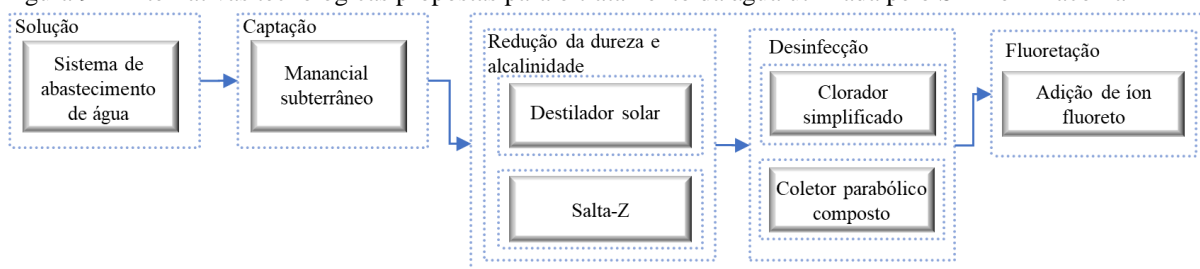
Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Desta forma, em atendimento ao estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b), seria necessário apenas o processo de desinfecção para adequar a água, contudo, em entrevistas com os moradores houve reclamações do gosto da água, considerando-a “salobra”. O termo “salobra” indica gosto ruim, que pode estar relacionado aos parâmetros dureza, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e salinidade. Tomando como referência os limites identificados na literatura levando em consideração a qualidade organoléptica da água, mencionados na metodologia, o gosto indesejável pode ser atribuído aos níveis de dureza e alcalinidade observados *in loco*, com valores médios de 199,44 mg/L e 227,76 mg/L, respectivamente.

Em Baco Pari, o pH da água permaneceu abaixo de 8,30, o que significa que a alcalinidade é proveniente apenas de bicarbonato. Além disso, a alcalinidade é maior do que a dureza total, o que significa que a dureza é temporária e não há dureza permanente, ou seja, cálcio e magnésio encontram-se ligados somente à carbonatos e bicarbonatos (PIVELI, 2001).

Complementarmente, as matrizes tecnológicas do PNSR (BRASIL, 2019b), recomendam fluoretação e correção de pH. No SAA em questão, não é necessária correção do pH, uma vez que já se enquadra nos padrões de potabilidade, mas os níveis de fluoreto na água estão abaixo dos níveis ideais estabelecidos no anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b), os quais variam em função do clima de cada região, oscilando entre 0,6 mg/L a 1,7 mg/L. Logo, faz-se necessário um tratamento da água para reduzir a dureza e alcalinidade, inativar os microrganismos e ajustar o nível de íon fluoreto, conforme Figura 9.

Figura 9 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Baco Pari



Fonte: autora.

2.3.1.2 Solução Alternativa Coletiva (SAC) existente

A SAC existente é constituída pelo manancial de captação, que consiste em um ribeirão, e pelo caminhão pipa, que é o meio de distribuição à população, com capacidade de armazenamento igual a 10 m³ (Figura 10a). A água é distribuída sem passar por nenhum tratamento e os moradores reclamaram que a água geralmente apresenta-se turva e com coloração amarelada, conforme apresentado na Figura 10b. Além disso, alegaram que o fornecimento de água pelo caminhão pipa não tem uma frequência determinada (SCALIZE *et al*, 2020e).

Figura 10 – Representação do caminhão pipa abastecendo uma residência (a) e dos recipientes utilizados por um morador com água proveniente do caminhão pipa (b) na comunidade de Baco Pari.



Fonte: Acervo do Projeto Sanrural.

Observa-se na Tabela 13, os resultados de qualidade da água captada diretamente do caminhão pipa, em outubro de 2019. Nota-se desconformidade para os parâmetros coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas em relação ao Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b). Em relação à coloração amarelada, os níveis de ferro são ausentes na água, logo, mais testes de qualidade devem ser realizados para identificar a causa.

Tabela 13 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da SAC, por caminhão pipa, em Baco Pari, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de consolidação nº 5 (2017)	Valor encontrado
Cor aparente (uC)	≤ 15	13,00
Turbidez (NTU)	≤ 5	1,09
Alcalinidade (mg/L)	NA	10,75
Temperatura (°C)	NA	29,40
pH	6,0 a 9,5 (*)	6,34
Condutividade elétrica (uS/cm)	NA	17,90
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	9,80
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00
Cloreto (mg/L)	≤ 250	9,09
Salinidade (%o)	NA	0,00
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,00
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,002
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,03
Fósforo (mg/L)	NA	0,18
Matéria orgânica (mg/L)	NA	3,06
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	3873,00
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	51,20
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	736,00

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; (*) faixa recomendável.

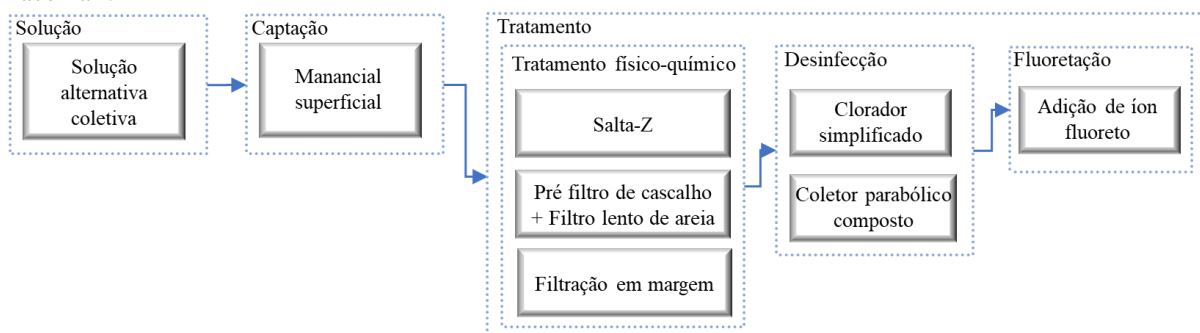
Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Na SAC em questão, não é realizado nenhum tipo de tratamento da água, e ainda, a água foi coletada diretamente do meio de distribuição, caminhão pipa. Logo, adotou-se como valor de referência 5,0 uT para turbidez e a amostra apresentou uma turbidez de 1,09 uT, inferior ao limite estabelecido.

Observa-se na Tabela 13 nível baixo de fluoreto na água, 0,03 mg/L, podendo este ser adicionado no processo de tratamento. Nota-se ainda, que não há necessidade de correção do pH, uma vez que já atende a legislação.

Com base nos resultados de qualidade da água e atendendo a Portaria de Consolidação nº 5, em seu Anexo XX (BRASIL, 2017b) e PNSR (BRASIL, 2019b) faz-se necessário processo de tratamento físico-químico, composto pela adição de coagulante e posterior filtração, seguidos de desinfecção e fluoretação para adequar a água, conforme apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Alternativas tecnológicas coletivas propostas para o tratamento da água utilizada pela SAC em Baco Pari.



Fonte: autora.

De acordo com Brasil (2017b), compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador, garantir que tanques, válvulas e equipamentos dos veículos sejam apropriados e de uso exclusivo para o armazenamento e transporte de água potável. Na comunidade de Baco Pari, a Prefeitura fornece o caminhão para transporte, entretanto não se tem informações sobre a sua procedência. Devido o abastecimento pelo veículo não ser realizado de maneira frequente, sugere-se a implantação de dois chafarizes abastecidos com água tratada, para atendimento de toda a comunidade que é dividida em dois agrupamentos, conforme exposto pela Figura 7.

2.3.1.3 Solução Alternativa Individual existente

Em Baco Pari é comum o armazenamento de água de chuva de forma improvisada em bombonas e caixas d'água, conforme Figura 12, devido precariedade no abastecimento, tanto pelo SAA, quanto pela SAC. Não foram coletadas amostras de água de chuva, pois não estavam mais disponíveis nos recipientes.

Figura 12 – Recipientes de armazenamento utilizados para armazenamento de água de chuva de forma improvisada em Baco Pari.



Fonte: Acervo do Projeto Sanrural.

Na impossibilidade de abastecer à comunidade de forma contínua, seja através do SAA ou da SAC, sugere-se que sejam implantadas cisternas de água de chuva nos domicílios, uma vez que a população demonstra aceitabilidade por esta fonte de água e, desta forma, evita-se a utilização de recipientes inadequados.

A partir das análises de disponibilidade hídrica, verificou-se que é necessária uma cisterna com volume de 97.875,0 L e área de captação de 67,68 m² em cada domicílio, para suprir a demanda total nos cinco meses de seca, com precipitação inferior a 50 mm (SCALIZE *et al.*, 2021a).

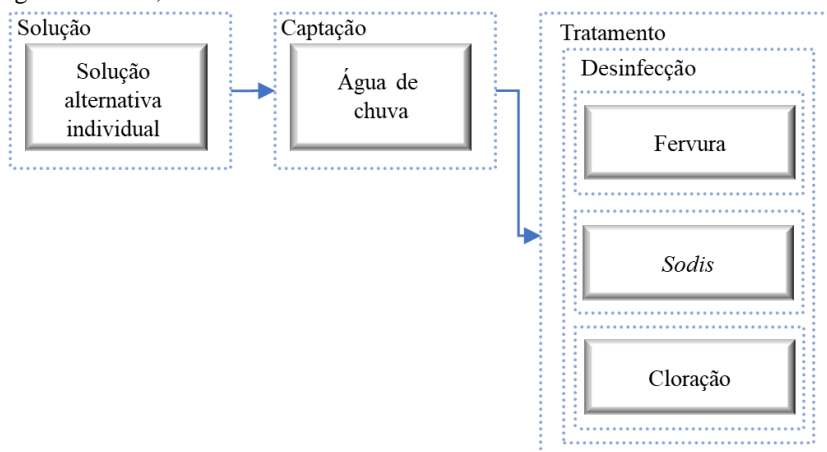
A dimensão exigida para a cisterna domiciliar foi calculada considerando atendimento de toda a demanda de água, ingestão e demais usos. Pensando na viabilidade econômica, no espaço requerido para implantação, e ainda, na existência de outras fontes de água disponíveis que podem ser utilizadas, recomenda-se que a população utilize a água de chuva apenas para usos nobres.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima um consumo diário de água, exclusivamente para ingestão, de 2 L por pessoa. Acrescenta ainda, que seria necessário um volume diário de 7,5 L para hidratação e preparo dos alimentos (WHO, 2017). Considerando 7,5 L.hab⁻¹.d⁻¹, seria suficiente uma cisterna com volume de 5.063 L, o correspondente a aproximadamente 5,0 m³, com uma área de captação de 3,5 m².

Sendo implantadas as cisternas de água de chuva, recomenda-se a realização de desinfecção da água, que pode ser realizada através de fervura, Sodis ou cloração, conforme listado na Figura 13. Propõe-se também, a adoção de outras barreiras sanitárias que garantam a segurança da água nas cisternas de aproveitamento da água da chuva, como dispositivo de descarte dos primeiros volumes de chuva captados e dispositivo de retenção de sólidos grosseiros.

No tocante a realização de medidas sanitárias intradomiciliares, em Baco Pari verificou-se que 42,3% realizavam filtração, 19,2% realizavam a desinfecção, 11,5% filtração e desinfecção e, 27,0% não realizavam nenhum tratamento da água. Entre os que filtravam a água, 38,4% utilizavam o filtro de vela cerâmica porosa e 15,4% adotavam a filtração em tecido e os que desinfetavam utilizavam o cloro. Nenhum morador relatou a fervura e a *Sodis* como método de tratamento.

Figura 13 – Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Baco Pari



Fonte: autora.

2.3.2 Canabrava

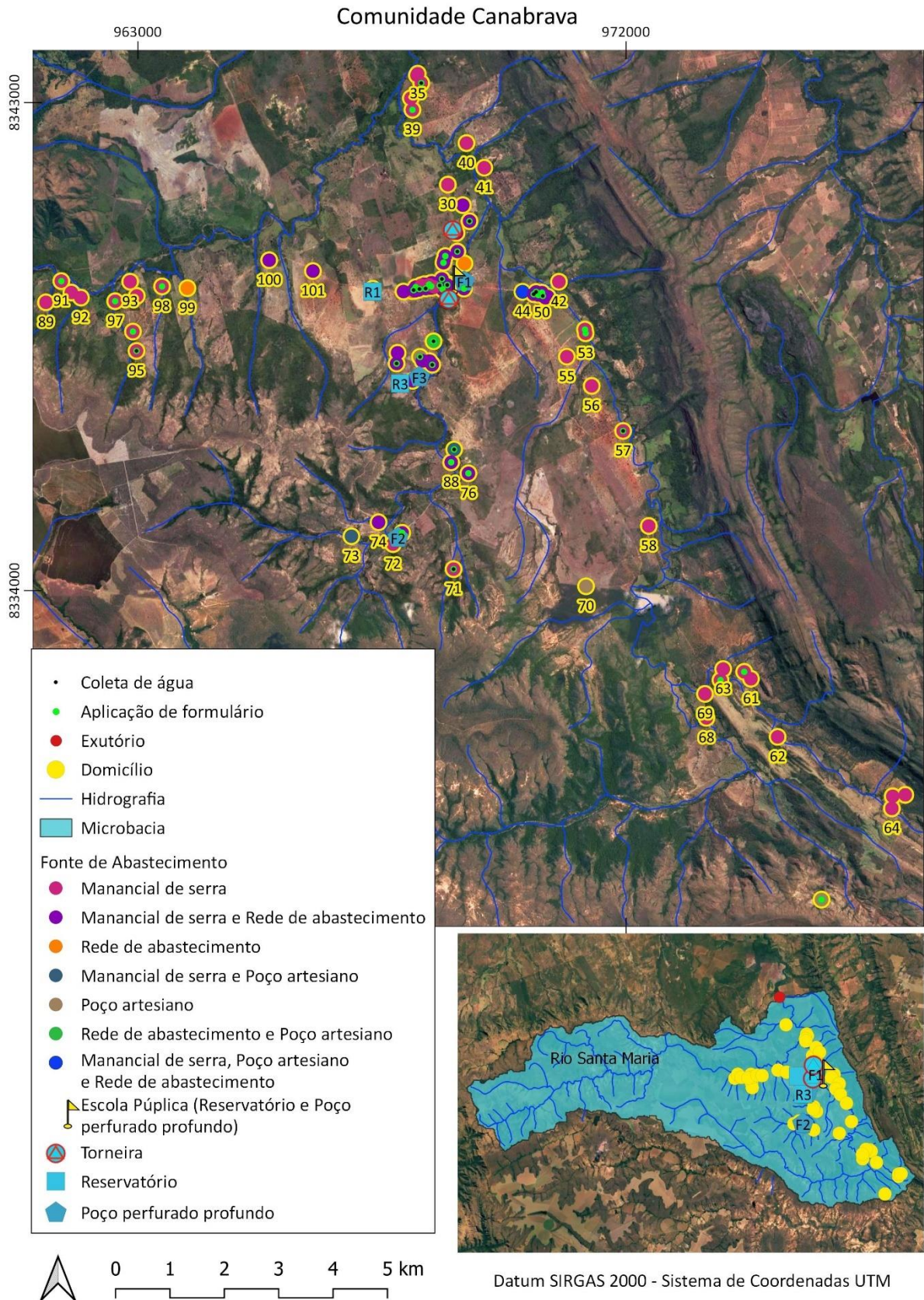
A Comunidade Canabrava é abastecida por quatro Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), sendo cada sistema constituído por um poço tubular profundo, atendendo no geral 61,9% da comunidade. Todos os domicílios abastecidos pelo SAA utilizam de forma alternada outras fontes de água para consumo, sendo estas SAI, onde 59,5% utilizam água de manancial superficial (nascente) e 2,4% de manancial subterrâneo (poço tubular profundo) (SCALIZE *et al.*, 2020f).

Os domicílios sem atendimento coletivo, são abastecidos exclusivamente por SAI, sendo 31,0% por manancial superficial (nascente), 4,7% exclusivamente por manancial subterrâneo (poço tubular profundo) e 2,4% associam nascente e poço tubular profundo (SCALIZE *et al.*, 2020f).

A Figura 14 apresenta a espacialização dos domicílios, dos pontos de captação e reservação dos quatro sistemas de abastecimento em Canabrava, das torneiras abastecidas pelo manancial superficial e ainda, a delimitação da microbacia que atende à comunidade em questão.

No tocante às análises de disponibilidade hídrica, desenvolvidas pelo projeto SanRural, realizadas a partir da delimitação da microbacia do rio Santa Maria, a qual possui uma área aproximada de 428,62 km², constatou-se disponibilidade total de água subterrânea de 5.178,05 L/s, sendo esta superior à superficial de 276,15 L/s. A demanda total da comunidade, considerando o consumo humano e atividades de pecuária, excluindo rebanho bovino, é de aproximadamente 88,99 m³/d, o correspondente a 1,03 L/s. Logo, conclui-se que ambos os mananciais possuem capacidade de atender a comunidade em questão (SCALIZE *et al.*, 2021b).

Figura 14 – Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Canabrava.



Fonte: autora, utilizando dados do projeto SanRural.

Entretanto, considerando a demanda para consumo humano e pecuária, exceto rebanho bovino, há a necessidade de um plano de outorga, haja vista as premissas da resolução CERHi nº 22/2019 (GOIÁS, 2019), a qual estabelece que independe de outorga o uso de recursos hídricos em comunidades rurais, desde que não ultrapasse o volume diário de 86.400 L, não sendo permitido atingir este limite em um tempo menor que 360 minutos, ou, em caso de extração de água subterrânea com vazão de até 1.000 L/h por no máximo 16 horas de exploração diária.

Verificou-se também um acúmulo médio anual de água de chuva de 1.068,08 mm.ano⁻¹, utilizando como base 5 anos observados, de 2014 a 2018 (SCALIZE *et al.*, 2021b).

2.3.2.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente

Em Canabrava há quatro SAA e cada um dispõe de um poço tubular profundo para captação de água, um reservatório e rede de distribuição. O SAA1 atende 35,7% dos domicílios e conta com um poço de 126 metros de profundidade, instalado em área protegida por cercas, que alimenta um reservatório metálico tipo taça com capacidade de 20 m³ (SCALIZE *et al.*, 2020f).

O SAA2 atende 7,1% da comunidade e conta com um poço de 70 metros de profundidade, situado em área cercada, e um reservatório metálico tipo taça com volume de 10 m³. O SAA3 atende 7,1% da comunidade, a partir de um poço com 80 metros de profundidade, situado em área cercada, e um reservatório metálico tipo taça de 15 m³. O SAA4 abastece 11,9% da população, a partir de um poço tubular profundo que possui 60 metros de profundidade, contudo, a área se encontra desprotegida, e um reservatório elevado de polietileno de 10 m³ (SCALIZE *et al.*, 2020f). A Figura 15 apresenta os pontos de captação de água dos quatro sistemas de abastecimento em Canabrava.

Figura 15 – Representação do poço tubular profundo do SAA1 (a), SAA2 (b), SAA3 (c) e SAA4 (d) da Comunidade de Canabrava.



Fonte: Acervo do Projeto Sanrural.

Tabela 14 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água dos poços tubulares profundos dos SAA em Canabrava, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Poço tubular profundo	
		SAA1	SAA3
Cor aparente (uC)	≤ 15	9,90	9,5
Turbidez (NTU)	< 5	0,22	0,29
Alcalinidade (mg/L)	NA	191,63	177,25
Temperatura (°C)	NA	NR	NR
pH	6,0 a 9,5 (*)	7,63	7,92
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	395,00	387,00
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	197,90	195,60
Dureza total (mg/L)	≤ 500	152,66	98,49
Cloreto (mg/L)	≤ 250	8,23	11,49
Salinidade (‰)	NA	0,10	0,10
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,20	0,10
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,05	0,07
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,00	0,00
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	NR	NR
Fósforo (mg/L)	NA	NR	NR
Matéria orgânica (mg/L)	NA	1,03	0,77
Coliformes totais (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	2,00	64,40
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	0,00	0,00
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	28,00	18,00

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; NR – análise não realizada; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

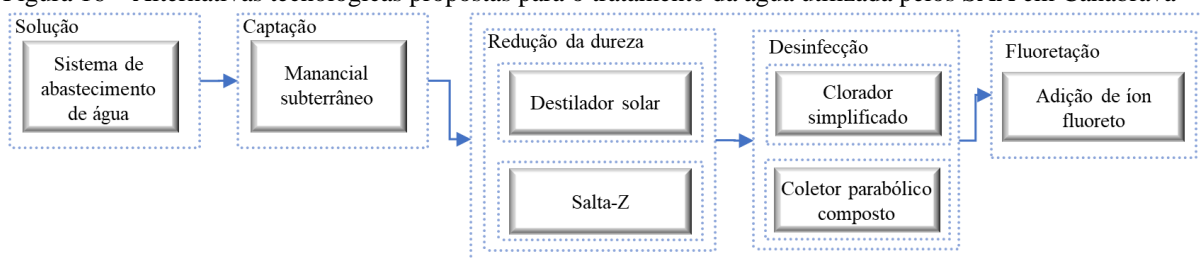
Em Canabrava foi realizada coleta de água de apenas dois SAA em março de 2020, devido dificuldade de acesso aos outros dois SAA, e os resultados de qualidade da água são apresentados na Tabela 14. No geral, observa-se desconformidade em relação à portaria somente para os parâmetros coliformes totais, mas os moradores demonstraram preferência em consumir água proveniente de mananciais superficiais, justificando que naquela região a água subterrânea é “salobra”. O termo “salobra” indica gosto ruim da água, que pode estar relacionado aos parâmetros dureza, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e salinidade, contudo, tomando como referência os limites identificados na literatura levando em consideração a qualidade organoléptica da água, mencionados na metodologia, o gosto indesejável pode ser atribuído somente à dureza, que excedeu o valor de referência em algumas amostras.

O pH da água permaneceu abaixo de 8,30, o que significa que a alcalinidade é proveniente apenas de bicarbonato. Além disso, a alcalinidade é maior do que a dureza total, o que significa que a dureza é temporária e não há dureza permanente, ou seja, cálcio e magnésio encontram-se ligados somente à carbonatos ou bicarbonatos (PIVELI, 2001).

Observa-se também que nos SAA em Canabrava não são necessárias correções do pH, uma vez que os valores encontrados estão dentro da faixa recomendável e em relação as concentrações de fluoreto, em Canabrava não foram realizadas análises da água para este parâmetro. Diante disso, para os SAA em Canabrava são sugeridas as alternativas tecnológicas da Figura 16, com foco na redução da dureza e inativação de microrganismos, e ressalta-se que deve ser monitorada a concentração de fluoreto na água.

Destaca-se ainda que não foram realizadas análises da qualidade da água para dois SAA existentes, entretanto, em geral, toda a comunidade apresentou queixas em relação ao sabor da água, considerando-a “salobra” e diante disso, as alternativas propostas foram estendidas aos outros dois SAA.

Figura 16 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelos SAA em Canabrava



Fonte: autora.

Sendo inviável a aplicação das alternativas tecnológicas propostas, uma opção seria alterar a fonte de captação de água, podendo substituir os poços tubulares profundos pelo rio Santa Maria, o principal curso d'água da Comunidade Canabrava. De acordo com relatos dos moradores, o rio Santa Maria é um curso d'água perene e recebe a contribuição do rio Canabrava, rio Bonifácio e diversos afluentes intermitentes. Além disso, segundo os dados de disponibilidade hídrica, esta fonte consegue atender a demanda de toda a comunidade, considerando consumo humano e pecuária, exceto rebanho bovino (SCALIZE *et al.*, 2021b).

Foi realizada coleta da água do rio Santa Maria em março de 2020, período chuvoso. Os resultados de qualidade da água são apresentados na Tabela 15. Caso a água fosse consumida diretamente do manancial sem passar por um processo de tratamento estaria em desacordo com o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) para os parâmetros cor aparente, turbidez, ferro, coliformes totais e *E. coli*.

Adicionalmente, assim como sugerido para o SAA existente, apesar de não ter dados disponíveis acerca do nível de fluoreto, recomenda-se que seja realizada a fluoretação, com prévio monitoramento das concentrações de fluoreto na água. Além disso, verifica-se que não é necessária a correção do pH, uma vez que o valor encontrado está dentro da faixa recomendável.

Tabela 15 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Santa Maria, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Valor encontrado
Cor aparente (uC)	≤ 15	88,60
Turbidez (NTU)	≤ 5	32,20
Alcalinidade (mg/L)	NA	29,38
Temperatura (°C)	NA	NR
pH	6,0 a 9,5 (*)	7,32
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	71,90
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	30,96
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00
Cloreto (mg/L)	≤ 250	8,90
Salinidade (‰)	NA	0,10
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,38
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,02
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	NR
Fósforo (mg/L)	NA	NR
Matéria orgânica (mg/L)	NA	2,39
Coliformes totais (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	> 2419,60
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	218,60
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	NR

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; NR – análise não realizada; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Logo, requer-se um processo de tratamento para reduzir a turbidez, cor aparente, ferro e inativar os microrganismos. Neste caso, sugere-se as tecnologias apresentadas na Figura 17, contudo devido a necessidade de remoção de ferro, o sistema Salta-Z destinado a tratar água de manancial superficial deve ser modificado e a injeção de cloro deve ser realizada no início do processo de tratamento, visando oxidação e precipitação do ferro, que ocorre no interior do reservatório e também durante a etapa de filtração no filtro composto por zeólita.

Vale ressaltar que a Portaria de Consolidação nº 5, em seu Anexo XX, estabelece que em 95,0% das amostras a turbidez residual deve ser $\leq 0,5$ uT após filtração rápida ou $\leq 1,0$ uT após filtração lenta.

Figura 17 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água do rio Santa Maria em Canabrava



Fonte: autora.

2.3.2.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente

Em Canabrava, dois domicílios abastecidos pela rede, possuíam também água proveniente de manancial de serra (nascente), canalizada em uma torneira no quintal, que servia de abastecimento para grande parte da comunidade (SCALIZE *et al.*, 2020f). No caso dos domicílios que buscam água na vizinhança, o que é considerado pela OMS como população sem acesso ou com acesso básico (WHO, 2017), sugere-se que sejam instaladas canalizações de água diretamente do manancial de serra ligadas a pelo menos um ponto no quintal de cada domicílio.

Foi coletada água para análise apenas de uma das torneiras (torneira 1), em março de 2020 e, nos reservatórios domiciliares, em outubro de 2019, com água proveniente de manancial de serra e de poço tubular profundo. A Tabela 16 apresenta os resultados de qualidade da água.

Observa-se desconformidade para os parâmetros coliformes totais nas três fontes de amostragem, para *E. coli* apenas no manancial de serra e para bactérias heterotróficas apenas nos reservatórios de água, independente da fonte de abastecimento. Também, analisando

somente a água proveniente do manancial de serra, nota-se um aumento dos níveis microbiológicos nos reservatórios, quando comparado com a torneira, podendo indicar contaminação da água, possivelmente oriunda dos recipientes utilizados para coletar a água.

Tabela 16 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água das SAI em Canabrava, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Torneira 1	Reservatórios domiciliares	
		Manancial de serra	Manancial de serra (Média ± σ)	Poço tubular profundo
Cor aparente (uC)	≤ 15	6,70	3,10 ± 0,57	7,90
Turbidez (NTU)	≤ 5	1,24	1,82 ± 1,03	1,32
Alcalinidade (mg/L)	NA	6,63	17,34 ± 14,33	140,00
Temperatura (°C)	NA	NR	31,51 ± 4,92	28,90
pH	6,0 a 9,5 (*)	6,78	6,90 ± 0,30	7,70
Condutividade elétrica (uS/cm)	NA	20,90	36,72 ± 37,63	310,70
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	90,40	18,74 ± 19,08	170,90
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00	0,00 ± 0,00	54,17
Cloreto (mg/L)	≤ 250	10,72	2,87 ± 2,89	0,00
Salinidade (‰)	NA	0,10	0,10 ± 0,00	0,10
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,10	0,03 ± 0,05	0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,05	0,01 ± 0,01	0,01
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,002	0,01 ± 0,01	0,007
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	NR	0,22 ± 0,26	0,52
Fósforo (mg/L)	NA	NR	0,19 ± 0,15	0,45
Matéria orgânica (mg/L)	NA	1,57	1,81 ± 1,32	1,04
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	> 2419,60	3373,08 ± 2087,57	131,40
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	31,80	172,35 ± 212,77	0,00
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	51,00	1138 ± 765,03	1880,00

Nota: σ – desvio padrão; VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; NR – análise não realizada; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

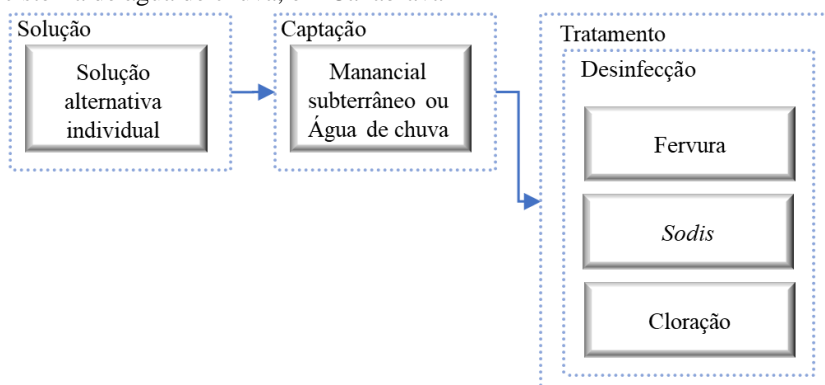
Outra possibilidade de SAI é implantar cisternas de água de chuva nos domicílios. A partir das análises de disponibilidade hídrica, verificou-se que é necessária uma cisterna com volume de 64.162,50 L e área de captação de 60,07 m² em cada domicílio, para suprir a demanda total nos cinco meses de seca, com precipitação inferior a 50 mm (SCALIZE *et al.*, 2021b).

A dimensão exigida para a cisterna domiciliar foi calculada considerando atendimento de toda a demanda de água, ingestão e demais usos. Pensando na viabilidade econômica e de espaço para implantação, e ainda, na existência de outras fontes de água disponíveis que podem ser utilizadas, recomenda-se utilizar a água de chuva somente para usos nobres. Desta maneira, considerando um consumo de 7,5 L.hab⁻¹.d⁻¹ estimado pela OMS (WHO, 2017), suficiente para hidratação e preparo dos alimentos, seria suficiente uma cisterna com volume de 3.318,8 L, o correspondente a aproximadamente 3,3 m³, com uma área de captação de 3,1 m².

No tocante ao tratamento intradomiciliar de água, sugere-se as alternativas tecnológicas propostas na Figura 18 para tratar a água proveniente do poço tubular profundo e de cisterna de

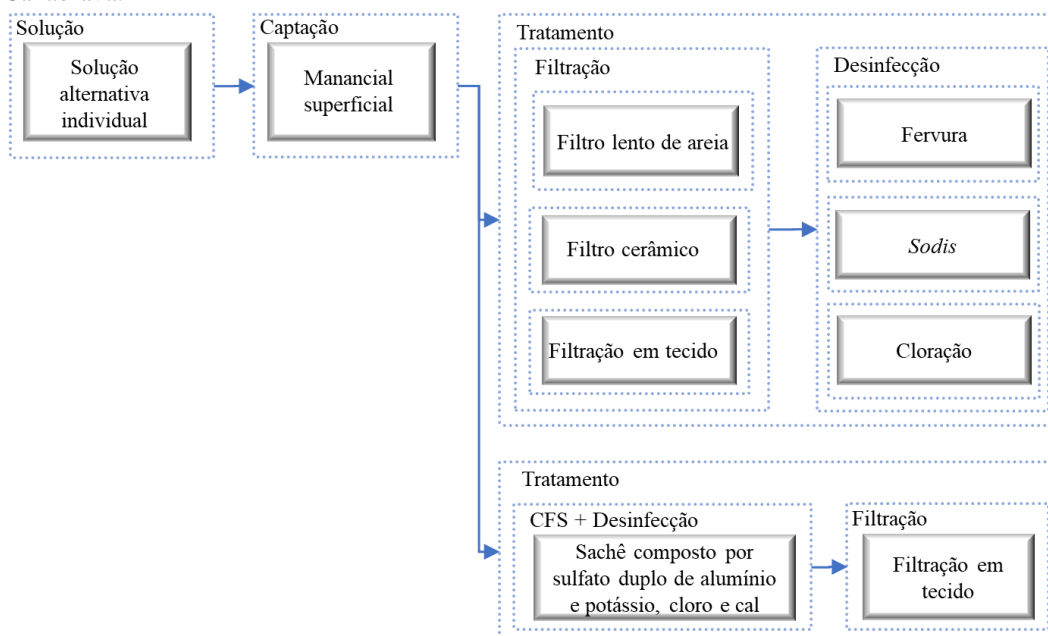
água de chuva. Caso sejam implantadas as cisternas de água de chuva, propõe-se além da desinfecção, a adoção de outras barreiras sanitárias que garantam a segurança da água nas cisternas de aproveitamento da água da chuva, como dispositivo de descarte dos primeiros volumes de chuva captados e dispositivo de retenção de sólidos grosseiros. Para aqueles que utilizam água do manancial de serra, sugere-se complementarmente a filtração, podendo ser aplicadas as alternativas tecnológicas expostas na Figura 19.

Figura 18 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água das SAI, poço tubular profundo e cisterna de água de chuva, em Canabrava



Fonte: autora.

Figura 19 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água da SAI, manancial de serra, em Canabrava.



Nota: CFS – coagulação, floculação, sedimentação. Fonte: autora.

Destaca-se 69,0% das unidades familiares alegaram realizar filtração da água para beber, sendo utilizados em 45,2% o filtro de vela cerâmica, 21,4% filtração em tecido e 2,4% ambos os métodos. O restante, 31,0%, não realizam nenhum tipo de tratamento. Nota-se que a

desinfecção da água não é praticada em nenhuma das unidades familiares na comunidade de Canabrava.

2.3.3 Extrema

Em Extrema, todos os moradores são abastecidos pelo Sistema de Abastecimento de Água (SAA), através da captação em um poço tubular profundo de forma coletiva, e 91,7% pela Solução Alternativa Individual (SAI), que consiste na captação de água da chuva através de cisterna, sendo esta última utilizada especialmente para ingestão (SCALIZE *et al.*, 2020g). A Figura 20 apresenta a espacialização dos domicílios destacando as respectivas fontes de abastecimento destinadas à ingestão, do ponto de captação e reservação do SAA e ainda, a delimitação da microbacia que atende à comunidade em questão.

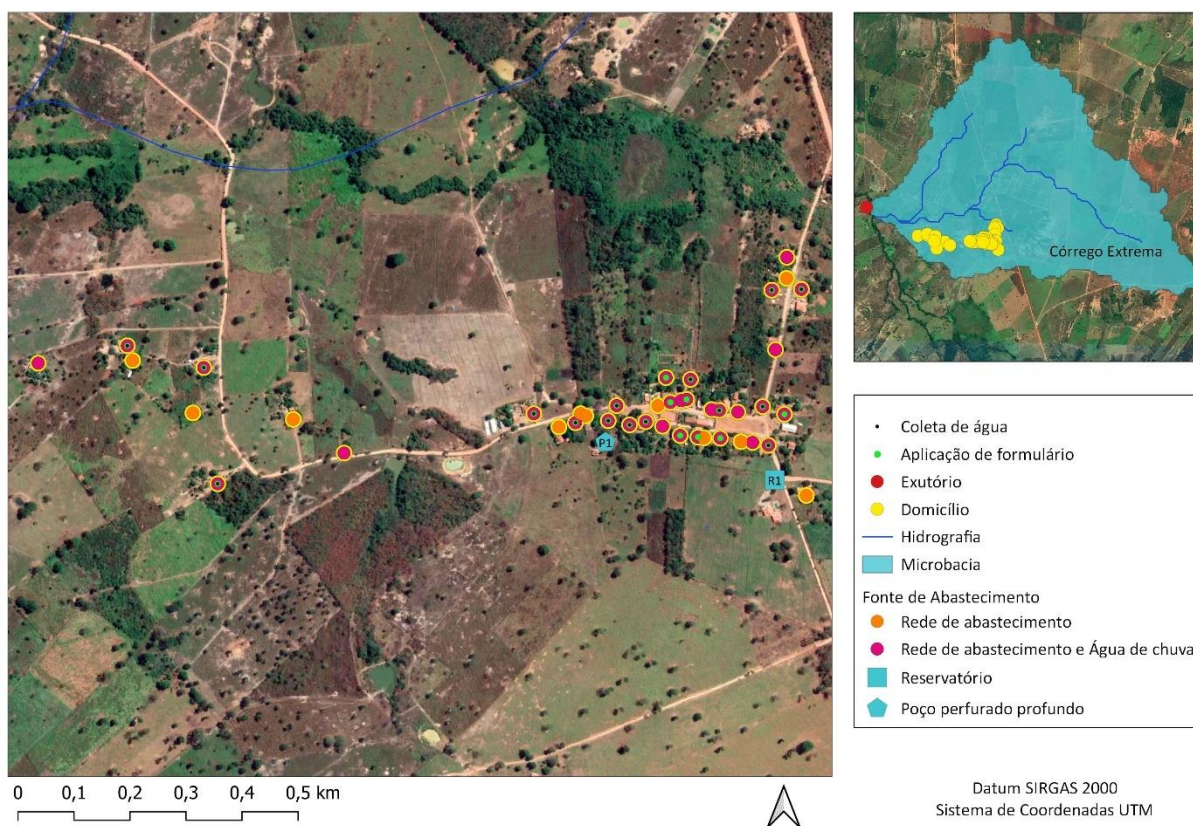
No tocante às análises de disponibilidade hídrica, desenvolvidas pelo projeto Sanrural, delimitou-se a área de influência de 2 km² a partir da localização das residências pertencente à bacia do ribeirão Riacho da Areia. A disponibilidade de água superficial na microbacia do córrego Extrema, com área de aproximadamente 13,41 km², corresponde à 238,60 L/s, sendo essa superior à subterrânea de 165,90 L/s. Logo, constata-se que ambos os mananciais possuem capacidade de atender à comunidade em questão, que apresenta uma demanda total, considerando o consumo humano e atividades de pecuária, exceto rebanho bovino, de 0,28 L/s ou 24,19 m³/dia, sendo esta inferior ao limite estabelecido pela legislação para exigência de outorga (SCALIZE *et al.*, 2021c).

O córrego Extrema é intermitente, por isso não se analisou a utilização desse manancial superficial como fonte de abastecimento para comunidade, uma vez que ela já possui outras fontes utilizadas, com SAA implantado.

Verificou-se também um acúmulo médio anual de água de chuva de 888,10 mm.ano⁻¹, utilizando como base 5 anos observados, de 2015 a 2019 (SCALIZE *et al.*, 2021c).

Figura 20 – Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Extrema.

Comunidade de Extrema



Fonte: autora, utilizando dados do projeto SanRural.

2.3.3.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente

O SAA é constituído pela fonte de captação, que consiste em um poço tubular profundo instalado em área protegida por cerca, pelo reservatório metálico tipo taça, com capacidade de 15 m³, destinado ao armazenamento do volume de consumo diário e pela rede de distribuição subterrânea com extensão desconhecida, composta por tubulação em PVC com diâmetro de 20 mm, que opera como conduto forçado por gravidade (SCALIZE *et al.*, 2020g). A Figura 21 ilustra os componentes desse sistema.

A água captada do manancial subterrâneo é distribuída à comunidade sem nenhum tipo de tratamento. A Tabela 17 apresenta os resultados de qualidade da água, coletada em outubro de 2019. Nota-se desconformidade para os parâmetros coliformes totais e bactérias heterotróficas.

Figura 21 – Representação do poço tubular profundo (a) e do reservatório elevado (b) pertencentes ao SAA da Comunidade de Extrema.



Fonte: Acervo do Projeto Sanrural.

Tabela 17 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água captada e distribuída do SAA em Extrema, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Poço tubular profundo
Cor aparente (uC)	≤ 15	0,50
Turbidez (NTU)	≤ 5	0,13
Alcalinidade (mg/L)	NA	284,25
Temperatura (°C)	NA	29,40
pH	6,0 a 9,5 (*)	6,90
Condutividade elétrica (uS/cm)	NA	571,10
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	314,10
Dureza total (mg/L)	≤ 500	270,84
Cloreto (mg/L)	≤ 250	14,45
Salinidade (‰)	NA	NR
Nitrato (mg/L)	≤ 10	1,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,01
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,00
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,31
Fósforo (mg/L)	NA	0,04
Matéria orgânica (mg/L)	NA	1,08
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	24,90
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	0,00
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	560,00

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; NR – análise não realizada; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

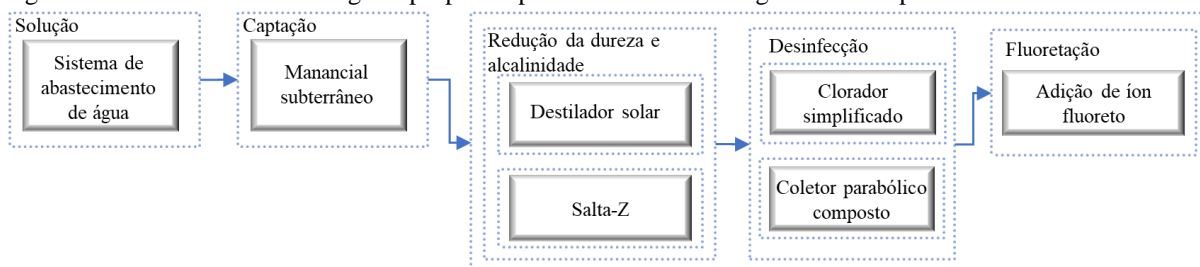
Conforme relatos da comunidade, a água oriunda do manancial subterrâneo é utilizada para ingestão em apenas 91,7% dos domicílios, em decorrência da não aceitabilidade da água, pois há reclamações dos moradores quanto à qualidade da água da rede, considerando-a “salobra” (SCALIZE *et al.*, 2020g). Contudo, nesses domicílios há o uso da água do SAA para os outros usos que não sejam a ingestão, corroborando com a recusa populacional no que tange ao padrão organoléptico. O termo “salobra”, utilizado pela comunidade, indica gosto ruim da água, que pode estar relacionado a diversos parâmetros de qualidade, tais como dureza, alcalinidade,

condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e salinidade. Tomando como referência os limites identificados na literatura levando em consideração a qualidade organoléptica da água, mencionados na metodologia, o gosto indesejável pode ser atribuído à dureza e alcalinidade, cuja amostra do poço tubular profundo apresentou 270,84 mg/L e 284,25 mg/L, respectivamente.

O pH permaneceu abaixo de 8,30, o que significa que a alcalinidade é proveniente apenas de bicarbonato. Além disso, a alcalinidade é maior do que a dureza total, o que significa que a dureza é temporária, ou seja, o cálcio e magnésio encontram-se ligados somente à carbonatos ou bicarbonatos (PIVELI, 2001).

No SAA em questão, não é necessário correção do pH, uma vez que já se enquadra nos padrões de potabilidade, mas a concentração de flúor na água está abaixo dos níveis ideais estabelecidos no anexo XXI da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b). Portanto, para que a comunidade seja abastecida com água potável, adequando os parâmetros que se apresentaram em desacordo, propõe-se as alternativas de tratamento apresentadas na Figura 22 para a água produzida pelo SAA, com foco na redução da dureza e alcalinidade, inativação dos microrganismos e ajuste dos níveis de fluoreto.

Figura 22 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Extrema



Fonte: autora.

2.3.3.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente

A SAI é constituída pelo manancial de captação, que consiste na água da chuva, e pela cisterna que armazena a água (Figura 23). Essa fonte é destinada ao consumo humano por 91,7% das residências (SCALIZE *et al.*, 2020g).

Essa fonte de abastecimento de água é utilizada, predominantemente, para usos nobres. A qualidade da água da chuva foi apresentada na Tabela 18. A amostra foi coletada em outubro de 2019 e apresenta irregularidades quanto aos parâmetros pH, coliformes totais, *E. coli* e bactérias heterotróficas.

Figura 23 – Cisterna de água de chuva implantada em domicílio na comunidade de Extrema.



Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

Tabela 18 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do SAI, água de chuva, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Cisterna de água de chuva (Média ± σ)
Cor aparente (uC)	≤ 15	1,83 ± 1,45
Turbidez (NTU)	≤ 5	0,79 ± 0,71
Alcalinidade (mg/L)	NA	5,69 ± 2,25
Temperatura (°C)	NA	31,59 ± 1,94
pH	6,0 a 9,5 (*)	5,90 ± 1,42
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	26,46 ± 39,66
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	14,56 ± 21,81
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00 ± 0,00
Cloreto (mg/L)	≤ 250	13,94 ± 6,81
Salinidade (‰)	NA	0,00 ± 0,00
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,93 ± 0,29
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,02 ± 0,02
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,01 ± 0,00
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,10 ± 0,08
Fósforo (mg/L)	NA	0,20 ± 0,22
Matéria orgânica (mg/L)	NA	1,46 ± 0,29
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	2551,55 ± 6670,01
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	4,22 ± 8,45
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	1287,77 ± 731,61

Nota: σ – desvio padrão; VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; SI – sem identificação; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Devido à alta aceitabilidade dessa fonte de abastecimento pela comunidade, recomenda-se a implementação da etapa de desinfecção da água, para garantir a segurança da água e adicionalmente a correção do pH, pois algumas amostras apresentaram pH abaixo da faixa recomendável pela portaria referida.

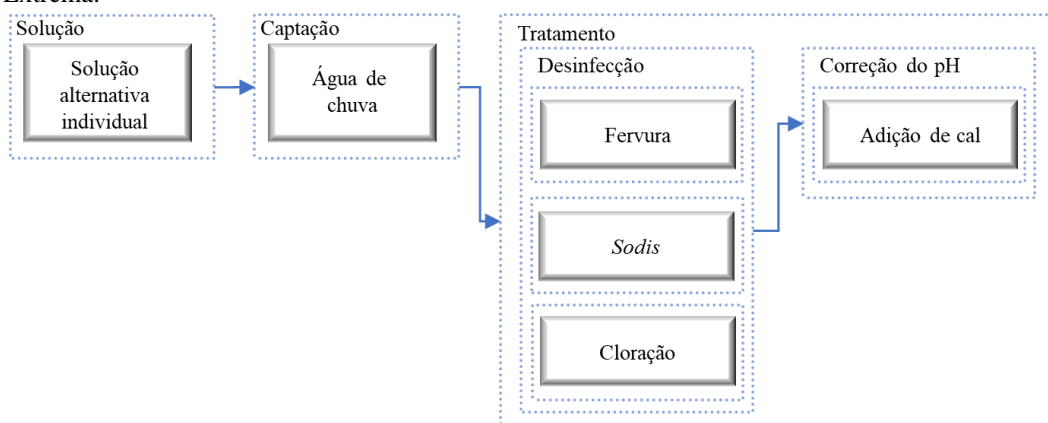
Propõe-se também, a adoção de outras barreiras sanitárias que garantam a segurança da água nas cisternas de aproveitamento da água da chuva, como dispositivo de descarte dos primeiros volumes de chuva captados e dispositivo de retenção de sólidos grosseiros.

Destaca-se que apenas 58,3% dos domicílios realizavam alguma medida de tratamento da água intradomiciliar antes de consumi-la, onde 33,3% realizavam filtração, 20,8% a desinfecção, e

4,2% filtração e desinfecção. Entre os que filtravam, 29,1% utilizavam filtro de vela cerâmica, 4,2% filtração em tecido e 4,2% ambos, filtro de vela cerâmica e filtração em tecido. Não houve relatos de realização de fervura.

Entre as tecnologias sugeridas para desinfecção domiciliar, pode-se citar: fervura, Sodis e cloração, conforme Figura 24.

Figura 24 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Extrema.



Fonte: autora.

A partir das análises de disponibilidade hídrica, verificou-se que é necessária uma cisterna com volume de 95.526,0 L e área de captação de aproximadamente 108,0 m² em cada domicílio, para suprir a demanda total para consumo humano nos seis meses de seca, com precipitação inferior a 50 mm (SCALIZE *et al.*, 2021c).

As cisternas utilizadas na comunidade foram implantadas pelo Governo de Goiás e possuem volume de 16.000 L. Considerando o número médio de moradores por domicílio (3,66 moradores) em Extrema, calcula-se uma quantidade de água disponível de 24,29 L por pessoa/dia. Logo, verifica-se que a solução utilizada não consegue suprir a demanda total da unidade familiar, mas atende quanto aos fins nobres, para os quais seria necessária uma cisterna de 4.941 L, o correspondente a aproximadamente 4,9 m³, e uma área de captação de 5,6 m², tomando como referência a estimativa da OMS (WHO, 2017) de 7,5 L.hab⁻¹.d⁻¹ necessários para hidratação e preparo dos alimentos.

2.3.4 Quilombo do Magalhães

Em Quilombo do Magalhães, 85,7% da comunidade é abastecida por um SAA, através de captação em um poço tubular profundo, de forma coletiva, e 14,3% utiliza água de manancial

superficial, ribeirão Paranã, principal curso d'água na comunidade, sendo esta uma SAI (SCALIZE *et al.*, 2020h).

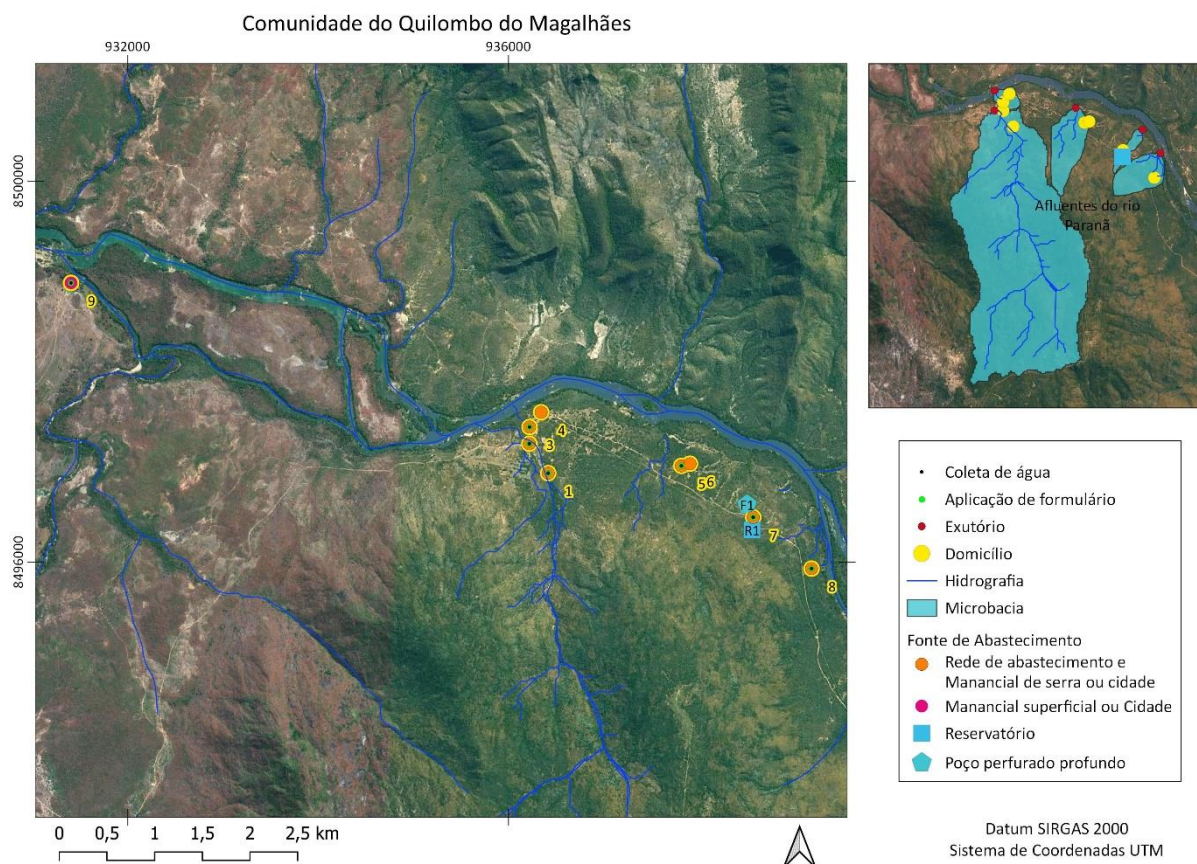
Destaca-se que a comunidade considera a água da rede “salobra” e por este motivo, na época de estiagem, os moradores buscam água na cidade de Nova Roma, diretamente do SAA e, na época da chuva, a obtenção é feita nas nascentes próximas à comunidade. Há ainda algumas famílias que armazenam água de chuva de forma improvisada em bombonas (SCALIZE *et al.*, 2020h).

A Figura 25 apresenta a espacialização dos domicílios, com as respectivas fontes de abastecimento destinadas à ingestão da comunidade, o ponto de captação e reservação do SAA e ainda, a delimitação das microbacias que atendem à comunidade em questão.

Para as análises de disponibilidade hídrica, desenvolvidas pelo projeto Sanrural, delimitou-se as microbacias dos afluentes do rio Paranã 1, 2, 3, 4 e 5, nas quais os domicílios estão inseridos, totalizando uma área de 11,465 km². A disponibilidade de água superficial nas microbacias corresponde à 288,77 L/s, sendo essa superior à subterrânea de 67,26 L/s. Logo, constata-se que ambos os mananciais possuem capacidade de atender à comunidade em questão, que apresenta uma demanda total, considerando o consumo humano e atividades de pecuária, exceto rebanho bovino, de aproximadamente 0,055 L/s ou 4,75 m³/dia, sendo esta inferior ao limite estabelecido pela legislação para exigência de outorga (SCALIZE *et al.*, 2021d).

Verificou-se também um acúmulo médio anual de água de chuva de 881,05 mm.ano⁻¹, utilizando como base 5 anos observados, de 2015 a 2019 (SCALIZE *et al.*, 2021d).

Figura 25 – Espacialização dos domicílios e associação com as respectivas fontes de água, utilizadas exclusivamente para ingestão, em Quilombo do Magalhães.

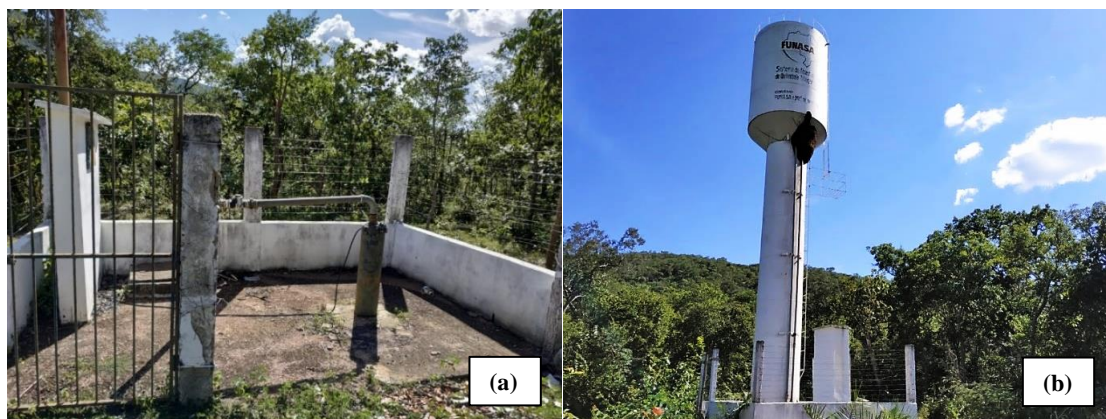


Fonte: autora, utilizando dados do projeto SanRural.

2.3.4.1 Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente

O SAA é constituído pela fonte de captação, que consiste em um poço tubular profundo, protegido apenas parcialmente por cerca, pelo reservatório metálico tipo taça com capacidade de 20 m³, e, pela rede de distribuição subterrânea com extensão aproximada de 3 km, composta por tubulação em PVC com diâmetro de 25, 32 e 50 mm, que opera como conduto forçado por gravidade (SCALIZE *et al.*, 2020h). A Figura 26 apresenta os componentes do sistema citado.

Figura 26 – Representação do poço tubular profundo (a) e do reservatório elevado (b) pertencentes ao SAA da Comunidade de Quilombo do Magalhães.



Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

Não houve coleta diretamente na fonte de captação, poço tubular profundo, devido dificuldade de acesso ao local. Logo, coletou-se água na rede de distribuição, antes dos reservatórios domiciliares, para caracterizar a qualidade da água da fonte, apresentada na Tabela 19. As amostras foram coletadas em setembro de 2019 e observa-se desconformidade para os parâmetros fluoreto e coliformes totais.

Tabela 19 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água distribuída do SAA em Quilombo do Magalhães, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação	Poço tubular profundo
	nº 5 (2017)	Média ± σ
Cor aparente (uC)	≤ 15	1,25 ± 1,25
Turbidez (NTU)	≤ 5	0,30 ± 0,15
Alcalinidade (mg/L)	NA	205,69 ± 2,15
Temperatura (°C)	NA	29,78 ± 1,52
pH	6,0 a 9,5 (*)	7,53 ± 0,05
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	402,50 ± 5,32
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	221,38 ± 2,94
Dureza total (mg/L)	≤ 500	151,02 ± 16,68
Cloreto (mg/L)	≤ 250	22,91 ± 1,26
Salinidade (‰)	NA	0,10 ± 0,00
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,00 ± 0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,01 ± 0,01
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,00 ± 0,00
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	1,60 ± 0,06
Fósforo (mg/L)	NA	0,05 ± 0,03
Matéria orgânica (mg/L)	NA	3,82 ± 1,43
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	556,07 ± 754,02
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	0,00 ± 0,00
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	242,00 ± 156,37

Nota: σ – desvio padrão; VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Entretanto, os moradores reclamam que a água fornecida pelo SAA local é “salobra”, preferindo consumir água de outras fontes. O termo “salobra”, utilizado pela comunidade, indica gosto ruim da água, que pode estar relacionado a diversos parâmetros de qualidade, tais como dureza, alcalinidade, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e salinidade. Tomando como

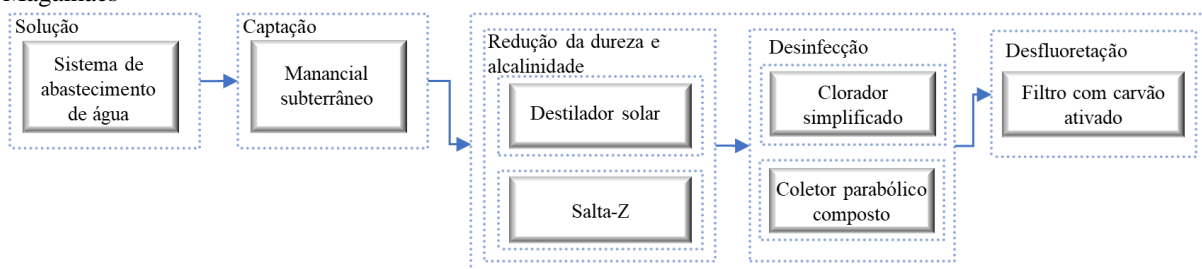
referência os limites identificados na literatura levando em consideração a qualidade organoléptica da água, mencionados na metodologia, o gosto indesejável pode ser atribuído à dureza e alcalinidade.

O pH permaneceu abaixo de 8,30, o que significa que a alcalinidade é proveniente apenas de bicarbonato. Além disso, a alcalinidade é maior do que a dureza total, o que significa que a dureza é temporária (PIVELI, 2001).

No SAA em questão, não é necessário correção do pH, uma vez que já se enquadra nos padrões de potabilidade, mas a concentração de flúor na água está acima do valor máximo permitido, de maneira que se faz necessário processo de desfluoretação da água.

Pensando em tratamentos coletivos e buscando soluções mais viáveis para aplicação em pequenas comunidades, para redução de dureza e alcalinidade, bem como desfluoretação e inativação dos microrganismos, sugere-se as alternativas tecnológicas dispostas na Figura 27.

Figura 27 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água utilizada pelo SAA em Quilombo do Magalhães



Fonte: autora.

Sendo inviável a aplicação das alternativas tecnológicas propostas, uma opção seria alterar a fonte de captação de água, podendo substituir os poços tubulares profundos pelo Rio Paranã, o principal curso d'água da Comunidade Quilombo do Magalhães, ou pelo Rio Cajueiro, ambos perenes. Os dados de disponibilidade hídrica superficial revelam uma vazão disponível de 288,77 L/s, demonstrando que esta fonte consegue atender a demanda de toda a comunidade, considerando consumo humano e pecuária, exceto rebanho bovino, que requer 0,055 L/s (SCALIZE *et al.*, 2021d).

Foi realizada coleta da água do Rio Paranã em setembro de 2019, período de estiagem, e, da água do Rio Cajueiro em março de 2020, período chuvoso. Os resultados de qualidade da água são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água do rio Santa Maria, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b)

Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Rio Paranã	Rio Cajueiro
Cor aparente (uC)	≤ 15	149,00	98,70
Turbidez (NTU)	≤ 5	88,80	31,20
Alcalinidade (mg/L)	NA	43,37	20,88
Temperatura (°C)	NA	28,90	NR
pH	6,0 a 9,5 (*)	7,70	7,34
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	99,81	55,90
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	54,90	23,99
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00	0,00
Cloreto (mg/L)	≤ 250	29,19	10,34
Salinidade (‰)	NA	0,10	0,10
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,00	0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,35	0,28
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,05	0,02
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,00	NR
Fósforo (mg/L)	NA	1,20	NR
Matéria orgânica (mg/L)	NA	10,68	2,11
Coliformes totais (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	> 24196,00	> 2419,60
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	0 em 100 mL	4884,00	770,10
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	> 2000,00	NR

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; NR – análise não realizada; (*) faixa recomendável.

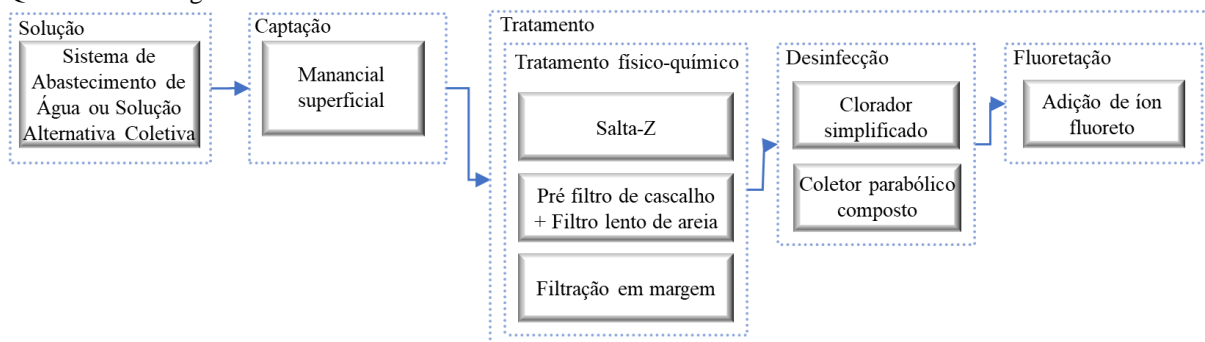
Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Nota-se na Tabela 20 que caso a água fosse consumida diretamente dos mananciais sem passar por um processo de tratamento estaria em desacordo com o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) para turbidez, cor aparente, coliformes totais e *E. coli* e ainda, para ferro e bactérias heterotróficas apenas no Rio Paranã. Não foi realizada análise de bactérias heterotróficas na água do Rio Cajueiro.

Em relação ao fluoreto, na amostra do rio Paranã este não foi detectado, enquanto no rio Cajueiro não foi realizada análise deste parâmetro. Diante disto, recomenda-se que seja realizada a fluoretação, com prévio monitoramento das concentrações de fluoreto na água. Além disso, verifica-se que não é necessária a correção do pH em nenhuma das fontes de água, uma vez que os valores encontrados estão dentro da faixa recomendável.

Logo, sugere-se a solução tecnológica exposta na Figura 28, para tratar a água do Rio Paranã ou do Rio Cajueiro, contudo devido a necessidade de remoção de ferro na água do Rio Paranã, a injeção de cloro deve ser realizada no início do processo de tratamento, visando oxidação e precipitação do ferro, que ocorre no interior do reservatório e também durante a etapa de filtração, no filtro composto por zeólita.

Figura 28 – Alternativas tecnológicas propostas para o tratamento da água do rio Paranã ou do rio Cajueiro em Quilombo do Magalhães.



Fonte: autora.

2.3.4.2 Solução Alternativa Individual (SAI) existente

Com relação ao SAI, foi verificado em um domicílio que a água era captada no Rio Paranã através de uma bomba alimentada por roda d'água e um carneiro hidráulico (Figura 29). Os resultados de qualidade da água captada, em setembro de 2019, diretamente do rio e do reservatório estão dispostos na

Tabela 21.

Nota-se desconformidade para os parâmetros cor aparente, turbidez, ferro, coliformes totais, E. coli e bactérias heterotróficas, na água captada diretamente do ribeirão, enquanto a água reservada apresentou desconformidade apenas em relação aos parâmetros microbiológicos. Isto pode estar relacionado à sedimentação dos sólidos que ocorre dentro do reservatório.

Figura 29 – Estrutura de captação de água instalada no Rio Paranã e utilizada para abastecimento de um domicílio.



Fonte: Acervo do Projeto SanRural.

Tabela 21 – Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água da SAI, ribeirão Paranã, em Quilombo do Magalhães, bem como os valores máximos estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b).

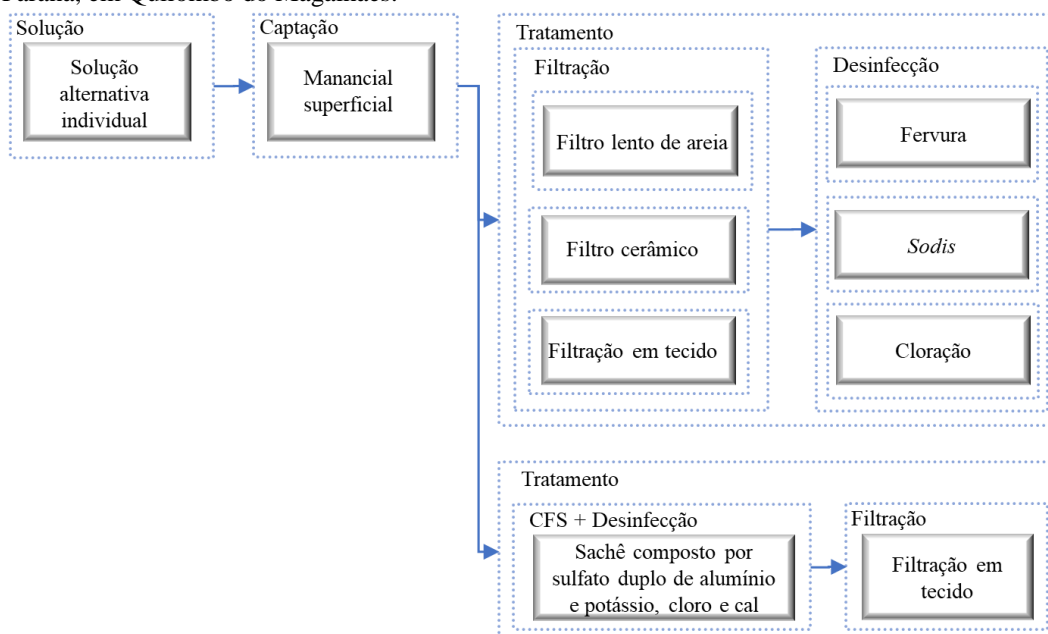
Parâmetro	VMP pela Portaria de Consolidação nº 5 (2017)	Ribeirão Paranã	Reservatório com água do ribeirão
Cor aparente (uC)	≤ 15	149,00	4,90
Turbidez (NTU)	≤ 5	88,80	1,53
Alcalinidade (mg/L)	NA	43,37	43,50
Temperatura (°C)	NA	28,90	31,30
pH	6,0 a 9,5 (*)	7,70	7,70
Condutividade elétrica (us/cm)	NA	99,81	82,80
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	≤ 1000	54,90	45,50
Dureza total (mg/L)	≤ 500	0,00	0,00
Cloreto (mg/L)	≤ 250	29,19	26,13
Salinidade (‰)	NA	0,10	0,10
Nitrato (mg/L)	≤ 10	0,00	0,00
Ferro (mg/L)	≤ 0,3	0,35	0,10
Alumínio (mg/L)	≤ 0,2	0,05	0,003
Fluoreto (mg/L)	≤ 1,5	0,00	0,00
Fósforo (mg/L)	NA	1,20	0,10
Matéria orgânica (mg/L)	NA	10,68	4,44
Coliformes totais (NMP/100 mL)	Ausente	> 24196,00	54,80
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	Ausente	4884,00	1,00
Bactérias heterotróficas (UFC/mL)	≤ 500	> 2000,00	1000,00

Nota: VMP – valor máximo permitido; NA – não se aplica; (*) faixa recomendável.

Fonte: Banco de dados do Projeto SanRural.

Diante do exposto, sugere-se que seja realizada a filtração e desinfecção da água a nível individual, conforme Figura 30, devido a variação da qualidade da água proveniente de mananciais superficiais, por estarem mais expostos à contaminação. Destaca-se que 57,1% da comunidade já possui o hábito de filtrar a água para consumo, exclusivamente pelo filtro de vela cerâmica porosa, contudo, nenhuma unidade familiar relatou a desinfecção como prática.

Figura 30 – Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, ribeirão Paranã, em Quilombo do Magalhães.



Fonte: autora.

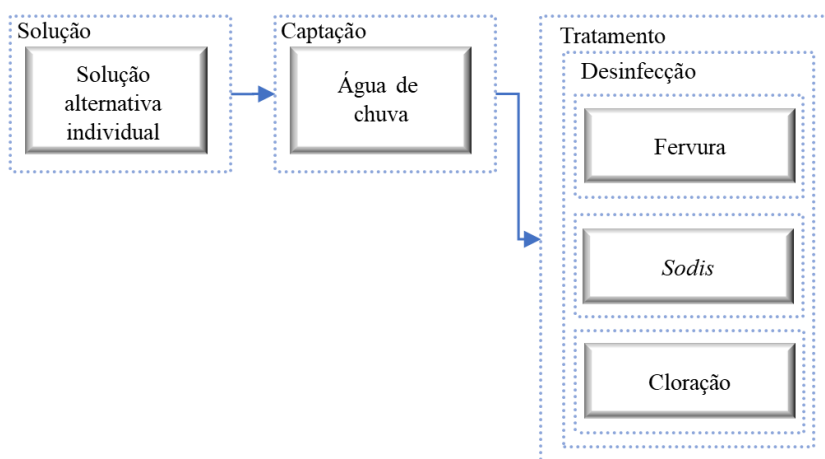
Complementarmente, alguns domicílios já possuem o hábito de armazenar água de chuva em bombonas, ou seja, em recipientes inadequados e ainda, em pouca quantidade. Uma medida alternativa de caráter individual, por domicílio, consiste na instalação de cisternas para aproveitamento da água chuva.

A partir das análises de disponibilidade hídrica, verificou-se que é necessária uma cisterna com volume de 74.646,0 L e área de captação de 84,72 m² em cada domicílio, para suprir a demanda total para consumo humano nos seis meses de seca, com precipitação inferior a 50 mm (SCALIZE *et al.*, 2021d).

A dimensão exigida para a cisterna domiciliar foi calculada considerando atendimento de toda a demanda de água, ingestão e demais usos. Pensando na viabilidade econômica e de espaço para implantação, e ainda, na existência de outras fontes de água disponíveis que podem ser utilizadas, recomenda-se utilizar a água de chuva somente para usos nobres. Desta maneira, considerando um consumo de 7,5 L.hab⁻¹.d⁻¹ estimado pela OMS (WHO, 2017), suficiente para hidratação e preparo dos alimentos, seria suficiente uma cisterna com volume de 3.860 L, o correspondente a aproximadamente 3,9 m³, com uma área de captação de 4,4 m².

Caso sejam implantadas as cisternas de água de chuva, recomenda-se a realização apenas de desinfecção da água, conforme listado na Figura 31. E ainda, propõe-se a adoção de outras barreiras sanitárias que garantam a segurança da água nas cisternas de aproveitamento da água da chuva, como dispositivo de descarte dos primeiros volumes de chuva captados e dispositivo de retenção de sólidos grosseiros.

Figura 31- Alternativas tecnológicas a nível individual propostas para o tratamento da água da SAI, cisterna de água de chuva, em Quilombo do Magalhães.



2.3.5 Aplicação de alternativas coletivas de tratamento de água

A Tabela 22 expõe a eficácia das tecnologias sugeridas para os sistemas e soluções coletivas.

Tabela 22 – Eficácia das tecnologias de tratamento de água a nível coletivo.

Tecnologia ou método de tratamento	Parâmetros		
	Remoção eficaz	Pouco eficaz	Não eficaz
Desinfecção (Clorador simplificado)	Bactéria e vírus	Alguns protozoários e helmintos	Cryptosporidium parvum; toxoplasma oocysts; turbidez; químicos; gosto, odor e cor
Desinfecção (Coletor parabólico composto)	Bactérias	SI	SI
Destilador solar	Turbidez, dureza total, bactérias, protozoários e helmintos	SI	SI
Salta-Z	Cor, turbidez, ferro, cálcio, magnésio, dureza total	SI	SI
Filtração lenta em areia	Matéria particulada suspensa; algas e microrganismos; alguns orgânicos, incluindo certos pesticidas e também amônia	SI	SI
Pré filtração em cascalho + filtração lenta em areia	Turbidez, matéria particulada suspensa; algas e microrganismos; alguns orgânicos, incluindo certos pesticidas e também amônia	SI	SI
Filtração em margem	Partículas (sólidos em suspensão), poluentes orgânicos, microrganismos, metais pesados e nitrogênio	SI	SI
Desfluoretação por precipitação por contato	Fluoreto	SI	SI

Nota: SI – sem informação.

Fonte: Azevedo (2018); Brasil (2018a); Cawst (2018); Gill e Price (2010); Hailu *et al.* (2019); Oliveira e Guerra (2020); Qu *et al.* (2018); Vidal e Diaz (2000); Who (2017).

Para o atendimento do Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b) em relação ao cloro residual na rede, é indispensável a desinfecção química. No estado de Amazonas, no Brasil, Ferreira, Luz e Buss (2016) testaram o clorador simplificado para tratar água de 20 poços. Foi utilizado hipoclorito de cálcio com 65% de cloro ativo. 100% das amostras de água bruta estavam contaminadas por coliformes totais e *E. coli* e após o tratamento observou-se que a contaminação foi eliminada em 95% das amostras.

Em todas as comunidades do estudo, os SAA apresentaram desconformidade para dureza e alguns apresentaram também para alcalinidade. Nestes casos, as tecnologias propostas foram o destilador solar ou Salta-Z.

O Salta-Z é uma solução alternativa coletiva simplificada, empregada usualmente em pequenas comunidades. Se trata de um sistema compacto que conta com tubulação de recalque, dosador para coagulante (no caso de manancial superficial), reservatório de água, dosador para cloro, filtro, dreno de sedimentos e caixa com leito filtrante (BRASIL, 2017a).

Estudo realizado por Oliveira e Guerra (2020) comprovaram elevada eficiência do destilador solar com pirâmide de vidro, obtendo remoção acima de 90,0% para dureza.

O sistema compacto Salta-Z, por sua vez, é composto por um filtro com zeólita. A zeólita é um poderoso adsorvente e efetivo na redução da dureza (SANTOS e CARVALHO, 2018). Quando direcionado ao tratamento de água subterrânea, dispensa-se as etapas de coagulação, floculação e sedimentação, e desta forma, poderia ser instalado apenas o filtro com zeólita e o dosador de cloro.

Hailu *et al.* (2019) avaliaram o processo de troca iônica, através do uso de zeólitas, na redução de cálcio, magnésio e dureza total na água subterrânea na cidade de Mekelle, Etiópia, e obtiveram reduções de 80,2%, 84,8% e 81,0%, respectivamente, sob as condições ideais: pH de 6,9, tamanho da zeólita de 1 mm, dose 50 g/L, tempo de agitação de 30 minutos e temperatura de 25 °C.

Além de boa redução de cálcio, magnésio e dureza, o sistema Salta-Z também se mostrou eficiente na redução de cor, turbidez e ferro. Em caso de níveis de ferro elevados na água, sugere-se a adoção do sistema com alteração do momento de injeção de cloro, passando esta etapa para o início do processo de tratamento, visando oxidação e precipitação do ferro, que ocorreria no interior do reservatório, e também durante a etapa de filtração, no filtro com zeólita.

Na comunidade do Arara localizada no município de Careiro, estado de Amazonas, Azevedo (2018) testou o sistema Salta-Z visando redução de ferro e manganês em água subterrânea. O tratamento da água foi precedido de oxidação química e precipitação antes da filtração. Após o repouso da água no reservatório por aproximadamente 2 horas e passagem pelo filtro da Salta-z, composto por zeólita, o ferro total passou de 2,07 mg/L para 0,01 mg/L; o manganês de 0,319 mg/L foi para 0,042 mg/L; a cor aparente de 550 uH para 10,0 uH; a turbidez de 85 uT para 0,89 uT e o pH de 5,68 para 6,10.

Excepcionalmente, na comunidade Quilombo do Magalhães, a água do SAA, apresentou elevados níveis de fluoreto. Segundo Who (2017), o carvão de origem animal tem sido usado para reduzir as concentrações de fluoreto. Smittakorn *et al.* (2010) testaram processo de adsorção com o carvão de ossos para remoção de fluoreto na concentração de 3,5 mg/L em água subterrânea e obtiveram remoção de 80,0%. Sorlini *et al.* (2013), por sua vez, testaram o carvão de ossos em meio filtrante para remoção de fluoreto na concentração de 4,8 a 8,0 mg/L em água subterrânea e obtiveram remoções acima de 70,0%.

O sistema por adsorção é mais indicado para o tratamento no ponto de consumo. Porém, há o tratamento por precipitação por contato, mais indicado para tratamento coletivo da água, para abastecimento de pequenas comunidades. Este sistema utiliza o carvão ativado saturado (usado), que atua como catalisador da reação. Dessa forma, o carvão não precisa ser substituído, como ocorre no processo de adsorção. O mecanismo de precipitação está fundamentado na reação do flúor com os reagentes cálcio e fósforo, adicionados à água (BRASIL, 2018a).

A Tabela 23 apresenta as características, como produção de água, vazão diária, custo capital e operação e manutenção das tecnologias propostas a nível coletivo. Ressalta-se que o custo capital foi estimado de modo a atender a vazão diária.

Tabela 23 – Características técnicas e econômica de alternativas tecnológicas propostas a nível coletivo.

Tecnologia ou método	Produção de água (L.m ⁻² .h ⁻¹)	Vazão (L. d ⁻¹)	Custo capital (R\$)	Operação/manutenção	Aplicação
Desinfecção (Clorador simplificado)	NA	NA	125,00	Operação e manutenção simples.	Locais com capacidade de reposição constante de suprimento
Desinfecção (Coletor parabólico composto)	50	190.000	45.975,44 ^(*)	Operação e manutenção simples	Locais com níveis significativos de energia solar
Destilador solar	0,16	150	9.424,00	Operação e manutenção simples	Locais com níveis significativos de energia solar
Salta-Z	10.000 a 15.000	SI	17.000,00	Operação e manutenção simples	SI
Filtração lenta em areia	100 a 400	SI	SI	Operação e manutenção simples; o sistema pode ser construído pela própria comunidade; não necessita de pré coagulação. A manutenção limita-se à remoção do schmuzdecke.	Valores máximos recomendados, considerando 100,0% das amostras: Turbidez: <15 uT Cor verdadeira: <10 uC Ferro: <1,5 mg/L Manganês: <0,7 mg/L Algas: <500 UPA/mL CT: <1000 NMP <i>E. coli</i> : <500 NMP
Pré filtração em cascalho seguida de filtração lenta em areia	Filtro de cascalho: 300 a 1000; Filtro lento de areia: 100 a 400	SI	SI	Operação e manutenção simples; o sistema pode ser construído pela própria comunidade	O pré filtro de cascalho serve para atenuar os picos de turbidez e consegue tratar de forma eficiente água contendo turbidez maior que 50 uT
Filtração em margem	Depende das características do solo	SI	SI	Operação simples e de baixo custo. Entretanto apresenta como desafio a prevenção da colmatação do caminho de infiltração, devido altos níveis de sólidos em suspensão	Locais com águas superficiais contaminadas e esgotamento de aquífero. A granulometria do aquífero e do leito do manancial deve ser preferencialmente composta por materiais de granulometria mais grossa; o fluxo do rio deve proporcionar arraste de partículas, favorecendo a autolimpeza da camada de infiltração
Desfluoretação por precipitação por contato	SI	7.200	2814,00	Operação e manutenção simples	Locais com capacidade de reposição constante do estoque de reagentes cálcio e fósforo
	SI	68.600	11.000,00		

Nota: (*) – conversão de dólar para real (US\$ 1,00 = R\$ 5,32); CT – coliformes totais; NA – não se aplica; SI – sem informação; Fonte: Brasil (2014); Brasil (2017a); Brasil (2018a); Brasil (2018c); Di Bernardo e Dantas (2005, apud Pizzolatti, 2010); FBB (2015); Grischek *et al.* (2007, apud Guedes *et al.*, 2019); Huisman e Wood (1974); Logsdon *et al.* (2002); Peter (2010); Sharma e Amy (2009); Sinapi (2020); Vidal e Diaz (2000); Who (2017).

Observa-se pela Tabela 23 que entre os processos de desinfecção, em relação ao custo, o clorador simplificado se mostra mais atrativo. Além disso, analisando as tecnologias sugeridas para redução da dureza, destilador solar e Salta-Z, nota-se que a produção de água do destilador solar por metro quadrado de área é relativamente menor, requerendo assim maior área para implantação. Outra limitação do destilador consiste na dependência de alta radiação solar para uma boa eficiência. Logo, no caso de optar por esta tecnologia, pensando em fornecer uma maior vazão diária de água, poderia ser analisada em campo a estratégia de diluição de contaminantes, de modo que apenas parte da água seria tratada pelo destilador solar, porém toda a vazão passaria pelo clorador simplificado, sendo esta uma etapa indispensável.

Diante disso, a tecnologia Salta-z se mostrou mais atrativa, pois requer menor área de implantação e não depende de radiação solar, apresentando assim boa eficiência na remoção dos parâmetros ao longo do dia, independente de mudanças sazonais. Também, é menos onerosa quando se relaciona o custo com a produção de água.

2.3.6 Aplicação de alternativas individuais de tratamento de água

A Tabela 24 expõe a eficácia das tecnologias sugeridas para as SAI.

Tabela 24 – Eficácia das tecnologias de tratamento de água a nível individual.

Tecnologias ou métodos de tratamento	Remoção microbiológica (log)	Parâmetros		
		Remoção eficaz	Pouco eficaz	Não eficaz
Desinfecção (Fervura)	Bactéria: 6-9 Protozoário: 6-9 Vírus: 6-9	Bactéria; vírus; protozoários e helmintos	SI	Turbidez; químicos; gosto, odor e cor
Desinfecção (Sodis)	Bactéria: 3-5 Protozoário: 2-4 Vírus: 2-4	Bactéria; vírus; alguns protozoários e helmintos	Cryptosporidium parvum	Turbidez; químicos; gosto, odor e cor
Desinfecção (Cloração)	Bactéria: 3-6 Protozoário: 3-5 (exceto Cryptosporidium) Vírus: 3-6	Bactéria e vírus	Alguns protozoários e helmintos	Cryptosporidium parvum; toxoplasma oocysts; turbidez; químicos; gosto, odor e cor
Filtração lenta em areia	Bactéria: 1-3 Protozoário: 2-4 Vírus: 0,5-2	Bactéria; protozoários; helmintos; turbidez; gosto, odor e cor	Vírus e ferro	Químicos dissolvidos
Filtração (pote cerâmico)	Bactéria: 2-6 Protozoário: 4-6 Vírus: 1-4	Bactéria; protozoários; helmintos; turbidez; gosto, odor e cor	Vírus e ferro	Químicos dissolvidos
Filtração (vela cerâmica)	Bactéria: 2-6 Protozoário: 4-6 Vírus: 1-4	Bactéria; protozoários; helmintos; turbidez; gosto, odor e cor	Vírus e ferro	Químicos dissolvidos
Filtração em tecido	SI	Helmintos	Turbidez, bactérias e protozoários	Cor, químicos e vírus
Sachê floculante-desinfetante (*)	Bactéria: 7-9 Protozoário: 3-5 Vírus: 4.5-6	Bactéria; vírus; protozoários e helmintos; turbidez; alguns metais pesados e contaminantes químicos	SI	SI

Nota: SI – sem informação. Fonte: CAWST (2018); WHO (2013).

Em Camboja-Ásia, Brown e Sobsey (2012) realizaram um estudo com 60 domicílios testando a eficiência da fervura. Como resultado, a água fervida e armazenada em recipiente coberto foi associada a maior segurança, apresentando redução média de *E. coli* de 98,5%, com 44,0% das amostras livres de *E. coli* (<1 UFC/100 mL).

Bitew *et al.* (2018) avaliaram uma intervenção com *Sodis* na zona rural da Etiópia. Famílias selecionadas receberam garrafas PET, contêineres plásticos para armazenar as garrafas e um pedaço de chapa de ferro corrugado, além de instruções técnicas. Resultados bacteriológicos de amostras de água bruta mostraram *E. coli* positiva para acima de 90,0% das amostras. Antes da intervenção, a maioria das amostras (52,0%) eram categorizadas como de alto risco (> 100 UFC/100mL) e após tratamento, a maioria (57,9%) de baixo risco (0-10 UFC/100mL).

Albert, Luoto e Levine (2010) realizaram um estudo em Quênia-África, onde testaram o desempenho de três técnicas: solução diluída de hipoclorito (*WaterGuard*), sachê floculante-desinfetante (PuR) e filtro de vela cerâmica (Sterilaqua) na redução de *E. coli*. A redução média (log10) de *E. coli* quando receberam *WaterGuard* (1,21) foi maior do que quando tinham PUR (0,98) ou filtro (0,91), sem diferença estatística entre os dois últimos.

Em relação aos processos de filtração da água, CAWST (2018) ressalta que o filtro lento de areia, filtro de pote cerâmico e filtro de vela cerâmica, são efetivos na remoção de bactérias, protozoários, helmintos, turbidez, gosto, odor e cor.

Uwimpuhwe *et al.* (2014) demonstraram bom desempenho do filtro lento de areia em um estudo em escala real utilizando fonte de água superficial contendo 1685 UFC/100mL coliformes fecais e 7×10^3 UFC/100mL coliformes totais. As remoções médias foram de 95,5% e 95,9% respectivamente.

De Aceituno *et al.* (2012) utilizaram fonte de manancial superficial e água de chuva e avaliaram a eficiência do filtro lento de areia para turbidez, *E. coli* e coliformes totais, obtendo remoções de 3,8%, 61,0% e 38,0% respectivamente, concluindo redução mínima de turbidez e relativamente baixa redução de microrganismos, contrariando os resultados do estudo piloto com fonte de água superficial realizado por Stauber *et al.* (2012), em que obtiveram remoção de 67,0% para turbidez e 97,0% para *E. coli*.

Dispositivos de tratamento de água domiciliar foram simultaneamente testados, entre eles o filtro de pote cerâmico impregnado com prata, filtro de vela de cerâmica, filtro lento de areia

convencional, filtro lento de areia modificado com zeólita. Foram utilizadas como água bruta: água sintética, água superficial e água subterrânea. A turbidez da água bruta não era aceitável e após tratamento as mais altas (64,0% a 98,0%) remoções médias foram anotadas para o filtro de pote cerâmico, sendo o único dispositivo que removeu consistentemente 100,0% de todos os patógenos alvo e ainda conseguiu produzir água segura com <1 uT. 60,0% a 100,0% de remoções bacterianas foram observadas para filtro lento convencional e, 90,0% a 100,0% para o filtro lento de areia modificado e o filtro de vela cerâmica (MWABI; MAMBA; MOMBA; 2013).

Pérez-Vidal *et al.* (2016) também compararam o desempenho de quatro sistemas de filtração: filtro de membrana de ultrafiltração, filtro cerâmico de uma vela, filtro cerâmico de duas velas e filtro de pote cerâmico, quanto a remoção de turbidez, cor, *E. coli*, sólidos totais dissolvidos e condutividade elétrica. Todos os sistemas apresentaram alta eficiência para turbidez (98% – 99%), cor aparente (96,3% – 97,5%) e *E. coli* (4 – 5 LRV, o correspondente a remoções acima de 99%). Nenhum dos sistemas foi eficiente na remoção de sólidos dissolvidos.

Gomes, Franco e Viana (2017) avaliaram o filtro de vela cerâmica tradicional e o filtro de vela cerâmica contendo carvão ativado e concluíram que ambos foram eficientes na remoção de cor, turbidez, ferro e coliformes termotolerantes, causando incremento em dureza, sólidos dissolvidos e pH, porém não o suficiente para ultrapassar os padrões de potabilidade.

Morris *et al.* (2018), avaliaram o impacto do filtro de pote cerâmico na qualidade da água em estudo piloto. Foram testadas amostras de água superficial, subterrânea e água de chuva. *E. coli* foi detectada em 93,0% das amostras de água de origem, com uma concentração mediana de 469 NPM/100 mL (intervalo: $<10 - 2 \times 10^4$ NPM/100 mL), enquanto mais de 70,0% das amostras filtradas em todas as três rodadas de amostragem atenderam as recomendações da OMS de <1 *E. coli*/100 mL. A turvação mediana da água bruta foi de 71,1 uT (intervalo: 0,1 – 1158 uT) e na água filtrada variou de 0,5 a 1,0 uT.

Clasen *et al.* (2004) realizaram um estudo na Bolívia com água de manancial superficial e avaliaram a eficiência de um filtro de vela cerâmico revestido com prata coloidal na redução de coliformes fecais. Como resultado, 100% das amostras filtradas durante os seis meses de avaliação estavam livres de coliformes fecais.

Uma outra alternativa que envolve os processos de coagulação, floculação, sedimentação e ajuste de pH, consiste no sachê floculante/desinfetante, que pode ser associado à filtração em

tecido. Estudo em bancada, realizado em Bangladesh por Islam *et al.* (2014) utilizando água superficial, demonstrou o desempenho desta mistura na dosagem de 9:3:2. Contagens de coliformes totais, coliformes termotolerantes e *estreptococos fecais* na água bruta foram 26.431, 14.548 e 240 UFC/100 ml, respectivamente, e verificaram-se ausentes após o tratamento com a mistura. Quanto aos parâmetros físico-químicos, obtiveram 83,6% de remoção da turbidez. Todos os ingredientes que constituem a mistura são facilmente disponíveis e de baixo custo.

Estudo realizado por Mohamed *et al.* (2016) em vilarejos na Tanzânia, África, comparou seis métodos domiciliares de tratamento de água, entre eles o sachê flocculante/desinfetante contendo sulfato férrico e hipoclorito de cálcio. Como resultado, todos os métodos melhoraram a qualidade microbiana da água, apresentando redução média de coliformes termotolerantes acima de 99,0%, sem diferença significativa entre eles.

A Tabela 25 apresenta algumas características das tecnologias sugeridas para as SAI. Destaca-se que o custo anual por domicílio foi calculado considerando o consumo diário, também exposto nesta tabela. Para o cálculo do custo anual domiciliar, foram considerados o custo de aquisição e manutenção do produto. Para a tecnologia Sodis adotaram quatro garrafas plásticas (2 expostas ao sol e 2 dentro de cada domicílio para consumo), substituídas a cada 6 meses.

Nota-se que as tecnologias de desinfecção não apresentam limitação quanto à produção de água e em relação ao custo a *Sodis* é mais vantajosa, e, em contrapartida, requer um tempo maior de tratamento em comparação com as demais.

Quanto as tecnologias de filtração, nota-se que a filtro lento de areia consegue fornecer uma maior vazão diária, contudo, apresenta uma estimativa de custo maior em relação as demais tecnologias.

Tabela 25 – Características técnicas e econômica das alternativas tecnológicas sugeridas as SAI.

Tecnologias sugeridas	Vazão (L.d ⁻¹)	Consumo (L.d ⁻¹ .dom ⁻¹)	Custo capital por domicílio (R\$)	Custo anual por domicílio (R\$)	Operação/manutenção	Aplicação
Desinfecção (Fervura)	Sem limitação	6 a 8	SI	525,08 a 616,32 ^(*)	Simples, porém há um gasto elevado de combustível e riscos de queimaduras e de doenças respiratórias	Mais apropriado em locais com preço e fornecimento acessível do combustível. Água turva deve ser sedimentada ou filtrada antes
Desinfecção (Sodis)	Sem limitação	25	SI	4,26 ^(*)	Simples, porém requer longo tempo para tratamento	Locais com alta quantidade de radiação solar e água bruta com baixa turbidez; ácidos húmicos e substâncias inorgânicas afetam a eficiência
Desinfecção (Cloração)	Sem limitação	25	SI	21,81 ^(*)	Simples, gera residual que evita possíveis recontaminações da água, porém há perigo de superdosagem e formação de subprodutos de desinfecção	Locais com constante suprimento do produto e fonte de água com baixa turbidez e matéria orgânica
Filtração lenta em areia	480	NA	133,00 a 532,00 ^(*)	SI	Simples e produção local com materiais disponíveis	Indicado para tratar água com turbidez abaixo de 50 uT. Se maior, a água deve ser sedimentada ou filtrada antes
Filtração (pote cerâmico)	36 a 72	NA	133,00 ^(*)	SI	Simples e produção local com materiais disponíveis	Água com turbidez maior que 50 uT deve ser sedimentada ou filtrada antes
Filtração (vela cerâmica)	36 a 72	NA	133,00 ^(*)	SI	Simples e produção local com materiais disponíveis	Água com turbidez maior que 50 uT deve ser sedimentada ou filtrada antes
Filtração em tecido	Sem limitação	NA	SI	SI	Simples e utiliza material disponível localmente	SI
Sachê floculante-desinfetante	Sem limitação	25	SI	485,45 ^(*)	Simples, mas necessita de várias etapas para concluir o tratamento	Locais com constante suprimento do produto e água com alta turbidez

Nota: (*) – conversão de dólar para real (US\$ 1,00 = R\$ 5,32); Dom – Domicílio; NA – não se aplica; SI – sem informação. Fonte: Cawst (2018); Clasen e Haller (2008); Ramírez-Sánchez, Doll e Bandala (2015); Lantagne e Clasen (2012); Pandit e Kumar (2019); Psutka *et al.* (2011); Thompson (2015); Sobsey (2002); Sobsey (2008); Who (2013).

2.4 CONCLUSÕES

O diagnóstico confirma o histórico do saneamento no país, com destaque para as áreas rurais, marcadas pela marginalização e esquecimento pelas políticas públicas, pois observou-se na comunidade de Canabrava que muitos domicílios não são atendidos por sistema de abastecimento de água, e ainda, em nenhuma comunidade é realizado o tratamento e monitoramento da qualidade da água fornecida pelo SAA.

Além disso, na comunidade de Baco Pari todos os domicílios são atendidos pelo SAA, contudo falta água frequentemente na rede de distribuição e um agravante a esta situação é que a SAC, por caminhão pipa, utilizada para suprir a demanda nos dias sem abastecimento pelo SAA,

também não fornece água periodicamente. Desta forma, além da qualidade duvidosa, haja vista a contaminação microbiológica advinda dos recipientes inadequados, têm-se o problema da quantidade insuficiente, visto que a quantidade de água está diretamente relacionada aos hábitos higiênicos.

Constatou-se também que nas quatro comunidades estudadas, a disponibilidade hídrica, tanto superficial quanto subterrânea, consegue atender a demanda total da comunidade, considerando consumo humano e atividades de pecuária.

Em relação ao tratamento de água a nível individual, observou-se ser uma prática ainda inexistente em muitos domicílios. A filtração foi o processo mais relatado em todas as comunidades, mas também identificou-se relatos de desinfecção e, em alguns casos, a combinação dos dois processos, filtração e desinfecção. Além disso, quando realizada a desinfecção, os moradores optavam pela cloração. Não houve relatos de fervura, nem *Sodis*.

Quanto à qualidade da água, tomando como referência o anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 (BRASIL, 2017b), a água dos SAA existentes, todos com captação em manancial subterrâneo, apresentaram boa qualidade, desconformes usualmente para cloro residual e parâmetros biológicos, requerendo apenas o processo de desinfecção para ajustar-se aos padrões estabelecidos pela portaria mencionada (BRASIL, 2017b), salvo em Quilombo do Magalhães, onde níveis de fluoreto excederam os limites permitidos, necessitando assim de desfluoretação.

Contudo, em todas as comunidades analisadas, houve reclamações dos moradores em relação ao gosto da água proveniente da rede de distribuição, considerando-as “salobra”. Comparando os resultados de qualidade da água com valores limites identificados na literatura, em função da qualidade organoléptica da água, constatou-se que em Baco Pari, Extrema e Quilombo do Magalhães, o gosto indesejável era relacionado aos níveis de dureza total e alcalinidade, enquanto em Canabrava estava associado somente aos níveis de dureza total.

Em relação à qualidade das SAI, independente do manancial de captação, constatou-se desconformidades para os parâmetros microbiológicos. Destaca-se, portanto, a necessidade da desinfecção da água.

Por fim, o presente trabalho cumpriu com o objetivo de propor tecnologias de tratamento de água, com base nos critérios técnicos eficiência e eficácia, priorizando tecnologias com potencial de serem aplicadas em pequenas comunidades. Entretanto, a escolha final da

tecnologia mais adequada deve envolver outros aspectos. Por isso, recomenda-se para futuros trabalhos que sejam realizados testes pilotos para averiguar a eficiência tecnológica em campo, utilizando a água bruta local; que a população seja consultada quanto às preferências, aceitabilidade e disponibilidade financeira, envolvendo-a no processo de escolha tecnológica; e, que seja verificada a mão de obra operacional disponível, entre outros aspectos.

CONCLUSÕES FINAIS

A partir da revisão sistemática e bibliográfica realizada, concluiu-se que há mais estudos sobre tecnologias de abrangência individual e em escala de bancada. Nos testes em bancada, predominou-se estudos com água sintética, enquanto nas escalas piloto e real estudos com água de manancial superficial e subterrâneo. Em geral, a filtração foi o processo mais abordado e verificou-se a busca por processos naturais em substituição aos químicos, o que corrobora com a sustentabilidade.

Além disso, um aspecto negativo identificado foi a baixa quantidade de estudos que avaliaram a aceitação social da tecnologia, demonstrando o descaso com a participação social na escolha tecnológica.

De outro lado, resultados do estudo de caso nas comunidades quilombolas em Goiás, mostraram que embora o acesso ao saneamento básico seja um direito humano, parcela populacional ainda não tem acesso a água potável segura, comprovado pelos seguintes fatos: muitos domicílios não são contemplados pelo Sistema de Abastecimento de Água na comunidade de Canabrava; falta água frequentemente no SAA em Baco Pari, e ainda, em todas as comunidades, a água distribuída coletivamente não recebe nenhum tipo de tratamento, chegando nos domicílios em desconformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação n° 5 (BRASIL, 2017b) para os parâmetros biológicos e sendo recusada pela comunidade, devido alteração organoléptica.

Verificou-se também, em geral, que grande parte da comunidade não trata a água a nível individual e todas as amostras de água das soluções alternativas individuais apresentaram desconformidade para os parâmetros biológicos. Destaca-se, portanto, a importância do tratamento da água e monitoramento constante da sua qualidade.

Por fim, o presente trabalho cumpriu com o objetivo de propor tecnologias de tratamento de água, priorizando tecnologias com potencial de serem aplicadas em pequenas comunidades, de fácil operação e manutenção e ainda, baixo custo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEBE, L. S.; SMITH, J. A.; NARKIEWICZ, S.; OYANEDEL-CRAVER, V.; CONAWAY, M.; SINGO, A.; AMIDOU, S.; MOJAPELO, P.; BRANT, J.; DILLINGHAM, R. Ceramic water filters impregnated with silver nanoparticles as a point-of-use water-treatment intervention for HIV-positive individuals in Limpopo Province, South Africa: a pilot study of technological performance and human health benefits. **Journal of Water and Health**, v. 12, n. 2, p. 288-300, 2014.

ABNT: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10739**: Água - Determinação de oxigênio consumido - Método do permanganato de potássio - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1989, 3 p.

ALBERT, J.; LUOTO, J.; LEVINE, D. End-user preferences for and performance of competing POU water treatment technologies among the rural poor of Kenya. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 12, p. 4426-4432, 2010.

APHA - American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, 2017.

AZEVEDO, R. P. Utilização de filtro artesanal a base de zeólita para remoção de ferro e manganês de água subterrânea em comunidade na Amazônia. *In*: **48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE**. Fortaleza-CE, 2018.

BABBITT, E. H.; DOLAND J. J.; CLEASBY J. L. **Abastecimento de água**. Tradução de Zadir Castelo Branco. São Paulo, Edgard Blucher; Brasília, INL, 1973.

BITEW, B. D.; GETE, Y. K.; BIKS, G. A.; ADAFRIE, T. T. The effect of SODIS water treatment intervention at the household level in reducing diarrheal incidence among children under 5 years of age: a cluster randomized controlled trial in Dabat district, northwest Ethiopia. **Trials**, v. 19, n. 1, p. 412, 2018.

BLUMBERG, E.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Alcalinidade e dureza das águas naturais: processos de redução da dureza**. Edição nº 28. 1956.

BOISSON, S.; KIYOMBO, M.; STHRESHLEY, L.; TUMBA, S.; MAKAMBO, J.; CLASEN, T. Field assessment of a novel household-based water filtration device: a randomised, placebo-controlled trial in the Democratic Republic of Congo. **PLoS one**, v. 5, n. 9, p. e12613, 2010.

BOISSON, S.; STEVENSON, M.; SHAPIRO, L.; KUMAR, V.; SINGH, L. P.; WARD, D.; CLASEN, T. Effect of household-based drinking water chlorination on diarrhoea among children under five in Orissa, India: a double-blind randomised placebo-controlled trial. **PLoS medicine**, v. 10, n. 8, p. e1001497, 2013.

BOVING, T. B.; CHOUDRI, B. S.; CADY, P.; CORDING, A.; PATIL, K.; REDDY, V. Hydraulic and hydrogeochemical characteristics of a riverbank filtration site in rural India. **Water Environment Research**, v. 86, n. 7, p. 636-648, 2014.

BRASIL. **Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966**. Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis a União, Estados e Municípios. 1966. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15172.htm. Acesso em jan. 2020.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. CASA CIVIL. **Decreto nº 4887, de 20 de novembro de 2003**. Regulamenta o procedimento para identificação, reconhecimento, delimitação, demarcação e titulação das terras ocupadas por remanescentes das comunidades dos quilombos de que trata o art. 68 do Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. Diário Oficial da União, 2003.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, v. 1, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Diário Oficial da União, n. 28, 2007a.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, 2007b.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396**, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Diário Oficial da União, p. 64-68, 2008.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Cloração de Água em Pequenas Comunidades Utilizando o Clorador Simplificado Desenvolvido pela Funasa / Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília : Funasa, 2014. 36 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual da solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água para consumo humano em pequenas comunidades utilizando filtro e dosador desenvolvidos pela Funasa/Superintendência Estadual do Pará**. Brasília: Funasa, 2017a.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5**, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017b.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos. Brasília-DF, 2017c.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual para remoção do excesso de flúor em águas naturais / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde; Universidade de Santa Cruz do Sul – Santa Cruz do Sul : UNISC, 2018a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Sustentar: Saneamento e Sustentabilidade em Áreas Rurais**. Brasília: Funasa, 2018b.

BRASIL. Boletim Informativo da Fundação Nacional de Saúde. Ano XIV - nº 2. Fundação Nacional de Saúde. Sistema Único de Saúde. Ministério da Saúde. Governo Federal. 2018c.

BRASIL. **Atendimento a povos e comunidades tradicionais na proteção social básica**. Ministério do Desenvolvimento Social - MDS. 2019a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2019b, 260 p.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, 2019c.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Mapa das estações meteorológicas. Acesso em mar 2020.

BROWN, J.; SOBSEY, M. D. Boiling as household water treatment in Cambodia: a longitudinal study of boiling practice and microbiological effectiveness. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 87, n. 3, p. 394-398, 2012.

CADY, P.; BOVING, T. B.; CHOUDRI, B. S.; CORDING, A.; PATIL, K.; REDDY, V. Attenuation of bacteria at a riverbank filtration site in rural India. **Water Environment Research**, v. 85, n. 11, p. 2164-2174, 2013.

CANGELA, G. L. C.; BENETTI, A. D. Otimização da clarificação de águas turvas com sementes de Moringa oleifera. Revista DAE. Vol. 66, n. 212 (set. 2018), p. 5-15, 2018.

CAWST. Centre for Affordable Water and Sanitation Technology. **Household Water Treatment and Safe Storage Product Overview**. 2018.

CHO, M.; LEE, Y.; CHUNG, H.; YOON, J. Inactivation of Escherichia coli by photochemical reaction of ferrioxalate at slightly acidic and near-neutral pHs. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n. 2, p. 1129-1134, 2004.

CLASEN, T. F. **Household-based water treatment for the prevention of diarrhoeal disease**. 2004. PhD thesis, London School of Hygiene & Tropical Medicine. DOI: <https://doi.org/10.17037/PUBS.00682347>

CLASEN, T. F.; BROWN, J.; COLLIN, S. M. Preventing diarrhoea with household ceramic water filters: assessment of a pilot project in Bolivia. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 16, n. 03, p. 231-239, 2006.

CLASEN, T. F.; HALLER, L. **Water quality interventions to prevent diarrhoea: cost and cost-effectiveness**. Geneva: World Health Organization, 2008.

CLASEN, T.; BROWN, J.; SUNTURA, O.; COLLIN, S. Safe household water treatment and storage using ceramic drip filters: a randomised controlled trial in Bolivia. **Water science and technology**, v. 50, n. 1, p. 111-115, 2006.

COTRUVO, J. A.; SOBSEY, M. D. **Point-of-use water treatment for home and travel**. Water and Health-Volume II, p. 103, 2009.

CRUMP, J. A.; OTIENO, P. O.; SLUTSKER, L.; KESWICK, B. H.; ROSEN, D. H.; HOEKSTRA, R. M.; VULULE, J. M.; LUBY, S. P. Household based treatment of drinking water with flocculant-disinfectant for preventing diarrhoea in areas with turbid source water in rural western Kenya: cluster randomised controlled trial. **British Medical Journal**, v. 331, n. 7515, p. 478-481, 2005.

DAGNINO, R. **A tecnologia social e seus desafios**. In: Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, v. 1, p. 187-210, 2004.

DE ACEITUNO, A. M. F.; STAUBER, C. E.; WALTERS, A. R.; SANCHEZ, R. E. M.; SOBSEY, M. D. A randomized controlled trial of the plastic-housing BioSand filter and its impact on diarrheal disease in Copan, Honduras. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 86, n. 6, p. 913-921, 2012.

DI BERNARDO, L.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. **Tratamento de águas de abastecimento por filtração em múltiplas etapas**. Rio de Janeiro: ABES/PROSAB, 1999.

EPA. **National Primary Drinking Water Regulations**. United States Environmental Protection Agency. United States. 2009. Disponível em: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulation-table>. Acesso em jan. 2021.

FBB – Fundação Banco do Brasil. FBB Transforma: Rede de tecnologias sociais. **Projeto de dessalinizador solar – Unidade demonstrativa em Cubatí-PB**. 2015. Disponível em: <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/dessalinizadores-solar>. Acesso em mar. 2020.

FERREIRA, D. C.; LUZ, S. L. B.; BUSS, D. F. Evaluation of simple diffusion chlorinators for decontamination of wells in a rural settlement in Amazonia, **Brazil. Ciência & Saúde coletiva**, v. 21, n. 3, p. 767-776, 2016.

FIGLIORE, M. M.; MINNINGS, K.; FIGLIORE, L. Assessment of biosand filter performance in rural communities in southern coastal Nicaragua: an evaluation of 199 households. **Rural Remote Health**, v. 10, n. 3, p. 1483, 2010.

FIRTH, J.; BALRAJ, V.; MULIYIL, J.; ROY, S.; RANI, L. M.; CHANDRESEKHAR, R.; KANG, G. Point-of-use interventions to decrease contamination of drinking water: a randomized, controlled pilot study on efficacy, effectiveness, and acceptability of closed containers, Moringa oleifera, and in-home chlorination in rural South India. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 82, n. 5, p. 759-765, 2010.

GÁMEZ, L. L. S.; LUNA-DELRISCO, M.; CANO, R. E. S. Comparative study between M. oleifera and aluminum sulfate for water treatment: case study Colombia. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 10, p. 668, 2015.

GILL, L. W.; PRICE, C. Preliminary observations of a continuous flow solar disinfection system for a rural community in Kenya. **Energy**, v. 35, n. 12, p. 4607-4611, 2010.

GOIÁS (Estado). SECIMA. Manual Técnico de Outorga. Disponível em: http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/201507/manual_tecnico_de_outorga_versao_01.pdf. 2012. Acesso em mar. 2020.

GOIÁS (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Plano estadual de recursos hídricos do estado de Goiás (PERH/GO): produto 5. Revisão Final - Setembro 2015**. Goiânia, GO: SECIMA, 2015.

GOIÁS (Estado). Conselho Estadual de Recursos Hídricos. **Resolução nº 22 de 2019**. Estabelece o regulamento do sistema de outorga das águas de domínio do estado de Goiás e dá outras providências.

GOMES, M. S.; FRANCO, C. S.; VIANA, A. C. A. I-322 – **Tratamento de água domiciliar por filtros de cerâmica microporosa e carvão ativado**. In: Congresso ABES, Fenasan 2017, São Paulo.

GOTTINGER, A. M.; MCMARTIN, D. W.; PRICE, D. HANSON, B. The effectiveness of slow sand filters to treat Canadian rural prairie water. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 38, n. 4, p. 455-463, 2011.

GOTTINGER, A. M.; MCMARTIN, D. W.; WILD, D. J.; MOLDOVAN, B. Integration of zero valent iron sand beds into biological treatment systems for uranium removal from drinking water wells in rural Canada. **Canadian Journal of Civil Engineering**, v. 40, n. 10, p. 945-950, 2013.

GUEDES, T. L.; DE SOUZA, F. H.; GHISI, D. B.; PEREZ, A. B. A.; DALSASSO, R. M.; SENS, M. L. Aplicação da filtração em margem de rio como alternativa de tratamento de água para comunidades isoladas. **Revista DAE**, v. 67, 2019.

HAILU, Y., TILAHUN, E., BRHANE, A., RESKY, H., & SAHU, O. Ion exchanges process for calcium, magnesium and total hardness from ground water with natural zeolite. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 8, p. 457-467, 2019.

HEALTH CANADA. **Guidelines for Canadian Drinking Water Quality**—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario. 2020. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/water-quality/guidelines-canadian-drinking-water-quality-summary-table.html#t3> Acesso em jan. 2021.

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

HUISMAN, L.; WOOD, W. E. **Slow sand filtration**. Geneva: World Health Organization, 1974.

IBGE. **Sinopse do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, p. 261, 2011.

IBGE. **População: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016.

INCRA. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Atuação**. 2020. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/pt/>. Acesso em jan. 2020.

ISLAM, M. A.; AZAD, A. K.; AKBER, M. A.; RAHMAN, M.; SADHU, I. Effectiveness of solar disinfection (SODIS) in rural coastal Bangladesh. **Journal of Water and Health**, v. 13, n. 4, p. 1113-1122, 2015.

ISLAM, M. S.; ANSARUZZAMAN, M.; MAHMUD, Z. H.; MATIN, M. A.; ISLAM, M. S.; MALLIK, A. K.; NEOGI, S. B.; JAHID, I. K.; ENDTZ, H. P.; CRAVIOTO, A.; SACK, D. A. A novel and simple mixture as point-of-use water treatment agent to produce safe drinking water. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 108, n. 5, p. 290-296, 2014.

KALLMAN, E. N.; OYANEDEL-CRAVER, V. A.; SMITH, J. A. Ceramic filters impregnated with silver nanoparticles for point-of-use water treatment in rural Guatemala. **Journal of Environmental Engineering**, v. 137, n. 6, p. 407-415, 2011.

KIRBY, M. A.; NAGEL, C. L.; ROSA, G.; UMUPFASONI, M. M.; IYAKAREMYE, L.; THOMAS, E. A.; CLASEN, T. F. Use, microbiological effectiveness and health impact of a household water filter intervention in rural Rwanda—A matched cohort study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.05.013>.

LANTAGNE, D.; CLASEN, T. Point-of-use water treatment in emergency response. **Waterlines**, v. 31, n. 1-2, p. 30-52, 2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. 3a Edição.

LOGSDON, G. S.; KOHNE, R.; ABEL, S.; LABONDE, S. Slow sand filtration for small water systems. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v. 1, n. 5, p. 339-348, 2002.

MCGUIGAN, K. G.; SAMAIYAR, P.; DU PREEZ, M.; CONROY, R. M. High compliance randomized controlled field trial of solar disinfection of drinking water and its impact on childhood diarrhea in rural Cambodia. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 18, p. 7862-7867, 2011.

- MENGISTIE, B.; BERHANE, Y.; WORKU, A. Household water chlorination reduces incidence of diarrhea among under-five children in rural Ethiopia: a cluster randomized controlled trial. **PLoS One**, v. 8, n. 10, p. e77887, 2013.
- MITRA, P.; PAL, D. K.; DAS, M. Does quality of drinking water matter in kidney stone disease: A study in West Bengal, India. **Investigative and Clinical Urology**, v. 59, p. 158 – 165, 2018.
- MOHAMED, H.; CLASEN, T.; NJEE, R. M.; MALEBO, H. M.; MBULIGWE, S.; BROWN, J. Microbiological effectiveness of household water treatment technologies under field use conditions in rural Tanzania. **Tropical Medicine & International Health**, v. 21, n. 1, p. 33-40, 2016.
- MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude; construir; conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste Brasileiro**. Superintendencia do Desenvolvimento do Nordeste, Recife (Brasil). Diretoria de Planejamento Global, 1992.
- MORRIS, J. F.; MURPHY, J.; FAGERLI, K.; SCHNEEBERGER, C.; JARON, P.; MOKE, F.; JUMA, J.; OCHIENG, J. B.; OMORE, R.; ROELLIG, D.; XIAO, L.; PRIEST, J. W.; NARAYANAN, J.; MONTGOMERY, J. M.; HILL, V.; MINTZ, E.; AYERS, T. L.; O'REILLY, C. E. A randomized controlled trial to assess the impact of ceramic water filters on prevention of diarrhea and cryptosporidiosis in infants and young children - Western Kenya, 2013. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 98, n. 5, p. 1260-1268, 2018.
- MWABI, J. K.; MAMBA, B. B.; MOMBA, M. M. B. Removal of waterborne bacteria from surface water and groundwater by cost-effective household water treatment systems (HWTS): A sustainable solution for improving water quality in rural communities of Africa. **Water SA**, v. 39, n. 4, p. 445-456, 2013.
- NGAI, T. K. K.; SHRESTHA, R. R.; DANGOL, B.; MAHARJAN, M.; MURCOTT, S. E. Design for sustainable development - Household drinking water filter for arsenic and pathogen treatment in Nepal. **Journal of Environmental Science and Health, Part A**, v. 42, n. 12, p. 1879-1888, 2007.
- NHMRC, NRMCM. **Australian Drinking Water Guidelines Paper 6**. National Water Quality Management Strategy. National Health and Medical Research Council, National Resource Management Ministerial Council, Commonwealth of Australia, Canberra. 2019. Disponível em: <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-drinking-water-guidelines>. Acesso em jan. 2021.
- NOGUEIRA, R. F. P.; TROVÓ, A. G.; DA SILVA, M. R. A.; VILLA, R. D.; & DE OLIVEIRA, M. C. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos fenton e foto-fenton. **Quim. Nova**, v. 30, n. 2, p. 400-408, 2007.
- NOLL, K. E.; GOUNARIS, V.; HOU, W. **Adsorption technology for air and water pollution control**. Lewis Publishers: Michigan. 1992.
- OLIVEIRA, P. V. S.; GUERRA, F. K. O. M. V.; BESSA NETO, L. J. Dessalinizador solar portátil para aplicação em comunidades rurais no Rio Grande do Norte. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020.
- ONU: Organização das Nações Unidas. Resolução adotada pela Assembleia Geral em 28 de julho de 2010: Resolução A/RES/64/292. 2010.
- OPRYSZKO, M. C.; GUO, Y.; MACDONALD, L.; MACDONALD, L.; KIIHL, S.; SCHWAB, K. J. Impact of water-vending kiosks and hygiene education on household

drinking water quality in rural Ghana. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 88, n. 4, p. 651-660, 2013.

PANDIT, A. B.; KUMAR, J. K. **Drinking Water Treatment for Developing Countries: Physical, Chemical and Biological Pollutants**. Royal Society of Chemistry, 2019.

PENA, J. de O. O papel da tecnologia social para o desenvolvimento sustentável. REDE DE TECNOLOGIA SOCIAL-RTS (Brasil)(Org.). **Tecnologia Social e Desenvolvimento Sustentável: Contribuições da RTS para a formulação de uma Política de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação**—Brasília/DF: Secretaria Executiva da Rede de Tecnologia Social (RTS), p. 43-46, 2010.

PEREIRA, S. P.; MARTINS, F. C.; GOMES, L. N. D.; SALES, M. V.; DE PÁDUA, V. L. Removal of cyanobacteria by slow sand filtration for drinking water. **Journal of Water Sanitation and Hygiene for development**, v. 2, n. 3, p. 133-145, 2012.

PÉREZ-VIDAL, A.; DIAZ-GÓMEZ, J.; CASTELLANOS-ROZO, J.; USAQUEN-PERILLA, O. L. Long-term evaluation of the performance of four point-of-use water filters. **Water Research**, v. 98, p. 176-182, 2016.

PETER, Maryna. **Ultra-low pressure ultrafiltration for decentralized drinking water treatment**. 2010. Tese de Doutorado. ETH Zurich.

PIVELI, R. P. **Curso “qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”**. 2001. Disponível: <http://www.leb.esalq.usp.br/> Acesso em jan. 2020.

PIZZOLATTI, B. S. **Estudos de limpeza de filtro lento por raspagem e retrolavagem**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

POTGIETER, N.; BECKER, P. J.; EHLERS, M. M. Evaluation of the CDC safe water-storage intervention to improve the microbiological quality of point-of-use drinking water in rural communities in South Africa. **Water Sa**, v. 35, n. 4, p. 505-516, 2009.

PRITCHARD, M.; MKANDAWIRE, T.; EDMONDSON, A.; O’NEILL, J. G.; KULULANGA, G. Potential of using plant extracts for purification of shallow well water in Malawi. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 34, n. 13-16, p. 799-805, 2009.

PSUTKA, R.; PELETZ, R.; MICHELO, S.; KELLY, P.; CLASEN, T. Assessing the microbiological performance and potential cost of boiling drinking water in urban Zambia. **Environmental science & technology**, v. 45, n. 14, p. 6095-6101, 2011.

QU, F.; YAN, Z.; WANG, H.; WANG, X.; LIANG, H.; YU, H.; HE, J.; LI, G. A pilot study of hybrid biological activated carbon (BAC) filtration-ultrafiltration process for water supply in rural areas: role of BAC pretreatment in alleviating membrane fouling. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 4, n. 2, p. 315-324, 2018.

RAMÍREZ-SÁNCHEZ, I. M.; DOLL, S.; BANDALA, E. R. Drinking Water and Sanitation in Central America: Challenges, Perspectives, and Alternative Water Treatment. In: **Water Challenges and Solutions on a Global Scale**. American Chemical Society, 2015. p. 53-70.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, p. 21-32, 2008.

ROSA, G.; MILLER, L.; CLASEN, T. Microbiological effectiveness of disinfecting water by boiling in rural Guatemala. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 82, n. 3, p. 473-477, 2010.

- SANTOS, S. L. D. X.; CARVALHO, E. B. Solução alternativa coletiva simplificada de tratamento de água destinada ao consumo humano em pequenas comunidades. **Nota informativa**: Funasa, 2018.
- SCALIZE, P. S.; ROCHA, B. S.; HORA, K. E. R.; SANTO FILHO, K. E.; BAUMANN, L. R. F.; FERREIRA, N. C.; BEZERRA, N. R.; PAGOTTO, V.; **Aspectos metodológicos**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Baco Pari: Iaciara/Posse, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020a, Volume 12, capítulo 1, p. 20-39, Ebook, ISBN 978-65-89504-44-3.
- SCALIZE, P. S.; ROCHA, B. S.; HORA, K. E. R.; SANTO FILHO, K. E.; BAUMANN, L. R. F.; FERREIRA, N. C.; BEZERRA, N. R.; PAGOTTO, V.; **Aspectos metodológicos**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Canabrava: Flores de Goiás, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020b, Volume 20, capítulo 1, p. 21-40, Ebook, ISBN 978-65-89504-37-5.
- SCALIZE, P. S.; ROCHA, B. S.; HORA, K. E. R.; SANTO FILHO, K. E.; BAUMANN, L. R. F.; FERREIRA, N. C.; BEZERRA, N. R.; PAGOTTO, V.; **Aspectos metodológicos**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Extrema: Iaciara, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020c, Volume 35, capítulo 1, p. 19-38, Ebook, ISBN 978-65-89504-53-5.
- SCALIZE, P. S.; ROCHA, B. S.; HORA, K. E. R.; SANTO FILHO, K. E.; BAUMANN, L. R. F.; FERREIRA, N. C.; BEZERRA, N. R.; PAGOTTO, V.; **Aspectos metodológicos**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Quilombo do Magalhães : Nova Roma – Goiás: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020d, Volume 78, capítulo 1, p. 21-40, Ebook, ISBN 978-65-89504-32-0.
- SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R.; BASSO, R. E.; RUGGERI JUNIOR, H. C.; PINHEIRO, R. V. N.; LOPES, H. T. L.; REIS, R. P. A.; MENDONÇA, J. S. A.; LEITE, L. S.; RAMOS, M. P. C. **Aspectos do saneamento**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Baco Pari: Iaciara/Posse, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020e, Volume 12, capítulo 6, p. 146-201, Ebook, ISBN 978-65-89504-44-3.
- SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R.; BASSO, R. E.; RUGGERI JUNIOR, H. C.; PINHEIRO, R. V. N.; LOPES, H. T. L.; MENDONÇA, J. S. A.; LEITE, L. S.; RAMOS, M. P. C. **Aspectos do saneamento**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Canabrava: Flores de Goiás, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020f, Volume 20, capítulo 6, p. 141-195, Ebook, ISBN 978-65-89504-37-5.
- SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R.; BASSO, R. E.; RUGGERI JUNIOR, H. C.; PINHEIRO, R. V. N.; LOPES, H. T. L.; REIS, R. P. A.; MENDONÇA, J. S. A.; LEITE, L. S.; AGUIAR, T. D.; RAMOS, M. P. C. **Aspectos do saneamento**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Extrema: Iaciara, GO: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020g, Volume 35, capítulo 6, p. 135-184, Ebook, ISBN 978-65-89504-53-5.
- SCALIZE, P. S.; BEZERRA, N. R.; BASSO, R. E.; RUGGERI JUNIOR, H. C.; PINHEIRO, R. V. N.; LOPES, H. T. L.; BERGAMINI, M. H. L.; AGUIAR, T. D.; LOPES, D. P.; REIS, Y. P. **Aspectos do saneamento**. In: Diagnóstico técnico participativo da Comunidade de Quilombo do Magalhães : Nova Roma – Goiás: 2019. Coleção DTP SanRural, CEGRAF UFG, 2020h, Volume 78, capítulo 6, p. 130-178, Ebook, ISBN 978-65-89504-32-0.
- SCALIZE, P. S.; HONÓRIO, M. S.; COSTA, I. A.; BASSO, R. E.; BEZERRA, N. R. **Comunidade de Baco Pari**. In: Disponibilidade hídrica em comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás: 2020. Condições de saúde e saneamento das comunidades rurais e

tradicionais do Estado de Goiás, CEGRAF UFG, 2021a, capítulo 10, p. 124-131, Ebook, ISBN 978-85-4955-0356-5.

SCALIZE, P. S.; HONÓRIO, M. S.; COSTA, I. A.; BASSO, R. E.; BEZERRA, N. R. **Comunidade de Canabrava**. In: Disponibilidade hídrica em comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás: 2020. Condições de saúde e saneamento das comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás, CEGRAF UFG, 2021b, capítulo 13, p. 148-155, Ebook, ISBN 978-85-4955-0356-5.

SCALIZE, P. S.; HONÓRIO, M. S.; COSTA, I. A.; BASSO, R. E.; BEZERRA, N. R. **Comunidade de Extrema**. In: Disponibilidade hídrica em comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás: 2020. Condições de saúde e saneamento das comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás, CEGRAF UFG, 2021c, capítulo 20, p. 204-210, Ebook, ISBN 978-85-4955-0356-5.

SCALIZE, P. S.; HONÓRIO, M. S.; COSTA, I. A.; BASSO, R. E.; BEZERRA, N. R. **Comunidade do Quilombo do Magalhães**. In: Disponibilidade hídrica em comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás: 2020. Condições de saúde e saneamento das comunidades rurais e tradicionais do Estado de Goiás, CEGRAF UFG, 2021d, capítulo 48, p. 443-440, Ebook, ISBN 978-85-4955-0356-5.

SEBRAE. **Tecnologias sociais: como os negócios podem transformar comunidades /** Cuiabá, MT: Sebrae, 2017. 31 p.: II. Color.

SHARMA, S. K.; AMY, G. **Bank filtration: a sustainable water treatment technology for developing countries**. In: Water, sanitation and hygiene: sustainable development and multisectoral approaches. Proceedings of the 34th WEDC International Conference, United Nations Conference Centre, Addis Ababa, Ethiopia, 18-22 May 2009. Water, Engineering and Development Centre (WEDC) Loughborough University of Technology, 2009. p. 662-666.

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil. **Referências de preços e custos**. 2020. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em mar. 2020.

SMITTAKORN, S.; JIRAWONGBOONROD, N.; MONGKOLNCHAI-ARUNYA, S.; DURNFORD, D. Homemade bone charcoal adsorbent for defluoridation of groundwater in Thailand. **Journal of Water and Health**, v. 8, n. 4, p. 826-836, 2010.

SNYDER, H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 104, p. 333-339, 2019.

SOBSEY, M. D. **Managing water in the home: accelerated health gains from improved water supply**. World Health Organization, 2002.

SOBSEY, M. D.; STAUBER, C. E.; CASANOVA, L. M.; BROWN, J. M.; ELLIOTT, M. A. Point of use household drinking water filtration: a practical, effective solution for providing sustained access to safe drinking water in the developing world. **Environmental science & technology**, v. 42, n. 12, p. 4261-4267, 2008.

SODHA, S. V.; MENON, M.; TRIVEDI, K.; ATI, A.; FIGUEROA, M. E.; AINSLIE, R.; WANNEMUEHLER, K.; QUICK, R. Microbiologic effectiveness of boiling and safe water storage in South Sulawesi, Indonesia. **Journal of water and health**, v. 9, n. 3, p. 577-585, 2011.

- SORLINI, S.; PEDRAZZANI, R.; PALAZZINI, D.; COLLIVIGNARELLI, M. C. Drinking water quality change from catchment to consumer in the rural community of Patar (Senegal). **Water Quality, Exposure and Health**, v. 5, n. 2, p. 75-83, 2013.
- SOUZA, D. I.; MULLER, D. M.; FRACASSI, M. A. T.; ROMEIRO, S. B. B. **Manual de orientações para projetos de pesquisa**. Novo Hamburgo: FESLSVC, 2013.
- STAUBER, C. E.; KOMINEK, B.; LIANG, K. R.; OSMAN, M. K.; SOBSEY, M. D. Evaluation of the impact of the plastic BioSand filter on health and drinking water quality in rural Tamale, Ghana. **International journal of environmental research and public health**, v. 9, n. 11, p. 3806-3823, 2012.
- THOMPSON, M. A critical review of water purification technology appropriate for developing countries: Northern Ghana as a case study. **Desalination and Water Treatment**, v. 54, n. 13, p. 3487-3493, 2015.
- TIWARI, S. S. K.; SCHMIDT, W. P.; DARBY, J.; KARIUKI, Z. G.; JENKINS, M. W. Intermittent slow sand filtration for preventing diarrhoea among children in Kenyan households using unimproved water sources: randomized controlled trial. **Tropical Medicine & International Health**, v. 14, n. 11, p. 1374-1382, 2009.
- UWIMPUHWE, M.; REDDY, P.; BARRATT, G.; & BUX, F. The impact of hygiene and localised treatment on the quality of drinking water in Masaka, Rwanda. **Journal of Environmental Science and Health**, Part A, v. 49, n. 4, p. 434-440, 2014.
- VIDAL, A.; DIAZ, A. I. High-performance, low-cost solar collectors for disinfection of contaminated water. **Water Environment Research**, v. 72, n. 3, p. 271-276, 2000.
- WEISS, Zezé. **Tecnologia Social: os desafios de uma abordagem holística**. In: *Tecnologias Sociais: caminhos para a sustentabilidade*. Brasília: s. n, 2009.
- WHO: World Health Organization. **Household water treatment and safe storage (HWTS) – Manual for the participant**. 2013.
- WHO. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva: World Health Organization; 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- WILBERS, G.; SEBESVARI, Z.; RENAUD, F. Piped-water supplies in rural areas of the Mekong Delta, Vietnam: water quality and household perceptions. **Water**, v. 6, n. 8, p. 2175-2194, 2014.
- XI, M.; LI, Y.; KONG, F.; LU, J. Study on the Test of Arsenic Removal for Drinking Water in the Rural Areas. In: **2009 3rd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering**. IEEE, 2009. p. 5780-5783.