

UFPA

PPGEC

Universidade Federal do Pará



RAFAELLA FURTADO BATISTA

**PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA
PARA FINS POTÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA
ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E REVISÃO
SISTEMÁTICA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pela
Professora Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira.

Belém – Pará – Brasil

2024

RAFAELLA FURTADO BATISTA

**PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS POTÁVEIS:
UMA PROPOSTA PARA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará. Área de concentração: Engenharia Hídrica. Linha de pesquisa: Recursos Hídricos e Saneamento ambiental.

Orientadora: Prof^a Dr^a Luiza Carla Girard Mendes Teixeira.

Belém - PA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- F992p Furtado Batista, Rafaela.
Panorama da utilização da água de chuva para fins potáveis:
Uma proposta para análise bibliométrica e revisão sistemática /
Rafaela Furtado Batista. — 2024.
165 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof^a. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, Belém, 2024.
1. Captação de água da chuva. 2. Água de chuva. 3.
Tratamento de água de chuva. 4. Água potável. I. Título.

CDD 620



PANORAMA DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA PARA FINS POTÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E REVISÃO SISTEMÁTICA

AUTORA:

RAFAELLA FURTADO BATISTA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA CIVIL NA ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL.

APROVADO EM: 23 / 08 / 2024.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira
Orientadora



Documento assinado digitalmente
LUIS GUSTAVO DE LIMA SALES
Data: 23/08/2024 12:04:29-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Luis Gustavo de Lima Sales
Membro Externo (UFCEG)

Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes
Membro Interno (UFPA)

Visto:

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por nunca me abandonar e me manter centrada na minha pesquisa, mesmo naqueles momentos difíceis.

Também aos meus pais, Arnaldo e Rosaneide, que mesmo de longe me apoiaram nessa caminhada acadêmica, além de todo esforço que fizeram por mim e por estarem sempre ao meu lado.

Às minhas irmãs, Risoneide e Daniella e também o meu sobrinho, Vitor que me acompanharam nessa jornada, pois sempre se fizeram presentes e contribuíram de forma significativa para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora, Prof. Dra. Luiza Carla Girard Mendes Teixeira, pelos ensinamentos e dedicação nas orientações, que me mostraram os caminhos da escrita científica.

Aos professores, em especial o Prof. Dr. Lindemberg Fernandes, por seus conhecimentos compartilhados, que, com certeza, contribuíram para que eu pudesse concluir esta etapa da minha vida.

Aos meus colegas do programa que ajudaram nas disciplinas do mestrado e na troca de experiências na sala de aula, no companheirismo e amizade.

Por último, mas não menos importante, à Universidade Federal do Pará, que abriu as portas para a realização deste mestrado acadêmico.

RESUMO

Apesar de essencial para a sobrevivência humana somente metade da população mundial tem acesso adequado a água potável, fazendo com que seja necessário explorar alternativas sustentáveis, como a coleta de água da chuva, especialmente em áreas onde as fontes de água são escassas ou poluídas. Entretanto, para consumo humano, a água de chuva precisa ser tratada adequadamente devido a possíveis contaminantes, indicando a necessidade desenvolver tecnologias eficientes para o tratamento desse recurso hídrico. Dessa maneira, este estudo realizou um levantamento dos trabalhos existentes, utilizando a análise bibliométrica e a revisão sistemática para compreender o panorama das pesquisas sobre água de chuva para fins potáveis e as tecnologias de tratamento. Para isso, foram utilizadas ferramentas, como *Bibliometrix* e o *VOSviewer*, para a análise bibliométrica e, *Parsifal* para revisão sistemática. Além disso, para condução da revisão sistemática foi usado a declaração PRISMA 2020. Ademais, foi preciso adaptar uma ferramenta da organização *Joanna Briggs Institute* (JBI) para avaliar a qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão. Nos resultados foram obtidos 493 artigos para a análise bibliométrica. A partir das análises, a principal revista foi a *Water (Switzerland)*, já a principal palavra-chave foi, *rainwater harvesting*. Os tópicos de tendência mais recentes estão relacionados com tratamento de água, qualidade da água e mudanças climáticas. Além disso, a palavra-chave com maior frequência nas publicações e dos atores foram *potable water* e *rainwater harvesting*, respectivamente. Para a revisão sistemática, durante a busca inicial, 2681 artigos foram identificados e, após a remoção de duplicatas e várias etapas de filtragem, 43 artigos foram selecionados. A revisão sistemática indicou uma predominância de estudos em escala piloto, com menor representação de estudos em escala real. Por meio das informações analisadas, constatou-se diversas tecnologias de tratamento de água, especialmente para locais onde havia escassez de água potável. Portanto, o estudo fez uma análise abrangente da produção científica sobre o aproveitamento de água para fins potáveis, destacando o aumento das publicações ao longo do tempo. A revisão sistemática mostrou diversas tecnologias de tratamento de água de chuva, cuja escolha depende de fatores como qualidade da água, localidade e condições climáticas. A implementação dessas tecnologias é essencial para garantir a potabilidade da água.

Palavras-chave: Captação de água da chuva. Análise bibliométrica. Revisão sistemática. Água de chuva. Tratamento de água de chuva. Água potável.

ABSTRACT

Although essential for human survival, only half of the world's population has adequate access to drinking water, making it necessary to explore sustainable alternatives such as rainwater harvesting, especially in areas where water sources are scarce or polluted. However, for human consumption, rainwater needs to be properly treated due to possible contaminants, indicating the need to develop efficient technologies for treating this water resource. This study therefore carried out a survey of existing work, using bibliometric analysis and systematic review to understand the panorama of research into rainwater for drinking purposes and treatment technologies. To do this, tools such as Bibliometrix and VOSviewer were used for the bibliometric analysis and Parsifal for the systematic review. In addition, the PRISMA 2020 statement was used to conduct the systematic review. In addition, a tool from the Joanna Briggs Institute (JBI) organization had to be adapted to assess the methodological quality of the studies included in the review. In the results, 493 articles were obtained for the bibliometric analysis. From the analysis, the main journal was Water (Switzerland), and the main keyword was rainwater harvesting. The most recent trending topics are related to water treatment, water quality and climate change. In addition, the most frequent keywords in the publications and among the actors were potable water and rainwater harvesting, respectively. For the systematic review, during the initial search, 2681 articles were identified and, after removing duplicates and several filtering steps, 43 articles were selected. The systematic review indicated a predominance of pilot-scale studies, with less representation of full-scale studies. The information analyzed revealed a variety of water treatment technologies, especially for places where drinking water was scarce. The study therefore made a comprehensive analysis of scientific production on the use of water for drinking purposes, highlighting the increase in publications over time. The systematic review showed various rainwater treatment technologies, the choice of which depends on factors such as water quality, location and climatic conditions. The implementation of these technologies is essential to guarantee the potability of the water.

Keywords: Rainwater harvesting. Bibliometric analysis. Systematic review. Rainwater. Rainwater treatment. Drinking water.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapa para conduzir o mapeamento científico	17
Quadro 2 - Síntese das técnicas bibliométricas	18
Quadro 3 - Principais análises realizadas no Biblioshiny	23
Quadro 4 - Tipo de análises realizadas pelo VOSviewer	24
Quadro 5 - Questões importantes a serem consideradas em cada etapa da revisão sistemática	27
Quadro 6 - Itens da lista de checagem PRISMA 2020	30
Quadro 7 - Critérios de inclusão e exclusão aplicados aos artigos.....	42
Quadro 8 - Conjunto de termos de buscas das bases Scopus e WOS.....	43
Quadro 9 - Adaptação das perguntas e descrições do checklist do JBI.....	47
Quadro 10 - Resultados da avaliação de qualidade dos estudos.....	81
Quadro 11 - Checklist traduzido do JBI	124
Quadro 12 - Sínteses de tecnologias de filtração.....	126
Quadro 13 - Sínteses de tecnologias com sistemas de filtração por membranas	138
Quadro 14 - Sínteses de tecnologias com desinfecção solar	144
Quadro 15 - Sínteses de tecnologias com cloração e oxidação	159
Quadro 16 - Sínteses de outras tecnologias	163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Principais ferramentas para análise bibliométrica.....	22
Tabela 2 - Tipos e fontes das principais publicações obtidas pela análise bibliométrica.....	52
Tabela 3 - Frequência da produção Científica dos Países sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis nos países do mundo	53
Tabela 4 - Principais autores com suas respectivas filiações e país que contribuíram para produção científica água de chuva para fins potáveis	54
Tabela 5 - Principais palavras-chaves dos autores e a frequência de citação.....	54
Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo do PRISMA 2020 para revisões sistemáticas.....	32
Figura 2 - Importação de dados para ambiente biblioshiny	37
Figura 3 - Importação de dados para o ambiente VOSviewer	38
Figura 4 - Fluxograma para mapeamento científico através do Bibliometrix.....	39
Figura 5 - Fluxograma para mapeamento científico através do VOSviewer.	39
Figura 6 - Fluxograma do processo de identificação e seleção dos estudos.....	45
Figura 7 - Interface da tela inicial do <i>Software</i> IRaMuTeQ	48
Figura 8 - Produção científica sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis nos países do mundo	53
Figura 9 - Tópicos de tendência na área de pesquisa	56
Figura 10 - Mapa das palavras chaves das publicações sobre aproveitamento de água de chuva	58
Figura 11 - Mapa de cocitação dos autores	59
Figura 12 - Mapa das palavras-chave dos autores sobre aproveitamento de água de chuva....	60
Figura 13 - Fluxograma dos resultados da busca bibliográfica e o processo de triagem com base no PRISMA 2020.	63
Figura 14 - Distribuição de estudos da revisão sistemática por processos de tratamento de água e escala experimental	76
Figura 15 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos estudos da revisão sistemática	78
Figura 16 - Tecnologias para tratamento de água de chuva ao longo do tempo	79
Figura 17 - Distribuição de estudos da revisão sistemática por qualidade metodológica e escala experimental.....	80
Figura 18 - Representação da AFC das palavras agrupadas em cada uma das 5 Classes formadas pelo <i>software</i> IRaMuTeQ	84
Figura 19 - AFC das sínteses agrupadas em cada uma das 5 Classes formadas pelo <i>software</i> IRaMuTeQ.....	85
Figura 20 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração	87
Figura 21 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração	88
Figura 22 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração	90

Figura 23 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração	91
Figura 24 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração por membranas	93
Figura 25 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração por membranas	94
Figura 26 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias	97
Figura 27 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias	98
Figura 28 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias	99
Figura 29 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias	100
Figura 30 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando filtração combinadas com desinfecção por cloração	103
Figura 31 - Configurações de outras tecnologias de tratamento de água de chuva usando radiofrequência, UVC-LED e eletrofloculação combinada com ultrafiltração submersa.....	105

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	Geral.....	14
2.2	Específicos.....	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TÓRICA.....	15
3.1	Análise bibliométrica.....	15
3.1.1	Conceito e importância.....	15
3.1.2	Projeto de pesquisa.....	17
3.1.3	Coleta de dados.....	20
3.1.4	Análise.....	21
3.1.5	Visualização.....	25
3.1.6	Interpretação.....	25
3.2	Revisão sistemática.....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1	Análise bibliométrica.....	35
4.1.1	Projeto de pesquisa.....	35
4.1.2	Coleta de dados.....	36
4.1.3	Análise.....	37
4.1.4	Visualização.....	37
4.1.5	Interpretação.....	39
4.2	Revisão sistemática.....	40
4.2.1	Verificação do título do estudo.....	41
4.2.2	Justificativa do Estudo.....	41
4.2.3	Objetivos do Estudo.....	41
4.2.4	Critérios de Elegibilidade.....	42
4.2.5	Fontes de Informação.....	43
4.2.6	Estratégia de Busca.....	43
4.2.7	Processo de Seleção e coleta de dados.....	44
4.2.8	Avaliação da qualidade dos estudos.....	46
4.2.9	Métodos de síntese.....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.1	Análise bibliométrica.....	51

5.1.1	Análise do <i>Software</i> Bli bibliometrix.....	51
5.1.2	Análise do <i>Software</i> VOSviewer.....	58
5.2	Revisão sistemática.....	62
5.2.1	Seleção dos dados.....	62
5.2.2	Características dos estudos.....	64
5.2.3	Avaliação da qualidade metodológica dos estudos.....	80
5.2.4	Resultados das sínteses dos artigos selecionados para revisão sistemática.....	84
5.2.5	Discussão.....	86
5.2.6	Apoio.....	107
5.2.7	Conflito de interesses.....	107
5.2.8	Disponibilidade de dados, código e outros materiais.....	107
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	108
	REFERÊNCIAS.....	110
	ANEXO A - CHECKLIST TRADUZIDO DO ESTUDO TRANSVERSAL DO JBI	124
	ANEXO B - SÍNTESES DOS ESTUDOS.....	126

1 INTRODUÇÃO

A água está entre os principais recursos essenciais para a sobrevivência humana, mas a falta de acesso a água potável segura é um dos desafios enfrentados pela humanidade. Em diversas regiões do mundo o acesso a água potável é um objetivo que está longe de ser alcançado, pois estima-se que metade da população mundial não tem acesso à água potável, saneamento e higiene (ONU, 2023). Isso mostra claramente como o fornecimento de água é limitado para o consumo humano. Desse modo, é importante estudos sobre alternativas de abastecimento de água para fins potáveis e que sejam sustentáveis, como o aproveitamento de água de chuva. A utilização da água pluvial é uma possibilidade promissora para abordar as dificuldades de abastecimento de água em regiões onde as fontes de água são limitadas ou poluídas (THOMAS, 2009).

No entanto, para consumo humano, a água de chuva precisa ser tratada adequadamente, uma vez que pode ter contaminantes microbianos e químicos que causam risco à saúde (AHMED *et al.*, 2008; AHMED *et al.*, 2011; LEE *et al.*, 2012; SIMMONS *et al.*, 2001). A principal contaminação da água de chuva ocorre quando a chuva entra em contato com o telhado e o sistema de coleta e a qualidade pode diminuir ainda mais durante o armazenamento (VILLAGÓMEZ-MÁRQUEZ *et al.*, 2023). Existem diversos fatores que influenciam na qualidade da água de chuva como localização geográfica, condições climáticas, proximidade com fonte de poluição, tipo de materiais de captação, resíduos de animais (AHMED *et al.*, 2012; EVANS *et al.*, 2006; LATIF *et al.*, 2022; LATIF *et al.*, 2022; MENDEZ *et al.*, 2011; KEITHLEY *et al.*, 2018; LEE *et al.*, 2012).

Para isso, é importante a realização de pesquisas científicas sobre o aproveitamento de águas pluviais para fins potáveis, uma vez que traz conhecimentos necessários aos pesquisadores para desenvolvimento de tecnologias eficientes de coleta, tratamento e distribuição. Além disso, fornecem orientações significativas para os tomadores de decisão na elaboração de políticas públicas para o uso responsável da água pluvial.

Neste sentido, o primeiro passo a ser realizado é um levantamento dos trabalhos existentes na temática. Para isso, técnicas adequadas devem ser utilizadas visando vislumbrar o estado da arte através de ferramentas científicas, como, por exemplo, a análise bibliométrica e revisão sistemática (MOHER *et al.*, 2009; PATI; LORUSSO, 2018; PATTNAIK *et al.*, 2020; WILSON, 2023).

Assim, este estudo utiliza a análise bibliométrica, pois ajuda a compreender o panorama de pesquisas relacionada à água de chuva, identificando as tendências e colaboradores. Assim, com o auxílio de ferramentas visuais como o VOSviewer, a análise bibliométrica é empregada para gerar vários resultados úteis, como mapas de palavras-chave, padrão de cocitação dos periódicos e cocitação dos autores.

Mas, embora a análise bibliométrica produza valiosos resultados de pesquisa de forma quantitativa e objetiva, ela não é capaz de sintetizar, analisar e avaliar criticamente um conjunto de estudos relevantes para responder a uma pergunta de pesquisa específica. Para superar essa lacuna, foi utilizada, neste estudo, uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de sintetizar e analisar os conhecimentos existente sobre o tema em questão.

Essa metodologia de revisão foi desenvolvida inicialmente para a área da saúde (GALVÃO; PEREIRA, 2014; HARRIS *et al.*, 2014; DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO *et al.*, 2011). Hoje, a revisão sistemática pode ser usada para diversas áreas de pesquisas, contudo requer adaptações para se adequar às características específicas de cada campo de estudo. Nesse contexto, a revisão sistemática desempenha um papel fundamental ao fornecer uma análise aprofundada e imparcial das tecnologias existentes para o tratamento da água de chuva.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Apresentar um panorama da utilização da água de chuva para fins potáveis, bem como das tecnologias existentes para o tratamento de água destinada ao abastecimento humano, por meio da adaptação de metodologias de análise bibliométrica e de revisão sistemática.

2.2 Específicos

- Analisar a evolução cronológica das publicações no tema;
- Identificar principais autores, os continentes e países que mais contribuem para o conhecimento no tema e os meios de publicação dos estudos;
- Identificar as tecnologias utilizadas para o tratamento de água de chuva;
- Verificar o tipo de escala da pesquisa (bancada, piloto, real);
- Avaliar a eficiência das diferentes tecnologias de tratamento de água de chuva;
- Adaptar uma ferramenta para realizar avaliação da qualidade metodológica dos estudos para área de engenharia.

3 FUNDAMENTAÇÃO TÓRICA

Neste item, é apresentada uma visão geral sobre a análise bibliométrica e revisão sistemática. Espera-se criar um arcabouço de conhecimento para contextualizar os principais pontos que foram apresentados e discutidos neste documento.

3.1 Análise bibliométrica

3.1.1 Conceito e importância

A análise bibliométrica mensura a contribuição do conhecimento científico derivado das publicações em determinadas áreas (SOARES *et al.*, 2016). Foi introduzido por Pritchard (1969) como um método para permitir que os pesquisadores compreendam rapidamente o *status* de um campo de pesquisa. Para efeito de definição, a análise bibliométrica é uma técnica que usa métodos matemáticos e estatísticos para analisar quantitativamente as publicações científicas para desenvolvimento de diversas investigações como o número de produções, técnicas e tecnologias usada em determinada área científica e autorias das publicações (ASHRAF *et al.*, 2022; LIMA; GOMES, 2020; LI *et al.*, 2022; XU *et al.*, 2022).

A revisão bibliométrica é útil para decifrar e mapear o conhecimento científico cumulativo e a evolução de campos bem estabelecidos, com ênfase em grandes volumes de dados, com o objetivo de descobrir padrões de colaboração, tendências emergentes e constituintes de pesquisa (BROADUS, 1987; DONTU *et al.*, 2021; PRITCHARD, 1969; PATTNAIK *et al.*, 2020; WILSON, 2023). Além disso, facilita a identificação dos principais fluxos de pesquisa, estruturas teóricas subjacentes, tendências recentes, potenciais lacunas de pesquisa com base nos padrões de citação dos artigos, contribuindo para o avanço teórico e permitindo que os pesquisadores obtenham percepções variadas, com base em resultados objetivos de pesquisa (PATTNAIK *et al.*, 2020; WILSON, 2023).

Os bons estudos bibliométricos podem construir bases sólidas para o avanço de um campo de maneiras novas e significativas, assim como capacita os pesquisadores a obter uma visão geral única, identificar lacunas de conhecimento, derivar novas ideias para investigação e posicionar suas contribuições pretendidas para o campo (DONTU *et al.*, 2021). Desse modo, as técnicas bibliométricas permitem estudos de diversas áreas e os dados obtidos

podem ser usados em outras produções científicas, ou seja, contribuem para comunidade científica, empresarial e outros segmentos da sociedade.

Para a análise dos dados são empregadas uma ou mais ferramentas de *software* bibliométrico ou estatístico (ARIA; CUCCURULLO, 2017). Nesse sentido, os resultados quantitativos relacionados às unidades de análise (como distribuição de autores, institutos, países e palavras-chave) podem ser mostrados visualmente usando ferramentas de análise bibliométrica, como VOSviewer, Citespace, HistCite (LI *et al.*, 2017; RICO-PENÑA *et al.*, 2023); o Pacote R Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

As técnicas de análise bibliométrica têm dois usos principais: análise de desempenho e mapeamento científico (COBO *et al.*, 2011a; NOYONS *et al.*, 1999; VAN RAAN, 2005). A análise de desempenho tem como objetivo avaliar diferentes grupos de atores envolvidos em atividades científicas (países, universidades, departamentos, pesquisadores) e mede o impacto dessas atividades com base em informações bibliográficas (COBO *et al.*, 2011a; NOYONS *et al.*, 1999; VAN RAAN, 2005). Já o mapeamento científico revela os aspectos estruturais e dinâmicos da pesquisa científica, com o objetivo de descobrir e compreender a organização e as mudanças dos campos científicos (BÖRNER *et al.*, 2003; NOYONS *et al.*, 1999). Essas informações sobre a estrutura e o desenvolvimento dos campos são úteis quando um pesquisador deseja revisar uma determinada área de estudo (ZUPIC; ČATER, 2015).

Zupic e Čater (2015) apresentaram cinco etapas para conduzir o mapeamento científico: (1) Projeto de Pesquisa, (2) Coleta de dados, (3) Análise, (4) Visualização e (5) Interpretação. No Quadro 1 são apresentadas essas etapas descritas a seguir.

Quadro 1 - Etapa para conduzir o mapeamento científico

Etapas	Descrição
1) Projeto de Pesquisa	Definição das questões de pesquisa e a escolha da técnica bibliométrica (cocitação, acoplamento bibliográfico, cocitação, coautor e copalavra).
2) Coleta de dados	Seleção do banco de dados apropriado (Scopus, Web of Science, entre outras). Filtragem e exportação dos dados (critérios de busca, seleção de periódicos, filtragem manual).
3) Análise	Escolha o <i>software</i> bibliométrico apropriado. Limpeza dos dados. Se necessário, produzir matriz de similaridade para estatísticas. Identificar subgrupos com o método escolhido.
4) Visualização	Escolha do método de visualização. <i>Software</i> apropriado para implementar a visualização (VOSviewer, Bibliometrix).
5) Interpretação	Descrever e interpretar as informações.

Fonte: Adaptado de Zupic e Čater (2015).

3.1.2 Projeto de pesquisa

Na etapa 1 é necessário que o pesquisador apresente as questões de pesquisa e apresente as técnicas de mapeamento científico que serão usadas na pesquisa. Essas técnicas incluem análise de citações, análise de cocitações, acoplamento bibliográfico, análise de copalavras e análise de coautoria (DONTU *et al.*, 2021B; ZUPIC; ČATER, 2015). A combinação dessas técnicas com a análise de redes é fundamental para revelar a organização bibliométrica e a estrutura intelectual do campo de pesquisa (BAKER *et al.*, 2020; TUNGER; EULERICH, 2018). As técnicas bibliométricas são úteis para quantificar o desenvolvimento e o progresso da ciência e são usadas para representar um mapa científico e o resultado das diferentes análises (SENGUPTA, 1992; ARIA; CUCCURULLO, 2017).

No quadro 2 é apresentado uma síntese das técnicas de mapeamento científico mais comuns por unidades de análise.

Quadro 2 - Síntese das técnicas bibliométricas

Técnica bibliométrica	Unidade de análise utilizada	Descrição	Tipo de relação
Citação	Autor Documento Periódico	Analisar as relações entre as publicações, identificando as publicações mais influentes em um campo de pesquisa	-
Acoplamento Bibliográfico	Autor Documento Periódico	Analisar as relações entre publicações citantes para compreender o desenvolvimento periódico ou atual de temas em um campo de pesquisa	Referências comuns entre as obras do autor Referências comuns entre documentos Referências comuns entre as obras da revista
Coautor	Autor País Instituição	Examinar as interações ou relações sociais entre autores e suas afiliações e impactos equivalentes no desenvolvimento do campo de pesquisa	Co-ocorrência dos autores Co-ocorrência dos países Co-ocorrência das instituições
Cocitação	Autor Trabalho Periódico	Analisar as relações entre as publicações citadas para compreender o desenvolvimento dos temas fundamentais em um campo de pesquisa	Autor co-citado Documentos co-citados Revista co-citada
Copalavra	Palavra-chave, ou termo extraído do título, resumo ou corpo do documento	Explorar as relações existentes ou futuras entre tópicos em um campo de pesquisa, focalizando o conteúdo escrito da própria publicação.	Título da co-ocorrência dos termos, resumo ou corpo do documento

Fonte: Adaptado de Cobo *et al.* (2011b); Zupic e Čater (2015); Donthu *et al.* (2021).

Legenda: Os documentos podem ser artigos, patentes e similares (BÖRNER *et al.*, 2003).

A escolha de qual técnica bibliométrica empregar na pesquisa depende dos objetivos da análise. A análise de citações é uma abordagem fundamental no mapeamento científico que parte do princípio de que as citações representam conexões intelectuais entre publicações, formadas quando uma publicação faz referência a outra (APPIO; CESARONI; DI MININ, 2014). Trata-se de uma medida de impacto de um trabalho, portanto, é uma ferramenta com capacidade para identificar os documentos, autores e periódicos mais influentes em um determinado campo de pesquisa para obter uma compreensão da dinâmica intelectual desse campo (DONTU *et al.*, 2021; ZUPIC; ČATER, 2015).

O acoplamento bibliográfico estabelece uma relação entre documentos que fazem referência ao mesmo conjunto citado, isto é, funciona com base na premissa de que duas publicações que têm referências em comum também são semelhantes em seu conteúdo (ARIA; CUCCURULLO, 2017; YANG *et al.*, 2016; KESSLER, 1963, WEINBERG, 1974). Essa técnica é melhor utilizada dentro de um período específico, mais precisamente para pesquisas

científicas recentes (ZUPIC; ČATER, 2015). Dessa forma, cada abordagem do acoplamento bibliográfico tem sua própria utilidade e pode oferecer perspectivas diferentes sobre a produção científica e as relações entre autores e periódicos.

A técnica de cocitação é estabelecida pelos autores que estão citando os documentos analisados, isto é, consiste no estudo dos documentos citados e, quando realizada ao longo do tempo, pode ser uma ferramenta valiosa para identificar mudanças em paradigmas e escolas de pensamento (ARIA; CUCCURULLO, 2017). A análise possibilita o mapeamento das colaborações ao longo de diferentes períodos, o que permite aos acadêmicos revisarem a evolução de seu desenvolvimento intelectual em relação às redes de colaboração, ao mesmo tempo em que fornecem informações preciosas aos que estão em ascensão, capacitando-os a alcançar e colaborar com pesquisadores estabelecidos em tendência no campo da pesquisa (DONTHU *et al.*, 2021).

Dessa maneira, a principal distinção entre o acoplamento bibliográfico e a cocitação é que o acoplamento bibliográfico é uma relação fixa e permanente, já que é baseado nas referências presentes nos documentos acoplados, enquanto a cocitação pode variar ao longo do tempo (COBO *et al.*, 2011; JARNEVING, 2005; LIU *et al.*, 2005). Além disso, o acoplamento bibliográfico é capaz de agrupar artigos recentes de forma eficiente, mas tem menos eficácia ao agrupar artigos antigos, em contrapartida, o agrupamento de cocitações é mais efetivo em agrupar artigos antigos, porém, não pode agrupar os artigos mais recentes que ainda não foram citados (BOYACK; KLAVANS, 2010). A análise de cocitação e o acoplamento bibliográfico são métodos que utilizam as práticas de citação para estabelecer conexões entre documentos, autores ou periódicos, por isso, eles são especialmente úteis para responder a perguntas estruturais relacionadas a campos de pesquisa (ZUPIC; ČATER, 2015).

A análise de coautoria examina colaboração intelectual que os cientistas criam ao contribuírem em artigos científicos (ACEDO *et al.*, 2006). Nesse sentido, a coautoria de publicações científicas é considerada uma medida de colaboração (ZUPIC; ČATER, 2015). Essa técnica possibilita que as colaborações sejam mapeadas em diferentes períodos, facilitando que os estudiosos revisem a evolução de seu desenvolvimento intelectual em relação às redes de colaboração e fornece aos pesquisadores em ascensão informações úteis para colaborar com pesquisadores estabelecidos e em tendência no campo de pesquisa (DONTHU *et al.*, 2021). Além disso, como os dados bibliográficos incluem informações

sobre as instituições de afiliação dos autores e suas localizações geográficas, a análise de coautoria tem a capacidade de explorar as dinâmicas de colaboração em termos de instituições e países (ZUPIC; ČATER, 2015).

Uma das principais técnicas para identificar e representar a estrutura disciplinar de um campo de conhecimento é a análise de copalavras (YANG *et al.*, 2016). Essa técnica compila a frequência de coocorrência de pares de palavras ou frases nominais nos documentos de copalavras, sendo um importante método de metrologia da informação e permite identificar as áreas temáticas aplicada em diferentes períodos (CALLON *et al.*, 1991; LEE; JEONG, 2008; YANG *et al.*, 2012). Nessa técnica, quando dois termos profissionais que denotam um tópico de pesquisa específico são mencionados no mesmo artigo, há uma conexão intrínseca entre essas duas palavras, assim quanto mais coocorrências entre essas duas palavras, mais estreita é a relação entre elas (YANG *et al.*, 2012). Nesse sentido, o objetivo da análise de copalavras é fazer as relações entre as palavras-chaves e determinar mapas conceituais que mostram o *status* de uma determinada área temática em detalhes, bem como a estrutura geral do domínio tecnológico específico através do diagrama estratégico (CALLON *et al.*, 1991; YANG *et al.*, 2012); LEE; JEONG, 2008).

Já as unidades de análise são medidas e abordagens simples a fim de identificar as semelhanças adequadas entre as unidades (BÖRNER *et al.*, 2003). Essas análises, por exemplo, podem ser por meio de mapas bibliométricos, análise de tendências de citação e análise de coautoria. As unidades de análise mais comuns no mapeamento científico são os periódicos, os documentos, as referências citadas, os autores e os termos ou palavras descritivas (BÖRNER *et al.*, 2003).

3.1.3 Coleta de dados

Na Etapa 2 é necessário que o pesquisador escolha as bases de dados usadas para a pesquisa, assim como as palavras-chaves. Nesse processo é importante filtrar os dados (linguagem do artigo, tipo de artigo, período) antes da exportação dos dados. Existem diversas bases de dados confiáveis que podem ser utilizadas, como a Web Of Science, Scopus, Medline e PubMed. No Brasil, o Portal de Periódicos da Capes ([https://www.periodicos-capes.gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?](https://www.periodicos-capes.gov.br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?)) reúne várias bases de dados que podem ser acessadas.

3.1.4 Análise

Na Etapa 3 os dados são analisados e processados, para isso é preciso realizar a limpeza dos dados, essas correções podem ser feitas com ferramentas mais simples como Microsoft Excel, outras mais sofisticadas que permitem calcular semelhanças entre sequências de texto ou, ainda, por meio de recursos de pacotes de *software* bibliométricos (ZUPIC; ČATER, 2015), como, por exemplo, o *software* RStudio com ambiente de desenvolvimento integrado para linguagem de programação R que realiza diversas tarefas de análise e visualização de dados. Nessa etapa da análise é preciso escolher os *softwares* bibliométricos disponíveis para facilitar a análise bibliométrica da literatura científica.

3.1.4.1 Ferramentas de *software* bibliométrico

Existem diversas ferramentas que realizam análises bibliométricas. Sendo assim, a escolha da forma de análise depende do objetivo da pesquisa e das perguntas que se deseja responder. Nessas ferramentas são usadas diferentes técnicas bibliométricas que se relacionam com unidades de análises distintas.

As ferramentas mais citadas para a análise bibliométrica são: BibExcel (DANELL; SCHNEIDER 2009); Bibliometrix com sua interface de usuário Biblioshiny (ARIA; CUCCURULLO, 2017); CiteSpace (CHEN, 2006; CHEN, 2019); CitNetExplorer (VAN ECK; WALTMAN, 2014); SciMAT (COBO *et al.*, 2012); Science of Science (Sci2) Tool (SCI2 TEAM, 2009) VOSviewer (VAN ECK; WALTMAN, 2010). Na Tabela 1 são apresentadas algumas características dessas ferramentas.

Nesta pesquisa foram usados os *softwares* Bibliometrix através do Biblioshiny e o VOSviewer, pois, além de serem *softwares* gratuitos, são de fácil compreensão e utilização, os quais são descritos a seguir.

O Bibliometrix é um *software* em linguagem R com sua interface gráfica baseada na Web, através da interface Biblioshiny (ARIA; CUCCURULLO, 2017). O uso do Biblioshiny permite que usuários não programadores realizem análises de forma interativa e com facilidade, visto que é possível filtrar, classificar e explorar os dados de maneira intuitiva.

Além disso, é possível escolher as variáveis e métricas que se deseja analisar e personalizar a visualização dos dados.

Tabela 1 - Principais ferramentas para análise bibliométrica

Ferramentas	Versão	Gratuita?	Desenvolvedor	Sistema Operacional	Qualidade das imagens produzida
Bibexcel	2017	Sim	Universidade de Umeå (Suécia)	Windows	Baixa
Bibliometrix/Biblioshiny	2019	Sim	Universidade de Nápoles Frederico II (Itália)	Executa em linguagem R	Alta
CiteSpace	2019	Sim	Universidade de Drexel (EUA)	Windows, Mac OS X, Linux	Média
CitNetExplorer	2014	Sim	Universidade de Leiden (Holanda)	Windows, Mac OS X, Linux	Alta
SciMAT	2016	Sim	Universidade de Granada (Espanha)	Windows, Mac OS X, Linux	Média
Sci2 Tool	2018	Sim	Cyberinfrastructure for Network Science (CNS) Center (EUA)	Windows, Mac OS X, Linux	Baixa
VOSviewer	2019	Sim	Universidade de Leiden (Holanda)	Windows, Mac OS X, Linux	Alta

Fonte: Adaptado de Moral-Muñoz *et al.* (2020).

Nesta pesquisa foram usados os *softwares* Bibliometrix através do Biblioshiny e o VOSviewer, pois, além de serem *softwares* gratuitos, são de fácil compreensão e utilização, os quais são descritos a seguir.

O Bibliometrix é um *software* em linguagem R com sua interface gráfica baseada na Web, através da interface Biblioshiny (ARIA; CUCCURULLO, 2017). O uso do Biblioshiny permite que usuários não programadores realizem análises de forma interativa e com facilidade, visto que é possível filtrar, classificar e explorar os dados de maneira intuitiva. Além disso, é possível escolher as variáveis e métricas que se deseja analisar e personalizar a visualização dos dados.

Essa ferramenta contém um conjunto extenso de técnicas implementadas para análise de desempenho e mapeamento científico. Assim, através da interface Biblioshiny é possível a realização de consultas em diversas bases de dados bibliográficas, como PubMed, Scopus e Web of Science (WOS) (MOREIRA *et al.*, 2020). Para os registros da WOS, é possível analisar nos formatos “txt”, “bib”, “xlsx” e “RData files”. Possibilita ainda a realização de interrelações entre três principais unidades de análise: autores, fontes de publicações e documentos. No Quadro 3 é possível visualizar as diferentes relações que podem existir no Biblioshiny.

Quadro 3 - Principais análises realizadas no Biblioshiny

Categoria	Subcategoria
Autores	Autores: Autores mais relevantes (Produção) Autores mais citados (local) Produção ao longo dos anos Lei de Lotka ¹ Impacto do autor Afiliação: Afiliações mais relevantes País: País do autor correspondente Produção científica por país Países mais citados
Documentos	Documentos: Documentos mais citados no mundo Documentos mais citados (local) Referências citadas: Referências mais citadas (local) Espectroscopia de referência Palavras: Palavras mais citadas (Palavras-chave (autor), outras palavras-chave; Título; Resumo) Nuvem de palavras Árvore de palavras Palavras dinâmicas Tópicos de tendência
Fonte	Fontes mais relevantes Fontes mais citada (local) Lei de Bradford ² Impacto da fonte Fonte dinâmica

Fonte: Elaborado pela autora com base na ferramenta Biblioshiny (2023).

Legenda: A Lei de Lotka¹ na bibliometria é uma teoria matemática que descreve a distribuição de produtividade de autores em uma determinada área de pesquisa (LOTKA, 1926). A Lei de Bradford² é uma teoria na bibliometria que descreve como os artigos científicos em uma área específica são distribuídos entre as diferentes fontes de informação, como periódicos científicos (BRADFORD, 1985).

No grupo de autores, a ferramenta permite a análise de dados relacionados à autoria, afiliação e países, facilitando, por exemplo, identificar os autores mais produtivos em uma determinada área de pesquisa, avaliar a colaboração entre autores de diferentes instituições e países, entre outras análises. Já no grupo de documentos, a Biblioshiny proporciona a análise de referências e palavras mais citadas, permitindo, por exemplo, identificar as referências mais citadas em uma área de pesquisa. Por fim, no grupo de fontes de publicações tem-se, por exemplo, a avaliação do impacto das fontes e a verificação da produtividade, possibilitando, por exemplo, identificar as revistas mais citadas em uma área de pesquisa, avaliar o fator de impacto dessas revistas, entre outras análises.

O segundo *software* utilizado nesta pesquisa é o VOSviewer, que oferece uma ampla gama de opções de personalização que permitem aos usuários ajustar a visualização de acordo com suas necessidades específicas. Além disso, processa grandes quantidades de dados o que o torna ideal para análise de grandes conjuntos de dados bibliométricos. Outrossim, o VOSviewer ajuda os pesquisadores a identificar colaboradores potenciais e tendências

emergentes na pesquisa, fornecendo *insights* valiosos para a tomada de decisões (VAN ECK; WALTMAN, 2010). O *software* pode ainda, por exemplo, ser usado para construir mapas de autores ou periódicos com base em dados de cocitação ou para construir mapas de palavras-chave com base em dados de coocorrência (VAN ECK; WALTMAN, 2010). Essa ferramenta possui uma forma visualização de qualidade e pode carregar e importar dados com muitas publicações. Além disso, essa ferramenta fornece suporte a arquivos com dados bibliográficos gerados pelas bases de dados WOS, Scopus, Dimensions e PubMed (MOREIRA *et al.*, 2020). No Quadro 4 são apresentadas as análises realizadas pelo VOSviewer.

Quadro 4 - Tipo de análises realizadas pelo VOSviewer

Tipo de análise	Unidade de análise
Coautoria	Autores Organizações Países
Coocorrência	Todas as palavras-chave Palavras-chave do autor <i>Keywords Plus</i>
Citação	Documentos Fontes Autores Organizações Países
Acoplamento bibliográfico	Documentos Fontes Autores Organizações Países
Cocitação	Referências citadas Fontes citadas Autores citados

Fonte: Elaborado pela autora com base no *software* VOSviewer (2023)

Assim, conclui-se que VOSviewer é uma ferramenta de análise bibliométrica amplamente utilizada, que possibilita a visualização e a análise de conexões entre itens bibliográficos, como artigos científicos através de mapas e redes. Já o Bibliometrix se destaca devido ao grande número de diferentes métodos de análise disponíveis, enquanto o VOSviewer fornece excelentes visualizações de rede (DINDORF *et al.*, 2023).

3.1.5 Visualização

Na etapa 4, depois do carregamento de dados para o *Software* apropriado para implementar a visualização (VOSviewer, Bibliometrix), é apresentada a visualização das informações que o pesquisador julgou necessárias para apresentar nos resultados, como os mapas baseados em autores, mapas de cocitação, mapas de coautoria, os periódicos em que mais foram localizados as produções e o mapa-múndi dos países onde as pesquisas são publicadas.

3.1.6 Interpretação

Na última etapa é realizada a interpretação dos resultados. Assim, os documentos que aparecem na análise precisam ser examinados para chegar a conclusões válidas (ZUPIC; ČATER, 2015). Ao interpretar os resultados, busca-se que as questões ou objetivos da pesquisa sejam respondidas ou atendidos. Além disso, espera-se que os dados analisados proporcionem percepções sobre futuras investigações e contribuam para o avanço do conhecimento na área que se deseja explorar.

3.2 Revisão sistemática

As revisões sistemáticas têm a função de resumir o conhecimento existente sobre um determinado assunto para determinar uma estimativa de efeito global para uma população de estudos e identificar áreas em que ainda há lacunas de conhecimento (CALDWELL; BENNETT, 2020; DAVIS *et al.*, 2014; SNYDER, 2019; SAMPAIO; MANCINI, 2007). É uma abordagem sistemática para coletar, analisar de forma crítica, integrar e apresentar os resultados de diversos estudos de pesquisa (PATI; LORUSSO, 2018). Uma revisão sistemática é o procedimento de buscar e reunir de maneira organizada todas as informações disponíveis sobre um determinado efeito, bem como ser transparentes, reproduzíveis, atualizáveis e focadas em questões bem definidas (DAVIS *et al.*, 2014; GUREVITCH *et al.*, 2018).

Assim, tem como objetivo identificar todas as evidências empíricas que se encaixam nos critérios de inclusão pré-especificados para responder a uma determinada questão ou hipótese de pesquisa (SNYDER, 2019; XU *et al.*, 2015). Os métodos sistemáticos servem para revisar

artigos e todas as evidências disponíveis, fornecem achados confiáveis a partir dos quais conclusões podem ser tiradas e decisões tomadas, além disso identifica e minimiza vieses por meio de metodologia transparente, explícita, consistente e amplamente reconhecida (MOHER *et al.*, 2009; SAMPAIO; MANCINI 2007; PATI; LORUSSO, 2018).

As revisões sistemáticas são tipos de estudos secundários que utilizam estudos primários como sua fonte de informação, esses estudos são os artigos científicos que apresentam os resultados de pesquisas originais (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Por meio das revisões sistemáticas é possível obter um resumo abrangente de alto nível e claro de todos os estudos relacionados à uma intervenção específica, sendo considerado uma variedade mais ampla de resultados relevantes, em vez de restringir as conclusões à apenas alguns artigos selecionados, fornecendo uma visão mais completa e inclusiva do conjunto de evidências disponíveis (SAMPAIO; MANCINI, 2007).

Além disso, é uma abordagem mais precisa e rigorosa para coletar artigos, porque há certeza de que todos os dados relevantes foram cobertos, requerendo uma questão de pesquisa restrita, e pode não ser viável ou mesmo adequada para todos os tipos de projetos (SNYDER, 2019). Baek *et al.* (2018) afirmam que os artigos que apresentam revisões de literatura são os mais procurados e citados pelos pesquisadores de publicações científicas.

O ideal é que a realização de uma revisão sistemática envolva pelo menos dois pesquisadores, que avaliarão, de forma independente, a qualidade metodológica de cada artigo selecionado (GARTLEHNER *et al.*, 2020; SAMPAIO; MANCINI, 2007; WAFFENSCHMIDT *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2020). Antes de iniciar uma revisão sistemática é necessário passar por três etapas essenciais: primeiro, é preciso estabelecer claramente o objetivo da revisão, definindo qual é a pergunta principal a ser respondida; em seguida, é necessário realizar a busca e identificação da literatura relevante, ou seja, encontrar todos os estudos e publicações relacionados ao tema em questão e; por fim, selecionar os estudos que atendem aos critérios de inclusão pré-determinados (SAMPAIO; MANCINI, 2007). Essas etapas preliminares são fundamentais, pois permitem que os pesquisadores alinhem a pergunta central da revisão com base nas informações disponíveis sobre o assunto de interesse (DOMHOLDT, 2005). Snyder (2019) sugere passos básicos para realização de uma revisão de literatura através de quadro fases: (1) projeto, (2) conduta, (3) análise e (4) estruturação e redação da revisão. No Quadro 5 são apresentados esses passos.

Quadro 5 - Questões importantes a serem consideradas em cada etapa da revisão sistemática

Fases	Questões
1) Projeto	<ul style="list-style-type: none"> • Essa revisão é necessária e qual a contribuição da realização dessa revisão? • Qual é o público potencial desta revisão? • Qual é o objetivo específico e a(s) questão(ões) de pesquisa que esta revisão abordará? • Qual é o método adequado para usar o propósito específico desta revisão? • Qual é a estratégia de busca para esta revisão específica? (incluindo termos de pesquisa, bases de dados, critérios de inclusão e exclusão, etc.)
2) Conduta	<ul style="list-style-type: none"> • O plano de busca desenvolvido na primeira fase funciona para produzir uma amostra apropriada ou precisa de ajustes? • Qual é o plano prático para a seleção de artigos? • Como será documentado o processo de busca e seleção? • Como será avaliada a qualidade do processo de busca e seleção?
3) Análise	<ul style="list-style-type: none"> • Que tipo de informação precisa ser abstraída para cumprir o propósito da revisão específica? • Que tipo de informação é necessária para realizar a análise específica? • Como os revisores serão treinados para garantir a qualidade desse processo? • Como esse processo será documentado e relatado?
4) Estruturação e redação da revisão	<ul style="list-style-type: none"> • A motivação e a necessidade desta revisão são claramente comunicadas? • Que padrões de relato são apropriados para esta revisão específica? • Quais informações precisam ser incluídas na revisão? • O nível de informação fornecido é suficiente e adequado para permitir transparência para que os leitores possam julgar a qualidade da revisão? • Os resultados claramente apresentados e explicados? • A contribuição da revisão é claramente comunicada?

Fonte: Adaptado de (SNYDER, 2019).

De acordo com o Quadro 5, o primeiro passo ao conduzir uma revisão de literatura é questionar a necessidade dela na área em questão. Isso envolve considerar se há justificativa para a revisão e qual tipo de abordagem seria mais relevante e contributiva. Também é importante pensar no público-alvo e no impacto que a revisão terá na comunidade científica. Nesse sentido, é preciso definir claramente o propósito, o escopo e a pergunta específica da revisão. Isso envolve escolher termos de pesquisa relevantes, definir critérios de inclusão e exclusão, e considerar a transparência em todas as decisões. Assim, o planejamento cuidadoso antes de iniciar a revisão é essencial para garantir transparência e integridade no processo (SNYDER, 2019).

Após estabelecer propósito, questões e abordagem, a revisão real começa com um teste piloto do processo e protocolo, permitindo ajustes. É importante a preferência pelo uso de dois revisores para garantir qualidade e confiabilidade na seleção dos artigos. A seleção da amostra pode variar com base na natureza da revisão como: a leitura de cada artigo completo; ênfase nos métodos ou achados da pesquisa; ou conduzir a revisão em etapas. Os artigos específicos devem ser documentados cuidadosamente, no decorrer do processo de inclusão e exclusão (SNYDER, 2019).

Após a revisão e a seleção da amostra, é importante planejar como os artigos serão analisados. As informações extraídas podem ser na forma de dados descritivos, que incluem detalhes como autores, anos de publicação, tópico ou tipo de estudo, ou na forma de efeitos e achados, que devem ser padronizados de acordo com o objetivo da revisão. A estrutura do artigo final de revisão pode variar, dependendo da abordagem, exigindo diferentes tipos de informações e níveis de detalhe. Para isso é importante conhecer as diversas normas e diretrizes que abordam como relatar e organizar as revisões de literatura; descrever de forma transparente como a literatura foi identificada, analisada, sintetizada e apresentada para oferecer aos leitores a oportunidade de avaliar a qualidade e a confiabilidade dos resultados (SNYDER, 2019).

O processo de revisão sistemática envolve a utilização de diretrizes metodológicas específicas para realizar a busca na literatura: selecionar estudos relevantes (incluindo a avaliação crítica desses estudos de acordo com critérios pré-estabelecidos); extrair os dados relevantes, realizar codificações e; muitas vezes, realizar análises estatísticas, juntamente com documentação detalhada e transparente de cada etapa (GUREVITCH *et al.*, 2018).

De acordo com o registo da rede EQUATOR (*Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research*), há diversas diretrizes de relatórios registrados, estes incluem CONSORT, STRICTA, ARRIVE e PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and meta-Analyses*) (BOAYE BELLE; ZHAO, 2023).

O PRISMA, também conhecido como declaração PRISMA, se destaca por ser um método mais conciso e transparente em comparação com outros métodos. Inicialmente, foi utilizado em pesquisas na área da saúde, posteriormente se mostrou eficaz também em outros tipos de estudos (FERDINANSYAH; PURWANDARI, 2021). A declaração PRISMA foi inicialmente

lançada em 2009 e foi então referida como PRISMA 2009, já o PRISMA 2020 foi lançado em 2021 (BOAYE BELLE; ZHAO, 2023; PAGE *et al.*, 2021 PARK *et al.*, 2022).

O PRISMA 2020 traz benefícios para os autores, editores e revisores de revisões sistemáticas, bem como para diversos usuários de revisões, incluindo desenvolvedores de diretrizes, formuladores de políticas, profissionais de saúde, pacientes e outras partes interessadas (PAGE *et al.*, 2021). O objetivo do PRISMA é ajudar os autores a melhorar o relato de revisões sistemáticas e meta-análises (DAVIS *et al.*, 2014). Os conceitos e tópicos gerais abordados pelo PRISMA são relevantes para qualquer revisão sistemática, não apenas aqueles que resumem os benefícios e os danos de uma intervenção de saúde, mas é amplamente aplicável a inúmeros tipos de pesquisa (DAVIS *et al.*, 2014; PATI; LORUSSO, 2018). No entanto, algumas modificações dos itens da lista de verificação ou do diagrama de fluxo serão necessárias em circunstâncias específicas (DAVIS *et al.*, 2014).

Essa declaração é composta por uma lista de verificação com 27 itens que contém recomendações detalhadas (Quadro 6), além disso possui uma outra lista de verificação para resumos de periódicos e conferências para revisões sistemáticas (PAGE *et al.*, 2021a; PAGE *et al.*, 2021b).

A lista de verificação PRISMA 2020 é útil porque ajuda a minimizar o viés na seleção e apresentação dos estudos, facilitando a avaliação crítica dos resultados. Por meio dos 27 itens, a lista aborda vários aspectos importantes da revisão, desde a definição clara dos objetivos até a interpretação e discussão dos resultados. Contudo, como qualquer ferramenta, ela pode ter limitações e não cobrir todas as particularidades das revisões. Além disso, a aplicação eficaz da lista requer um entendimento sólido das metodologias de revisão sistemática e dos princípios de pesquisa. Por isso, é importante que os pesquisadores usem a lista de verificação PRISMA 2020 de forma adequada, com adaptações conforme a necessidade da pesquisa científica. Portanto, esta lista tem um papel importante na promoção da transparência, qualidade e confiabilidade das revisões sistemáticas e meta-análises na pesquisa acadêmica e científica.

O PRISMA 2020 também possui um modelo de fluxogramas que pode ser usado para revisões sistemáticas originais, revisões sistemáticas atualizadas ou revisões sistemáticas continuamente atualizada (PAGE *et al.*, 2021a; PAGE *et al.*, 2021b).

Quadro 6 - Itens da lista de checagem PRISMA 2020

Seção e tópico	Item	Item da lista de checagem
Título		
Título	1	Identifique a publicação como uma revisão sistemática.
Resumo		
Resumo	2	Veja a lista de checagem PRISMA 2020 para Resumos.
Introdução		
Justificativa	3	Descreva a justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido.
Objetivos	4	Apresente uma afirmação explícita dos objetivos ou questões abordadas pela revisão.
Métodos		
Critérios de elegibilidade	5	Especifique critérios de inclusão e exclusão da revisão e como os estudos foram agrupados nas sumarizações.
Fontes de informação	6	Especifique todas as bases de dados, repositórios de registros, sites, organizações, listas de referências e outras fontes pesquisadas ou consultadas para identificar estudos; especifique a data em que cada fonte foi pesquisada ou consultada pela última vez.
Estratégia de busca	7	Apresente as estratégias de busca completas para todas as bases de dados, repositórios de registros e sites, incluindo filtros ou limites usados.
Processo de seleção	8	Especifique os métodos usados para decidir se um estudo atendeu aos critérios de inclusão da revisão, incluindo quantos revisores selecionaram cada registro e publicação recuperados, se trabalharam de forma independente e, se aplicável, detalhes de ferramentas de automação utilizadas no processo.
Processo de coleta de dados	9	Especifique os métodos usados para coletar dados das publicações, incluindo quantos revisores coletaram dados de cada publicação, se eles trabalharam de forma independente, quaisquer processos para obter ou confirmar dados com os autores do estudo e, se aplicável, detalhes de ferramentas de automação utilizadas no processo.
Lista de dados	10a	Liste e defina todos os desfechos cujos dados foram coletados. Especifique se foram coletados de cada estudo todos os resultados compatíveis com cada domínio de desfecho (ex.: para todas as medidas, ponto de tempo, análises), e se não, quais os métodos usados para decidir quais resultados coletar.
	10b	Liste e defina todas as outras variáveis cujos dados foram coletados (ex.: características dos participantes e da intervenção, fontes de financiamento; Descreva pressupostos adotados para casos de informações faltantes ou pouco claras.
Avaliação do risco de viés dos estudos	11	Especifique os métodos usados para avaliar o risco de viés nos estudos incluídos, incluindo detalhes da(s) ferramenta(s) usada(s), quantos revisores avaliaram cada estudo e se trabalharam de forma independente e, se aplicável, detalhes de ferramentas de automação usadas no processo.
Medidas de efeito	12	Especifique para cada desfecho a(s) medida(s) de efeito (ex.: risco relativo, diferença de médias) usadas na sumarização ou apresentação dos resultados.
Métodos de síntese	13a	Descreva os processos usados para decidir quais estudos foram elegíveis para cada síntese [ex.: tabulação das características da intervenção do estudo e comparação com os grupos planejados para cada sumarização (item 5)].
	13b	Descreva métodos demandados para preparar os dados para apresentação ou síntese, como manejo de dados faltantes nas estatísticas de sumarização ou conversões de dados.
	13c	Descreva métodos usados para tabular ou ilustrar visualmente os resultados de estudos individuais e sínteses.
	13d	Descreva métodos usados para sumarizar os resultados e apresente justificativa para a(s) escolha(s). Se uma meta-análise foi realizada, descreva o(s) modelo(s), método(s) para identificar a presença e extensão da heterogeneidade estatística e o(s) pacote(s) de <i>software</i> utilizado(s).
	13e	Descreva métodos usados para explorar as possíveis causas de heterogeneidade entre os resultados dos estudos (ex.: análise de subgrupo, metarregressão).
	13f	Descreva análises de sensibilidade conduzidas para avaliar a robustez dos resultados sumarizados.

Fonte: Adaptado de (PAGE *et al.*, 2021b).

(continua)

Quadro 6 - Itens da lista de checagem PRISMA 2020

(continuação)

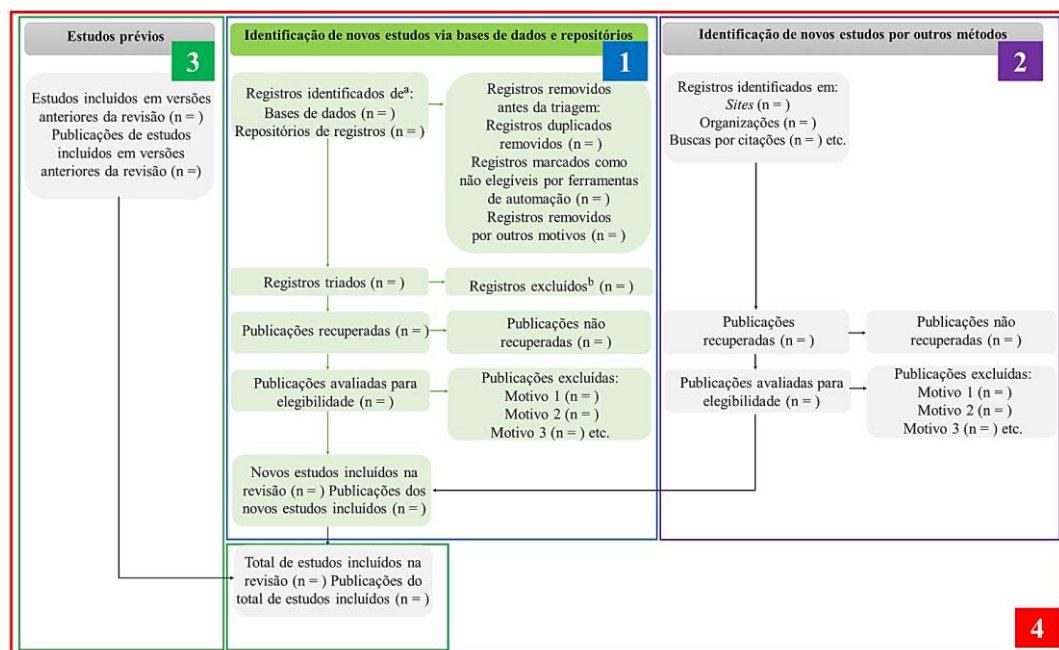
Seção e tópico	Item	Item da lista de checagem
Métodos		
Avaliação de vieses de publicação	14	Descreva métodos usados para avaliar o risco de viés devido a resultados faltantes em uma sumarização (decorrente de vieses de publicação).
Avaliação da certeza	15	Descreva métodos usados para avaliar a certeza (ou confiança) no corpo de evidências de um desfecho.
Resultados		
Seleção dos estudos	16a	Descreva os resultados do processo de busca e seleção, desde o número de registros identificados na busca até o número de estudos incluídos na revisão, idealmente por meio de um fluxograma.
	16b	Cite estudos que parecem cumprir os critérios de inclusão, mas que foram excluídos e explique por que foram excluídos.
Características dos estudos	17	Cite cada estudo incluído e apresente suas características.
Risco de viés nos estudos	18	Apresente as avaliações do risco de viés de cada estudo incluído.
Resultados de estudos individuais	19	Para todos os desfechos, apresente para cada estudo: (a) estatística sumária para cada grupo (quando apropriado) e (b) estimativa de efeito e sua precisão (ex.: intervalo de confiança/ credibilidade), idealmente utilizando tabelas estruturadas ou gráficos.
Resultados das sínteses	20a	Para cada síntese, resuma brevemente as características e o risco de viés entre os estudos contribuintes.
	20b	Apresente os resultados de todas as sumarizações estatísticas realizadas. Se meta-análises foram feitas, apresente para cada uma a estimativa resumida e sua precisão (por exemplo, intervalo de confiança/credibilidade) e medidas de heterogeneidade estatística. Se estiver comparando grupos, descreva a direção do efeito.
	20c	Apresente os resultados de todas as investigações das possíveis causas de heterogeneidade entre os resultados do estudo.
	20d	Apresente os resultados de todas as análises de sensibilidade conduzidas para avaliar a robustez dos resultados sumarizados.
Vieses de publicação	21	Apresente avaliações de risco de viés devido a resultados faltantes (decorrentes de vieses de publicação) para cada sumarização avaliada.
Certeza da evidência	22	Apresente avaliações da certeza (ou confiança) no corpo de evidências para cada desfecho avaliado.
Discussão		
Discussão	23a	Forneça uma interpretação geral dos resultados no contexto de outras evidências.
	23b	Discuta limitações das evidências incluídas na revisão.
	23c	Discuta limitações dos processos empregados na revisão.
	23d	Discuta as implicações dos resultados para a prática, política e pesquisas futuras.
Outras informações		
Registro e protocolo	24a	Forneça informações de registro da revisão, incluindo o nome do repositório e o número de registro, ou declare que a revisão não foi registrada.
	24b	Indique onde o protocolo de revisão pode ser acessado ou indique se o protocolo não foi preparado.
	24c	Descreva e explique quaisquer alterações nas informações fornecidas no registro ou no protocolo.
Apoio	25	Descreva as fontes de apoio financeiro ou não financeiro para a revisão e o papel dos financiadores ou patrocinadores na revisão.
Conflito de interesses	26	Declare quaisquer conflitos de interesse dos autores da revisão.
Disponibilidade de dados, código e outros materiais	27	Relate quais dos itens a seguir estão disponíveis publicamente e onde podem ser encontrados: modelos de formulários para coleta de dados; dados extraídos dos estudos incluídos; dados usados para todas as análises; comando analítico; outros materiais usados na revisão.

Fonte: Adaptado de (PAGE *et al.*, 2021b).

Uma revisão sistemática original é criada a partir do início, ou seja, é conduzida sem depender de revisões anteriores. Isso significa que todo o processo, desde a formulação da pergunta de pesquisa até a busca, seleção, avaliação, síntese e interpretação dos estudos, é realizado de maneira independente, sem basear-se em uma revisão já existente. Já revisões sistemáticas atualizadas são uma versão revisada e atualizada de revisões sistemáticas originais, ou seja, envolvem a repetição do processo de busca e seleção de estudos em um intervalo de tempo posterior à revisão original. As revisões sistemáticas continuamente atualizada são uma abordagem mais dinâmica, em que a busca e seleção de estudos são realizadas regularmente e de forma contínua. Entretanto, para Page *et al.* (2021b) esta última revisão pode haver algumas considerações adicionais que precisam ser abordadas.

De acordo com o PAGE *et al.* (2021a) para os resultados do processo de busca de seleção dos artigos, é importante que sejam apresentados através de um fluxograma que abrange desde a quantidade de registros encontrados até o número de estudos incluídos na revisão sistemática. Na Figura 1 é apresentado o modelo de fluxograma do PRISMA 2020.

Figura 1 - Modelo do PRISMA 2020 para revisões sistemáticas



Fonte: Adaptado de Page *et al.* (2021).

Legenda: a) Considere, se possível, relatar o número de publicações identificadas em cada banco de dados ou repositório pesquisado (em vez do número total em todos os bancos de dados/registros); b) Se ferramentas de automação foram usadas, indique quantas publicações foram excluídas por pessoas e quantos foram excluídos por ferramentas de automação. Note que uma “publicação” pode ser um artigo científico, *preprint*, resumo de conferência, dados de registro de estudo, relatório de estudo clínico, dissertação, manuscrito não publicado, relatório governamental ou qualquer outro documento que forneça informações relevantes.

Nesse modelo apresentado na Figura 1, as caixas indicadas pela cor verde são de preenchimento obrigatório, já as caixas identificadas pela cor cinza devem ser preenchidas apenas se forem relevantes para a pesquisa em questão. Caso contrário, elas devem ser removidas do fluxograma. Trata-se do modelo completo, ou seja, contém quatro formas de apresentação do fluxograma: criação de revisões sistemáticas por meio de bases de dados e repositórios (1); novas revisões sistemáticas, com as bases de dados e repositórios e outros novos estudos, utilizando outros métodos (2); atualizações de revisões, usando as bases de dados e repositórios (3) e; as revisões sistemáticas com atualizações, englobando bases de dados e repositórios e outros novos estudos através de outros métodos (4).

O modelo apresentado pela Figura 1, conforme Page *et al.* (2021b) deverá conter o número de:

- Registos identificados;
- Registos excluídos antes do rastreio (por exemplo, por serem duplicados ou considerados inelegíveis pelos classificadores de máquinas);
- Registos rastreados;
- Registros excluídos após triagem de títulos ou títulos e resumos;
- Publicações recuperados para avaliação detalhada;
- Publicações potencialmente elegíveis que não foram recuperáveis;
- Recuperou publicações que não atendiam aos critérios de inclusão e os principais motivos de exclusão (como desenho de estudo inelegível, população inelegível) e;
- O número de estudos e publicações incluídos na revisão. Se aplicável, os autores também devem relatar o número de estudos em andamento e relatórios associados identificados.

O PRISMA recomenda ainda a criação de um protocolo de revisão sistemática que descreva a fundamentação, a hipótese e os métodos planejados da revisão, que deve ser preparado antes que uma revisão seja iniciada, disponibilizado publicamente e registrado em uma base de dados como o PROSPERO (*International Prospective Register of Ongoing Systematic Reviews*) que é utilizado principalmente para área da saúde (SIDDAWAY *et al.*, 2019). O registro de um protocolo de revisão sistemática não é obrigatório, mas evita duplicação e proporciona transparência nas pesquisas científicas (BASHIR; CONLON, 2018; CALDWELL; BENNETT, 2020; GATES; MARCH, 2016). O PROSPERO é uma base de

registro de revisão sistemática internacional, mantida pelo *Centre of Reviews and Dissemination*, da Universidade de York GATES; MARCH, 2016; SHAMSEER *et al.*, 2015).

Fazer uma revisão sistemática vai demandar dos autores tempo e muita dedicação, uma vez que não se trata de uma pesquisa simples, pois é preciso seguir critérios rigorosos e que se não forem realizados de maneira adequada afetará a confiabilidade dos resultados apresentados. Embora desafiadora, a dedicação investida em uma revisão sistemática é recompensada pela contribuição valiosa para a compreensão e avanço do conhecimento em uma área específica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo deste estudo, uma combinação de revisão sistemática e análise bibliométrica foi realizada. Desta forma, os objetivos da pesquisa (objetivos específicos do item 2.2) foram formulados para orientar o processo de análise bibliométrica e de revisão sistemática para encontrar os artigos relacionados sobre a utilização de água de chuva para fins potáveis. Primeiramente, a análise bibliométrica foi realizada para quantificar a produção científica. Posteriormente, a revisão sistemática foi realizada, utilizando a declaração PRISMA 2020, pois esse documento especifica os passos a serem percorridos e o número de artigos obtidos em cada etapa.

4.1 Análise bibliométrica

Para a análise bibliométrica foram adotadas as etapas propostas por Zupic e Čater (2015), expostas no Quadro 1, ou seja, o projeto de pesquisa, a coleta de dados, a análise, a visualização e a interpretação.

4.1.1 Projeto de pesquisa

Nesta pesquisa, foram analisados a evolução cronológica das publicações, os continentes e países que mais contribuíram para os estudos sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis, os principais periódicos e os principais autores. As técnicas bibliométricas para visualização dos mapas bibliométricos foram: coautoria, cocitação e copalavra.

A escolha da técnica coautoria permitiu examinar a cooperação intelectual entre os autores que publicaram sobre o tema deste estudo. Nesse sentido, foi possível verificar as colaborações em vários períodos, possibilitando analisar a evolução do crescimento científico. Além disso, com essa técnica, puderam ser investigadas as informações de colaboração entre instituições e países. Já a técnica cocitação permitiu avaliar a citação dos documentos ao longo do tempo, assim, foi possível verificar a evolução do desenvolvimento intelectual. Então, essa técnica foi útil, visto que esta pesquisa examinou os registros científicos desde a primeira publicação relacionada com o estudo em questão. Por fim, a técnica copalavra

possibilitou a identificação e análise de palavras mais frequentes usadas nos artigos científicos em diferentes períodos, sendo possível verificar o *status* deste estudo.

4.1.2 Coleta de dados

Existem duas principais bases multidisciplinares a Scopus e a WOS que podem ser usadas para análise bibliométricas. Ambas têm a maior parte de sua cobertura na área de ciências da vida, ciências físicas, tecnologia, engenharia e em pesquisa biomédica (MONGEON; PAULHUS, 2016; SINGH *et al.*, 2021). No entanto, nesta pesquisa foram utilizados dois *softwares*, o Bibliometrix e o VOSviewer. Com o Bibliometrix é possível unir as duas bases, mas com VOSviewer isso não é possível. É importante destacar que existe a opção, no VOSviewer, para usar o os gerenciadores de referências como EndNote e RefWorks, no entanto, estes não podem ser usados para todos os recursos que o VOSviewer proporciona. Nesse sentido, foi necessário escolher apenas uma base de dados. Assim, optou-se pelo uso da Scopus, pois, em relação a WOS, apresenta uma abrangência maior em número de estudos (PRANCKUTĖ, 2021; SINGH *et al.*, 2021). Além disso, a Scopus tem o menor número de inconsistências em relação à verificação e qualidade do conteúdo do que a WOS (ADRIAANSE; RENSLEIGH, 2013).

O idioma incluído foi somente o inglês, uma vez que é linguagem mais usadas nas publicações científicas. Os tipos de documentos foram os artigos, os artigos de revisão, artigos de conferência e capítulo de livro. Já os termos usados na busca sobre aproveitamento da água para fins potáveis para uso doméstico, no título, no resumo e nas palavras chaves, foram: ((*“rainwater harvesting” OR Rainwater*) AND (*potable OR domestic*) (*“rainwater disinfection” OR “rainwater treatment” OR “rainwater purification” OR “rainwater filtration”*)). Os termos: *agriculture, industry e irrigation* foram excluídos de todos os campos da pesquisa. Além disso, foram considerados, na busca, todos anos até o ano de 2022. Assim, foi acessado o Portal de Periódicos da Capes e em seguida foi selecionado o banco de dados Scopus. Os dados obtidos foram exportados no formato CSV.

4.1.3 Análise

Para a análise bibliométrica, como já mencionado no item anterior, foram usados os *softwares* Bibliometrix por meio do Biblioshiny e o VOSviewer. Para utilizar o Bibliometrix foi necessário instalar o *software* R e em seguida o Rstudio, uma vez que este só funciona com a presença daquele. Para usar o Bibliometrix, sem dificuldades, através da interface para Web chamada Biblioshiny, foi necessário carregar o pacote Bibliometrix e em seguida executar o comando “biblioshiny ()” no Rstudio. Já para usar o VOSviewer foi preciso instalar também a linguagem de programação Java. Isso é importante para que esse *software* funcione corretamente. A limpeza dos dados foi realizada pelo Microsoft Excel® que tem como finalidade remover as linhas duplicadas, corrigir os erros de formatação e organizar os dados em um formato mais adequado para a análise.

4.1.4 Visualização

Com os dados organizados, estes foram carregados na interfase do Bibliometrix e no VOSviewer para que os dados fossem manipulados e atendessem os objetivos já relatados. O carregamento dos dados no ambiente biblioshiny ocorre acessando o botão *Data*, depois escolhendo a opção *Import or Load*, em seguida é preciso selecionar *Load bibliometrix file(s)* para procurar o arquivo que já foi previamente tratado e, por fim clicar no botão *Start*. Na Figura 2 são apresentados estes passos.

Figura 2 - Importação de dados para ambiente biblioshiny



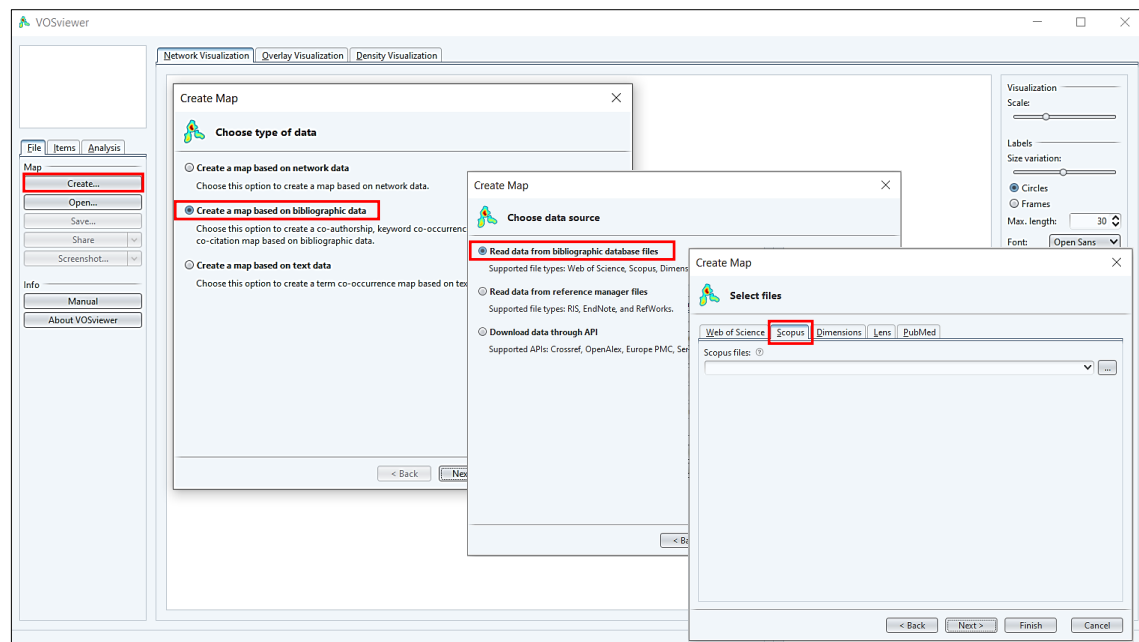
Fonte: Autora (2023).

Neste trabalho, o Bibliometrix foi responsável pela distribuição de artigos por periódico, por países com artigos mais publicados, pela representação do mapa-múndi desses países, pelos tópicos de tendência de todo o período da área pesquisada e pela representação das principais palavras chaves.

O carregamento para o *software* VOSviewer ocorre acessando o botão *create*, em seguida *create a map based on bibliographic data*, depois a opção *read data from bibliographic database files* e, por fim, é preciso selecionar a base de dados Scopus para procurar o documento já tratado. Na Figura 3 são apresentadas estas etapas.

O VOSviewer mostra o mapa das principais palavras chaves dos autores, o mapa de cocitação dos periódicos e o mapa de cocitação dos autores.

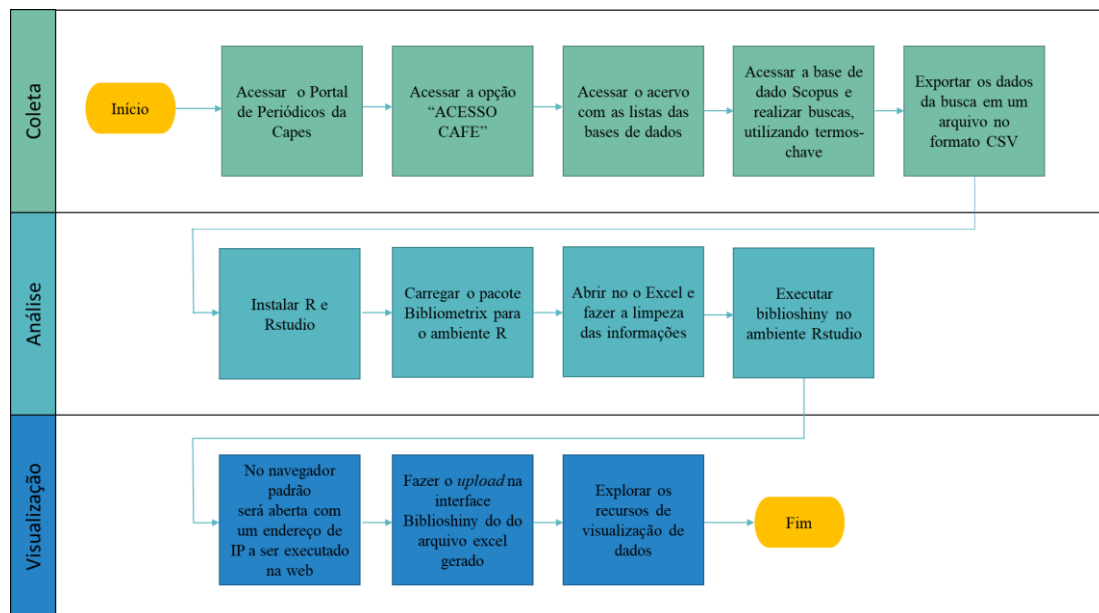
Figura 3 - Importação de dados para o ambiente VOSviewer



Fonte: Autora (2023).

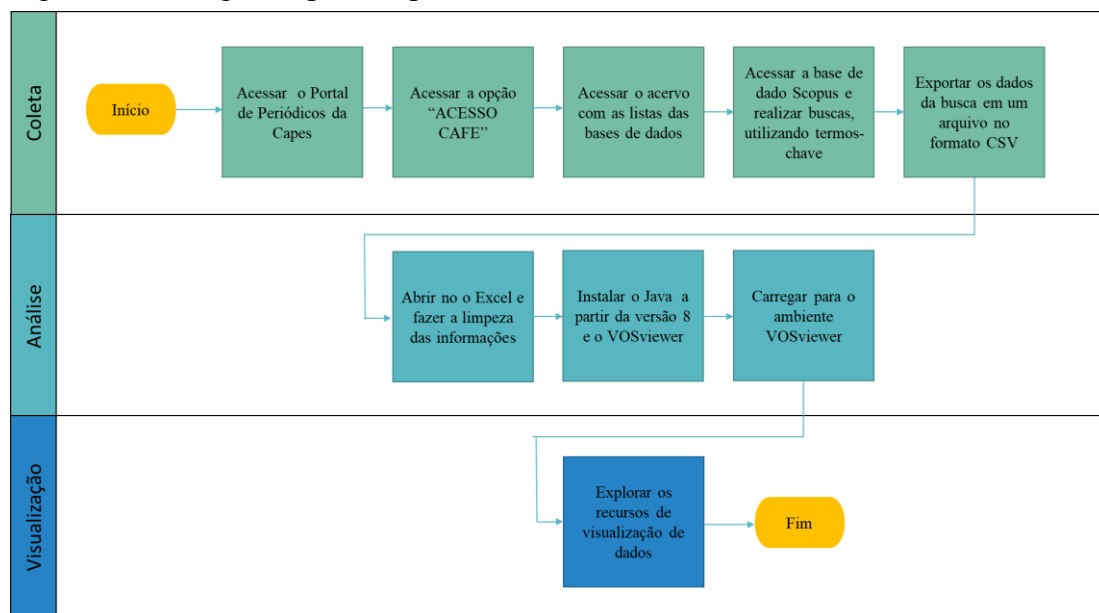
Para a compreensão das etapas a serem seguidas deste a Coleta, Análise até a Visualização de dados, foi elaborado dois fluxogramas apresentados na Figura 4 com o uso do Bibliometrix e, na Figura 5, com a utilização do VOSviewer.

Figura 4 - Fluxograma para mapeamento científico através do Bibliometrix



Fonte: Autora (2023).

Figura 5 - Fluxograma para mapeamento científico através do VOSviewer.



Fonte: Autora (2023).

4.1.5 Interpretação

Após a etapa de visualização foi necessário realizar a interpretação dos resultados apresentados pelo Bibliometrix e pelo VOSviewer. Assim, para compressão da evolução e as

tendências temporais, os autores mais influentes, a colaborações entre autores, a coocorrência de palavras-chave e a cocitação de artigos que estão relacionados com este estudo.

4.2 Revisão sistemática

A condução da revisão sistemática foi baseada no PRISMA 2020 que contém uma lista de checagem com 27 itens. Para auxiliar nesse processo foi utilizado o Parsifal (<https://parsif.al/>) que é uma ferramenta online para realizar revisão sistemáticas da literatura na área de Engenharia de *Software*. Esse recurso digital pode ser compartilhado com outros pesquisadores que podem colaborar, desenvolvendo o protocolo e conduzindo a pesquisa em conjunto (PARSIFAL, 2024). Durante a etapa de planejamento, o Parsifal oferece suporte na definição dos objetivos, na formulação das perguntas de pesquisa, na estruturação da sequência de pesquisa, na escolha das palavras-chave e seus sinônimos, na seleção das fontes relevantes, bem como nos critérios para inclusão e exclusão (PARSIFAL, 2024). Além disso, recursos para criar uma lista de verificação de avaliação da qualidade dos estudos e formulários para extração de dados (PARSIFAL, 2024).

As palavras chaves usadas nesta pesquisa foram selecionadas sem o uso do Parsifal. Neste estudo, essa ferramenta auxiliou na fase de planejamento, mais especificamente na seleção dos artigos, isto é, facilitou na parte de condução do estudo, pois agilizou e organizou o processo nas seguintes etapas:

- 1) Estudos de Importação: A plataforma simplificou a importação dos estudos relevantes, proporcionando um ambiente centralizado para armazenar e acessar os materiais de pesquisa;
- 2) Seleção dos Estudos: Com recursos de filtragem e classificação, o Parsifal permitiu uma seleção mais eficiente dos estudos que atendem aos critérios de inclusão pré-estabelecidos.

Neste trabalho, não foi realizada a meta-análise, uma vez que os estudos selecionados tiveram resultados heterogêneos para a sua análise quantitativa, ou seja, a busca apresentou uma variedade de tecnologias de tratamento de água de chuva. A meta-análise reúne os resultados de múltiplos estudos para criar uma síntese que é reproduzível e quantificável, com o intuito de aumentar a força estatística da pesquisa (LOVATTO *et al.*, 2007). Segundo Dib (2022),

para que os resultados de uma meta-análise sejam aplicáveis, é essencial que os estudos incluídos sejam homogêneos tanto em termos clínicos quanto metodológicos. Outrossim, não foi incluído o registro de protocolo, porque este estudo não é da área da saúde. Assim, os itens que foram incluídos neste trabalho foram chamados de etapas, as quais são apresentadas a seguir.

4.2.1 Verificação do título do estudo

No título da pesquisa já é preciso identificar que se trata de uma revisão sistemática, então este foi definido como “Panorama da utilização da água de chuva para fins potáveis: uma proposta para análise bibliométrica e revisão sistemática”.

4.2.2 Justificativa do Estudo

A crescente falta de água potável tem incentivado a busca por opções viáveis para suprir as necessidades hídricas. A água da chuva surge como uma alternativa com potencial sustentável, podendo aliviar a pressão sobre as fontes tradicionais de água. Por isso, foi realizada uma revisão sistemática, para identificar, analisar e sintetizar estudos relevantes sobre as tecnologias de tratamento de água de chuva. Assim, com essa revisão, espera-se aprofundar, compreender, orientar pesquisas futuras e contribuir para o desenvolvimento de soluções sustentáveis no campo do tratamento de água de chuva.

4.2.3 Objetivos do Estudo

Os objetivos foram expostos no item 2.2 (objetivos específicos), isto é, a identificação de tecnologias utilizadas para o tratamento de água de chuva, a verificação da escala da pesquisa (bancada, piloto, real) e avaliação da eficiência das diferentes tecnologias de tratamento de água de chuva.

A partir dos objetivos expostos foram elaboradas as seguintes questões de pesquisa que vão ser respondidas ao longo deste trabalho:

Q1. Quais tecnologias são utilizadas para tratar água de chuva?

Q2. Qual a escala da pesquisa sobre tratamento de água de chuva: bancada, piloto ou estudos em condições reais?

Q3. Como foi o detalhamento experimental entre estudos em bancada, estudos piloto e implementações reais de sistemas de tratamento de água de chuva?

Q4. Qual é a eficiência de diferentes tecnologias de tratamento de água de chuva em termos de qualidade da água obtida?

4.2.4 Critérios de Elegibilidade

No Quadro 7 são apresentados os critérios de inclusão e exclusão deste estudo, baseados em revisões sistemáticas realizadas por outros autores (MUNIR *et al.*, 2022; KATSAROU; CHATZIPANAGIOTOU; SOUGARI, 2023; OLLILA *et al.*, 2022; PRATISCO; THOMPSON; POTDAR, 2022).

Quadro 7 - Critérios de inclusão e exclusão aplicados aos artigos

Tipo de Critério	Critério
Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de documento: artigos, considerando apenas estudos primários; • Artigos em inglês, por ter a maior quantidade de produções científicas; • Artigos sobre a utilização de água de chuva para o uso doméstico e que discutem sobre métodos de tratamento da água para garantir à sua potabilidade; • Estudos publicado em qualquer ano das bases até o ano de 2022.
Exclusão	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de documento: artigo de revisão, artigos de acesso antecipados, artigos de conferência e capítulo de livro; • Estudos secundários; • Estudos duplicados; • Estudos claramente irrelevantes para a pesquisa, considerando as questões de pesquisa, como publicações relacionadas com o uso para atividades agrícolas, industriais, drenagem, irrigação etc.; • Artigo redundante de mesma autoria; • Artigos que atenderem esses critérios, mas que não estejam disponíveis para leitura completa.

Fonte: Autora (2023).

4.2.5 Fontes de Informação

Nesta etapa, foram escolhidas duas bases de dados eletrônicas: Scopus e WOS. Essas bases são consideradas os principais sistemas de busca por serem mais apropriados para síntese de evidências durante a elaboração de revisões sistemáticas (GUSENBAUER; HADDAWAY, 2020; MARTÍN-MARTÍN *et al.*, 2018). É importante ressaltar que a escolha dessas duas bases de dados pode resultar na omissão de estudos pertinentes em outras fontes, ou que não se encaixaram nos critérios de seleção durante o processo de busca.

4.2.6 Estratégia de Busca

Os principais métodos de pesquisa foram selecionados, aplicados e utilizados na fase inicial da busca. Foram considerados os termos relevantes e alternativos comumente usados sobre o aproveitamento da água para fins potáveis. Esses termos foram utilizados para a busca no título, no resumo e nas palavras chaves dos artigos das duas bases de dados selecionadas. Além disso, foram excluídas em todos os campos as seguintes palavras: *agriculture*, *agricultural*, *industry*, *irrigation* e *drainage*. No Quadro 8 é apresentado o conjunto de termos de busca que foi aplicado na base de dados Scopus e WOS.

Quadro 8 - Conjunto de termos de buscas das bases Scopus e WOS

Base de dados	Campo de pesquisa
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (("rainwater harvesting" OR rainwater) AND technolog*) OR (("rainwater harvesting" OR rainwater) AND treatment) OR ("Treatment Technologies" AND rainwater) OR ("Water treatment methods" AND rainwater) OR ("Rainwater harvesting" OR "Rainwater collection") OR ("Rainwater collection" AND storage) OR ("rainwater disinfection" OR "rainwater treatment" OR "rainwater purification" OR "rainwater filtration") OR ("chemical treatment" AND rainwater) NOT (ALL= (agriculture OR agricultural OR industry OR irrigation OR drainage))).
WOS	(TOPIC= (("rainwater harvesting" OR rainwater) AND technolog*) OR (("rainwater harvesting" OR rainwater) AND treatment) OR ("Treatment Technologies" AND rainwater) OR ("Water treatment methods" AND rainwater) OR ("Rainwater harvesting" OR "Rainwater collection") OR ("Rainwater collection" AND storage) OR ("rainwater disinfection" OR "rainwater treatment" OR "rainwater purification" OR "rainwater filtration") OR ("chemical treatment" AND rainwater) NOT (ALL= (agriculture OR agricultural OR industry OR irrigation OR drainage))).

Fonte: Autora (2023).

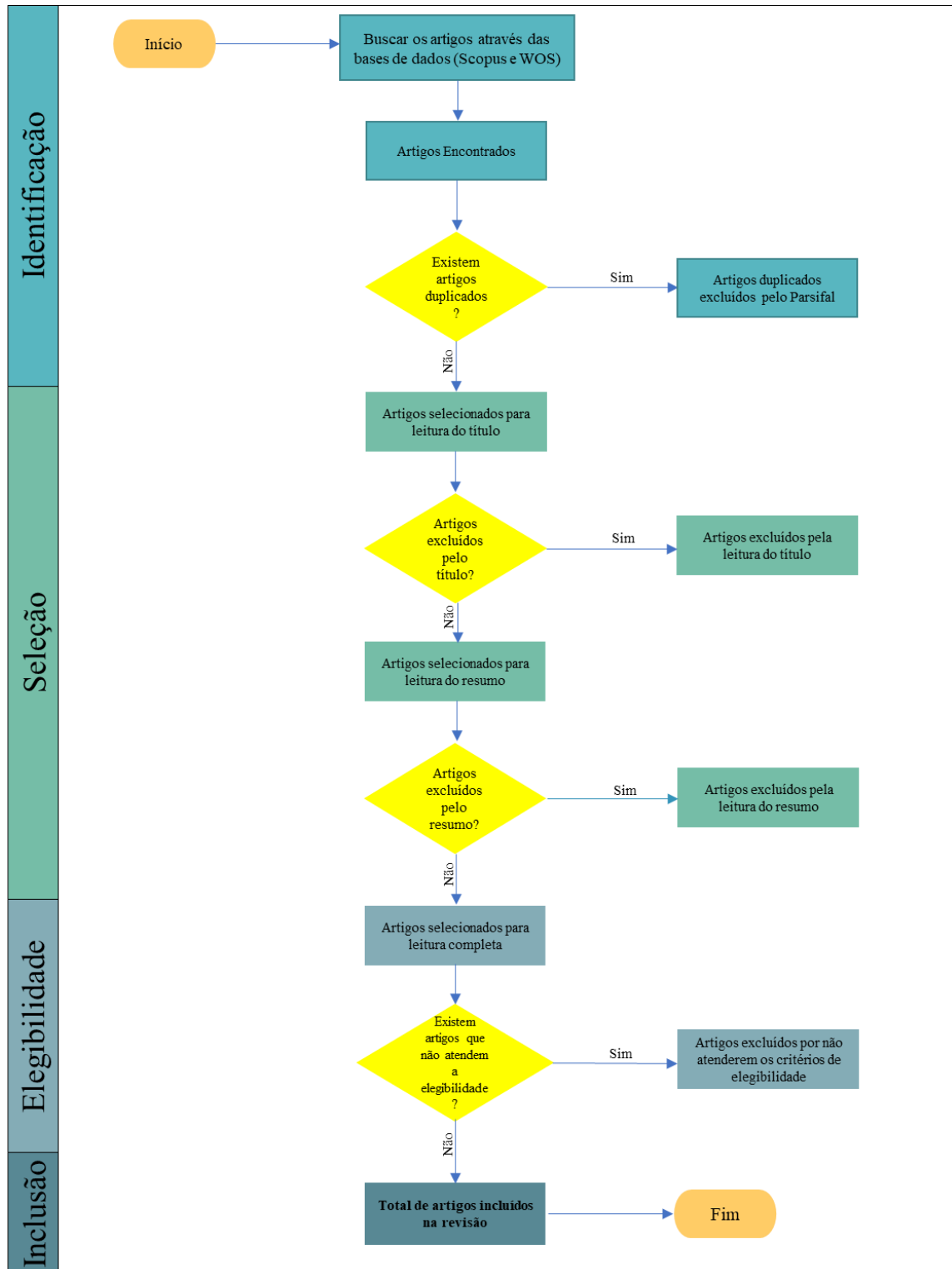
4.2.7 Processo de Seleção e coleta de dados

O processo de busca foi realizado apenas por um revisor, por se tratar de uma dissertação de mestrado onde apenas o pesquisador conduz a escrita científica. A revisão sistemática por mais de um revisor, embora mais confiável do que a triagem única, é mais demorada, uma vez que em qualquer divergência uma terceira pessoa entra para averiguar as discrepâncias (GARTLEHNER *et al.*, 2020; WAFFENSCHMIDT *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2020). Nesse sentido, essa pesquisa científica tem um prazo para o término, por isso se fosse possível a inclusão de mais avaliadores, o tempo determinado seria com certeza extrapolado.

Depois da estratégia de busca e obtidos os artigos, estes foram importados, no formato *Bibtex*, para ferramenta online Parsifal, para remoção de duplicatas seguida de verificação manual. Em seguida, os títulos foram analisados para identificar aqueles que podiam ser potencialmente incluídos. Posteriormente, os resumos dos títulos selecionados foram examinados para verificar se os estudos atenderam aos critérios de inclusão. Após esse processo foi realizada a leitura do texto completo dos estudos triados para verificar se atendiam os critérios de elegibilidade. Para a leitura dessas informações foi usado o serviço de tradução online *DeepL Translate*.

O processo de seleção dos dados envolve identificar, selecionar e extrair os dados relevantes dos estudos incluídos na revisão, seguindo critérios já predefinidos e, por fim, a inclusão dos artigos que foram usados para a revisão. Na Figura 6 é apresentado um fluxograma para compreender melhor o que aconteceu nessa etapa da pesquisa.

Figura 6 - Fluxograma do processo de identificação e seleção dos estudos



Fonte: Autora (2023).

4.2.8 Avaliação da qualidade dos estudos

Existem várias ferramentas que avaliam a qualidade dos estudos na área da saúde como Cochrane RoB e RoB 2.0, desenvolvidos pela Colaboração Cochrane para ensaio clínico randomizado e estudo da acurácia diagnóstica (MA *et al.*, 2020; STERNE *et al.*, 2019). Embora seja possível adaptar algumas metodologias já estabelecidas para área de engenharia, essa tarefa é bem desafiadora e complexa, uma vez que existem estudos detalhados por trás de cada pergunta elaborada para avaliar o trabalho. Além disso, alguns instrumentos contam com algoritmos para gerar as informações da qualidade dos estudos, por isso que a adaptação é, de certa forma, complicada, e tentar fazer de qualquer forma pode fugir da ideia original proposta pela ferramenta. Ademais, para criar uma ferramenta desde o início requer bastante tempo e uma equipe qualificada na área, para que o instrumento criado seja funcional e imparcial.

Nesse sentido, depois de uma busca na literatura foi possível encontrar o JBI *critical appraisal* checklist (<https://jbi.global/critical-appraisal-tools>) desenvolvido pela organização *Joanna Briggs Institute* (JBI). Esse instrumento avalia a qualidade metodológica (risco de viés) para estudos médicos primários e secundários, como estudos sobre ensaio clínico randomizado, estudo de coorte, estudo caso-controle, estudo transversal, estudo de teste diagnóstico, regra de predição clínica, avaliação econômica, estudo qualitativo e revisão sistemática (MA *et al.*, 2020; MAMIKUTTY; ALY; MARHAZLINDA, 2021). Após a verificação de cada checklist oferecido por essa organização, verificou-se que os estudos transversais poderiam ser adaptados para este estudo, preservando a imparcialidade e sem perder totalmente a essência do checklist original. Esse tipo de estudo é observacional que é utilizado para fornecer uma visão instantânea de uma doença e outras variáveis em uma população específica e em um determinado momento (MA *et al.*, 2020). Desse modo, as perguntas adaptadas com as respectivas descrições estão apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Adaptação das perguntas e descrições do checklist do JBI

Perguntas	Descrições
1. Os critérios para inclusão/exclusão foram claramente definidos?	Os autores devem fornecer critérios de inclusão e exclusão claros que foram desenvolvidos antes do início do tratamento da água. Os critérios de inclusão/exclusão devem ser especificados (por exemplo: origem da água, processo de coleta da água, características da água, níveis de contaminação) com detalhes suficientes e todas as informações necessárias para o estudo.
2. O processo de tratamento da água e o ambiente foram descritos em detalhes?	O processo de tratamento da água deve ser descrito em detalhes suficientes para que outros engenheiros possam entender e avaliar sua aplicabilidade. Os autores devem fornecer uma descrição clara do processo de tratamento, incluindo os métodos utilizados, equipamentos empregados, e quaisquer considerações ambientais relevantes.
3. Foram utilizados critérios objetivos e padrão para medir a qualidade da água tratada?	É útil determinar se a qualidade da água tratada foi medida com base em padrões de potabilidade, local e/ou internacional (como a OMS), reconhecidos e objetivos. Isso pode incluir medições de parâmetros de qualidade da água como pH, turbidez, concentração de contaminantes, entre outros.
4. Foram identificados fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Identificar fatores que podem interferir na eficiência do tratamento é essencial para garantir a qualidade e segurança da água tratada. Isso pode incluir características da água de entrada, condições operacionais do sistema de tratamento, variações sazonais, entre outros. A identificação desses fatores ajuda a otimizar o processo de tratamento e a minimizar riscos para a saúde.
5. Foram mencionadas estratégias para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Estratégias para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento devem ser discutidas no estudo. Isso pode incluir ajustes no processo de tratamento, implementação de tecnologias adicionais, monitoramento e controle mais rigorosos, entre outras medidas. O desenvolvimento e a implementação de estratégias eficazes são essenciais para garantir a qualidade e segurança da água tratada.
6. Os resultados do tratamento foram medidos de maneira válida e confiável?	Os resultados do tratamento da água devem ser medidos de maneira precisa e confiável para garantir a conformidade com os padrões de qualidade e segurança. Isso pode incluir análises laboratoriais, monitoramento em tempo real, valores numéricos de remoção para aumentar a transparência completa e detalhada dos resultados, testes de desempenho do sistema, entre outros métodos.
7. Foi utilizada análise estatística apropriada?	A análise estatística dos dados coletados durante o processo de tratamento da água deve ser apropriada para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados. Isso pode incluir técnicas estatísticas como análise de variância, regressão linear, entre outras.

Fonte: Autora (2024).

Para cada estudo foi realizada a pergunta e as possíveis respostas foram: sim (1 ponto), não (0 ponto), pouco claro (ponto 0,5) e não aplicável (ausente) (FRONTEIRA *et al.*, 2024). A qualidade dos estudos foi classificada em alto (pontuação total de 6 a 7), moderado (pontuação total, de 4 a 5) ou baixo (pontuação total de 0 a 3) (SAPNA *et al.*, 2024). Logo, um estudo com boa qualidade metodológica apresenta uma classificação alta, enquanto um estudo com baixa qualidade metodológica obtém uma classificação baixa.

4.2.9 Métodos de síntese

Dada a variedade das tecnologias de tratamento de água de chuva para fins potáveis, as sínteses dos artigos são apresentadas em grupos conforme a homogeneidade (tipologia) das tecnologias.

Nessa etapa foi utilizada a ferramenta IRaMuTeQ para confirmar a relação dos estudos. O IRaMuTeQ é um *software* de acesso livre, desenvolvido na linguagem computacional *Python* e está ancorado no *software* estatístico R, que realiza análise qualitativa do conteúdo documental, através de testes como a classificação hierárquica descendente (CHD), a análise de similaridade e nuvens de palavras, análise prototípica e análise fatorial de correspondência (AFC) (BORGES *et al.*, 2020; EYZAGUIRRE; FERNANDES, 2024; SOUZA *et al.*, 2018).

Figura 7 - Interface da tela inicial do *Software* IRaMuTeQ



Fonte: Autora (2024).

Além do IRaMuTeQ, existem outros que também fazem análises dos conteúdos textuais, como Nvivo e Atlas.ti, porém são pagos. Justifica-se o uso deste *software* pois diversos trabalhos recentes (BORGES *et al.*, 2020; EYZAGUIRRE; FERNANDES, 2024; OLIVEIRA; LOHMANN; OLIVEIRA, 2022; SILVA; ARAÚJO, 2023; SILVA *et al.*, 2023) que abordavam sobre revisão sistemática também usaram o IRaMuTeQ como ferramenta de análise.

O *software* foi originalmente criado em francês pelo pesquisador Pierre Ratinaud (2009). No Brasil, seu uso começou em 2013, período em que várias equipes colaboraram para compor o dicionário em português como o Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição da Universidade Federal de Santa Catarina (LACCOS/UFSC) (CAMARGO; JUSTO, 2013; SALVADOR *et al.*, 2018). Assim, atualmente, esse *software* também pode ser usado na língua portuguesa o que facilita o manuseio da ferramenta.

A análise realizada pelo IRaMuTeQ tem diversas finalidades, permitindo o exame de textos, entrevistas, documentos, desse modo, possibilita a descrição de um conteúdo produzido e compara diferentes produções com base em variáveis específicas que caracterizam os autores dos textos (CAMARGO; JUSTO, 2013). Para que o *software* realize o tratamento das informações é necessário fazer o corpus textual para que seja carregado na ferramenta. Neste estudo, foi realizado a AFC para verificar a associação entre as palavras dos textos. Esta análise é obtida a partir da CHD que é uma análise multivariada que organiza as palavras em grupos com base em sua similaridade léxica. A CHD é formada por meio do método de Reinert, realizando teste estatístico chi-quadrado (χ^2) para demonstrar a força da associação entre as palavras e suas respectivas classes (ANDRADE, 2023; CAMARGO; JUSTO, 2018).

No método de Reinert são analisados os segmentos de texto de aproximadamente 40 a 50 letras, ou 10 a 15 palavras, assumindo que cada trecho pode conter uma ideia (MAZIERI *et al.*, 2022). A hipótese é testada com base na pontuação chi-quadrado (χ^2) dos segmentos textuais, comparada com outros segmentos textuais do conjunto de textos (MAZIERI *et al.*, 2022). Os *clusters* (classes) se estabilizam, consistindo de segmentos de texto contextualmente homogêneos, usando a lógica hierárquica divisiva (MAZIERI *et al.*, 2022).

Assim, por meio das classes selecionadas, o programa calcula e fornece os segmentos de texto mais representativos de cada classe (corpus em destaque), permitindo a contextualização do

vocabulário típico de cada classe (CAMARGO; JUSTO, 2018). Nesse sentido, os diferentes agrupamentos de palavras são exibidos em um plano cartesiano, representando cada uma das classes que surgiram na CHD e mostrando as interrelações entre os *clusters* (classes) (ANDRADE, 2023; CAMARGO; JUSTO, 2018). Assim, a AFC permite identificar as diversas palavras associadas às classes e recuperar os segmentos de texto mais característicos de cada uma para interpretação qualitativa pelo pesquisador (ANDRADE, 2023).

Neste estudo, o corpus textual foi elaborado a partir das sínteses dos artigos, uma vez que estas continham informações detalhadas dos textos principais. O principal objetivo do uso do IRaMuTeQ, nesta pesquisa, foi para auxiliar na formação de grupos de artigos relacionados, identificando e agrupando aqueles que abordavam temas semelhantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise bibliométrica

O total da busca inicial foi igual a 1017 artigos entre os anos de 1978 e 2022, em seguida foi realizada a limpeza dos dados para retirar inconsistências e artigos que não tinham relação com o trabalho. Assim, 524 artigos foram removidos, sendo obtido 493 documentos, o que equivale a 48,5% do valor inicial, para o período de 1979 a 2022.

5.1.1 Análise do *Software* Bibliometrix

Na Tabela 2, gerada pelo Bibliometrix, apresenta-se a distribuição dos artigos por publicações, considerando aquelas que apresentaram pelo menos 8 trabalhos publicados. Destaca-se que, segundo análise adicional, 27% do total de publicações analisadas estão concentradas em apenas 10 fontes (ou seja, locais de publicação), indicando uma centralização na produção científica. De modo geral, a distribuição de todos os artigos foi assimétrica, já que muitas fontes publicaram apenas um ou dois artigos, sugerindo diferentes níveis de envolvimento ou foco nessas áreas. No total, os artigos foram distribuídos em 258 fontes, o que mostra a diversidade do panorama científico relacionado à temática, com uma ampla gama de publicações contribuindo para a discussão e avanço do conhecimento sobre aproveitamento de água de chuva.

É interessante observar que algumas revistas, como *Water (Switzerland)*, *Water Science And Technology*, e *Water Science and Technology: Water Supply*, lideram em termos de quantidade de artigos com 8%, 7% e 6% respectivamente, consolidando uma presença considerável na pesquisa sobre o tema analisado. Essa concentração pode sugerir áreas de especialização, redes de colaboração ou a influência significativa dessas fontes na disseminação do conhecimento científico na área em questão.

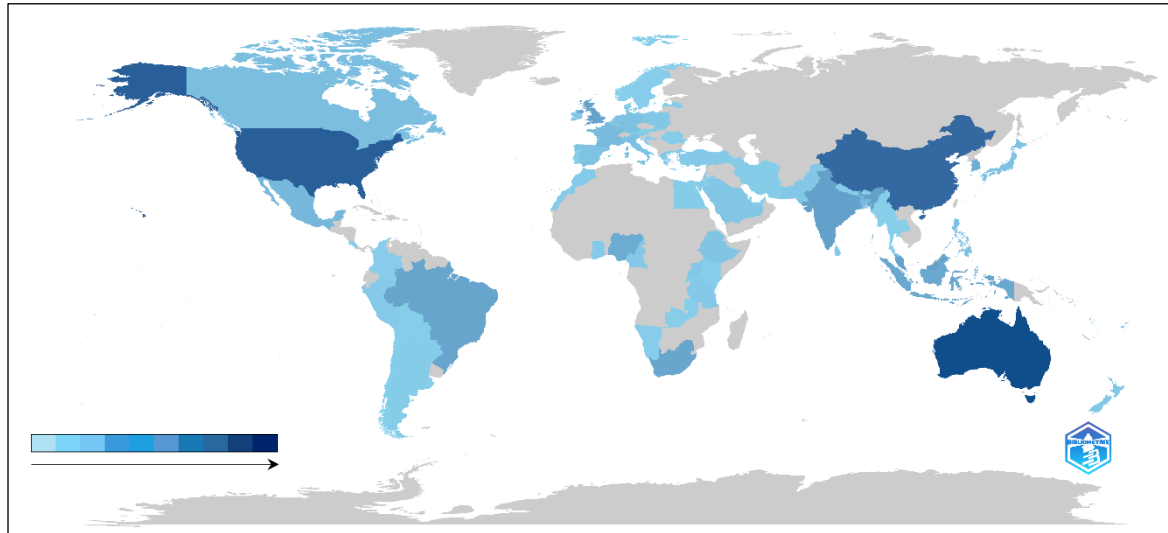
Tabela 2 - Tipos e fontes das principais publicações obtidas pela análise bibliométrica

Tipo	Fonte	Número Artigos
Revista	<i>Water (Switzerland)</i>	21
Revista	<i>Water Science and Technology</i>	17
Revista	<i>Water Science and Technology: Water Supply</i>	16
Revista	<i>Resources, Conservation and Recycling</i>	13
Revista	<i>Water Research</i>	12
Conferência	<i>Iop Conference Series: Earth and Environmental Science</i>	11
Revista	<i>Science of The Total Environment</i>	11
Revista	<i>Water Resources Management</i>	11
Revista	<i>Journal of Water Sanitation and Hygiene For Development</i>	10
Revista	<i>Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua</i>	8

Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software Bibliometrix* (2023).

No mapa (Figura 8) é ilustrada a distribuição geográfica da produção acadêmica sobre o tema, mostrando como diferentes partes do mundo têm contribuído ativamente para o desenvolvimento e a disseminação do conhecimento nesse campo específico. A produção científica do país é calculada com base no número de vezes que autores de determinado país aparecem nas afiliações dos artigos. Nesse sentido, cada artigo é associado aos países de todos os seus coautores, resultando na contagem total de aparições equivalente ao número de autores. Isso significa que a soma do indicador de produção será inevitavelmente maior que o número total de artigos, especialmente se todos os artigos forem assinados por uma única afiliação (BIBLIOMETRIX, 2024). Isso pode ser comprovado pela Tabela 3 que apresenta a frequência de publicação dos 10 principais países, ou seja, destaca a intensidade da produção acadêmica. Desse modo, ao analisar o mapa mundial (Figura 8) e a Tabela 3 é possível observar a contribuição de várias nações em diferentes continentes na pesquisa sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis. Os países como Austrália, Estados Unidos e China despontam como líderes nessa produção, marcando-se com um maior número de publicações, com 14%, 12% e 11% das frequências respectivamente.

Figura 8 - Produção científica sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis nos países do mundo



Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software Bibliometrix* (2023).

Tabela 3 - Frequência da produção Científica dos Países sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis nos países do mundo

Posição	País	Frequência
1	Austrália	227
2	EUA	194
3	China	177
4	Índia	77
5	Malásia	74
6	Reino Unido	72
7	Brasil	70
8	África Do Sul	68
9	Indonésia	65
10	Nigéria	58

Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software Bibliometrix* (2023).

Os 10 autores com maior número de publicações entre 1472 autores são apresentados na Tabela 4. Destaca-se na produção científica o autor *Han M*, professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da *Seoul National University*, Coréia do Sul, ocupando o primeiro lugar, com 19 artigos de pesquisa sobre o assunto. O segundo lugar está o autor *Ghisi E*, professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, com 10 artigos científicos. A primeira publicação do autor *Han M* foi em 2009 com estudo sobre avaliação da eficiência da desinfecção solar e sua variante, a desinfecção por coletor solar, para tornar a água da chuva potável em pequena escala. Já o primeiro estudo do autor *Ghisi E* foi em 2010

sobre a importância do dimensionamento adequado de reservatórios de águas pluviais para sistemas de captação de água de chuva. Essa distribuição apresentada pela Tabela 4, que mostra a extensão do envolvimento desses autores na produção de conteúdo nesse domínio específico de estudo, evidenciando seu papel e contribuições significativas através dos artigos que produziram.

Tabela 4 - Principais autores com suas respectivas filiações e país que contribuíram para produção científica água de chuva para fins potáveis

Autores	Afiliação	País	Artigos
Han M	<i>Seoul National University</i>	Coréia do Sul	19
Ghisi E	Universidade Federal de Santa Catarina	Brasil	10
Ahmed W	<i>Universidade de Sunshine Coast</i>	Austrália	9
Khan W	<i>Stellenbosch University</i>	África do Sul	8
Amin MT	<i>King Saud University</i>	Arábia Saudita	7
Khan S	<i>University of Johannesburg</i>	África do Sul	7
Imteaz MA	<i>Swinburne University of Technology</i>	Austrália	6
Kandasamy J	<i>University of Technology Sydney</i>	Austrália	6
Kus B	<i>University of Technology Sydney</i>	Austrália	6
Rahman A	<i>Western Sydney University</i>	Austrália	6

Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software Bibliometrix* (2023).

Na Tabela 5 são apresentadas as principais palavras-chave dos autores e suas respectivas ocorrências. Esses dados indicam as palavras-chave mais frequentemente associadas aos respectivos autores. As palavras-chave desempenham um papel importante na identificação dos principais tópicos abordados pelos autores e na compreensão dos temas centrais de suas pesquisas ou contribuições.

Tabela 5 - Principais palavras-chaves dos autores e a frequência de citação

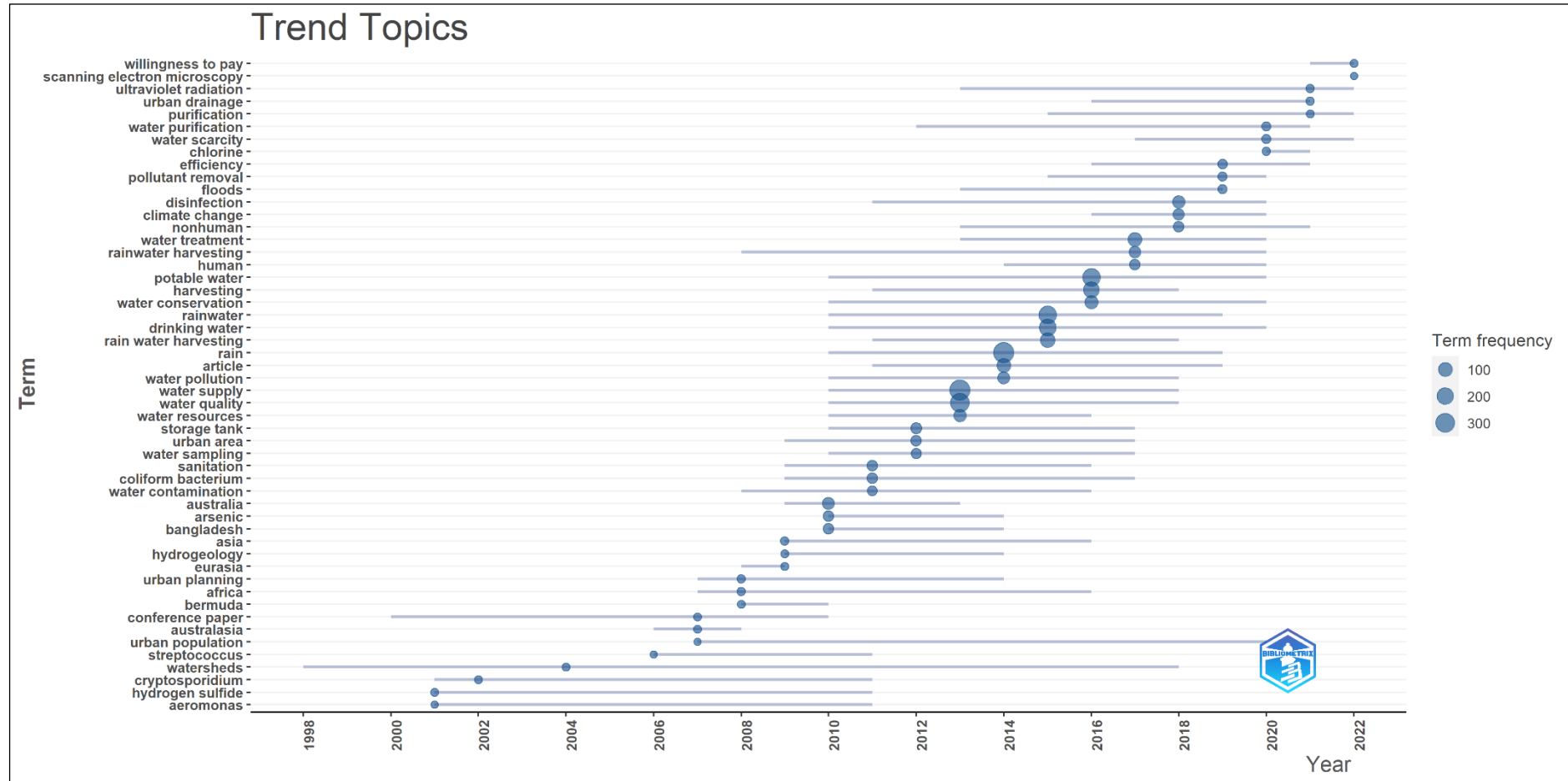
Palavras	Ocorrências
<i>rainwater harvesting</i>	124
<i>rainwater</i>	56
<i>water quality</i>	35
<i>water supply</i>	33
<i>drinking water</i>	31
<i>sustainability</i>	17
<i>rainwater tanks</i>	14
<i>climate change</i>	12
<i>harvested rainwater</i>	12
<i>heavy metals</i>	12

Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software Bibliometrix* (2023).

A palavra-chave com a maior frequência é *rainwater harvesting*, que ocorre em 6% das ocorrências, o termo *rainwater* é a segunda palavra mais frequente, aparecendo em 3% das ocorrências. Em seguida, tanto *water quality* quanto *water supply* ocorrem em 2% das ocorrências. Já a palavra-chave *drinking water* é mencionado em 1% das ocorrências. Outras palavras-chave que se destacam incluem *sustainability*, *rainwater tanks*, *climate change*, *harvested rainwater* e *heavy metals*.

Analisando a distribuição temporal dos termos do texto (Figura 9), observa-se que as primeiras aplicações tratavam da presença de bactérias (aeromanas, estreptococos) e protozoário (*cryptosporidium*) que são microrganismos encontrados na água. Além disso, apresentam os termos sulfato de hidrogênio, bacia hidrográfica e população urbana. Com o tempo, as questões começaram a abordar sobre a qualidade da água, chuva, água de chuva, aproveitamento de água de chuva, conservação da água, água potável e tratamento da água. As tendências mais recentes indicam questões relacionadas com escassez de água, purificação da água, drenagem urbana, radiação ultravioleta, microscópico eletrônico de varredura. Percebe-se que a maioria destes termos estão relacionados com o tratamento da água.

Figura 9 - Tópicos de tendência na área de pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora a partir do software *Bibliometrix* (2023).

Ao longo das últimas décadas, os dados revelam várias tendências significativas em relação à gestão da água e do saneamento. Houve um aumento no interesse por questões relacionadas à qualidade e tratamento da água, como evidenciado pelo crescimento dos tópicos *water contamination*, *sanitation*, *water treatment*, *water quality*, *water supply* e *drinking water* a partir de 2010. Paralelamente, há uma crescente preocupação com a escassez de água, refletida pelo aumento do tópico *water scarcity* a partir de 2017. Além disso, a preocupação com questões ambientais, como eventos climáticos extremos e mudanças climáticas, também é evidente no aumento dos tópicos *rain*, *rainwater harvesting*, *rainwater*, *floods* e *climate change* ao longo do tempo.

Outras tendências incluem o desenvolvimento contínuo de tecnologias de tratamento de água mais eficazes, conforme indicado pelos tópicos *water treatment*, *pollutant removal*, *efficiency*, *chlorine* e *ultraviolet radiation*, bem como um foco crescente em políticas e práticas urbanas relacionadas à gestão da água, como demonstrado pelos tópicos *urban area*, *urban drainage*, *urban planning* e *willingness to pay*. Essas tendências refletem a evolução das preocupações, pesquisas e práticas no campo da gestão da água e do saneamento ao longo do tempo. Ademais, entre 2020 e 2022, houve uma certa diminuição na produção de estudos sobre o tema, possivelmente influenciada pelos impactos da pandemia de COVID-19. Essa queda na produção pode ser atribuída a restrições de viagem, fechamento de instituições acadêmicas e reorientação de recursos para lidar com a crise de saúde pública.

Essas análises feitas com base na visualização de dados têm um papel fundamental na orientação do trabalho do pesquisador, pois o grande volume de artigos e dados bibliográficos examinados é tão amplo que torna inviável para o pesquisador realizar um mapeamento científico dessa magnitude sem o auxílio de uma ferramenta computacional, como é o caso do Bibliometrix. Essas análises desse tipo de ferramenta não só facilitam o processo, mas também são essenciais para garantir a precisão e a abrangência necessárias ao mapear e compreender, de modo amplo, as pesquisas científicas relacionadas com o campo de estudo em questão.

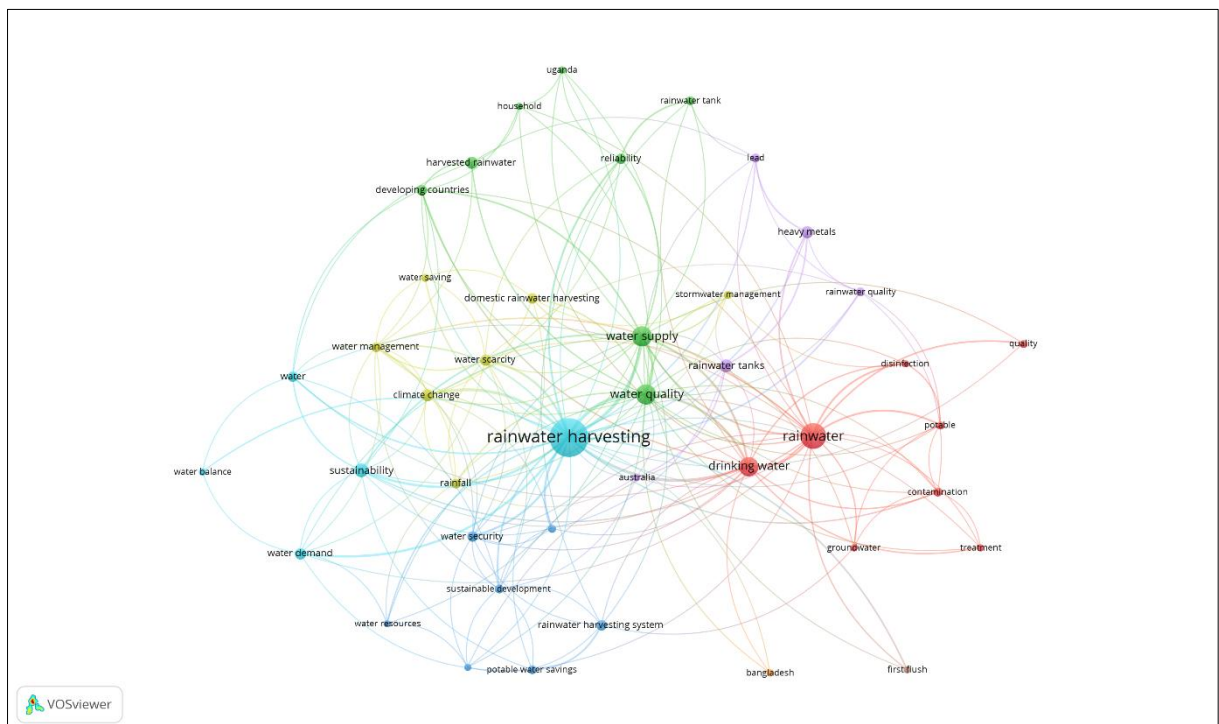
Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software* VOSviewer (2023).

Esse mapa (Figura 11) apresenta os 180 autores mais relevantes com número mínimo de 20 citações relacionados com tema e a força total entre os links de suas pesquisas. O autor *Ahmed W* lidera na força de ligações entre as conexões entre as redes apresentadas. Em seguida os autores, *Han M*, *Rahman A*, *Ghisi E*, *Khan W* e *Gardner T*. Assim, esses autores têm grande influência de suas obras na rede de pesquisas, indicando uma ampla disseminação e impacto de suas contribuições na comunidade acadêmica.

Em relação à formação de *clusters*, o mapa apresentou seis agrupamentos. O maior deles, representado em vermelho, contém além de dois encontrados entre os mais fortes, *Ghisi E*. e *Rahman A*, outros autores, como *Imteaz M. A*, *Campisano A* e *Fewkes A*. O segundo maior cluster, representado em verde, tem como principal autor *Han M*, outros autores, como *Coombes P. J*, *Alexopoulos A* e *Amin M. T*. O terceiro maior cluster, representado pela cor azul no mapa, contém além do principal autor do mapa, *Ahmed W*, outros autores relevantes como: *Gardener T*, *Toze S* e *Khan W*.

Na Figura 12 é apresentado o mapa das principais palavras-chave dos autores, isto é, a identificação dos termos mais frequentes ou inte-relacionados nos textos que eles produzem.

Figura 12 - Mapa das palavras-chave dos autores sobre aproveitamento de água de chuva



Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software* VOSviewer (2023).

Os dados revelam a predominância da *rainwater harvesting* como a palavra-chave mais frequente, ocorrendo 124 vezes nos documentos analisados. Isso sugere um forte foco na prática de coletar e armazenar água da chuva. Além disso, termos como *rainwater*, com 56 ocorrências, *water quality* (35 vezes), *water supply* (33 vezes), *drinking water* (31 vezes) e *sustainability* (17 vezes), indicam a importância atribuída à qualidade e uso sustentável da água coletada. A presença de palavras-chave *rainwater tanks* (14 ocorrências) e *climate change* (12 ocorrências) reflete a preocupação ambiental e o contexto das mudanças climáticas na discussão sobre captação de água da chuva. Esses números quantitativos oferecem uma visão clara da relevância e distribuição das palavras-chaves nos textos analisados. Ao comparar com a Tabela 5, elaborada pelos dados fornecidos pelo *software* Bibliometrix que também apresenta as principais palavras-chaves identificadas pelos autores, observa-se que os termos se coincidem. Isso pode indicar que ambos os *softwares* são eficazes na identificação de tendências e padrões na literatura acadêmica, fornecendo uma validação mútua dos resultados obtidos. Além disso, essa coincidência fortalece a confiabilidade das análises realizadas, oferecendo uma visão mais confiável e abrangente sobre os tópicos predominantes discutidos nos documentos.

Essas análises através do *software* VOSviewer identifica interconexão de informações deste campo específico de estudo, ou seja, proporciona compreender melhor o cenário da pesquisa sobre água de chuva para fins potáveis.

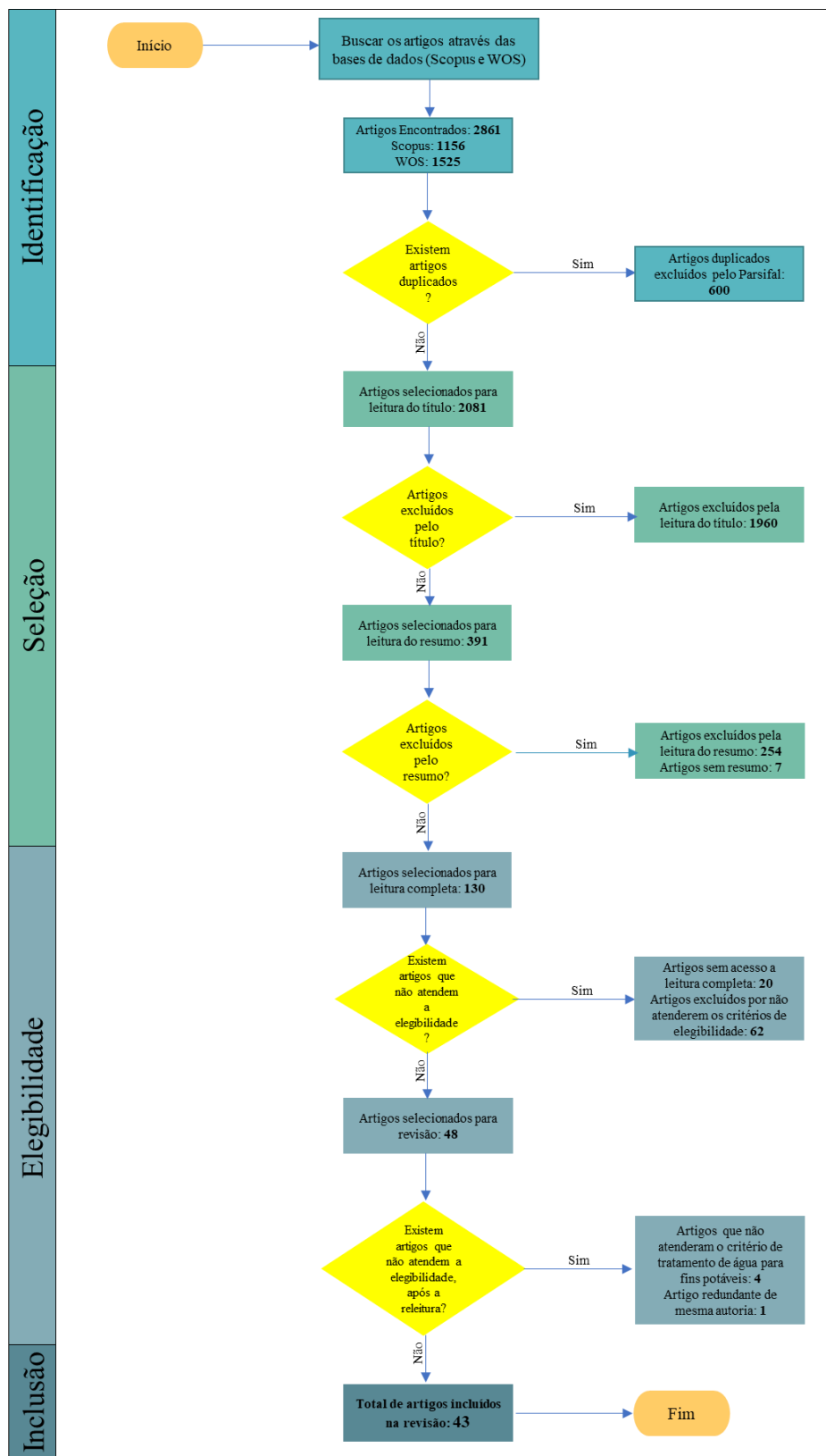
A análise bibliométrica conduzida pelos *softwares* Bibliometrix e VOSviewer sobre o aproveitamento de água de chuva para fins potáveis oferece uma visão detalhada do panorama científico nessa área. Ao considerar um amplo período temporal e geográfico, os resultados destacam padrões, tendências e áreas de interesse na pesquisa. No entanto, é importante reconhecer as limitações inerentes à análise automatizada, como a possibilidade de distorções nos dados devido à seleção das publicações e a necessidade de interpretação cuidadosa dos resultados. Portanto, uma abordagem integrada, combinando análises automatizadas com uma revisão manual e crítica da literatura, é essencial para obter uma compreensão completa do campo de estudo.

5.2 Revisão sistemática

5.2.1 Seleção dos dados

Durante a busca inicial, 2681 artigos foram identificados, sendo 1156 da Scopus e 1525 da WOS. Um total de 600 artigos duplicados foram inicialmente removidos pelo Parsifal, então 2081 foram selecionados para leitura do título e com isso 1690 artigos foram removidos após a verificação dos títulos, restando 391 artigos para leitura dos resumos. Após esse procedimento 254 artigos foram removidos, entretanto 7 artigos não apresentavam resumos, por isso também foram excluídos da revisão. Desse modo, foram selecionados 130 artigos para leitura integral. Assim, no primeiro momento, após a leitura completa dos textos para determinar sua elegibilidade para a revisão, 82 foram removidos, restando 48 para a revisão sistemática. Após uma leitura detalhada adicional, 4 artigos foram excluídos por abordarem tratamento de água de chuva para fins residenciais, mas não para uso potável. Além disso, 1 artigo foi excluído por ser um estudo redundante com a mesma autoria, restando 43 artigos. Uma visão geral da seleção dos estudos relevantes é mostrada na Figura 13.

Figura 13 - Fluxograma dos resultados da busca bibliográfica e o processo de triagem com base no PRISMA 2020.



Fonte: Autora (2024).

5.2.2 Características dos estudos

Nesta etapa, foram extraídas informações quantitativas e qualitativas dos artigos incluídos para revisão: os autores, o ano de publicação, país de publicação, o local de publicação, o título do estudo, o tipo de escala (real, piloto e bancada), os parâmetros de potabilidade da água analisados nos estudos (físicos, químicos e biológicos), as tecnologias de tratamento de água a nível individual e coletivo e a eficiência das tecnologias de tratamento de água.

Foi realizado um formulário para registrar com precisão todas as informações necessárias para responder às questões de pesquisa. Dessa maneira, os dados extraídos estão descritos na Tabela 6 de cada um dos 43 estudos primários incluídos nesta revisão sistemática.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
01	Jordan <i>et al.</i> (2008)	EUA	Effective removal of microbial contamination from harvested rainwater using a simple point of use filtration and UV-disinfection device	Urban Water Journal	Real	Filtração /Desinfecção	Filtração no ponto de uso (POU) e desinfecção por UV	CT (MPN/100 ml) EC (MPN/100 ml) Enterococos (MPN/100 ml) HPC (CFU/ml)	4,6±3,0 x 10 ⁵ IM 8,8±5,9 IM 3,0±2,2 x 10 ⁵ IM 7,2±2,2 x 10 ⁶ IM	100,0 SI SI 98,6
02	Garrido <i>et al.</i> (2011)	México	Improving collected rainwater quality in rural communities	Water Science & Technology	Piloto	Filtração	Sistema modificado de filtração em múltiplos estágios (MMSF)	Turbidez (NTU) Cor verdadeira	1,0 7,5	99,0 96,2
03	Sabogal-Paz <i>et al.</i> (2020)	Reino Unido	Household slow sand filters in intermittent and continuous flows to treat water containing low mineral ion concentrations and Bisphenol A	Science of the Total Environment	Piloto	Filtração	Filtro de areia lento doméstico (HSSF)	OD (mg/L) COD (mg/L) Fluoreto (mg/L) BPA (mg/L)	3,3±0,5 IM 132,9±15,5 IM 0,57±0,71 IM 2,35±0,41 IM	60,0-66,0 7,0-12,0 55,0-88,0 3,0
04	Yu <i>et al.</i> (2021)	China	Producing and storing self-sustaining drinking water from rainwater for emergency response on isolated island	Science of the Total Environment	Piloto	Filtração /Desinfecção	Nanofiltração (NF) e cloração em baixas doses	CT (CFU/100 ml) HPC (CFU/ml) EC (CFU/100 ml)	SI SI SI	100,0 100,0 100,0
05	Keithley <i>et al.</i> (2018)	EUA	Effect of Treatment on the Quality of Harvested Rainwater for Residential Systems	Journal - American Water Works Association	Bancada	Desinfecção /Filtração	Cloração em batelada e filtração com carvão ativado	Turbidez (NTU) COD (mg/L) TELHADO DE CONCRETO COD (mg/L) TELHADO DE METAL COD (mg/L) TELHADO FIBRA DE VIDRO COD (mg/L) TELHADO VERDE TTHM (µg/L) TELHADO DE CONCRETO TTHM (µg/L) TELHADO DE METAL TTHM (µg/L) TELHADO FIBRA DE VIDRO TTHM (µg/L) TELHADO VERDE CT (CFU/100 mL) TELHADO DE CONCRETO CT (CFU/100 mL) TELHADO DE METAL CT (CFU/100 mL) TELHADO FIBRA DE VIDRO CT (CFU/100 mL) TELHADO VERDE	>1,0 1,2 1,8 SI 24,0 <80,0 <80,0 SI >80,0 SI SI SI SI	SI SI SI SI SI <BDL <BDL <BDL >BDL <BDL <BDL <BDL >BDL

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; IM - Incerteza de medição (dispersão dos valores atribuídos a um valor mensurando); OD - Oxigênio dissolvido; COD - Carbono orgânico dissolvido; BPA - Bisfenol A; COT - Carbono orgânico total; SI - Sem informação; TTHM - Trihalometanos Total; BDL - Abaixo do limite de detecção.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
06	Du <i>et al.</i> (2022)	China	Gravity-driven membrane bioreactor coupled with electrochemical oxidation disinfection (GDMBR-EO) to treat roofing rainwater	Chemical Engineering Journal	Bancada	Filtração /Desinfecção	Biorreator de membrana por gravidade (GDMBR) acoplado à eletro-oxidação (EO)	Turbidez (NTU) _{GDMBR}	14,5	99,4
								Turbidez (NTU) _{EO}	14,5	98,1
								PT (mg/L) _{GDMBR}	0,3	8,0-28,5
								PT (mg/L) _{EO}	0,3	41,9
								COT (mg/L) _{GDMBR}	SI	11,3-28,5
								COT (mg/L) _{EO}	SI	19,0-38,9
07	Hazmi <i>et al.</i> (2022)	Indonésia	Effect of Radio-Frequency Treatment on the Changes of	Water	Bancada	Desinfecção	Reator de radiofrequência	COD (mg/L)	SI	60,0
			Dissolved Organic Matter in Rainwater					UV ₂₆₀ (m ⁻¹)	SI	93,0
08	Ding <i>et al.</i> (2018)	China	Effect of PAC particle layer on the performance of gravity-driven membrane filtration (GDM) system during rainwater treatment	Environmental Science Water Research & Technology	Bancada	Filtração	Filtração por membrana por gravidade (GDM)	COD (mg/L) _{AD-Sand}	3,5	0,0
								COD (mg/L) _{AD-PAC}	3,5	68,0
								COD (mg/L) _{GDM-Sand}	3,5	0,0
								COD (mg/L) _{GDM-PAC}	3,5	57,1
09	Baú <i>et al.</i> (2022)	Brasil	Development and economic viability analysis of photovoltaic (PV) energy powered decentralized ultrafiltration of rainwater for potable use	Journal of Water Process Engineering	Bancada	Filtração /Desinfecção	Ultrafiltração descentralizada com membrana	Turbidez (NTU)	1,08 ^a	92,6 ^a
								DQO (mg/L)	1,61 ^a	98,1 ^a
								DBO (mg/L)	5,75 ^a	61,8 ^a
								Nitrato (mg/L)	0,06 ^a	0,0 ^a
								Nitrito (mg/L)	0,04 ^a	25,0 ^a
								CT (CFU 100/mL)	>23 ^a	100,0 ^a
								EC (CFU 100/mL)	>16 ^a	100,0 ^a
10	Strauss <i>et al.</i> (2016)	África do Sul	Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater	BMC Microbiology	Piloto	Desinfecção	Pasteurização solar (SOPAS) versus desinfecção solar da água (SODIS)	EC (CFU/100 mL) _{SOPAS (93 °C)}	3,0	>99,0
								HPC (CFU/100 mL) _{SOPAS (93 °C)}	7.4 x 10 ⁷	>99,0
								EC (CFU/100 mL) _{SODIS (89 °C)}	2,0	>99,0
								HPC (CFU/100 mL) _{SOPAS (89 °C)}	1,45 x 10 ⁷	>99,0
								<i>Legionella spp</i> (cópias/mL) _{SOPAS (90°C)}	6.49 x 10 ⁵	96,8
								<i>Legionella spp</i> (cópias/mL) _{SODIS (86 °C)}	4.12 x 10 ⁴	50,1
								<i>Pseudomonas spp</i> (cópias/mL) _{SOPAS (90°C)}	3.57 x 10 ⁷	99,8
								<i>Pseudomonas spp</i> (cópias/mL) _{SODIS (86 °C)}	6.90 x 10 ⁷	96,1

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - Escherichia coli; HPC - Contagens de placas heterotróficas; PT - Fósforo Total; DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total); COD - Carbono orgânico dissolvido; COT - Carbono orgânico total; CF- Coliformes fecais; UV260 - Absorbância ultravioleta a 260 nm; AD - Adsorção estática; GDM - Filtração por membrana por gravidade; Sand - Areia; PAC - Carvão ativado em pó; SI - Sem informação; a - valor médio; SODIS - Sistemas de desinfecção solar da água; SOPAS - Pasteurização solar da água.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
11	Amin e Han (2009)	Coréia do Sul	Roof-harvested rainwater for potable purposes: Application of solar collector disinfection (SOCO-DIS)	Water research	Piloto	Desinfecção	Desinfecção por coletor solar da água (SOCODIS)	CT (CFU/100 mL) CF (CFU/100 mL) EC (CFU/100 mL) HPC (CFU/mL)	880-1100 ^b 400-450 ^b 200-250 ^b 1500-2000 ^b	SI SI SI SI
12	Amin <i>et al.</i> (2013)	Coréia do Sul	Cost-effective and sustainable solutions to enhance the solar disinfection efficiency improving the microbiological quality of rooftop-harvested rainwater	Desalination and Water Treatment	Piloto	Desinfecção	Desinfecção por coletor solar da água (SOCODIS)	CT (CFU/100 ml) ^{WP-NTA-SOCODIS} EC (CFU/100 ml) ^{WP-NTA-SOCODIS} CF ^{WP-NTA-SOCODIS} HPC ^{WP-NTA-SOCODIS}	1,6 x 10 ³ -1,8 x 10 ³ 4,8 x 10 ² -5,6 x 10 ² 6,5 x 10 ² -1,1 x 10 ³ 2,0 x 10 ³ -2,7 x 10 ³	99,9 99,9 99,9 99,9
13	He <i>et al.</i> (2020)	China	Removal of CX3R-type disinfection by-product precursors from rainwater with conventional drinking water treatment processes	Water Research	Bancada	Filtração /Desinfecção	Filtração de areia e filtração com Carvão Ativado Granular (GAC)	COD ^{SF+GAC} MOD ^{SF+GAC} UV ₂₅₄ ^{SF+GAC} THAM _S ^{GAC} HAL _S ^{GAC}	SI SI SI SI SI	64,2 98,0 76,6 83,3 85,5
14	Chai <i>et al.</i> (2019)	China	Long-term pollutant removal performance and mitigation of rainwater quality deterioration with ceramsite and <i>Cyperus alternifolius</i> in mountainous cities of China	Environmental Science and Pollution Research	Piloto	Filtração	Remoção de poluentes com ceramsite biológica e <i>Cyperus alternifolius</i>	DQO (mg/L) NH ₄ ⁺ -N ^{CN} (mg/L) NT (mg/L) PT (mg/L)	30,5 0,3 1,6 0,1	93,4 71,0 75,0 76,5
15	Kus <i>et al.</i> (2013)	Austrália	Household rainwater harvesting system -pilot scale gravity driven membrane-based filtration system	Water Science & Technology: Water Supply	Piloto	Filtração	Filtração baseado em membrana por gravidade	Turbidez (NTU) COD (mg/L) Alumínio (mg/L) Cobre (mg/L) Ferro (mg/L) Manganês (mg/L) Chumbo (mg/L) Zinco (mg/L)	0,6 0,4 1,1 x 10 ⁻² 4,0 x 10 ⁻³ 6,0 x 10 ⁻³ 2,0 x 10 ⁻³ 1,1 x 10 ⁻² 3,3 x 10 ⁻²	78,0 >99,0 >55,0 SM >16,0 >50,0 55,0 SM

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - Escherichia coli; HPC - Contagens de placas heterotróficas; PT - Fósforo Total; DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total; COD - Carbono orgânico dissolvido; CF- Coliformes fecais; SI - Sem informação; N - Nitrogênio; NT - Nitrogênio total; MOD - Matéria orgânica; dissolvida; UV254 - Absorbância ultravioleta a 254 nm, determina a quantidade de matéria orgânica; THMs - Trihalometanos; HALs - Haloaldeídos; b - Valores de referência das amostras de água de chuva progenitoras; WP - Garrafa PET(Polietileno Tereftalato) envolvida com saco plástico resistente ao calor; NTA - Garrafa PET(Polietileno Tereftalato) com ácidos naturais (limão e/ou vinagre); SF - Filtração por areia; GAC - Filtração por carvão ativado granular; CN - Concentração de nitrogênio; NT - Nitrogênio total; SM -Sem melhoria.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
16	Alim <i>et al.</i> (2021)	Austrália	Experimental investigation of an integrated rainwater harvesting unit for drinking water production at the household level	Journal of Water Process Engineering	Piloto	Filtração	Filtração alimentada por gravidade com materiais filtrantes	OD (mg/L)	9,5±1 ^{IM}	5,3 ^c
								NH ₃ (mg/L)	0,35±0,01 ^{IM}	5,2 ^c
								NO ₂ (mg/L)	0,006±0,001 ^{IM}	100 ^c
								NO ₃ (mg/L)	0,196±0,02 ^{IM}	23,0 ^c
								COT	0,8874±0,05 ^{IM}	25,0 ^c
17	Ahammed <i>et al.</i> (2006)	Índia	Iron hydroxide-coated sand filter for household drinking water from roof-harvested rainwater	Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA	Piloto	Filtração	Areia revestida com hidróxido de ferro	Turbidez (NTU)	8,2	>75,6
								CT (MPN/100 mL)	1700±420 ^{IM}	99,0
								CF (MPN/100 mL)	170±27 ^{IM}	99,0
								HPC (CFU/mL)	3500±600 ^{IM}	>94,0 ^c
								Zinco (mg/L)	3,6	>97,2
18	Reyneke <i>et al.</i> (2020)	África do Sul	Validation of large-volume batch solar reactors for the treatment of rainwater in field trials in sub-Saharan Africa	Science of the Total Environment	Real	Desinfecção	Reatores solares em batelada	Chumbo (mg/L)	0,1	>99,9
								EC (CFU/100 mL) _{PI}	6,0	83,4
								CT (CFU/100 mL) _{PI}	1,5 x 10 ⁴	99,9
								Enterococos (CFU/100 mL) _{PI}	3,0 x 10 ³	99,9
								CF (CFU/100 mL) _{PI}	1,2 x 10 ⁴	99,0
								HPC (CFU/100 mL) _{PI}	3,5 x 10 ⁵	99,0
								EC (CFU/100 mL) _{PII}	3,0	66,8
								CT (CFU/100 mL) _{PI}	1,0 x 10 ³	99,9
								Enterococos (CFU/100 mL) _{PII}	2,2 x 10 ³	99,9
								CF (CFU/100 mL) _{PII}	1,1 x 10 ³	99,9
19	Nalwanga <i>et al.</i> (2018)	Uganda	A study of the bacteriological quality of roof-harvested rainwater and an evaluation of SODIS as a suitable treatment technology in rural Sub-Saharan Africa	Journal of Environmental Chemical Engineering	Real	Desinfecção	Desinfecção solar de água (SODIS)	EC (CFU/100 mL)	SI	SI
								Enterococos (CFU/100 mL)	SI	SI

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; CF- Coliformes fecais; IM - Incerteza de medição (dispersão dos valores atribuídos a um valor mensurando); OD - Oxigênio dissolvido; COT - Carbono orgânico total; PI - Protótipo I; PI - Protótipo II com desvio de primeira descarga; c - Porcentagens dos valores sem considerar a incerteza associada; SI - Sem informação.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
20	Strauss <i>et al.</i> (2018)	África do Sul	Compound parabolic collector solar disinfection system for the treatment of harvested rainwater	Environmental Science Water Research & Technology	Piloto	Desinfecção	Desinfecção solar de água (SODIS) equipado com um coletor parabólico composto (CPC) (SODIS-CPC)	EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(A)	8,0	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(A)	$1,0 \times 10^4$	>99,9
								EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(B)	3,0	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(B)	$1,7 \times 10^3$	>99,9
								EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(C)	4,0	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1(C)	$7,3 \times 10^3$	>99,9
								HPC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-1	$1,9 \times 10^{6\text{MG}}$	BDL
								<i>Legionella spp</i> (cópias/mL) SODIS-CPC-1	$1,1 \times 10^4\text{MG}$	75,5
								<i>Pseudomonas spp</i> (cópias/mL) SODIS-CPC-1	$2,8 \times 10^{6\text{MG}}$	94,3
								EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(A)	BDL	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(A)	$1,0 \times 10^3$	>99,9
								EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(B)	6,0	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(B)	$1,1 \times 10^1$	>99,9
								EC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(C)	$2,1 \times 10^1$	>99,9
								CT (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2(C)	$3,3 \times 10^3$	>99,9
								HPC (CFU/100 mL) SODIS-CPC-2	$7,1 \times 10^4\text{MG}$	BDL
								<i>Legionella spp</i> (cópias/mL) SODIS-CPC-2	$3,9 \times 10^6\text{MG}$	96,2
								<i>Pseudomonas spp</i> (cópias/mL) SODIS-CPC-2	$1,7 \times 10^6\text{MG}$	96,0
21	Anoob e Meera (2021)	Índia	Optimization of operational parameters for the treatment of roof-harvested rainwater with biologically synthesised nanosilver coated on sand	Water Supply	Piloto	Filtração	Filtração da água com areia revestida por nanopartículas de prata	Turbidez (NTU) _P	4,0	50,0
								CT (MPN/100 mL) _P	40,0	22,5
								Turbidez (NTU) _{NP}	4,0	75,0
								CT (MPN/100 mL) _{NP}	40,0	>92,5
22	Dobrowsky <i>et al.</i> (2016)	África do Sul	Molecular detection of <i>Acanthamoeba spp.</i> , <i>Naegleria fowleri</i> and <i>Vermamoeba</i> (Hartmannella) vermiformis as vectors for <i>Legionella spp.</i> in untreated and solar pasteurized harvested rainwater	Parasites & Vectors	Piloto	Desinfecção	Pasteurização solar (SOPAS)	HPC (CFU/100 mL)	$2,7 \times 10^5$ (31°C)	99,9 (93°C)
								<i>Legionella spp</i> (cópias/mL)	$8,2 \times 10^6$ (31°C)	99,9 (93°C)
								<i>Acanthamoeba spp</i> (cópias/mL)	$6,5 \times 10^4$ (31°C)	78,5 (93°C)
								<i>Vermamoeba vermiformis</i> (cópias/mL)	$3,2 \times 10^5$ (31°C)	99,9 ^{LLOD 1}
								<i>Naegleria fowleri</i> (cópias/mL)	$1,0 \times 10^6$ (31°C)	99,9 (93°C)
										99,9 ^{LLOD 2} (93°C)

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - *Coliformes totais*; EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; BDL - Abaixo do limite de detecção; SODIS - CPC - 1 - Sistemas de desinfecção solar equipado com coletor parabólico composto (o identificador “A” equivale a UV - A=31,1 (W.m²), o identificador “B” equivale a UV - A=27,8 (W.m²) e o identificador “C” equivale a UV - A=20,8 (W.m²); SODIS - CPC - 2 - Sistemas de desinfecção solar equipado com coletor parabólico composto com desviador de primeira lavagem (o identificador “A” equivale a UV - A=31,1 (W.m²), o identificador “B” equivale a UV - A=27,8 (W.m²) e o identificador “C” equivale a UV - A=20,8 (W.m²); MG - Média geral; HPC (CFU/100 mL) SODIS - CPC - 1 - Valor geral das amostragem com exceção das amostras 5 ($5,7 \times 10^3$) e 6 ($3,3 \times 10^3$) que foram acima do BDL(<1); HPC (CFU/100 mL) SODIS - CPC - 2 - Valor geral das amostragem com exceção das amostras 5 ($3,0 \times 10^2$) e 6 ($2,3 \times 10^3$) que foram acima do BDL(<1); P - Areia revestida de prata; NP - Areia revestida com nanopartículas, sintetizadas com extrato do fruto do mamão; LLOD1 - Limite inferior de detecção: *Vermamoeba vermiformis* (< 5 - 8 cópias/μL); LLOD2 - Limite inferior de detecção: *Naegleria fowleri* (< 12 - 17 cópias/μL).

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
23	Sundar e Kanmani (2021)	Índia	Design and evaluation of zero-energy UVC-LED reactor fitted with hand pump system for disinfection	Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA	Real	Desinfecção	Fotorreator anular UVC-LED	EC (CFU/mL)	133 ± 8 ^{IM}	100 ^d
24	Liu <i>et al.</i> (2020)	China	Comparison of different disinfection processes for controlling disinfection by-product formation in rainwater	Journal of Hazardous Materials	Piloto	Desinfecção	Cloração com pré-oxidação por KMnO ₄ e K ₂ FeO ₄ e processos avançados de oxidação (AOPs) como UV/PS e UV/H ₂ O ₂	TCM	SI	SI
								DCAA	SI	SI
								CH	SI	SI
								DCAN	SI	SI
								TCNM	SI	SI
								DCAM	SI	SI
25	Martínez-García <i>et al.</i> (2022)	Uganda	Meeting daily drinking water needs for communities in Sub-Saharan Africa using solar reactors for harvested rainwater	Chemical Engineering Journal	Real	Desinfecção	Reator de de desinfecção solar de água (SODIS) de PMMA UV-Transparente	TPC (CFU/mL) ^e	35150±45042 ^{IM}	98,9 ^c
								CT (CFU/100 mL) ^e	318±11 ^{IM}	98,7 ^c
								EC (CFU/100 mL) ^e	77±10 ^{IM}	< BDL
								<i>Enterococcus faecalis</i> (CFU/100 mL) ^e	< BDL	< BDL
								TPC (CFU/mL) ^f	51000±22627 ^{IM}	99,7 ^c
								CT (CFU/100 mL) ^f	270 ± 68 ^{IM}	97,4 ^c
								EC (CFU/100 mL) ^f	< BDL	< BDL
								<i>Enterococcus faecalis</i> (CFU/100 mL) ^f	18±10 ^{IM}	< BDL

Fonte: Autora (2024).

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; IM - Incerteza de medição (dispersão dos valores atribuídos a um valor mensurando); c - Porcentagens dos valores sem considerar a incerteza associada; UVC-LED - Radiação ultravioleta C (UVC) com diodo emissor de luz (LED); d - Inativação completa de EC com dose de 4,68 mJ/cm² de radiação ultravioleta C (UVC); K₂FeO₄ Ferrato de potássio; KMnO₄ - Permanganato de potássio; UV/PS -Radiação ultravioleta (UV)/Persulfato (PS), UV/H₂O₂ - Radiação ultravioleta (UV)/Peróxido de hidrogênio (H₂O₂); TCM -Triclorometano; DCAA -Ácido dicloroacético; CH - Hidrato de cloral; DCAN - Dicloroacetnitrila; TCNM - Tricloronitrometano; DCAM - Dicloroacetamida; TPC - Contagem total de placas; e - Escola primária Arise e Shine no dia 29/01/19 com clima ensolarado (Makondo, Uganda); f - Escola primária de Kabuyoga no dia 29/01/19 com clima ensolarado (Makondo, Uganda); BDL - Abaixo do limite de detecção; SI - Sem informação.

(continua)

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

(continuação)										
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
26	Naddeo <i>et al.</i> (2013)	Itália	Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment	Journal of Hydrology	Real	Filtração /Desinfecção	Filtração, seguida de Adsorção em Carvão Ativado Granular (GAC) e Desinfecção UV (FAD-Filtration Adsorption Disinfection)	Turbidez (NTU) DQO (mg/L) COT (mg/L) COD (mg/L) UV ₂₅₄ (cm ⁻¹) EC (CFU/100 mL) CT (CFU/100 mL)	25,88±3,62 4,79±0,56 5,952±0,71 5,398±0,517 0,086±0,008 328,0± 126,0 152,0±32,0	98,3±1,6 49,9±7,5 42,8±6,9 37,3±5,9 38,3±6,7 99,9±0,0 99,9±0,0
27	Imteaz <i>et al.</i> (2021)	Austrália	Pollutant treatment efficiencies through rainwater tank, recycled foamed glass and geofabrics	International Journal of Sustainable Engineering	Piloto	Filtração	Vidro reciclado espumado e geotecidos	SS (mg/L) PT (mg/L) DQO (mg/L) CF (Orgs/100 mL) Cromo (mg/L) Cobre (mg/L) Chumbo (mg/L) Níquel (mg/L) Selênio (mg/L) Zinco (mg/L) Mercúrio total recuperável(mg/L)	10,0 0,04 16,2 30,0 <0,001 0,006 0,001 <0,001 <0,01 0,009 <0,0001	>50,0 ^g SI ^g SI ^g 86,6 ^g SI ^g 67,0 ^g <BDL ^g SI ^g SI ^g SI ^g SI ^g
28	Zheng <i>et al.</i> (2021)	China	Treatment of cellar rainwater by multi-dimensional electrode electro-flocculation/submerged ultrafiltration	Desalination and Water Treatment	Bancada	Eletrofloculação /Filtração	Eletrofloculação de eletrodos multidimensionais /ultrafiltração submersa	NA (mg/L) PT (mg/L) DQO (mg/L) UV ₂₅₄ (cm ⁻¹)	0,8 0,2 6,1 0,16	53,2 90,8 59,5 37,7
29	Ding <i>et al.</i> (2017)	China	A low pressure gravity-driven membrane filtration (GDM) system for rainwater recycling: Flux stabilization and removal performance	Chemosphere	Bancada	Filtração	Filtração por membrana por gravidade (GDM) de baixa pressão	Turbidez (NTU) COD (mg/L) UV ₂₅₄ (cm ⁻¹) Total de bactérias (CFU/mL)	0,1-0,4 3,0-3,8 0,1 1,1 x 10 ³	80 ^h 11,8 ^h SI 95,0

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; PT - Fósforo Total; DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total); COD - Carbono orgânico dissolvido; COT - Carbono orgânico total; CF- Coliformes fecais; NA - Nitrogênio Amoniacal; SS - Sólidos em suspensão; UV₂₅₄ - Absorbância ultravioleta a 254 nm, determina a quantidade de matéria orgânica; g - Resultado depois de passar pela coluna filtrante de 30 com de vidro reciclado espumado e pela camada de geotêxtil; h - Valor considerando a média da variação; BDL - Abaixo do limite de detecção; SI - Sem informação.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
30	Amin <i>et al.</i> (2014)	Coréia do Sul	Solar Disinfection of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in Harvested Rainwater: A Step towards Potability of Rainwater	Plos One	Piloto	Desinfecção	Desinfecção solar da água (SODIS) e Desinfecção por coletores solares da água (SOCODIS)	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL) SODIS Trans	350-900	92,0
								<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL) SODIS Abs	350-900	100,0
								<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL) SODIS Ref	350-900	97,0
								<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL) SOCODIS Trans	350-900	>100,0
31	Martínez-García <i>et al.</i> (2020)	Espanha	Assessment of a pilot solar V-trough reactor for solar water disinfection	Chemical Engineering Journal	Piloto	Desinfecção	Fotorreator solar de calha em V	EC (CFU/100 mL) RE_CPC 1	$1,2 \pm 0,77 \times 10^6$	>99,9
								EC (CFU/100 mL) RE V-TROUGH 1	$1,2 \pm 0,77 \times 10^6$	>99,9
								<i>Enterococcus faecalis</i> (CFU/100 mL) RE_CPC 1	SI	>99,9
								<i>Enterococcus faecalis</i> (CFU/100 mL) RE V-TROUGH 1	SI	>99,9
								EC (CFU/100 mL) RE_CPC 2	$6,3,0 \pm 4,7 \times 10^5$	>99,9
								<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL) RE_CPC 2	$6,1 \pm 3,5 \times 10^5$	>99,9
								<i>Salmonella Enteritidis</i> (CFU/100 mL) RE_CPC 2	$2,3 \pm 1 \times 10^5$	>99,9
32	Khayan <i>et al.</i> (2019)	Indonésia	Rainwater as a Source of Drinking Water: Health Impacts and Rainwater Treatment	Journal of Environmental and Public Health	Piloto	Filtração	Filtragem com areia dos moluscos e absorção com carvão ativado	Chumbo (µg/L)	131,7	99,5
								Turbidez (NTU)	20,0	72,0

Fonte: Autora (2024).

Legenda: EC - *Escherichia coli*; SODIS Abs - SODIS transparente e absoritivo (superfície traseira das garrafas PET pintada de preto) sob condições climáticas ensolaradas; SODIS Ref - SODIS transparente reflexivo (superfície traseira das garrafas PET coberta com folha de alumínio) sob condições climáticas ensolaradas; SODIS Trans - SODIS transparente (garrafas PET) sob condições climáticas ensolaradas; SOCODIS Trans - Garrafas PET transparentes, sob condições climáticas moderadas; RE_CPC 1 - Reator solar equipado com coletor parabólico composto para água isotônica em modo estático; RE V - TROUGH 1 - Reator com Coletor de calha em V para água isotônica em modo estático; RE_CPC 2 - Reator solar equipado com coletor parabólico composto para água de chuva sintética captada em modo estático; SI - Sem informação.

(continua)

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
33	Marszałek e Dudziak (2021)	Polônia	Application of the Ultrafiltration and Photooxidation Process for the Treatment of Rainwater	Water, Air, & Soil Pollution	Bancada	Filtração /Desinfecção	Ultrafiltração com membrana e desinfecção UV	Cor (mg /L) _{RW1}	23,0	69,6 ^{UF}
								Cor (mg /L) _{RW2}	14,0	45,2 ^{UF}
								Cor (mg /L) _{RW3}	48,0	52,0 ^{UF}
								DQO (mg/L) _{RW1}	59,0	59,0 ^{UF}
								DQO (mg/L) _{RW2}	220,0	69,0 ^{UF}
								DQO (mg/L) _{RW3}	278,0	74,0 ^{UF}
								COT (mg/L) _{RW1}	6,0	11,2 ^{UF}
								COT (mg/L) _{RW2}	9,2	19,8 ^{UF}
								COT (mg/L) _{RW3}	68,5	13,6 ^{UF}
								CT (mg/L) _{RW1}	3,3	40,7 ^{UF}
								CT (mg/L) _{RW2}	3,9	37,0 ^{UF}
								CT (mg/L) _{RW3}	57,5	13,1 ^{UF}
								BC (CFU/100 mL) _{RW1}	>200,0	100,0 ^{UF e UV}
34	Waso <i>et al.</i> (2020)	África do Sul	Predatory bacteria in combination with solar disinfection and solar photocatalysis for the treatment of rainwater	Water Research	Bancada	Desinfecção	<i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> em combinação com reatores solar-CPC e tratamento solar-CPC com fotocatalise	EC (CFU/100 mL) _{RW1}	145,0 ± [107;195] ^{IM}	100,0 ^{UF e UV}
								<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/mL) PT-FC	2,0 x 10 ⁹	BDL
								<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/mL) PT-TS	2,0 x 10 ⁹	BDL
								<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/mL) FC	7,3 x 10 ⁸	99,9
								<i>Klebsiella pneumoniae</i> (CFU/mL) TS	7,3 x 10 ⁸	BDL
								<i>Enterococcus faecium</i> (CFU/mL) PT-FC	3,5 x 10 ⁹	99,9
								<i>Enterococcus faecium</i> (CFU/mL) PT-TS	3,5 x 10 ⁹	99,9
								<i>Enterococcus faecium</i> (CFU/mL) FC	1,0 x 10 ⁸	BDL
								<i>Enterococcus faecium</i> (CFU/mL) TS	1,0 x 10 ⁸	BDL
35	Xiao <i>et al.</i> (2020)	China	The purification of rainwater with nanofiltration membrane	Desalination and Water Treatment	Bancada	Filtração	Nanofiltração com membrana	Turbidez (NTU)	87,9	93,5-97,4 ^{TMP}
								DQO _{Mn} (mg/L)	78,9	51,7-85,6 ^{TMP}
								Dureza total (mg/L)	99,4	51,7-85,6 ^{TMP}
								PT (mg/L)	0,1	12,6-25,9 ^{TMP}
								NT (mg/L)	13,3	28,5-37,5 ^{TMP}

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; PT - Fósforo Total; IM - Incerteza de medição (dispersão dos valores atribuídos a um valor mensurando); DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total); DQO_{Mn} - Demanda Química de Oxigênio, utilizando permanganato como oxidante; COT - Carbono orgânico total; NT - Nitrogênio total; RW1 - Água de chuva do telhado com telhas de aço; RW2 - Água de chuva do telhado com telhas betuminosas; RW3 - Água de chuva do telhado com papel de alcatrão; UF - Resultado da ultrafiltração com membrana; UF e UV - Resultado da combinação do processo de ultrafiltração com membrana e radiação ultra violeta; BC - Bactérias coliformes; FC - Fotocatalise (sistema de CPC solar projetado em combinação com o TiO₂-rGO imobilizado); TS - Tratamento solar (sistema de CPC solar projetado com anéis raschig não revestidos); PT-FC - Pré-tratamento com *Bdellovibrio* + fotocatalise; PT-TS - Pré-tratamento de *Bdellovibrio* + tratamento solar; TMP - Efeito da Pressão Transmembrana na remoção de poluentes com o aumento gradual da pressão de operação de 0,4 a 1,4 Mpa, esse processo ocorre em momento posterior ao pré-tratamento; BDL - Abaixo do limite de detecção.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(continuação)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
36	Magalhães <i>et al.</i> (2020)	Brasil	Aqualuz: a new solar disinfection device for treatment of cistern water	AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society	Piloto	Desinfecção	Purificador de desinfecção solar de água (SODIS-Aqualuz)	EC (NMP/ 100 mL) DPN EC (NMP/ 100 mL) DE EC (NMP/ 100 mL) DC	290,0 122,0 120,0	98,0 100,0 100,0
37	Zhao <i>et al.</i> (2019)	China	Purification of harvested rainwater using slow sand filters with low-cost materials: Bacterial community structure and purifying effect	Science of the Total Environment	Bancada	Filtração	Purificação usando LCM-SSFs	NH ₄ ⁺ (mg/L) SSF2 DQO (mg/L) SSF2 Turbidez (NTU) SSF2 CT (MPN/100mL) SSF2 CFU (CFU/mL) SSF2 THM (mg/L) SSF2 Arsênio (mg/L) SSF2 Manganês (mg/L) SSF2 Chumbo (mg/L) SSF2 Cádmio (mg/L) SSF2	0,05 1,437 <1,0 <2,0 70,0 0,0035 <0,001 <0,001 <0,001 <0,0005	96,7 89,7 >75,2 >92,3 99,1 55,7 >50,0 >94,4 >88,9 >58,3
38	Brown e Sobsey (2010)	Camboja	Microbiological effectiveness of locally produced ceramic filters for drinking water treatment in Cambodia	Journal of Water and Health	Bancada	Filtração /Desinfecção	Filtro de cerâmica porosa tratado com AgNO ₃	EC (CFU/ 100 mL) Bacteriófago MS2 ^{MT}	<1,0 SI	99,0 ^{MT} 90,0-99,0 ^{MT}
39	McMichael <i>et al.</i> (2021)	África do Sul	Electrochemically assisted photocatalysis for the disinfection of rainwater under solar irradiation	Applied Catalysis B: Environmental	Bancada	Desinfecção	Reator CPC-PEC usando um fotoanodo de malha com TiNT auto-organizado	EC (CFU/100 mL) <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (CFU/100 mL)	10 ⁶ SCB 10 ⁶ SCB	99,9 99,9

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total); CFU - Unidades formadoras de colônias; THM - Trihalometanos; DPN - Dia parcialmente nublado, a eficiência de remoção ocorre com 4 horas de exposição sob uma radiação solar média de 460 W/m²; DE - Dia ensolarado, a eficiência de remoção ocorre em 2,5 horas com radiação solar média de 410 W/m²; DC - Dia chuvoso a eficiência de remoção ocorre em 4 horas com radiação solar média de 250 W/m²; MT - Microrganismos testes escolhidos como substitutos para patógenos bacterianos e virais em água potável; LCM - Material de baixo custo; SSFs - Filtros lentos de areia; SSF2 - Filtros lentos de areia, preenchido com uma mistura de calcário triturado e argila vermelha (resultados mostrados apenas para essa configuração, pois das 5 opções, esta apresentou o melhor resultado); PEC - Células fotoeletroquímicas; TiNT - Nanotubos de titânia; SCB - O sistemas foram testados com duas cepas de bactérias Gram - negativas: *E. coli* (S7 13) e *P. aeruginosa* (S1 68), a água de chuva foi autoclavada e ajustada para garantir uma concentração inicial de $\geq 10^6$ (UFC mL); SI - Sem informação.

Tabela 6 - Características dos estudos incluídos e a eficiência de tecnologias de tratamento de água de chuva

										(conclusão)
Art.	Referência (Ano)	País	Título do artigo	Revista	Escala	Processo	Tecnologia ou método	Parâmetro avaliado	Concentração na água de chuva bruta	Remoção (%)
40	Reyneke <i>et al.</i> (2018)	África do Sul	Rainwater harvesting solar pasteurization treatment systems for the provision of an alternative water source in peri-urban informal settlements	Environmental Science: Water Research & Technology	Real	Desinfecção	Pasteurização solar (SOPAS)	CF (CFU/ 100 mL) Local 1 a 53°C	2,2 x 10 ³	<BDL
								CF (CFU/ 100 mL) Local 2 a 53°C	1,0 x 10 ³	<BDL
								EC (CFU/ 100 mL) Local 1 a 52°C	8,0	<BDL
								CT (CFU/ 100 mL) Local 1 a 60°C	7,0 x 10 ³	<BDL
								CT (CFU/ 100 mL) Local 2 a 60°C	1,0 x 10 ³	<BDL
								HPC (CFU/ 100 mL) Local 1 a 67°C	6,3 x 10 ⁶	<BDL
								HPC (CFU/ 100 mL) Local 2 a 66°C	4,4 x 10 ⁶	<BDL
41	Pineda <i>et al.</i> (2022)	Equador	Rainwater treatment: an approach for drinking water provision to indigenous people in Ecuadorian Amazon	International Journal of Environmental Science and Technology	Piloto	Filtração /Desinfecção	Biofiltração com fluxo ascendente e descendente e desinfecção ultravioleta (UVD)	Manganês ²⁺ (mg/L) PP1	SI	68,0
								Ferro ²⁺ (mg/L) PP1	SI	51,0
								Manganês ²⁺ (mg/L) PP2	SI	68,0
								Ferro ²⁺ (mg/L) PP2	SI	52,0
								CT (CFU/ 100 mL) PP1	SI	49,0
								CF (CFU/ 100 mL) PP1	SI	57,0
								CE (CFU/ 100 mL) PP1	SI	38,0
								CT (CFU/ 100 mL) PP2	SI	51,0
								CF (CFU/ 100 mL) PP2	SI	50,0
								CE (CFU/ 100 mL) PP2	SI	50,0
42	Amin e Han (2011)	Coreia do Sul	Improvement of solar based rainwater disinfection by using lemon and vinegar as catalysts	Desalination	Piloto	Desinfecção	Desinfecção por coletor solar da água (SOCODIS) e com uso de catalizadores naturais (limão e vinagre)	CT (CFU/ 100 mL) SOCODIS	(1000, 1200) ⁱ	SI
								CE (CFU/ 100 mL) SOCODIS	(200, 250) ⁱ	SI
								HPC (CFU/ 100 mL) SOCODIS	(1400, 1600) ⁱ	SI
43	Johor <i>et al.</i> (2017)	Malásia	Filtration of Rainwater Harvesting System in Rural	Journal of Engineering Science and Technology	Piloto	Filtração	Filtração por geotêxteis	SI	SI	SI

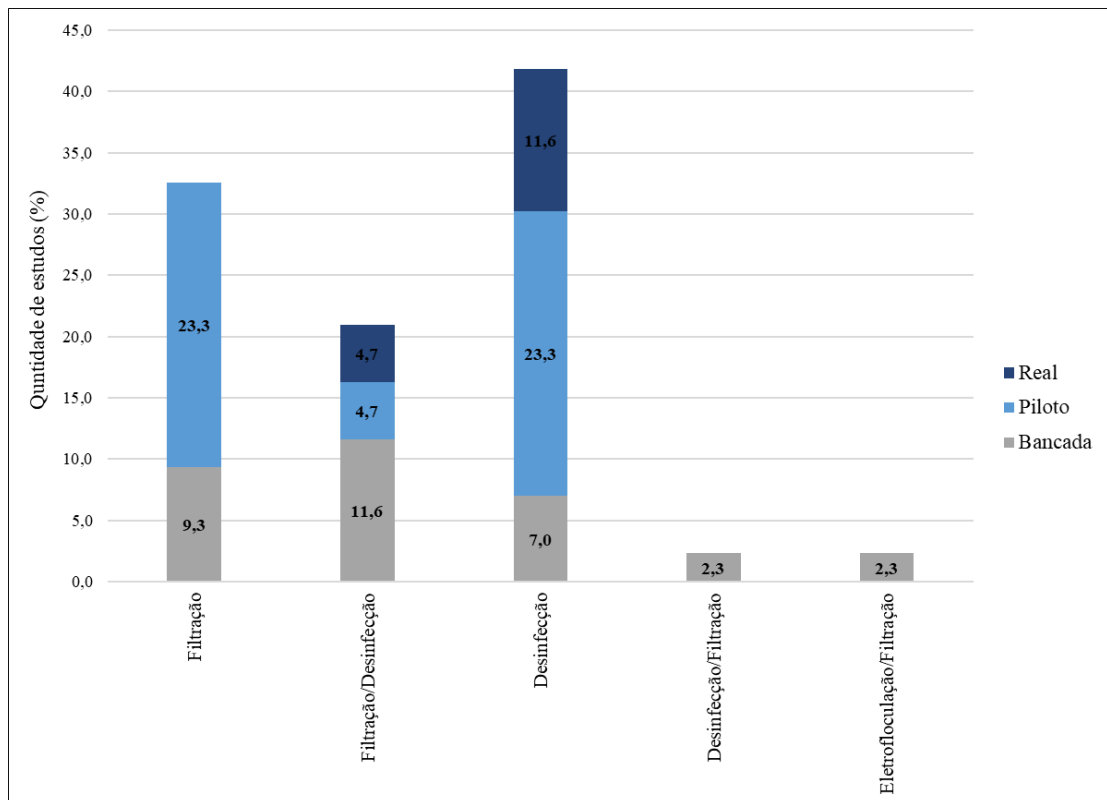
Fonte: Autora (2024).

Legenda: CT - Coliformes totais; EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; CF- Coliformes fecais; BDL - Abaixo do limite de detecção; PP1 - Planta piloto 1 em 90 dias de operação; PP2 - Planta piloto 2 em 90 dias de operação; i - Intervalo, indicando que a concentração inicial está entre esses valores; BDL - Abaixo do limite de detecção; SI - Sem informação.

Na Figura 14 são apresentados os processos de tratamento de água e as escalas dos estudos da revisão sistemática. Nota-se o predomínio dos estudos pilotos com 22 no total, indicando a escala mais explorada em termos de desenvolvimento de processos de tratamento de água. Em seguida, 14 estudos de bancada e 7 na escala real.

Além disso, o tratamento apenas por desinfecção foi superior às outras tecnologias de tratamentos, com 18 estudos no total, logo depois o tratamento apenas por filtração com 14. Já o tratamento usando a filtração mais a desinfecção, resultou em 9 estudos, mostrando também sua relevância, embora menor em comparação à desinfecção.

Figura 14 - Distribuição de estudos da revisão sistemática por processos de tratamento de água e escala experimental



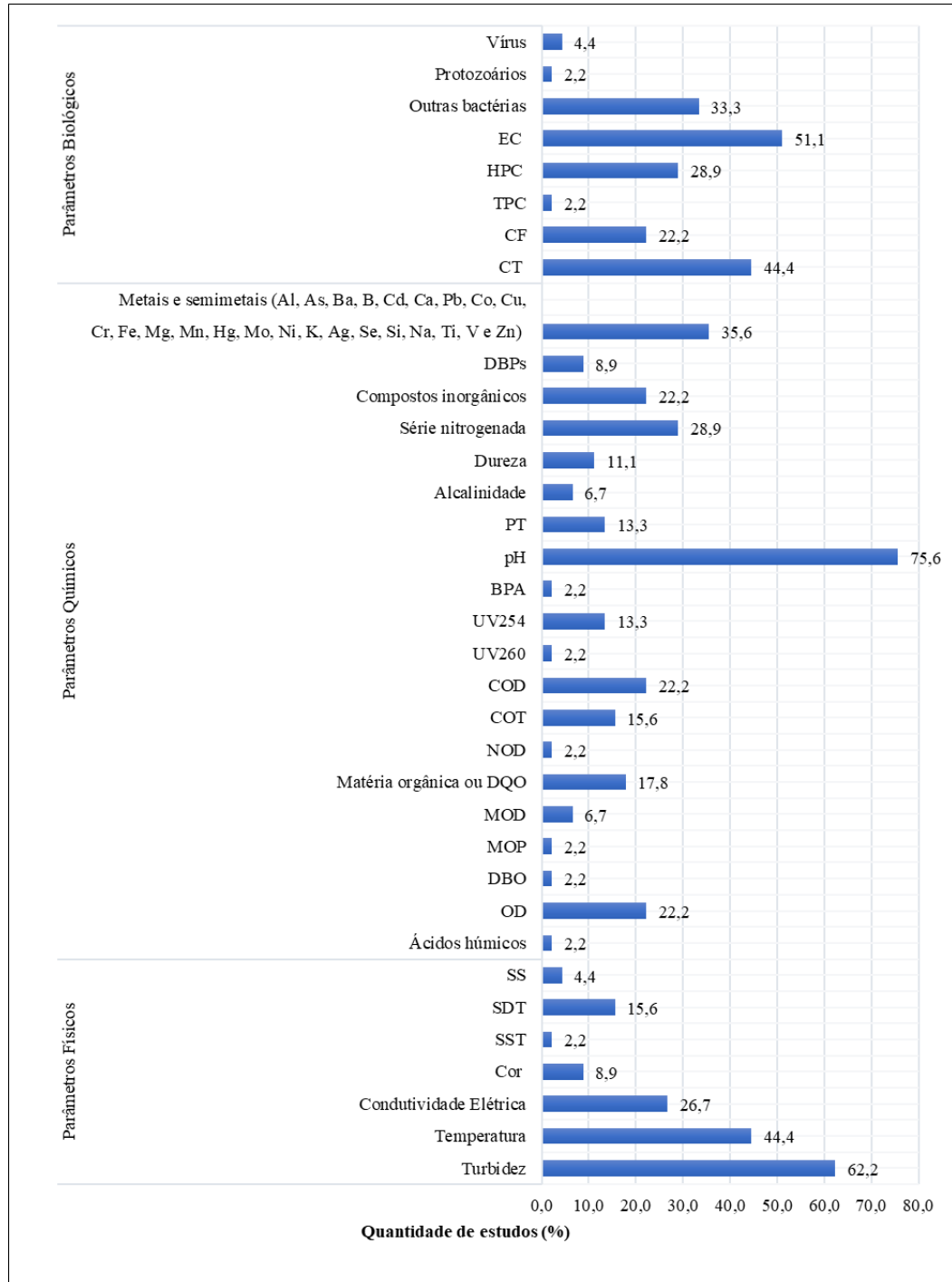
Fonte: Autora (2024).

Pode-se observar, de modo geral, que as técnicas apresentadas pelos estudos, ainda precisam ser mais exploradas, especialmente as combinações de técnicas, como filtração com desinfecção ou vice-versa, porque podem melhorar a eficiência de tratamento de água. Além disso, essas investigações poderiam focar na otimização e inovação dos processos de tratamento de água, visando superar os desafios encontrados na aplicação em escala real, uma

vez que se obteve o menor número de estudos, e que possam ser concretizadas de forma eficaz em diferentes realidades, principalmente em locais com escassez hídrica.

Na Figura 15 são apresentados os parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos estudos. Assim, diversos parâmetros físicos, químicos, e biológicos foram avaliados. A maior parte dos parâmetros listados está relacionada à composição química da água como DBO, COD e metais pesados. Isso mostra uma preocupação significativa com a presença de contaminantes químicos e compostos orgânicos, que são críticos para determinar a segurança e a potabilidade da água. Quanto aos parâmetros biológicos, como EC, CT, CF e outras bactérias e vírus, mostram que há uma forte ênfase na avaliação da contaminação microbiológica, uma vez que a presença de organismos patogênicos na água de chuva pode representar riscos à saúde. Em relação aos parâmetros físicos como a turbidez, condutividade elétrica e outros são importantes para a caracterização inicial da qualidade da água. A turbidez, por exemplo, pode indicar a presença de partículas em suspensão que podem abrigar contaminantes químicos ou biológicos (DOURADO *et al.*, 2018; VON SPERLING, 2014).

Figura 15 - Parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos estudos da revisão sistemática

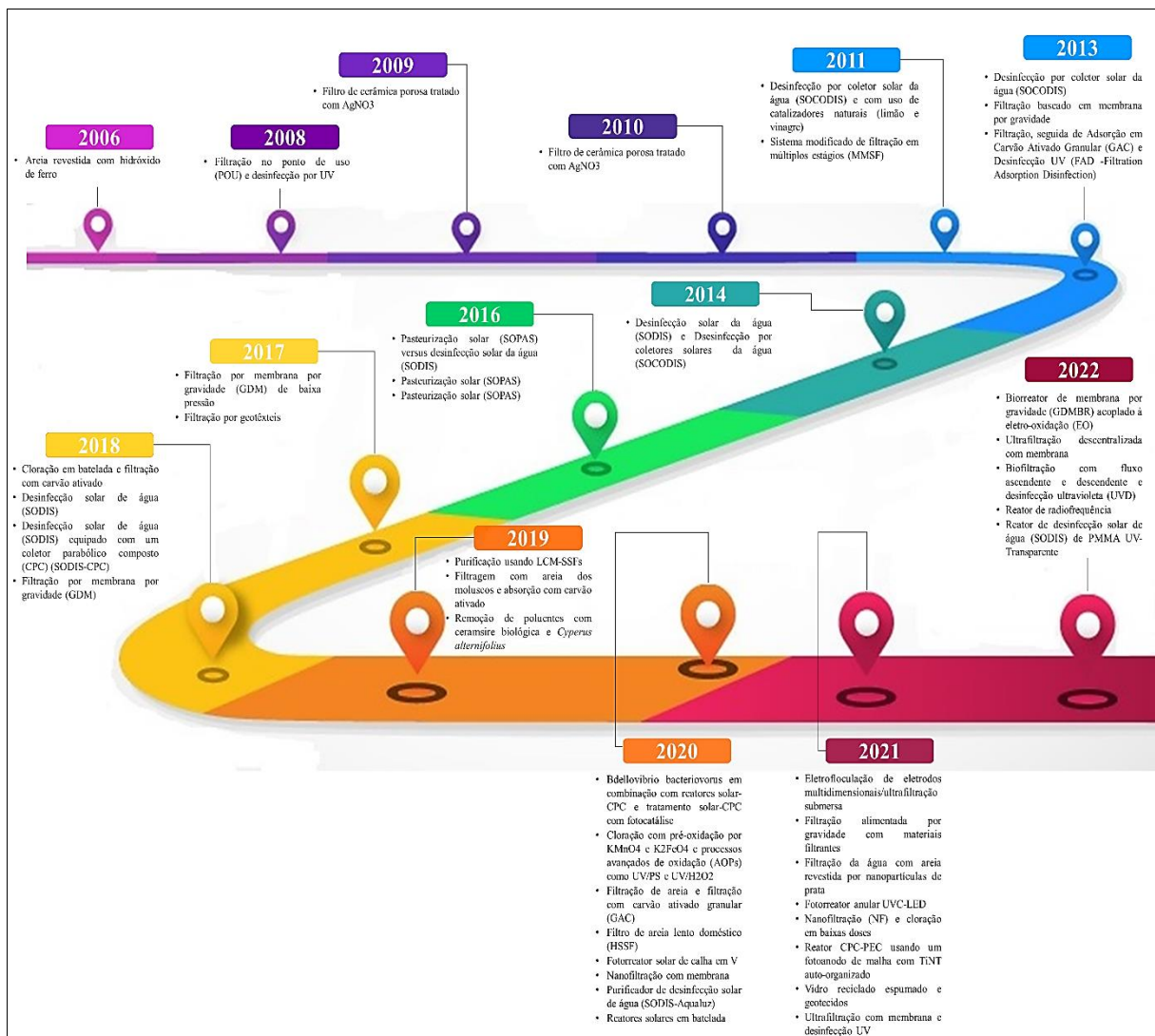


Fonte: Autora (2024).

Legenda: EC - *Escherichia coli*; HPC - Contagens de placas heterotróficas; TPC - Contagem total de placas; CF - Coliformes fecais; CT - Coliformes totais; DBPs - Subprodutos de desinfecção; PT - Fósforo Total; BPA - Bisfenol A; UV₂₅₄ - Absorbância ultravioleta a 254 nm, determina a quantidade de matéria orgânica; UV₂₆₀ - Absorbância ultravioleta a 260 nm; COD - Carbono orgânico dissolvido; COT - Carbono orgânico total; NOD - Nitrogênio orgânico dissolvido; DQO - Demanda Química de Oxigênio (em relação ao carbono orgânico total); MOD - Matéria orgânica dissolvida; MOP - Matéria orgânica particulada; DBO - Demanda bioquímica de oxigênio; OD - Oxigênio dissolvido; SS - Sólidos em suspensão; SDT - Sólidos dissolvidos totais; SST - Sólidos suspensos totais.

Na Figura 16, apresentam-se as tecnologias de tratamento de água de chuva descritas nos artigos analisados ao longo dos anos. Observa-se uma ampla variedade de tecnologias empregadas e maior concentração nos últimos 5 anos, mostrando aumento no interesse e desenvolvimento de métodos para tratar água de chuva. Além das tecnologias individuais, como filtração por membrana e nanofiltração, os artigos mostram o uso de combinações de tecnologias para aprimorar a eficiência do tratamento. Neste sentido, exemplifica-se a filtração com areia e filtração com carvão ativado granular, e ultrafiltração com membrana e desinfecção UV que são utilizados para melhorar a remoção de poluentes e garantir a segurança microbiológica da água.

Figura 16 - Tecnologias para tratamento de água de chuva ao longo do tempo



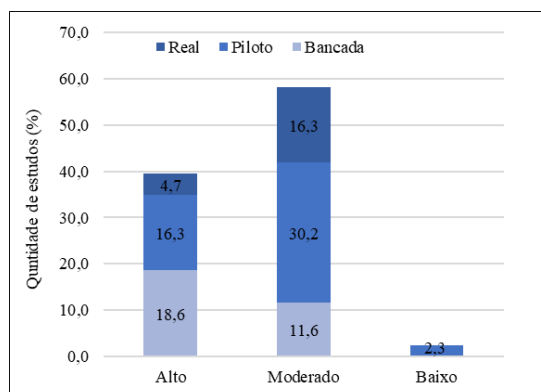
Fonte: Autora (2024).

5.2.3 Avaliação da qualidade metodológica dos estudos

Nesta etapa, são apresentadas (Quadro 10) as avaliações da qualidade dos estudos selecionados para revisão sistemática. A avaliação da qualidade metodológica dos estudos é importante para validar as informações do mesmo. Assim, com a adaptação, foi possível analisar de forma mais crítica cada estudo incluído nesta revisão. Além disso, devido à abrangência da análise e à imparcialidade na avaliação dos estudos, esta metodologia pode ser aplicável a outras revisões de literatura na área de engenharia, como tratamento de água superficial, tratamento de águas residuárias, entre outros. Na Figura 17 é apresentada a distribuição dos artigos conforme a quantidade de estudos classificados por qualidade metodológica (baixo, moderado, alto) e escala experimental (bancada, piloto, real). No geral, a maioria dos estudos se concentra na faixa de qualidade moderada e há uma ausência de estudos de qualidade baixa em todas as categorias, exceto por um único estudo na escala piloto.

A Figura 17 também sugere que, enquanto há um número significativo de estudos com qualidade metodológica alta nas categorias bancada e piloto, a qualidade dos estudos na aplicação prática, ou seja, escala real, foi moderada para maioria dos estudos. Através das análises críticas dos artigos foi possível notar que a maioria dos estudos de qualidade alta estavam tanto nas escalas bancada quanto nas escala piloto, isso devido ao alto controle dos estudos pelos pesquisadores e também pelo nível de detalhes das pesquisas, já que essas pesquisas se concentravam em grandes universidades. Nos estudos de escala real, o controle era menor, uma vez que o local do experimento era nas residências dos participantes.

Figura 17 - Distribuição de estudos da revisão sistemática por qualidade metodológica e escala experimental



Fonte: Autora (2024).

Quadro 10 - Resultados da avaliação de qualidade dos estudos

Estudos	Os critérios para inclusão/exclusão foram claramente definidos?	O processo de tratamento da água e o ambiente foram descritos em detalhes?	Foram utilizados critérios objetivos e padrão para medir a qualidade da água tratada?	Foram identificados fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Foram mencionadas estratégias para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Os resultados do tratamento foram medidos de maneira válida e confiável?	Foi utilizada análise estatística apropriada?	Pontuação total de 7	Classificação
Jordan <i>et al.</i> (2008)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	6,0	Alto
Garrido <i>et al.</i> (2011)	Pouco claro	Sim	Sim	Pouco claro	Não	Pouco claro	Pouco claro	4,0	Moderado
Sabogal-Paz <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Sim	6,0	Alto
Yu <i>et al.</i> (2021)	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	3,5	Moderado
Keithley <i>et al.</i> (2018)	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	6,0	Alto
Du <i>et al.</i> (2022)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	6,0	Alto
Hazmi <i>et al.</i> (2022)	Sim	Sim	Não	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Sim	4,5	Moderado
Ding <i>et al.</i> (2021)	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Sim	6,5	Alto
Baú <i>et al.</i> (2022)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	6,0	Alto
Strauss <i>et al.</i> (2016)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	6,0	Alto
Amin e Han (2009)	Pouco claro	Sim	Não	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	4,5	Moderado
Amin <i>et al.</i> (2016)	Pouco claro	Sim	Não	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	5,0	Moderado
He <i>et al.</i> (2020)	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	5,5	Moderado
Chai <i>et al.</i> (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	6,5	Alto
Kus <i>et al.</i> (2013)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	6,5	Alto

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Quadro 10 - Resultados da avaliação de qualidade dos estudos

(continuação)

Estudos	Os critérios para inclusão/exclusão foram claramente definidos?	O processo de tratamento da água e o ambiente foram descritos em detalhes?	Foram utilizados critérios objetivos e padrão para medir a qualidade da água tratada?	Foram identificados fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Foram mencionadas estratégias para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Os resultados do tratamento foram medidos de maneira válida e confiável?	Foi utilizada análise estatística apropriada?	Pontuação total de 7	Classificação
Alim <i>et al.</i> (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	6,5	Alto
Ahammed <i>et al.</i> (2006)	Pouco claro	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Pouco claro	5,0	Moderado
Reyneke <i>et al.</i> (2020)	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Sim	6,0	Alto
Nalwanga <i>et al.</i> (2018)	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	4,0	Moderado
Strauss <i>et al.</i> (2018)	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	6,5	Alto
Anoob e Meera (2021)	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Pouco claro	5,5	Moderado
Dobrowsky <i>et al.</i> (2016)	Pouco Claro	Pouco Claro	Não	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Pouco claro	3,5	Moderado
Sundar e Kanmani (2021)	Sim	Sim	Não	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	4,0	Moderado
Liu <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Pouco claro	Não	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	4,0	Moderado
Martínez-García <i>et al.</i> (2022)	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Sim	5,5	Moderado
Naddeo <i>et al.</i> (2013)	Pouco claro	Pouco claro	Não	Sim	Pouco claro	Sim	Pouco claro	4,0	Moderado
Imteaz <i>et al.</i> (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Pouco claro	Pouco claro	5,0	Moderado
Zheng <i>et al.</i> (2021)	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	6,0	Moderado
Ding <i>et al.</i> (2017)	Pouco claro	Pouco Claro	Pouco claro	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco Claro	5,0	Moderado
Amin <i>et al.</i> (2014)	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Sim	4,5	Moderado

Fonte: Autora (2024).

(continua)

Quadro 10 - Resultados da avaliação de qualidade dos estudos

(Conclusão)

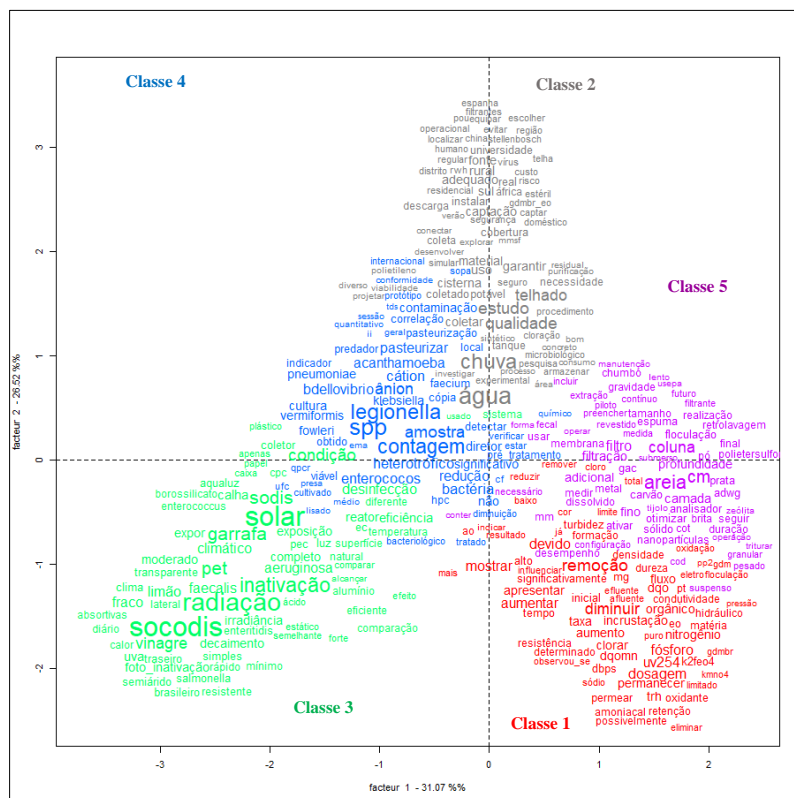
Estudos	Os critérios para inclusão/exclusão foram claramente definidos?	O processo de tratamento da água e o ambiente foram descritos em detalhes?	Foram utilizados critérios objetivos e padrão para medir a qualidade da água tratada?	Foram identificados fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Foram mencionadas estratégias para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento?	Os resultados do tratamento foram medidos de maneira válida e confiável?	Foi utilizada análise estatística apropriada?	Pontuação total de 7	Classificação
Martínez-García <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	5,0	Moderado
Khayan <i>et al.</i> (2019)	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Pouco Claro	6,0	Alto
Marszałek e Dudziak (2021)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco Claro	6,0	Alto
Waso <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	5,5	Moderado
Xiao <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Sim	Não	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	4,5	Moderado
Magalhães <i>et al.</i> (2020)	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	5,5	Moderado
Zhao <i>et al.</i> (2019)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	7,0	Alto
Brown e Sobsey (2010)	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	6,0	Alto
McMichael <i>et al.</i> (2021)	Sim	Sim	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Sim	6,5	Alto
Reyneke <i>et al.</i> (2018)	Pouco claro	Pouco claro	Sim	Sim	Sim	Pouco claro	Pouco claro	5,0	Moderado
Pineda <i>et al.</i> (2022)	Pouco claro	Pouco claro	Pouco Claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco claro	Pouco Claro	3,5	Moderado
Amin e Han (2011)	Sim	Sim	Pouco Claro	Pouco Claro	Pouco Claro	Pouco Claro	Pouco Claro	4,5	Moderado
Johor <i>et al.</i> (2017)	Pouco claro	Pouco claro	Pouco Claro	Não	Não	Não	Pouco claro	2,0	Baixo

Fonte: Autora (2024).

5.2.4 Resultados das sínteses dos artigos selecionados para revisão sistemática

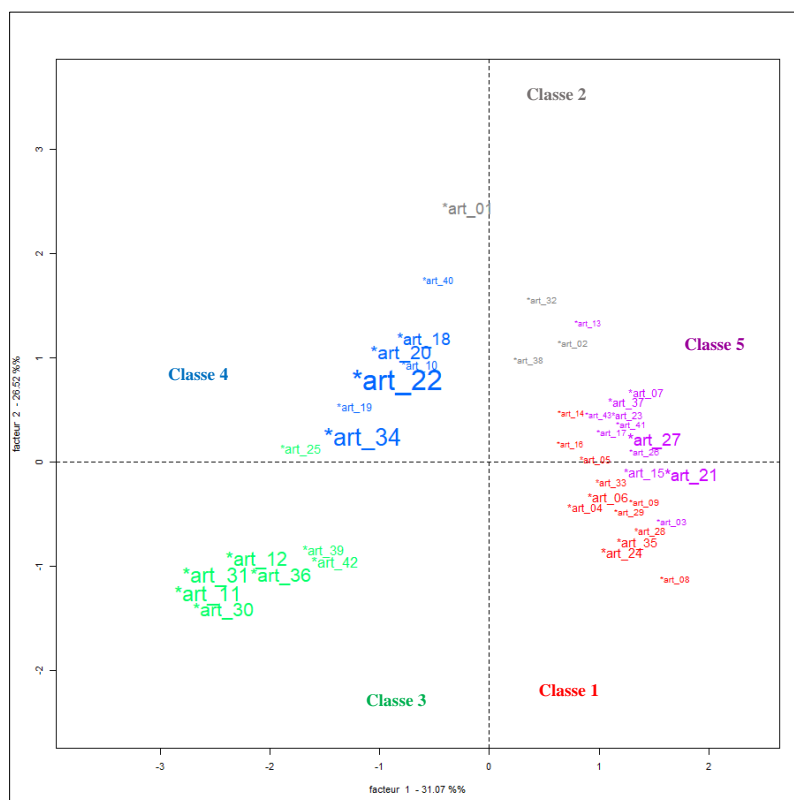
Na Figura 18 são apresentadas as palavras nas formas ativas (como adjetivos e advérbios) e suplementares (como artigos e pronomes). É importante mencionar que, para as análises do tipo CHD sejam eficazes na classificação de qualquer material textual, é necessário reter pelo menos 75% dos segmentos de texto (CAMARGO; JUSTO, 2018). No corpus textual desta pesquisa os seguimentos textuais foram de 89,16%. Na Figura 18, observa-se no fator 1 (eixo horizontal) uma contraposição entre as classes 3 (verde) e 4 (azul) do lado esquerdo e as classes 1 (vermelha) e 5 (roxa) do lado direito, sugerindo um contraste entre diferentes tecnologias de tratamento de água de chuva. Também há uma contraposição no fator 2 (vertical) entre as classes 4 e 5 na parte superior e as classes 3 e 1 na inferior. Já a classe 2 (cinza), apresentou características semelhantes com as classes 4 e 5. As principais temáticas para as classes 3, 4 e 2 foram solar, socodis, radiação, *legionella*, contagem, amostra, água e chuva. Já para as classes 1 e 5 as principais palavras foram remoção, dosagem e areia.

Figura 18 - Representação da AFC das palavras agrupadas em cada uma das 5 Classes formadas pelo *software* IRaMuTeQ



Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software* IRaMuTeQ (2024).

Figura 19 - AFC das sínteses agrupadas em cada uma das 5 Classes formadas pelo *software* IRaMuTeQ



Fonte: Elaborado pela autora a partir do *software* IRaMuTeQ (2024).

As palavras apresentadas nas Figura 18 pertencem as respectivas classes das sínteses dos artigos selecionados nesta revisão que são mostrados na Figura 19. Após análises do corpus textual, verificou-se que as classes 3 e 4 eram pesquisas que usavam, principalmente a radiação solar como desinfecção da água de chuva, já as classes 1, 2 e 5 empregavam, principalmente a filtração, utilizando materiais como areia, carvão ativado e membranas. Além disso, na classe 1, um total de 3 artigos faziam referência à cloração com parte do tratamento de água. Nesse sentido, para apresentação das sínteses, alguns ajustes foram necessários após esta análise inicial para garantir que os grupos formados fossem coerentes e representativos sobre as tecnologias identificadas. Esses ajustes foram essenciais para garantir que os grupos finais refletissem de forma precisa os temas principais das sínteses analisadas. Nesse sentido, as tecnologias de tratamento de água de chuva foram agrupadas em cinco grupos: Filtração (com 15 estudos), sistemas de filtração por membranas (com 7 estudos), desinfecção solar (com 15 estudos), cloração e oxidação (com 3 estudos) e outras tecnologias (com 3 estudos). Nas sínteses de cada artigo são apresentadas as suas principais informações,

inclusive o detalhamento experimental dos estudos de bancada, estudos pilotos e reais dos sistemas de tratamento de água de chuva. Além disso, é apresentada uma breve justificativa da classificação da qualidade metodológica dos estudos. Para maior clareza e visualização, devido ao número de estudos sintetizados, esses grupos foram apresentados em quadros e estão localizadas no Anexo B desta dissertação.

5.2.5 Discussão

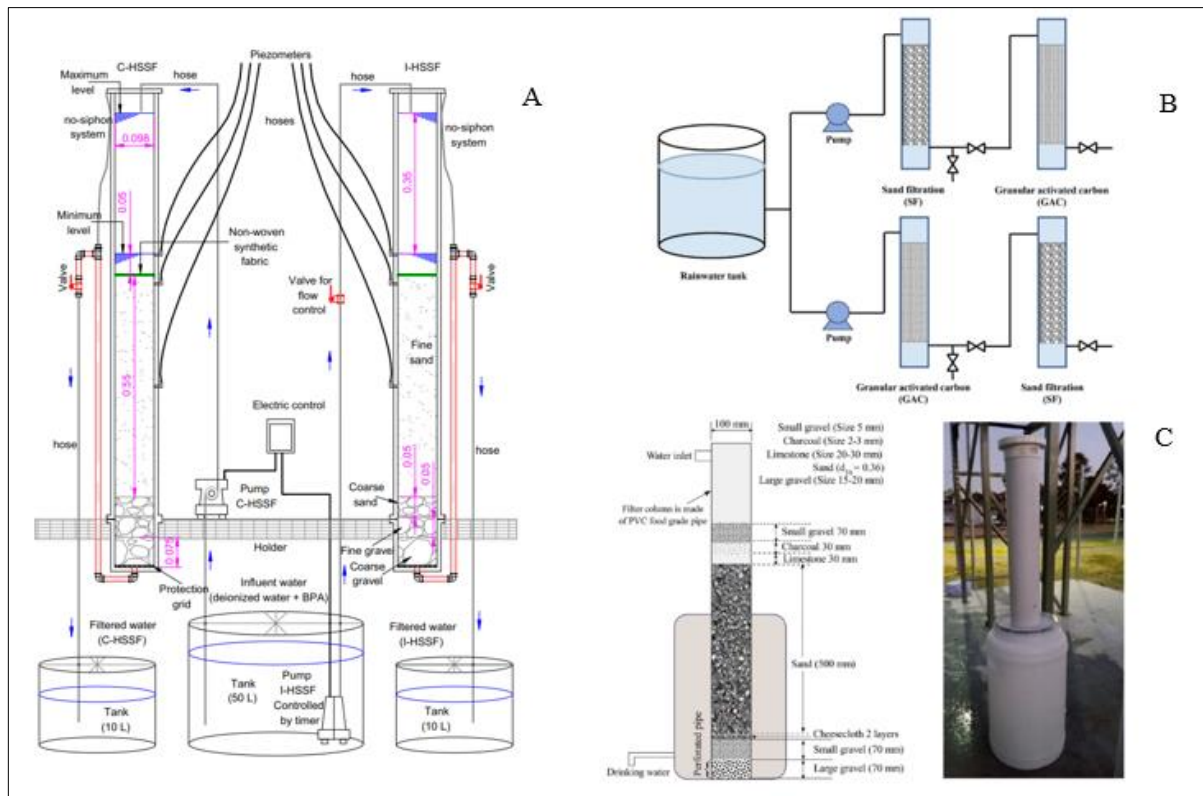
Os estudos usando principalmente a filtração como tratamento de água de chuva para consumo potável apresentados por Jordan *et al.* (2008), Garrido *et al.* (2011), Sabogal-Paz *et al.* (2020), He *et al.* (2020), Chai *et al.* (2019), Alim *et al.* (2021), Ahammed *et al.* (2006), Anoob e Meera (2021), Imteaz *et al.* (2021), Naddeo *et al.* (2013), Khayan *et al.* (2019), Zhao *et al.* (2019), Brown e Sobsey (2010), Pineda *et al.* (2022), e Johor *et al.* (2017) mostraram uma variedade de abordagens e combinações de tecnologias para deixar a água de chuva segura para consumo humano para diferentes contextos e regiões.

He *et al.* (2020) (Figura 21B) e Naddeo *et al.* (2013) (Figura 20C) demonstraram que a filtração combinada com carvão ativado granular (GAC) é altamente eficaz na remoção de matéria orgânica e precursores de DBPs. O GAC é especialmente eficiente na remoção de compostos orgânicos de alta reatividade, reduzindo também a formação de subprodutos de desinfecção (DBPs) (KENNEDY *et al.*, 2015; LING *et al.*, 2019). Uma das melhores tecnologias disponíveis recomendadas pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) para o controle de DBPs é a adsorção de precursores por carvão ativado granular (KIM; KANG, 2008).

Na pesquisa de Jordan *et al.* (2008) (Figura 20A) e Naddeo *et al.* (2013) foi destacada a eficácia da desinfecção UV na eliminação de contaminantes microbiológicos, como coliformes totais e EC. Isso também foi confirmado em outros estudos que usaram esse tipo de tratamentos para desinfecção da água (SONG; TAGHIPOUR, 2016; WISBECK *et al.*, 2011).

observaram que a filtração por areia tem sido utilizada com êxito na purificação de diversas fontes de água, como, águas superficiais, águas subterrâneas e águas pluviais (ANDREOLI; SABOGAL-PAZ, 2020; FREITAS; TERIN; SABOGAL-PAZ, 2023; MOREIRA NETO *et al.*, 2012). Além disso, o GAC vem sendo combinado com areia em diversas tecnologias de filtração (PAREDES *et al.*, 2016; ZIPF; PINHEIRO; CONEGERO, 2016).

Figura 21 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração



Fonte: Adaptado de Sabogal-Paz *et al.* (2020) (A); He *et al.* (2020) (B); Alim *et al.* (2021).

Legenda: (A) Seção transversal dos filtros de areia horizontal de fluxo subsuperficial (HSSFs) em escala piloto; (B) Diagrama esquemático do sistema combinado SF/GAC em escala de laboratório; (C) Esquema da unidade de filtração desenvolvida (esquerda) e foto da unidade (direita).

As pesquisas de Khayan *et al.* (2019) (Figura 22B) e Zhao *et al.* (2019) (Figura 22C) enfatizaram a importância de escolher materiais filtrantes adequados e de baixo custo. Essa percepção também foi usada em outros estudos que usaram diversos filtros de múltiplas camadas (FRANÇA; SILVA, 2022; SILVEIRA *et al.*, 2019; SOSTHENE; GAHI, 2018).

Os estudos de Garrido *et al.* (2011) e Khayan *et al.* (2019) indicam alta eficiência em contextos específicos das tecnologias usadas em suas pesquisas, mas a implementação em larga escala pode necessitar de ajustes e otimizações adicionais, como sugerido pelos

resultados de Zhao *et al.* (2019). As pesquisas de Garrido *et al.* (2011), Khayan *et al.* (2019), Sabogal-Paz *et al.* (2020) e Zhao *et al.* (2019) reconhecem a necessidade de mais pesquisa para melhorar os sistemas de filtração, seja para entender melhor as interações bacterianas (ZHAO *et al.*, 2019) ou para integrar processos complementares (SABOGAL-PAZ *et al.*, 2020).

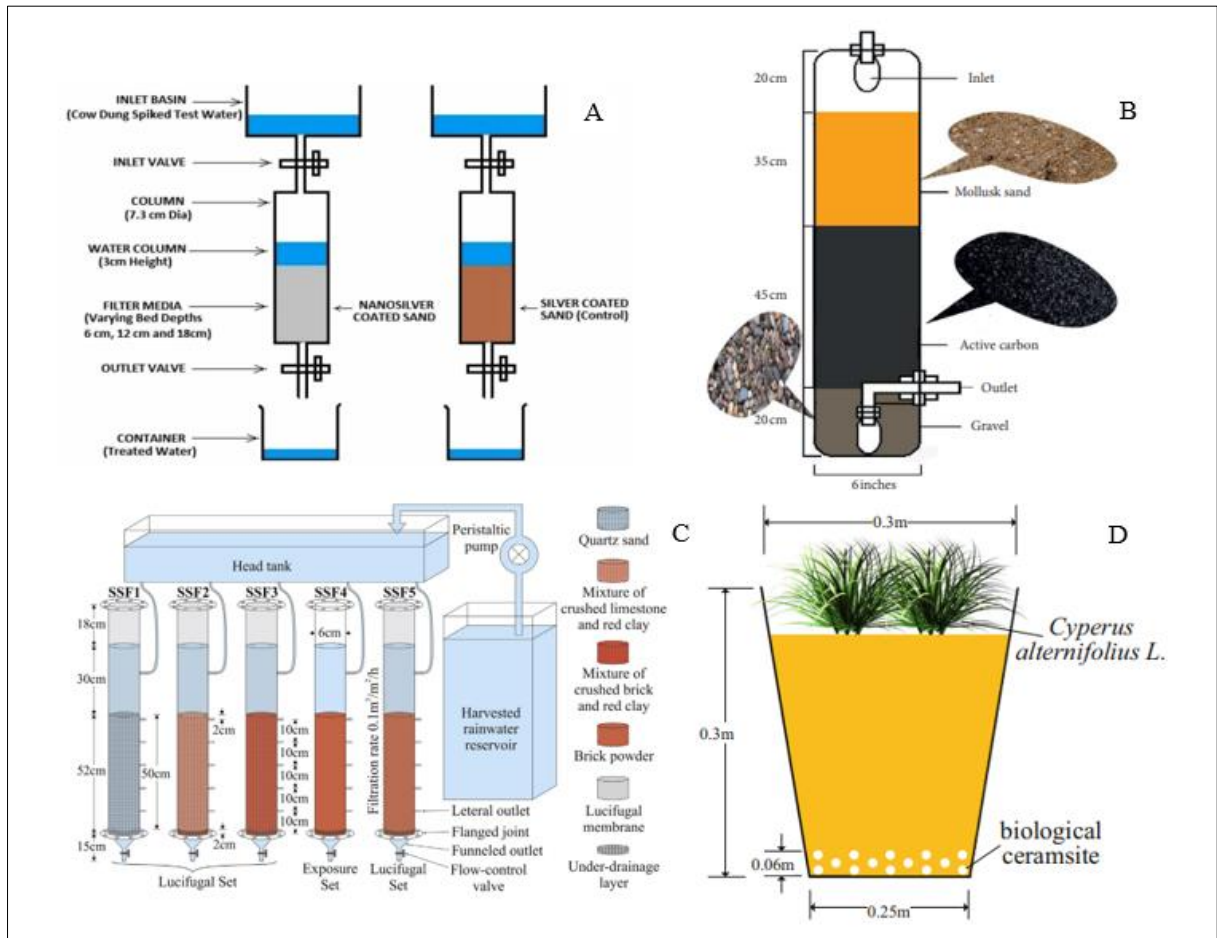
O estudo de Ahammed e Meera (2006) avaliou o uso de areia revestida com hidróxido de ferro. Já, Anoob e Meera (2021) (Figura 22A) investigam a utilização de areia revestida com nanopartículas de prata, sintetizadas biologicamente com extrato de frutos de mamão. A abordagem de Anoob e Meera (2021) com nanoprata oferece alta eficiência com menor material de filtro, entretanto é importante mais estudos para que o revestimento alcance quantidades aumentadas de nanopartículas de prata e sua aplicabilidade seja também em larga escala, especialmente em áreas de baixa renda.

Ademais, os estudos Sabogal-Paz *et al.* (2020) e Ahammed e Meera (2006) mencionam a necessidade de mais pesquisas para otimizar o crescimento microbiano em biofilmes, uma vez que embora beneficie a eficiência, implica na necessidade de manutenção regular para evitar obstruções. É importante mencionar que no processo de filtração lenta por areia, uma camada de biofilme, com vários milímetros de espessura, se forma na superfície de uma camada de areia fina, conhecida como *schmutzdecke* (camada de sujeira) (YILDIZ, 2018). Então, essa preocupação também foi abordada em outros estudos que analisaram o crescimento da camada de *schmutzdecke*. Embora o biofilme formado nos filtros lentos de areia seja considerado uma barreira essencial contra patógenos e outros contaminantes, o crescimento excessivo de biomassa nessa camada aumenta a perda de carga no filtro (ANDREOLI; SABOGAL-PAZ, 2020; LAMON *et al.*, 2022). Portanto, é importante realizar a manutenção regularmente para limpar os sistemas e regenerar a camada de biofilme, embora isso resulte em uma redução temporária na eficiência do filtro, pois é necessário que o biofilme se forme novamente (EMSLIE *et al.*, 2022; LAMON *et al.*, 2022).

A pesquisa de Chai *et al.* (2019) (Figura 22D) avaliou a eficácia da combinação de ceramsite biológica e *Cyperus alternifolius* na remoção de contaminantes, mas observam a influência negativa de poluentes externos. Já Pineda *et al.* (2022) (Figura 23C) destacam a eficácia plantas-piloto para o tratamento de água de chuva na remoção de metais e microorganismos, apontando a simplicidade de operação e manutenção como uma vantagem significativa para

implementação em áreas rurais. Ambos os estudos destacam a importância de utilizar materiais filtrantes eficazes e estratégias de biofiltração para melhorar a qualidade da água da chuva.

Figura 22 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração



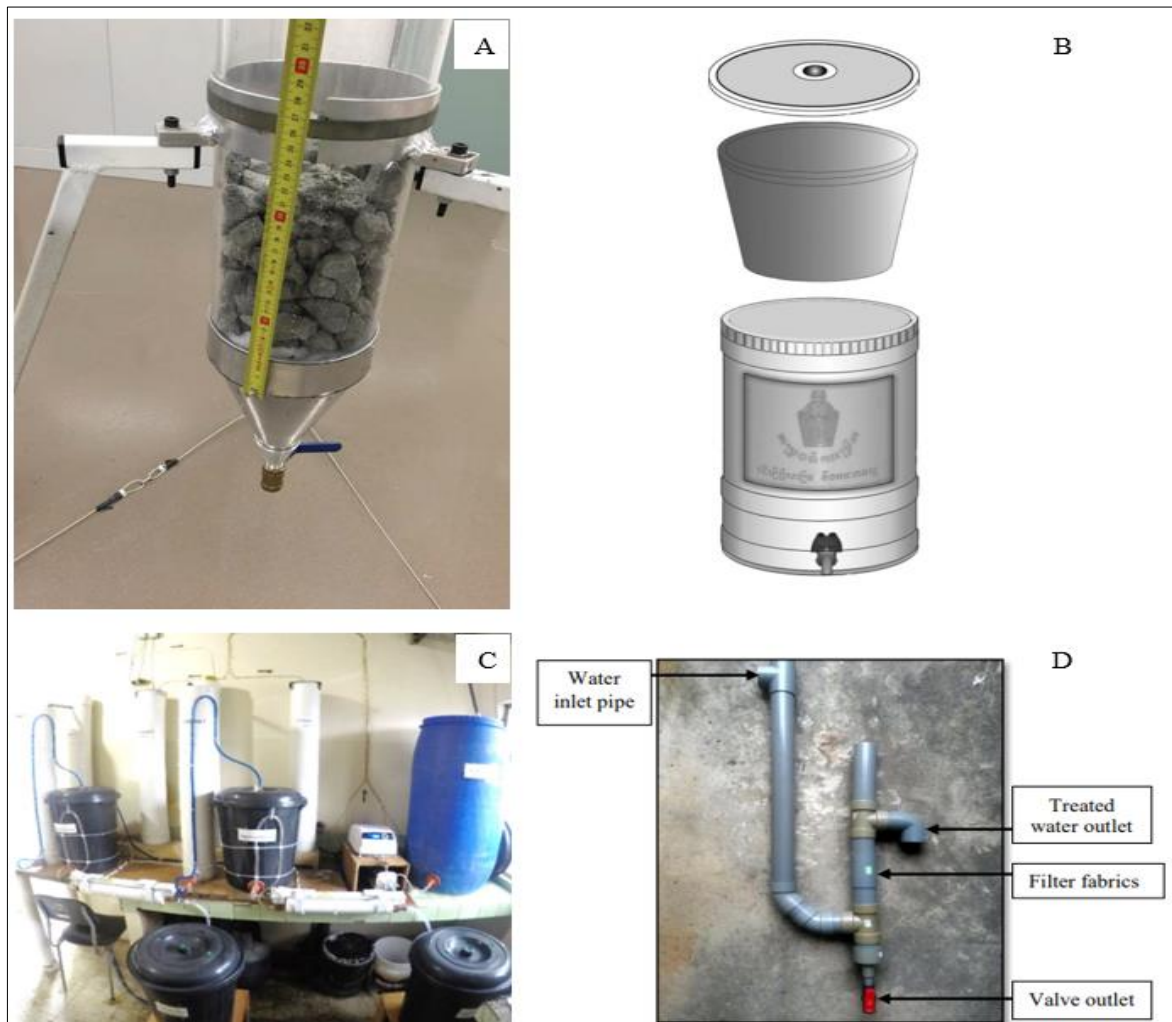
Fonte: Adaptado de Anoob e Meera (2021) (A); Khayan *et al.* (2019) (B); Zhao *et al.* (2019) (C); Chai *et al.* (2019).

Legenda: (A) Esquema dos testes de coluna de longa duração com areia revestida com nanoprata e areia revestida com prata (controle); (B) Dispositivo de filtração com areia de molusco e carvão ativado; (C) Diagrama esquemático do sistema experimental de filtros lentos de areia com materiais de baixo custo, o SSF1 foi preenchido com areias de quartzo, um SSF tradicional, o SSF2 foi preenchido com uma mistura de calcário e argila vermelha, o SSF3 foi preenchido com uma mistura de tijolo triturado e argila vermelha e SSF4 e SSF5 foram preenchidos com pó de tijolo, com SSF4 como conjunto de exposição e os outros como conjuntos de lucifúngicos; (D) Diagrama esquemático de barril com ceramsite biológica com a plantas *Cyperus alternifolius*.

Já a pesquisa de Imteaz *et al.* (2021) (Figura 23A) focou na eficácia de vidro reciclado espumado e geotêxteis para remoção de poluentes. Eles observaram que a filtração através de colunas de espuma de vidro de 30 cm de profundidade reduziu significativamente os níveis de zinco, fósforo total, DQO e coliformes fecais. No estudo de Johor *et al.* (2017) (Figura 23D)

foi explorado o uso de filtros de tecidos para melhorar a qualidade da água da chuva em áreas rurais. Os resultados mostraram que a filtração com geotêxteis não tecidos foi eficaz na remoção de alguns contaminantes, inclusive de larvas de mosquitos. Além disso, o estudo de Imteaz *et al.* (2021) recomendou futuros estudos sobre o comportamento de entupimento e a eficiência da retrolavagem dos filtros de espuma de vidro, enquanto Johor *et al.* (2017) sugerem a investigação de outros materiais filtrantes e a avaliação de sistemas de coleta em escala real.

Figura 23 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração



Fonte: Adaptado de Imteaz *et al.* (2021) (A); Brown e Sobsey (2010) (B); Pineda *et al.* (2022) (C); Johor *et al.* (2017) (D).

Legenda: (A) Configuração do aparelho com amostra de espuma de vidro; (B) Esquema do purificador de água cerâmico; (C) Planta piloto para purificação de águas pluviais em nível unifamiliar no setor rural, com capacidade de purificação de 50 L/dia; (D) Esquema da filtração da água com geotêxteis não tecidos.

A pesquisa de Brown e Sobsey (2010) avaliou dois tipos de filtros cerâmicos porosos, tratados e não tratados com nitrato de prata (AgNO_3), em termos de sua eficácia na remoção de patógenos bacterianos e virais. Embora os resultados tenham mostrado que os filtros foram eficazes a eficiência dos filtros diminuiu ao longo do tempo, possivelmente devido à formação de caminhos de fluxo preferenciais. Em outros estudos, os filtros cerâmicos porosos também mostraram eficazes na remoção de contaminantes como bactérias, entretanto os vírus não foram totalmente removidos, por serem muitos menores que o tamanho dos poros (BULTA; MICHEAL, 2019; NIGAY *et al.*, 2020).

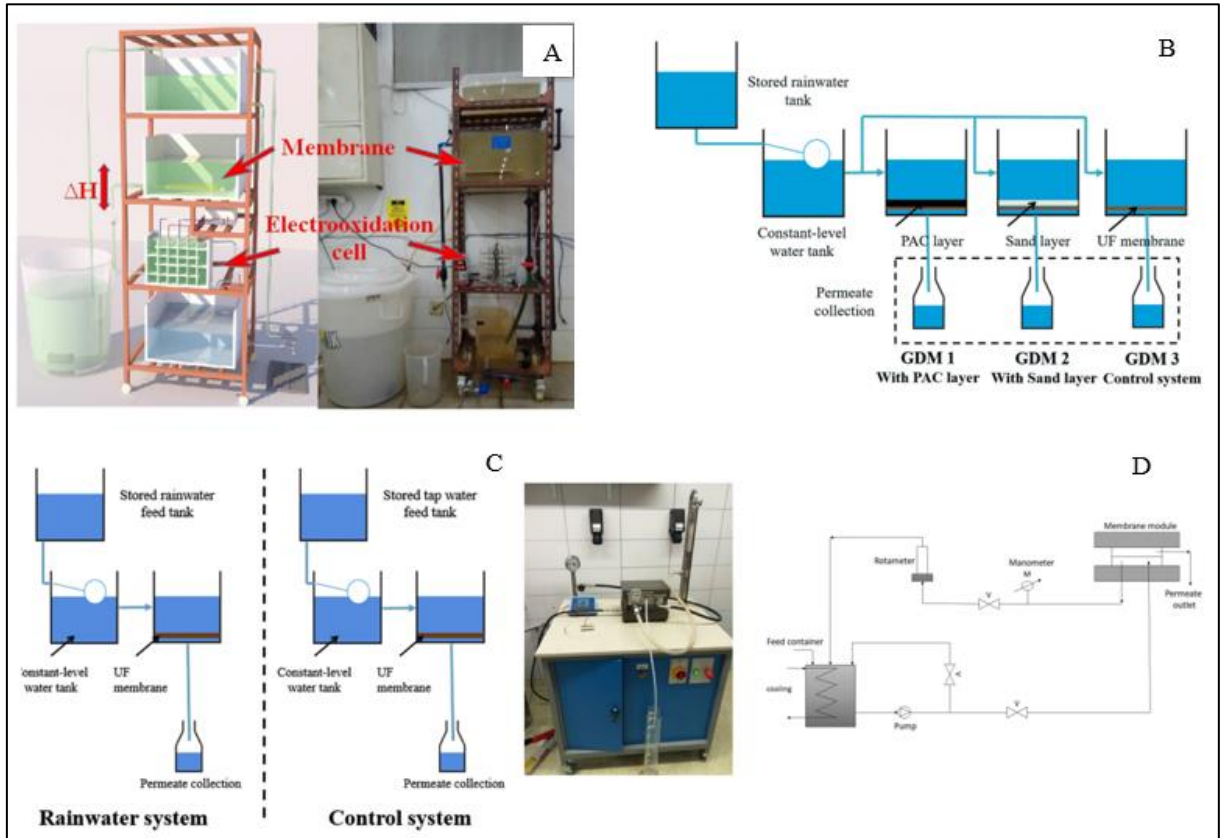
Os estudos de Du *et al.* (2022), Ding *et al.* (2018), Ding *et al.* (2017), Marszałek e Dudziak (2021), Baú *et al.* (2022), Kus *et al.* (2013) e Xiao *et al.* (2020) abordam tecnologias de filtração por membranas. Na pesquisa de Du *et al.* (2022) (Figura 24A) foi desenvolvido um biorreator de membrana por gravidade acoplado à desinfecção por oxidação eletroquímica (GDMBR-EO) para tratar águas pluviais. Ding *et al.* (2018) (Figura 24B) investigaram a adição de uma camada de carvão ativado em pó (CAP) em um sistema de filtração por membrana por gravidade (GDM). Em outro estudo, Ding *et al.* (2017) (Figura 24C) avaliaram um sistema GDM para tratamento de água de chuva armazenada, destacando a alta eficiência na remoção de turbidez e bactérias da água de chuva. Na pesquisa de Marszałek e Dudziak (2021) (Figura 24D) verificaram a influência de poluentes de diversas coberturas sobre o processo de ultrafiltração e a eficácia da desinfecção por radiação UV.

O estudo de Baú *et al.* (2022) (Figura 25A) explorou a utilização de energia fotovoltaica para viabilizar economicamente o tratamento de águas pluviais através da ultrafiltração (UF) de longa duração seguida de cloração, com o objetivo de produzir água potável. Já o estudo de Kus *et al.* (2013) (Figura 25B) investigou um sistema piloto de tratamento de água de chuva composto por um filtro de GAC alimentado por um filtro de membrana. Enquanto a pesquisa de Xiao *et al.* (2020) (Figura 25C) avaliou a eficiência da nanofiltração (NF) no tratamento de água da chuva, utilizando um módulo de membrana espiral.

Os estudos de Ding *et al.* (2018) e Marszałek e Dudziak (2021) compartilham a preocupação com a bioincrustação, um desafio comum nos sistemas de membranas. Ambos os estudos sugerem que a densidade e porosidade da camada de bioincrustação influenciam diretamente o desempenho do fluxo de permeado. Nesse contexto, desenvolver estratégias mais eficazes para controlar a bioincrustação exige uma compreensão mais profunda da adesão e da

formação de biofilmes nas superfícies das membranas, por exemplo, a bioincrustação de membranas que tratam águas residuais resulta de processos físico-químicos e biológicos complexos (MIURA; WATANABE; OKABE, 2007).

Figura 24 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração por membranas



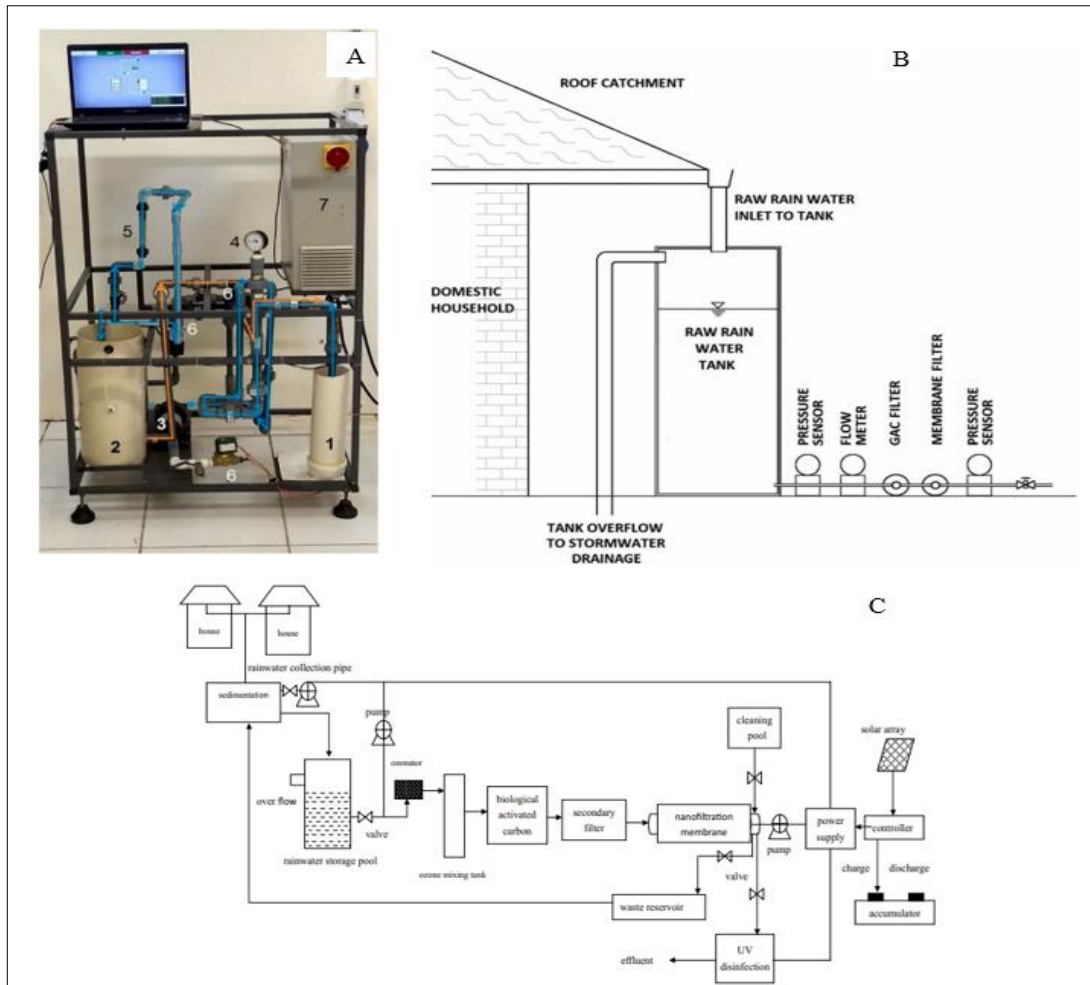
Fonte: Adaptado de Du *et al.* (2022) (A); Ding *et al.* (2018) (B); Ding *et al.* (2017) (C); Marszałek e Dudziak (2021) (D).

Legenda: (A) O esquema da configuração experimental e o diagrama do modelo do tanque de eletrooxidação; (B) Configuração experimental do processo GDM; (C) Configuração experimental para a reciclagem de águas pluviais; (D) Diagrama esquemático da configuração da filtração de fluxo cruzado.

Os estudos de Baú *et al.* (2022), Xiao *et al.* (2020) e Kus *et al.* (2013) enfatizam a necessidade de manutenção regular como retrolavagem das membranas para remoção de incrustações orgânicas e a utilização de diferentes materiais filtrantes. Além disso, outras tecnologias como aplicação pré-tratamento para o sistema que usam membranas, adição de transportadores esféricos porosos, podem fornecer uma estratégia eficaz para aliviar a bioincrustação (FENG *et al.*, 2022; XIAO *et al.*, 2021). A preocupação com a estabilidade do fluxo de permeado é um tema recorrente nos estudos, tanto que Ding *et al.* (2017) e Du *et al.*

(2022) enfatizaram a importância da manutenção e otimização dos parâmetros operacionais para prolongar a eficiência do sistema.

Figura 25 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a filtração por membranas



Fonte: Adaptado de Baú *et al.* (2022) (A); Kus *et al.* (2013) (B); Xiao *et al.* (2020) (C).

Legenda: (A) Sistema de ultrafiltração de águas pluviais, 1: reservatório da membrana UF submersa, 2: reservatório de permeado, 3: bomba, 4: manômetro, 5: rotâmetro, 6: válvula solenóide, 7: painel de controle, linha Azul: Filtração e linha laranja: retrolavagem; (B) Diagrama esquemático do sistema doméstico de coleta de água da chuva com um sistema de filtro baseado em membrana acionado por gravidade em escala piloto; (C) Diagrama esquemático do equipamento experimental.

A nanofiltração, na pesquisa de Xiao *et al.* (2020), demonstrou alta eficiência na remoção de contaminantes específicos sob diferentes condições operacionais, já o estudo de Kus *et al.* (2013) destacou a importância do pré-tratamento com GAC para prolongar a vida útil da membrana de filtração. Já, Du *et al.* (2022) e Ding *et al.* (2017) destacam a importância da desinfecção adicional para garantir a qualidade microbiológica da água tratada. A produção de

oxidantes no GDMBR-EO no estudo Du *et al.* (2022) e a radiação UV no estudo de Marszałek e Dudziak (2021) são abordagens distintas, mas ambas visam melhorar a eficácia da desinfecção. Com relação a remoção de compostos orgânicos, Ding *et al.* (2018) mostram que o CAP é mais eficaz do que a areia, já Marszałek e Dudziak (2021) destacam que a ultrafiltração enfrenta limitações nesse aspecto, necessitando de processos adicionais para atingir resultados satisfatórios.

Os estudos de Strauss *et al.* (2016), Amin e Han (2009), Amin *et al.* (2013), Reyneke *et al.* (2020), Nalwanga *et al.* (2018), Strauss *et al.* (2018), Dobrowsky *et al.* (2016), Martínez-García *et al.* (2022), Amin *et al.* (2014), Martínez-García *et al.* (2020), Waso *et al.* (2020), Magalhães *et al.* (2022), McMichael *et al.* (2021), Reyneke *et al.* (2018) e Amin e Han (2011) discutiram sobre tecnologias de desinfecção usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias. As principais tecnologias são pasteurização solar (SOPAS), desinfecção solar (SODIS), e desinfecção por coletor solar (SOCODIS). A escolha do sistema de tratamento depende das necessidades locais, por exemplo, o sistema SOPAS é mais adequado para volumes maiores e SODIS para situações que exigem simplicidade e economia.

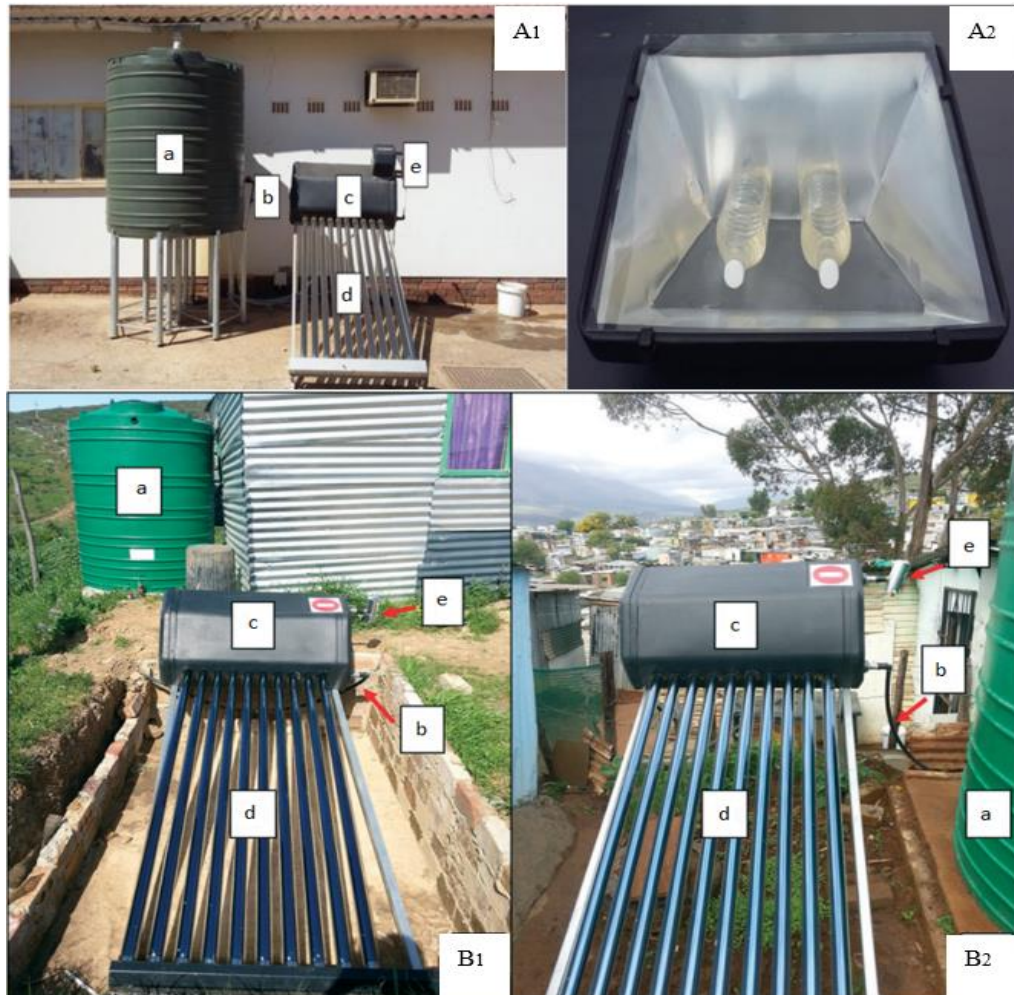
O sistema SOPAS é uma tecnologia que envolve o aquecimento de uma fonte de água até uma temperatura que seja suficiente para reduzir a presença de microrganismos contaminantes (REYNEKE *et al.*, 2023). Os sistemas de pasteurização solar mencionados na literatura são basicamente de dois tipos: sistemas que utilizam coletores não concentradores e aqueles que utilizam coletores concentradores (CHAÚQUE; BRANDÃO; ROTT, 2022). Assim, o processo de desinfecção acontece de diferentes maneiras: por batelada, em lotes sequenciais ou em fluxo contínuo, com ou sem recirculação da água (CHAÚQUE; BRANDÃO; ROTT, 2022). Embora as limitações dos sistemas de tratamento de água solar (eficiência reduzida em dias nublados e volume de água tratada) possam ser diminuídas por várias tecnologias, uma desvantagem significativa desses sistemas é a incapacidade de melhorar a qualidade química da água, isso também é uma limitação comum na maioria dos métodos de tratamento por filtração (REYNEKE *et al.*, 2023).

O sistema SODIS é uma tecnologia simples e já vem sendo implementada há vários anos. Basicamente a técnica consiste em colocar água em recipientes transparentes de plástico ou vidro (geralmente garrafas de bebidas PET de 2 L) que são expostas a luz solar (MCGUIGAN

et al., 2012). Para inativar os microrganismos é usado a combinação do aquecimento térmico da luz solar e da radiação ultravioleta (MCGUIGAN *et al.*, 2012). As principais vantagens deste método simples são seu “baixo custo”, a facilidade de uso por qualquer pessoa que possua uma garrafa transparente e a sua eficácia comprovada no tratamento de contaminantes microbianos (REYNEKE *et al.*, 2023; CHAÚQUE; ROTT, 2021). Por causa da sua facilidade de uso e ampla aplicação em campo, a OMS reconheceu e recomendou o SODIS como uma intervenção apropriada para o transporte e armazenamento de água potável em áreas sem acesso a fontes de água melhoradas ou em situações de crises naturais ou humanitárias (REYNEKE *et al.*, 2023). As principais limitações dessa tecnologia incluem a eficácia reduzida com águas poluídas complexas, a presença de microrganismos resistentes e o pequeno volume de água que geralmente é tratado (REYNEKE *et al.*, 2023; CHAÚQUE; ROTT, 2021). Esse sistema foi posteriormente aprimorado para aumentar os efeitos térmicos e ópticos da luz solar, resultando em um sistema de desinfecção por coletor solar e elevou a eficiência de desinfecção em cerca de 30 a 40% em comparação com o SODIS, permitindo a desinfecção da água da chuva armazenada mesmo em condições climáticas adversas e moderadas (AMIN; HAN, 2009; AMIN; HAN, 2011).

Strauss *et al.* (2016) (Figura 26A) compararam SOPAS e SODIS mostrando que ambos os métodos são eficazes na redução de contaminantes físico-químicos e microbiológicos. Dobrowsky *et al.* (2016) focaram na identificação de vetores de *Legionella spp.* e na eficácia da pasteurização solar para reduzir patógenos em água de chuva coletada. Já a pesquisa de Reyneke *et al.* (2018) (Figura 26B) monitoraram a sustentabilidade operacional e a eficácia de sistemas SOPAS em uma comunidade periurbana. Nalwanga *et al.* (2018) verificaram a eficácia da tecnologia SODIS, utilizando garrafas PET de 2L para desinfecção em Uganda, mostrando uma redução significativa de contaminação bacteriológica. Martínez-García *et al.* (2022) (Figura 27A) e Martínez-García *et al.* (2020) (Figura 27B) desenvolveram reatores solares com maior capacidade e validou em condições controladas na Espanha e em campo em Uganda. Já a pesquisa de Magalhães *et al.* (2022) (Figura 27C) avaliou a eficiência do dispositivo Aqualuz no semiárido brasileiro, destacando sua eficácia mesmo em condições de baixa radiação solar.

Figura 26 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias



Fonte: Adaptado de Strauss *et al.* (2016) (A); Reyneke *et al.* (2018) (B).

Legenda: (A1) Configuração do Sistema SOPAS conectado a um tanque instalado em um suporte metálico, os componentes do sistema rotulados são: (a): tanque RWH não tratado, (b): tubo de entrada que leva ao tanque SOPAS, (c): tanque de polietileno de alta qualidade, (d): Vidro com alto teor de borosilicato tubos coletores e (e): tubo de saída e ponto de coleta de água. (A2) O sistema SODIS com duas garrafas de tereftalato de polietileno (PET) contendo água da chuva colhida. O sistema SODIS foi construído a partir de um material de polietileno preto revestido com uma superfície refletiva de alumínio; (B1) Sistema SOPAS de pequena escala instalado no local 1, (B2) Sistema SOPAS de pequena escala instalado no local 2. Os componentes do sistema rotulados são: (a) tanque de captação de água da chuva, (b) tubulação que conecta o tanque de água da chuva ao Sistema SOPAS, (c) tanque de armazenamento do sistema SOPAS, (d) alto teor de borosilicatotubos de vidro e (e) torneira de saída.

Figura 27 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias

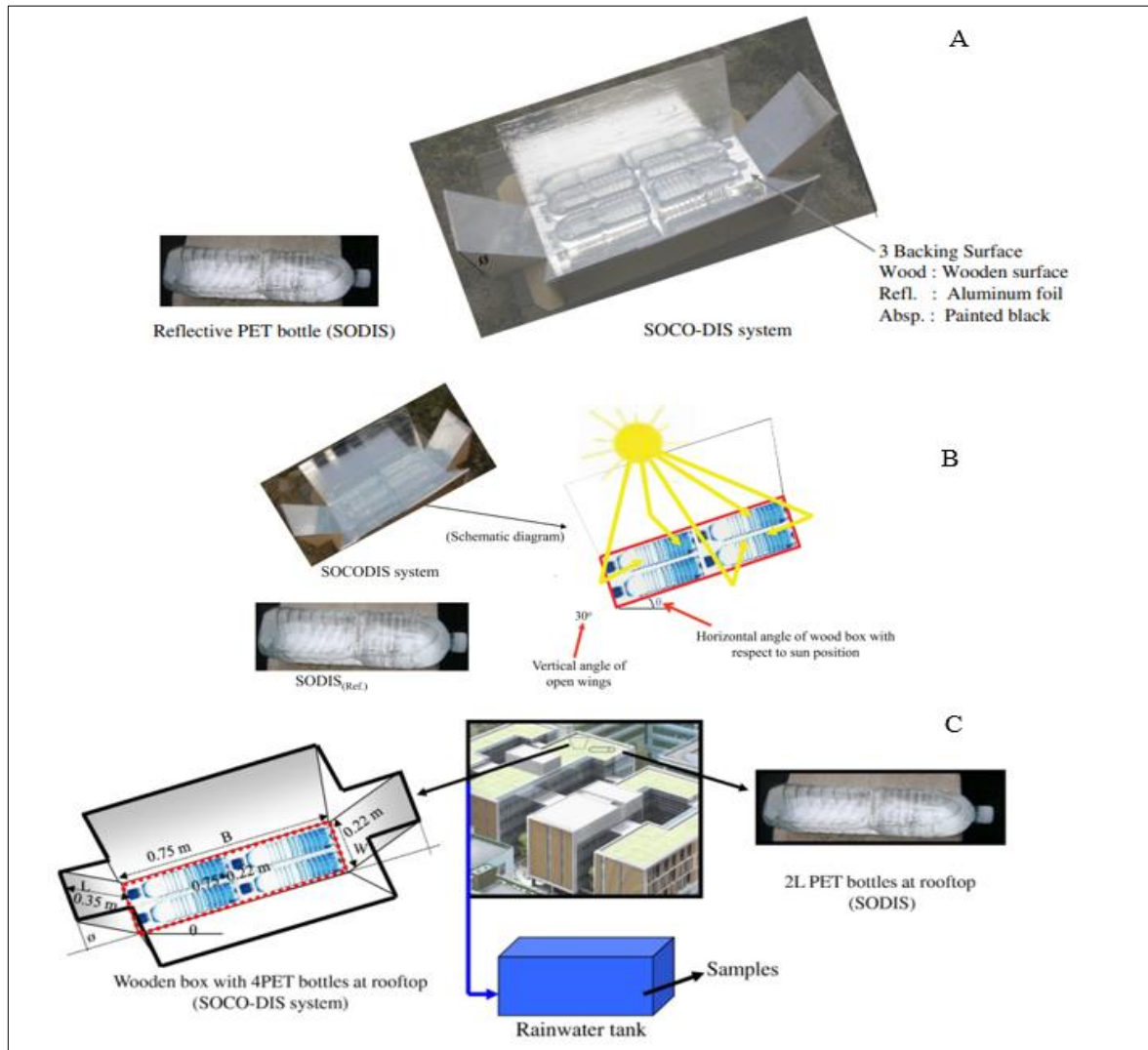


Fonte: Adaptado de Martínez-García *et al.* (2022) (A); Martínez-García *et al.* (2020) (B); Magalhães *et al.* (2020) (C).

Legenda: (A1) fotografia de fotorreatores solares de 140L e (A2) 90L; (B) Fotografia dos fotorreatores solares; (C) Unidade Aqualuz utilizada para remoção de EC da água da cisterna utilizando SODIS.

A pesquisa de Amin e Han (2009) (Figura 28A) realizou comparação entre a eficiência do SOCODIS com a do SODIS sob diferentes condições climáticas. Em outro estudo de Amin e Han (2011) (Figura 28C) aplicaram técnicas simples para aumentar a eficiência, no sistema SOCODIS, da desinfecção sob condições climáticas fracas e moderadas, com adição de produtos de baixo custo. Já no estudo de Amin *et al.* (2013) explorou a eficiência de métodos de desinfecção baseados em energia solar, isto é, os sistemas SODIS e SOCODIS em diferentes condições climáticas. Enquanto a pesquisa de Amin *et al.* (2014) (Figura 28B) verificou a desinfecção *Pseudomonas aeruginosa* através de garrafas PET com diferentes superfícies traseiras e a avaliação da eficiência do coletor solar em diversas condições climáticas.

Figura 28 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias



Fonte: Adaptado de Amin e Han (2009) (A); Amin *et al.* (2014) (B); Amin e Han (2011) (C).

Legenda: (A) Amostras de água da chuva em garrafas PET mantidas diretamente na cobertura para SODIS e dentro do coletor para sistema SOCO-DIS; (B) Demonstração dos sistemas SODIS(Ref.) e SOCO-DIS; (C) Diagrama mostrando as amostras de água da chuva expostas à luz solar direta no telhado no sistema SODIS e SOCO-DIS.

Os estudos de Strauss *et al.* (2018) (Figura 29A), Waso *et al.* (2020), McMichael *et al.* (2021) (Figura 29B), e Reyneke *et al.* (2020) (Figura 29C) apresentam diversas abordagens e tecnologias para o tratamento e desinfecção de água da chuva, focando em sistemas de desinfecção solar e suas variações. Assim, a Strauss *et al.* (2018) desenvolveram um sistema de desinfecção solar de baixo custo (SODIS) equipado com um coletor parabólico composto (CPC), utilizando um reator de vidro de borossilicato. Enquanto a pesquisa de Waso *et al.* (2020) aplicou a *Bdellovibrio bacteriovorus* em combinação com reatores solar-CPC e

tratamento solar-CPC com fotocatalise usando anéis raschig revestidos com $\text{TiO}_2\text{-rGO}$. Já McMichael *et al.* (2021) desenvolveram um foto-reator eletroquímico (PEC) com CPC para desinfecção fotocatalítica assistida eletroquimicamente (EAP) de águas pluviais. Na pesquisa de Reyneke *et al.* (2020) foram avaliados dois protótipos de reatores solares em batelada para tratamento de água da chuva em assentamentos informais e comunidades rurais.

Figura 29 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando a energia solar e também combinações com outras tecnologias



Fonte: Adaptado de Strauss *et al.* (2018) (A); McMichael *et al.* (2021) (B); Reyneke *et al.* (2020) (C).

Legenda: (A) Vista frontal do sistema SODIS-CPC mostrando o reator (a) que foi posicionado linearmente ao longo do foco do CPC (b), com o torneira de válvula de esfera em PVC (c) na parte externa do sistema e extensível polos (d) que foram usados para inclinar o sistema para obter uma perpendicular com ângulo em direção ao sol; (B) Configuração do reator PEC; (C1) O reator solar Protótipo I (140 L) instalado no Local 1, (C2) o reator solar Protótipo II (88 L) instalado no Local 2, a seta vermelha indica o desviador de primeira descarga que foi conectado ao Tanque 2.

Os estudos de Strauss *et al.* (2016) e Reyneke *et al.* (2018) enfatizam que, embora o SOPAS seja mais eficaz, ele é também mais complexo e caro de implementar comparado ao SODIS.

O SOPAS requer um sistema de captação, tanques de polietileno, cilindros de vidro borossilicato e controle preciso da temperatura, enquanto a SODIS pode ser realizada simplesmente com garrafas PET e luz solar direta. Já o estudo de Dobrowsky *et al.* (2016) evidenciou que, mesmo com a eficácia da pasteurização solar, a complexidade adicional de identificar e controlar patógenos específicos, como *Legionella spp.*, implica em um conhecimento técnico mais avançado e equipamentos laboratoriais para garantir a segurança da água. Apesar disso, os sistemas de pasteurização solar são eficientes, como apresentados em outros estudos que utilizaram essa tecnologia (CARIELO *et al.*, 2017; SILVA; TIBA; CALAZANS, 2016).

Os reatores solares maiores desenvolvidos por Martínez-García *et al.* (2022) e Martínez-García *et al.* (2020) apresentam uma abordagem mais complexa em comparação com o uso de garrafas PET. A implementação de sistemas de maior capacidade é vantajosa para comunidades, mas envolve desafios, como custo, manutenção e a necessidade de alta irradiância solar. A recirculação de água, como abordada em Martínez-García *et al.* (2020), mostrou menor eficiência de desinfecção comparada ao modo estático, mostrando que sistemas de grande escala precisam de ajustes específicos para manter a eficiência. Por outro lado, o Aqualuz de Magalhães *et al.* (2022), é uma solução inovadora e eficaz em diferentes condições climáticas, mas é preciso fazer adaptações para que sua implementação seja eficaz em diferentes localidades.

A eficácia das tecnologias SODIS é fortemente influenciada pelas condições locais, como mostrado em todos os estudos. Nalwanga *et al.* (2018) e Magalhães *et al.* (2022) demonstraram a importância de considerar a variabilidade climática e a disponibilidade de recursos solares. Além disso, o estudo de Martínez-García *et al.* (2022) enfatizou a necessidade de condições solares ótimas para a operação eficiente dos reatores, bem como precisam ser validadas para maximizar seu potencial em diversas condições ambientais. A pesquisa de Amin *et al.* (2013) confirmou que o SOCODIS remove melhor os contaminantes microbianos do que o SODIS, especialmente após modificações como o envolvimento das garrafas com plástico resistente ao calor e a adição de ácidos naturais. Amin *et al.* (2014) também observaram que o SOCODIS é 20-30% mais eficiente que o SODIS devido à reflexão da irradiância solar. Os estudos Amin e Han (2009) e Amin *et al.* (2013) confirmaram que temperaturas mais elevadas, comuns em condições de radiação intensa, melhoram a desinfecção. Amin *et al.* (2014) também destacaram que a eficiência do SODIS e

SOCODIS varia conforme o tipo de superfície traseira da garrafa PET, com a superfície absorviva sendo mais eficaz em condições ensolaradas.

Ademais, para melhorar a eficiência dos sistemas sob diferentes condições, os estudos propuseram várias modificações, por exemplo, Amin *et al.* (2013) modificaram os sistemas SODIS e SOCODIS que resultaram em aumentos significativos na temperatura da água e na inativação microbiana. Já no estudo de Amin e Han (2011) foi testada a adição de produtos alimentícios como limão e vinagre para ajustar o pH da água da chuva e observaram que essas adições melhoraram a desinfecção.

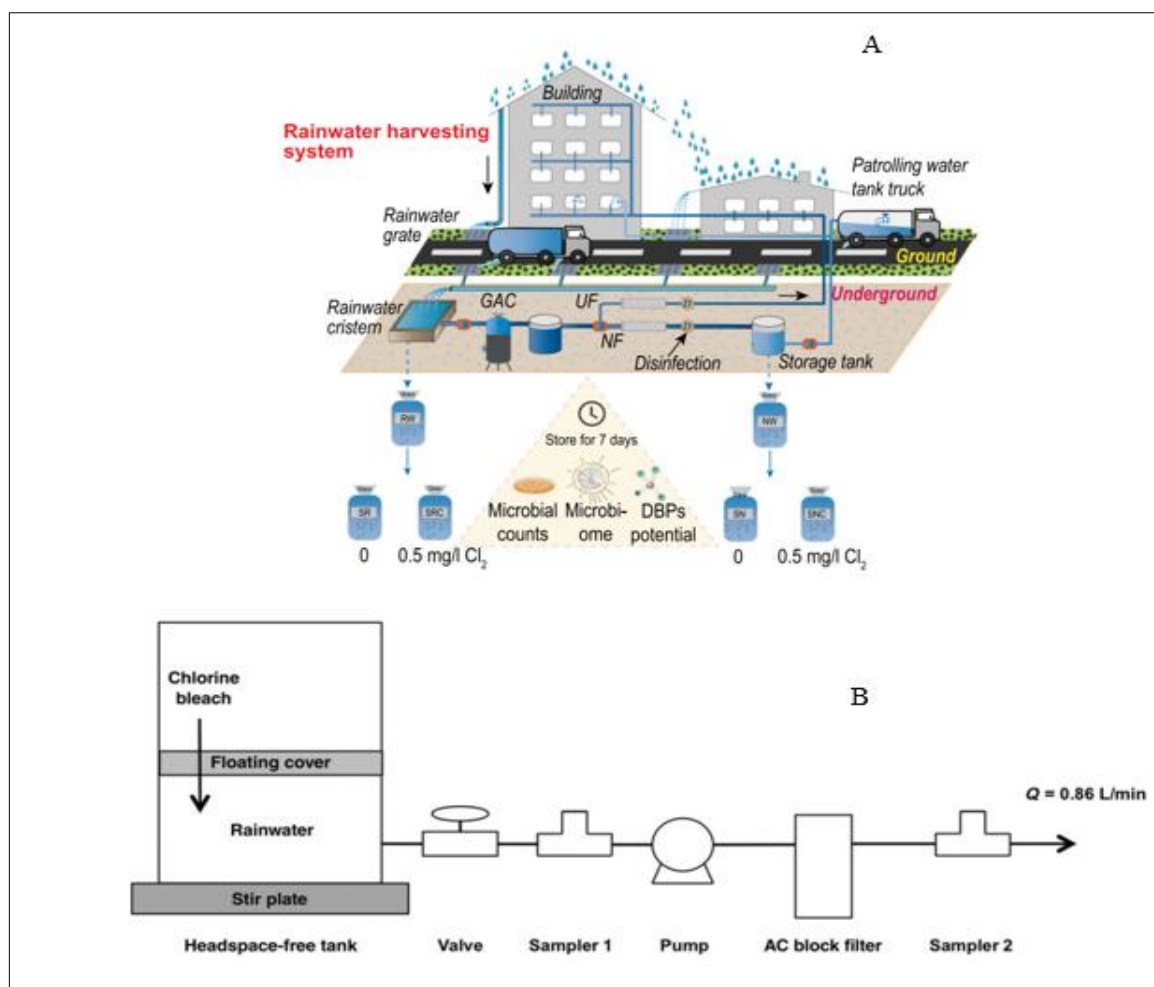
Os estudos de Strauss *et al.* (2018), Waso *et al.* (2020), e McMichael *et al.* (2021) demonstram que a incorporação de CPCs nos sistemas de desinfecção solar aumenta significativamente a eficiência do tratamento devido à maximização da absorção de radiação solar. Já aplicação de fotocatalise, como mostrado por Waso *et al.* (2020), e a assistência eletroquímica, conforme McMichael *et al.* (2021), proporcionam reduções adicionais significativas em contagens microbianas. Esses métodos combinados com desinfecção solar podem superar as limitações dos sistemas SODIS convencionais, especialmente para organismos mais resistentes.

As pesquisas de Strauss *et al.* (2018) e Reyneke *et al.* (2020) mostram que a variação sazonal nas temperaturas e precipitações influencia diretamente a qualidade da água e a eficiência da desinfecção. Portanto, os sistemas precisam ser adaptáveis às mudanças climáticas locais para garantir a eficiência contínua. Apesar das reduções significativas em contagens microbianas os estudos enfatizam a necessidade de monitoramento contínuo após o tratamento. Constatou-se nas pesquisas de Strauss *et al.* (2018) e Reyneke *et al.* (2020), a persistência de alguns microrganismos e o recrescimento microbiano após o armazenamento, por isso que medidas adicionais de segurança e monitoramento rigoroso são necessárias para garantir a qualidade da água tratada.

Yu *et al.* (2021) (Figura 30A), Keithley *et al.* (2018) (Figura 30B) e Liu *et al.* (2020) abordam o tratamento de água de chuva para torná-la potável, com um foco principal em técnicas de filtração combinadas com desinfecção por cloração. Os pesquisadores Yu *et al.* (2021) e Keithley *et al.* (2018) utilizam cloração como método de desinfecção, ou seja, combinando a cloração com nanofiltração (NF), enquanto Keithley *et al.* (2018), utilizaram a cloração em batelada e filtração com carvão ativado. Esses estudos destacam a importância de manter

concentrações adequadas de desinfetantes residuais para garantir a segurança microbiológica da água.

Figura 30 - Configurações das tecnologias de tratamento de água de chuva usando filtração combinadas com desinfecção por cloração



Fonte: Adaptado de Yu *et al.* (2021) (A); Keithley *et al.* (2018) (B).

Legenda: (A) Esquema do sistema, projeto de teste piloto; (B) Esquema do sistema de tratamento em lote em escala de laboratório.

Yu *et al.* (2021) observam a redução significativa da presença bacteriana após NF e cloração, enquanto Keithley *et al.* (2018) notam que a cloração é menos eficaz em telhados verdes devido a altos níveis de COD e pH elevado. Os pesquisadores Keithley *et al.* (2018) e Liu *et al.* (2020) analisaram a formação de subprodutos de desinfecção (DBPs) durante a cloração. Keithley *et al.* (2018) investigam a formação de trihalometanos (THMs) e a eficácia da filtração com carvão ativado na redução desses subprodutos. Liu *et al.* (2020) comparam diferentes processos de tratamento, incluindo filtração e oxidação avançada, para controlar a

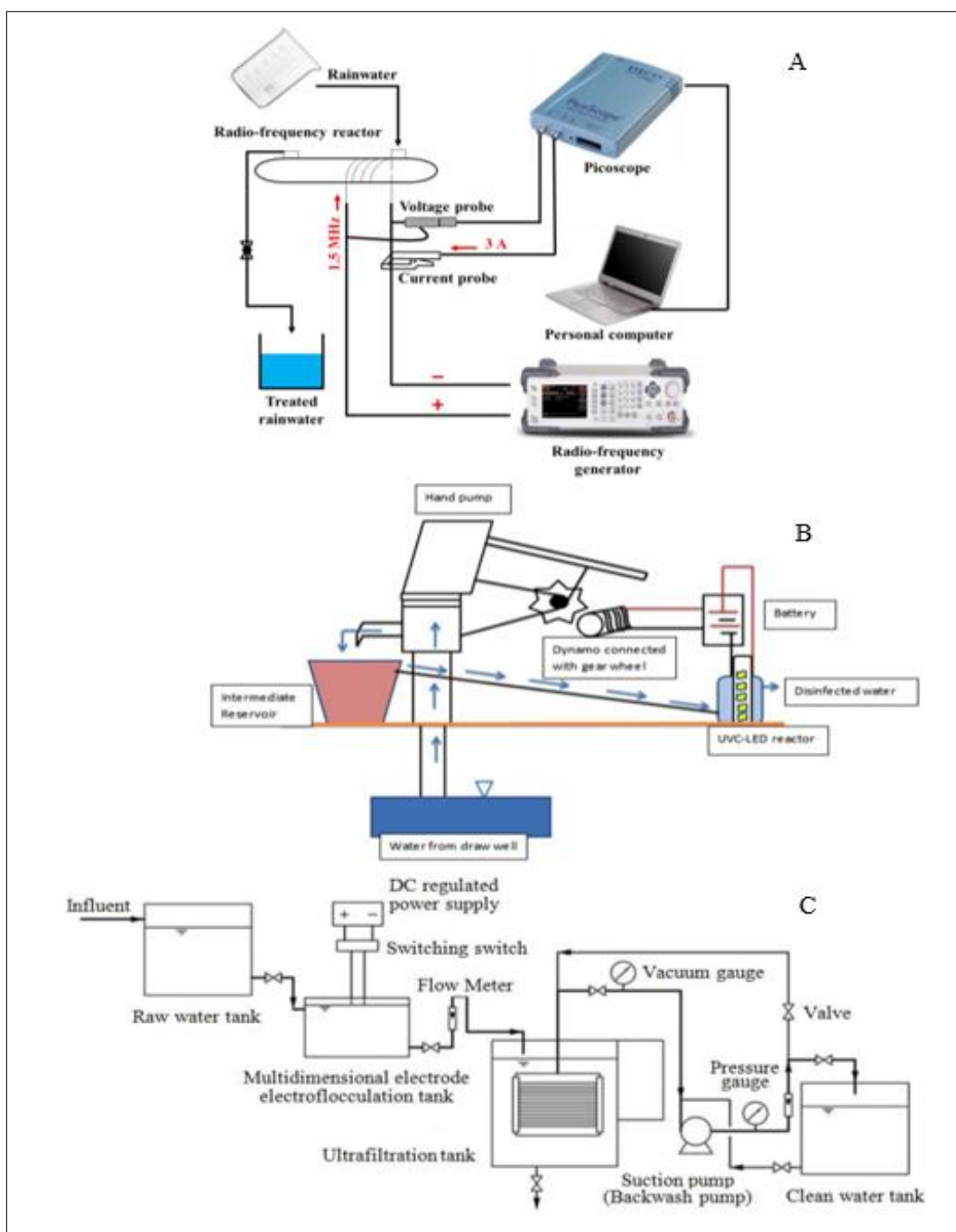
formação de DBPs como Triclorometano (TCM), ácido dicloroacético (DCAA) e ácido tricloroacético (TCAA). Ambos estudos abordam que a filtração, combinada com processos adicionais, é crucial para controlar a formação de DBPs e garantir a segurança da água tratada. Logo, o processo de filtração, como já mencionados em outros estudos como dos pesquisadores He *et al.* (2020) e Naddeo *et al.* (2013), mostrou-se eficaz para diminuir os DBPs. É importante abordar que, no tratamento de água que utiliza a cloração, dependendo da qualidade da água bruta, pode ocorrer a formação de THMs, que são subprodutos indesejáveis, pois podem causar riscos à saúde humana (MEDEIROS *et al.*, 2019). Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o triclorometano e o bromodiclorometano como carcinógenos do Grupo 2B, enquanto o dibromoclorometano e o tribromometano são classificados como carcinógenos do Grupo 3 (PAVÓN *et al.*, 2008; JIN *et al.*, 2023).

Os estudos de Hazmi *et al.* (2022) (Figura 31A), Sundar e Kanmani (2021) (Figura 31B) e Zheng *et al.* (2021) (Figura 31C) apresentam outras tecnologias inovadoras para o tratamento de água de chuva, destacando-se pela utilização de métodos como radiofrequência (RF), radiação ultravioleta C com diodo emissor de luz (UVC-LED) e eletrofloculação combinada com ultrafiltração submersa (UF). O estudo de Hazmi *et al.* (2022) validou o potencial do tratamento de radiofrequência (RF) para reduzir a matéria orgânica dissolvida (MOD) em água de chuva. Já o estudo Sundar e Kanmani (2021) desenvolveram um reator que utiliza UVC-LED para desinfetar a água de chuva, alimentado pela energia mecânica gerada por uma bomba manual. Nas investigações de Zheng *et al.* (2021) avaliaram a eficiência de um processo combinado de eletrofloculação multidimensional e ultrafiltração submersa (UF) no tratamento de água de chuva de cisterna.

Nas investigações de Hazmi *et al.* (2022) o tratamento com RF, embora eficaz na redução de MOD, pode necessitar de ajustes para alcançar uma purificação completa. O UVC-LED usado na pesquisa de Sundar e Kanmani (2021) oferece uma solução sustentável e de baixo custo para a desinfecção, mas sua eficácia pode ser comprometida pela qualidade inicial da água. Outros estudos também usaram essa tecnologia para tratamento de água, especialmente para inativação microbiana e garantir a qualidade da água tratada com alta eficiência no processo de desinfecção da água (LEE *et al.*, 2023; WU *et al.*, 2021). O processo combinado de eletrofloculação e UF do estudo de Zheng *et al.* (2021) mostrou-se altamente eficiente na

remoção de diversos contaminantes, porém, sua implementação pode requerer infraestrutura e manutenção específicas.

Figura 31 - Configurações de outras tecnologias de tratamento de água de chuva usando radiofrequência, UVC-LED e eletrofloculação combinada com ultrafiltração submersa



Fonte: Adaptado de Hazmi *et al.* (2022) (A); Sundar e Kanmani (2021) (B); Zheng *et al.* (2021) (C).
 Legenda: (A) Configuração experimental de um tratamento de RF; (B) Bomba manual equipada com configuração de reator UVC-LED de energia zero; (C) Fluxograma da combinação de dispositivos de eletrofloculação com eletrodo multidimensional e ultrafiltração submersa.

Essa combinação de tratamento para água de chuva também foi utilizada por Danyi *et al.* (2021) e se mostrou eficaz para uso na agricultura. Em suma, os três estudos abordam a importância de combinar diferentes métodos de tratamento para otimizar a qualidade da água de chuva, cada estudo oferece uma solução viável para diferentes contextos e necessidades.

Quanto às limitações, é importante destacar que, devido à heterogeneidade dos estudos, não foi possível realizar uma meta-análise para aumentar a consistência das evidências dos resultados. Essa impossibilidade surgiu porque esta revisão sistemática se concentrou nas tecnologias de tratamento de água de chuva, e os estudos incluídos abordaram uma ampla variedade de tecnologias, métodos e abordagens. Além disso, o uso limitado de bases de dados, pode ter restringido a abrangência e a representatividade dos estudos incluídos, possivelmente omitindo pesquisas relevantes que poderiam contribuir para uma visão mais abrangente e precisa das tecnologias de tratamento de água de chuva. Ademais, em alguns casos, não foi possível acessar o conteúdo completo de determinados estudos que poderiam ser potencialmente elegíveis. Outro ponto a mencionar é que apenas estudos em inglês foram considerados, o que pode ter excluído também pesquisas significativas publicadas em outros idiomas. Por fim, a revisão foi realizada por um único revisor, devido ao fato de tratar-se de uma dissertação de mestrado, o que pode ter introduzido vieses na seleção e interpretação dos estudos.

Já existem inúmeras revisões sistemáticas que abordam algumas tecnologias de tratamento de água (CRIDER *et al.*, 2023; NJEWA; SHIKUKU, 2023). Esses estudos se concentraram em uma tecnologia específica. A diferença mais importante entre este estudo e as revisões existentes é que esta é a primeira tentativa de fornecer uma imagem geral das tecnologias para tratamento de água de chuva para fins potáveis. Além de identificar os tipos de tecnologias existentes, os estudos apresentaram diferentes realidades de aplicações, isso é fundamental, pois essas categorizações facilitam a compreensão e implementação de acordo com local, nível de contaminação da água e as características climáticas.

Os resultados desta revisão indicam que várias tecnologias de tratamento de água de chuva apresentadas foram eficazes para diversos locais, especialmente nas zonas rurais, pois geralmente esses locais não têm distribuição de abastecimento de água, sendo necessário buscar outras alternativas de acesso à água potável. Como base nos achados, estes podem fornecer evidências importantes para formuladores de políticas e administradores de serviços

de água sobre a viabilidade de implementar essas tecnologias em diferentes contextos. Além disso, é importante que existam mais políticas que incentivam a instalação de sistemas de tratamento de água de chuva, através de subsídios ou regulamentos específicos, considerando as variações regionais nas características climáticas e nos níveis de contaminação da água ao desenvolver diretrizes e padrões de qualidade da água. Também é importante mencionar que a apresentação das inúmeras tecnologias mostradas nesta pesquisa, facilita a escolha das soluções mais adequadas, levando em consideração o local para garantir a segurança hídrica da população. Esses resultados, não podem ser generalizados, visto que cada região tem suas características e peculiaridades, por isso antes de implementação de qualquer projeto de tratamento de água de chuva, são necessários estudos adicionais para verificar se a aplicabilidade será eficaz e exequível a longo prazo.

5.2.6 Apoio

Esta pesquisa foi realizada pelo Programa de Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA) e bolsa financiada pela Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

5.2.7 Conflito de interesses

Não houve conflitos de interesses durante o processo de revisão sistemática.

5.2.8 Disponibilidade de dados, código e outros materiais

Os dados que foram encontrados neste estudo estão disponíveis com autor do correspondente, mediante solicitação razoável.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este estudo apresentou uma análise abrangente sobre a produção científica relacionada ao aproveitamento de água para fins potáveis, destacando importantes tendências e contribuições no campo. Percebe-se um crescimento significativo das publicações ao longo dos anos, o que mostra o aumento do interesse e da importância do tema. A evolução das temáticas ao longo do tempo também é algo importante a destacar, pois passou de preocupações iniciais com contaminantes microbiológicos para questões mais amplas de qualidade, tratamento e sustentabilidade da água, isso reflete uma maior preocupação com escassez de recursos hídricos e, por consequência, a busca de alternativas como o a água de chuva.

As principais revistas que publicaram sobre o tema foram *Water (Switzerland)*, *Water Science and Technology*, e *Water Science and Technology: Water Supply*. Além disso, os países como Austrália, Estados Unidos e China são os que lideram em frequências produção científicas sobre água de chuva para uso potável. Ademais, *Han M* e *Ghisi E* foram os principais autores sobre aproveitamento de água de chuva para fins potáveis. Com relação às palavras-chaves dos autores, *rainwater harvesting*, *rainwater*, *water quality* e *water supply* foram as que tiveram as maiores frequências de citação. Já quanto à frequência das palavras-chave encontradas juntas nos documentos analisados, as principais foram *rain*, *potable water*, *rainwater*, *water supply*, *water quality*, *drinking water* e *rainwater harvesting*. Os autores *Ahmed W*, *Han M*, *Rahman A*, *Ghisi E*, *Khan W* e *Gardner T* lideram na força de ligações entre as conexões entre as redes apresentadas no mapa de cocitação. Já as principais palavras-chave dos autores foram *rainwater harvesting*, *rainwater*, *water quality* e *drinking water*.

Para a revisão sistemática foi adaptada uma ferramenta para analisar a qualidade metodológica dos estudos para área de engenharia. Esse recurso foi muito importante para essa pesquisa, uma vez que a análise dos artigos ocorreu de modo mais crítico e imparcial. Por conta disso, a ferramenta também pode ser usada em outras pesquisas. Com relação às escalas dos estudos da revisão sistemática, houve predominância dos estudos pilotos que tiveram o maior número e com menos publicações a escala real. Por meio da revisão sistemática foi possível verificar o panorama das tecnologias de tratamento de água pluvial, mostrando que existem inúmeras formas de tratar água de chuva. Essas tecnologias usam principalmente a filtração como tratamento, usando diversos materiais filtrantes como areia e carvão ativado. A filtração com uso de membranas, foi outra forma de tratar a água de chuva,

bem como tecnologias que usam a energia do sol para desinfecção da água, como SOPAS, SODIS e SOCODIS. Ademais, tiveram técnicas de tratamento usando o cloro associado com outras formas de tratamento. Além disso, também tiveram outras tecnologias como radiofrequência e UVC-LED que se mostraram eficazes para tratar água.

Assim, a escolha do melhor tratamento vai depender de inúmeros fatores, como qualidade da água da água bruta, localidade, condições climáticas. Além disso, o investimento para o tratamento precisa ser considerado, uma vez que isso vai estar relacionado com as condições financeiras das pessoas e dos incentivos financeiros das políticas públicas, já que as tecnologias apresentadas vão das mais simples como SODIS as mais complexas como eletrofloculação combinado com ultrafiltração submersa.

No entanto, o que precisa ser levado em consideração, independentemente do tipo de tecnologia usada no tratamento, é a qualidade da água a ser produzida, ou seja, se foram alcançados os padrões de potabilidade, uma vez que isso é essencial para garantir a segurança hídrica, principalmente em regiões onde esse recurso é limitado.

Mais pesquisas de revisões sistemáticas sobre o tratamento de água de chuva são necessárias, focando especialmente em tecnologias específicas para mostrar mais detalhadamente as características dos estudos e, se for o caso, também fazer meta-análise. Além disso, mais estudos que busquem combinar o tratamento de água de chuva com fontes de energia renovável, como a energia solar, pois diante da crise climática que mundo vem passado é necessário para aumentar a sustentabilidade das ações humanas, principalmente para áreas prioritárias. É importante também que essas pesquisas, apesar das dificuldades, sejam conduzidas em escala real para garantir a aplicabilidade das técnicas desenvolvidas. Por fim, há muitos desafios a serem superados, como o desenvolvimento de tecnologias eficientes, acessíveis e escolha adequada do local de implementação dos sistemas de tratamento. Ademais, melhorias na execução de políticas são essenciais para ampliar a aceitação social das tecnologias de tratamento, como a oferta de incentivos apropriados, palestras educacionais e campanhas de educação, destacando os benefícios do uso das tecnologias de tratamento de água da chuva para fins potáveis.

REFERÊNCIAS

- ADRIAANSE, L. S.; RENSLEIGH, C. Web of science, Scopus and google scholar a content comprehensiveness comparison. **Electronic Library**, v. 31, n. 6, p. 727-744, 2013.
- AHAMMED, M.; MEERA, V. Iron hydroxide-coated sand filter for household drinking water from roof-harvested rainwater. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 55, n. 7-8, p. 493-498, 2006.
- AHMED, W. *et al.* Fecal indicators and zoonotic pathogens in household drinking water taps fed from rainwater tanks in Southeast Queensland, Australia. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 78, n. 1, p. 219-226, 2012.
- AHMED, W. *et al.* Real-time PCR detection of pathogenic microorganisms in roof-harvested rainwater in Southeast Queensland, Australia. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 74, n. 17, p. 5490-5496, 2008.
- AHMED, W.; GARDNER, T.; TOZE, S. Microbiological Quality of Roof-Harvested Rainwater and Health Risks: A Review. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 1, p. 13-21, 2011.
- ALIM, M. A.; ASHRAF, A. F. M. A.; RAHMAN, A.; *et al.* Experimental investigation of an integrated rainwater harvesting unit for drinking water production at the household level. **Journal of Water Process Engineering**, v. 44, 2021.
- AMIN, M. T.; ALAZBA, A. A.; AMIN, M. N.; HAN, M. Y. Cost-effective and sustainable solutions to enhance the solar disinfection efficiency improving the microbiological quality of rooftop-harvested rainwater. **Desalination and Water Treatment**, v. 52, n. 28-30, p. 5252-5263, 2014.
- AMIN, M. T.; HAN, M. Y. Improvement of solar based rainwater disinfection by using lemon and vinegar as catalysts. **Desalination**, v. 276, n. 1-3, p. 416-424, 2011.
- AMIN, M. T.; HAN, M. Y. Roof-harvested rainwater for potable purposes: Application of solar collector disinfection (SOCO-DIS). **Water Research**, v. 43, n. 20, p. 5225-5235, 2009.
- AMIN, MUHAMMAD T.; NAWAZ, M.; AMIN, M. N.; HAN, M. Solar disinfection of *Pseudomonas aeruginosa* in harvested rainwater: A step towards potability of rainwater. **Plos one**, v. 9, n. 3, 2014.
- ANDRADE, E. P. Retrato da hélice tríplice: contribuições de universidades públicas brasileiras ao processo de inovação. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 203. Área de concentração: Desenvolvimento sustentável de processos e produtos.
- ANDREOLI, F. C; SABOGAL-PAZ, L. P. Household slow sand filter to treat groundwater with microbiological risks in rural communities. **Water Research**, v. 186, 2020.

ANOOB, F.; MEERA, V. Optimization of operational parameters for the treatment of roof-harvested rainwater with biologically synthesised nanosilver coated on sand. **Water Supply**, v. 22, n. 1, p. 1120-1130, 2022.

ANTHONY F.J. VAN RAAN. **Handbook of quantitative science and technology research. Chapter Measuring Science**. Kluwer Academic Publishers, 2005.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ASHRAF, H. M.; AL-SOBHI, S. A.; EL-NAAS, M. H. Mapping the desalination journal: A systematic bibliometric study over 54 years. **Desalination**, 2022.

BASHIR, Y.; CONLON, K. C. Step by step guide to do a systematic review and meta-analysis for medical professionals. **Irish Journal of Medical Science**, v. 187, n. 2, p. 447-452, 2018.

BAÚ, S. R. C.; BEVEGNU, M.; GIUBEL, G.; *et al.* Development and economic viability analysis of photovoltaic (PV) energy powered decentralized ultrafiltration of rainwater for potable use. **Journal of Water Process Engineering**, v. 50, 2022.

BIBLIOMETRIX. Perguntas Frequentes. 2024. Disponível em: <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/faq#>. Acesso em: 10 jan. 2024.

BOAYE BELLE, A.; ZHAO, Y. Evidence-based decision-making: On the use of systematicity cases to check the compliance of reviews with reporting guidelines such as PRISMA 2020. **Expert Systems with Applications**, v. 217, 2023.

BORGES, R. *et al.* Systematic Review of Spatial Planning and Marine Protected Areas: A Brazilian Perspective. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, 2020.

BÖRNER, K.; CHEN, C.; BOYACK, K. W. Visualizing knowledge domains. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 37, p. 179-255, 2003.

BOYACK, K. W.; KLAVANS, R. Co-citation analysis, bibliographic coupling, and direct citation: Which citation approach represents the research front most accurately? **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 12, p. 2389-2404, 2010.

BROADUS. Toward a definition of “bibliometrics”. **Scientometrics**, v. 12, p. 373-379, 1987.

BROWN, J.; SOBSEY, M. D. Microbiological effectiveness of locally produced ceramic filters for drinking water treatment in Cambodia. **Journal of Water and Health**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2010.

BULTA, A.; MICHEAL, G. Evaluation of the efficiency of ceramic filters for water treatment in Kambata Tabaro zone, southern Ethiopia. **Environmental Systems Research**, v. 8, 2019.

CALDWELL, P. H. Y.; BENNETT, T. Easy guide to conducting a systematic review. **Journal of Paediatrics and Child Health**, v. 56, n. 6, p. 853-856, 2020.

CALLON, M.; COURTIAL, J. P.; LAVILLE, F. Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. **Scientometrics**, v. 22, n. 1, p. 155-205, 1991.

CAMARGO, B.; JUSTO, AM. IRAMUTEQ: um *software* gratuito para análise de dados textuais. **Temas Psicol**, v.21, n.2, 2013.

CAMARGO, B.; JUSTO, AM. Tutorial para uso do *software* de análise textual IRAMUTEQ. 2018.

CARIELO, G. *et al.* Solar water pasteurizer: Productivity and treatment efficiency in microbial decontamination. **Renewable Energy**, v. 105, p. 257-269, 2017.

CHAI, H.; CHEN, Z.; SHAO, Z.; *et al.* Long-term pollutant removal performance and mitigation of rainwater quality deterioration with ceramsite and *Cyperus alternifolius* in mountainous cities of China. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 32, p. 32993-33003, 2019.

CHAÚQUE, B. J.; BRANDÃO, F. G.; ROTT, M. B. Development of solar water disinfection systems for large-scale public supply, state of the art, improvements and paths to the future - A systematic review. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 10, n. 3, 2022.

CHAÚQUE, B. J.; ROTT, M. B. Solar disinfection (SODIS) technologies as alternative for large-scale public drinking water supply: Advances and challenges. **Chemosphere**, v. 281, 2021.

CHEN, C. CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 57, n. 3, p. 359-377, 2006.

COBO, M. J. *et al.* An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field. **Journal of Informetrics**, v. 5, n. 1, p. 146-166, 2011a.

COBO, M. J. *et al.* Science mapping *software* tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 62, n. 7, p. 1382-1402, 2011b.

CRIDER, Y. S. *et al.* Adoption of Point-of-Use Chlorination for Household Drinking Water Treatment: A Systematic Review. **Environmental Health Perspectives**, v. 131, 2023.

DANELL, R.; SCHNEIDER, J. W. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis Villum Experiment View project The Evolution of Prejudice View project. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/285473885>>.

DANYI, L. *et al.* Treatment of roofing rainwater using electro-flocculation coupled with ceramic membrane ultrafiltration process for aquaculture water reuse. **Chinese Journal of Environmental Engineering**, v. 15, n. 5, p. 1810-1820, 2021.

DAVIS, J. *et al.* Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. **SpringerPlus**, v. 3, n. 1, 2014.

DE-LA-TORRE-UGARTE-GUANILO, M. C.; TAKAHASHI, R. F.; BERTOLOZZI, M. R. DIB, R. Como interpretar uma metanálise?. **Jornal vascular Brasileiro**, 2022.

DINDORF, C. *et al.* Conceptual Structure and Current Trends in Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning Research in Sports: A Bibliometric Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 1, 2023.

DING, A.; WANG, J.; LIN, D.; *et al.* A low pressure gravity-driven membrane filtration (GDM) system for rainwater recycling: Flux stabilization and removal performance. **Chemosphere**, v. 172, p. 21-28, 2017.

DING, A.; WANG, J.; LIN, D.; *et al.* Effect of PAC particle layer on the performance of gravity-driven membrane filtration (GDM) system during rainwater treatment. **Environmental Science: Water Research and Technology**, v. 4, n. 1, p. 48-57, 2018.

DOBROWSKY, P. H.; KHAN, S.; CLOETE, T. E.; KHAN, W. Molecular detection of *Acanthamoeba* spp., *Naegleria fowleri* and *Vermamoeba* (*Hartmannella*) *vermiformis* as vectors for *Legionella* spp. in untreated and solar pasteurized harvested rainwater. **Parasites and Vectors**, v. 9, n. 1, p. 1-13, 2016.

DOMHOLDT, Elizabeth. **Rehabilitation Research: Principles and Applications**. Indianapolis: Elsevier Saunders, 2005. 576 p.

DONTHU, N. *et al.* How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. **Journal of Business Research**, v. 133, p. 285-296, 2021.

DOURADO, A. *et al.* Qualidade físico-química e microbiológica da água em reservatórios subterrâneos na cidade de Vitória da Conquista-BA para fins de potabilidade. *Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas*, 2018.

DU, X.; WANG, Z.; LIU, Y.; *et al.* Gravity-driven membrane bioreactor coupled with electrochemical oxidation disinfection (GDMBR-EO) to treat roofing rainwater. **Chemical Engineering Journal**, v. 427, 2022.

EMSLIE, D. *et al.* Biofilm Formation and Effectiveness of Biosand Filtration Systems with Typical and Innovative Filter Media. **Geotechnical and Geological Engineering**, v. 40, p. 1251-1266, 2022.

EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. **Water Research**, v. 40, n. 1, p. 37-44, 2006.

EYZAGUIRRE, I.; FERNANDES, M. Combining methods to conduct a systematic review and propose a conceptual and theoretical framework in socio- environmental research. **MethodsX**, v. 12, 2024.

FAUSTINO MAGALHÃES, J. H.; BEZERRA, L. N.; BESERRA SANTOS, A. L.; *et al.* Aqualuz: a new solar disinfection device for treatment of cistern water. **Aqua Water Infrastructure, Ecosystems and Society**, v. 71, n. 6, p. 682-696, 2022.

FENG, J. *et al.* Enhanced filtration performance of biocarriers facilitated gravity-driven membrane (GDM) by vacuum ultraviolet (VUV) pretreatment: Membrane biofouling characteristics and bacterial investigation. **Journal of Membrane Science**, v. 660, 2022.

FERDINANSYAH, A.; PURWANDARI, B. Challenges in Combining Agile Development and CMMI: A Systematic Literature Review. **ACM International Conference Proceeding Series**, p. 63-69, 2021.

FRANÇA, S. A.; SILVA, M. B. Avaliação de sistemas de filtração a baixo custo para tratamento de águas cinzas para reuso não potável. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 52697-52710, 2022.

FREITAS, B.L.S.; TERIN, U. C.; SABOGAL-PAZ, L. P. Household slow sand filters in intermittent and continuous flow for a long-term surface water treatment: Efficiencies assessment and operational challenges. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, 2023.

FRONTEIRA, I *et al.* Impacts for health and care workers of Covid-19 and other public health emergencies of international concern: living systematic review, meta-analysis and policy recommendations. **Human Resources for Health**, 2024.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

GARRIDO, S.; AVILES, M.; RAMIREZ, A.; *et al.* Improving collected rainwater quality in rural communities. **Water Science and Technology**, v. 63, n. 10, p. 2395-2402, 2011.

GARTLEHNER, G. *et al.* Single-reviewer abstract screening missed 13 percent of relevant studies: a crowd-based, randomized controlled trial. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 121, p. 20-28, 2020.

GATES, N. J.; MARCH, E. G. A Neuropsychologist's Guide To Undertaking a Systematic Review for Publication: Making the most of PRISMA Guidelines. **Neuropsychology Review**, v. 26, p. 109-120, 2016.

GUREVITCH, J. *et al.* Meta-analysis and the science of research synthesis. **Nature**, v. 555, p. 175-182, 2018.

GUSENBAUER, M.; HADDAWAY, N. R. Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. **Research Synthesis Methods**, v. 11, n. 2, p. 181-217, 2020.

HARRIS, J. D. *et al.* How to write a systematic review. **American Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 11, p. 2761-2768, 2014.

HAZMI, A.; ROSADI, M. Y.; DESMIARTI, R.; LI, F. Effect of Radio-Frequency Treatment on the Changes of Dissolved Organic Matter in Rainwater. **Water (Switzerland)**, v. 14, n. 1, 2022.

HE, J.; SHI, M.; WANG, F.; *et al.* Removal of CX3R-type disinfection by-product precursors from rainwater with conventional drinking water treatment processes. **Water Research**, v. 185, 2020.

IMTEAZ, M. A.; ARULRAJAH, A.; YILMAZ, A. G. Pollutant treatment efficiencies through rainwater tank, recycled foamed glass and geofabrics. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 14, n. 5, p. 963-969, 2021.

JARNEVING, B. O. A comparison of two bibliometric methods for mapping of the research front. **Scientometrics**, v. 65, n. 2, p. 245-263, 2005.

JIN, M. *et al.* Trihalomethanes in water samples: Recent update on pretreatment and detection methods. **Chemosphere**, v. 341, 2023.

JOHOR, S. *et al.* Filtration of Rainwater Harvesting System in Rural Area. **Journal of Engineering Science and Technology**, 2017.

JORDAN, F. L.; SEAMAN, R.; RILEY, J. J.; YOKLIC, M. R. Effective removal of microbial contamination from harvested rainwater using a simple point of use filtration and UV-disinfection device. **Urban Water Journal**, v. 5, n. 3, p. 209-218, 2008.

KATSAROU, E.; CHATZIPANAGIOTOU, P.; SOUGARI, A. A Systematic Review on Teachers' Well-Being in the COVID-19 Era. **Education Sciences**, v. 13, 2023.

KEITHLEY, S. E. *et al.* Effect of Treatment on the Quality of Harvested Rainwater for Residential Systems. **Journal - American Water Works Association**, v. 110, n. 7, 2018.

KEITHLEY, S. E.; FAKHREDDINE, S.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. Effect of Treatment on the Quality of Harvested Rainwater for Residential Systems. **Journal - American Water Works Association**, v. 110, n. 7, p. E1-E11, 2018.

KENNEDY, A. *et al.* Full-and pilot-scale GAC adsorption of organic micropollutants. **Water Research**, v. 68, p. 238-248, 2015.

KHAYAN, K.; HERU HUSODO, A.; ASTUTI, I.; SUDARMADJI, S.; SUGANDAWATY DJOHAN, T. Rainwater as a Source of Drinking Water: Health Impacts and Rainwater Treatment. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2019, 2019.

KIM, J.; KANG, B. DBPs removal in GAC filter-adsorber. **Water Research**, v. 42, p. 145-152, 2008.

KUS, B.; KANDASAMY, J.; VIGNESWARAN, S.; SHON, H. K.; MOODY, G. Household rainwater harvesting system -Pilot scale gravity driven membrane-based filtration system. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 13, n. 3, p. 790-797, 2013.

LAMON, A. W. *et al.* Household slow sand filter efficiency with schmutzdecke evaluation by microsensors. **Environmental Technology**, v. 43, n. 26, p. 4042-4053, 2022.

LATIF, S.; ALIM, M. A.; RAHMAN, A. Disinfection methods for domestic rainwater harvesting systems: A scoping review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 46, p. 1-11, 2022.

LEE, B.; JEONG, Y. IL. Mapping Korea's national R&D domain of robot technology by using the co-word analysis. **Scientometrics**, v. 77, n. 1, p. 3-19, 2008.

LEE, J. Y.; BAK, G.; HAN, M. Quality of roof-harvested rainwater - Comparison of different roofing materials. **Environmental Pollution**, v. 162, p. 422-429, 2012.

LEE, U. *et al.* Near dissolved organic matter microfiltration (NDOM MF) coupled with UVC LED disinfection to maximize the efficiency of water treatment for the removal of Giardia and Cryptosporidium. **Water Research**, v. 233, 2023.

LI, C.; WU, K.; WU, J. A bibliometric analysis of research on haze during 2000-2016. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 24733-24742, 2017.

LI, Z. *et al.* Scientific Knowledge Graph and Trend Analysis of Central Sensitization: A Bibliometric Analysis. **Journal of Pain Research**, v. 15, p. 561-575, 2022.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. 1-30, 2020.

LING, Y. *et al.* QSARs to predict adsorption affinity of organic micropollutants for activated carbon and β -cyclodextrin polymer adsorbents. **Water Research**, v. 154, p. 217-226.

LIU, X. *et al.* Co-authorship networks in the digital library research community. **Information Processing and Management**, v. 41, n. 6, p. 1462-1480, 2005.

LIU, Z.; LIN, Y. L.; CHU, W. H.; *et al.* Comparison of different disinfection processes for controlling disinfection by-product formation in rainwater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 385, 2020.

LOVATTO, P.A.; LEHNEN, C.R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A.D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas -ênfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 285-294, 2007.

MA, L. *et al.* Methodological quality (risk of bias) assessment tools for primary and secondary medical studies: what are they and which is better? **Military Medical Research**, v. 7, n. 7, 2020.

MAMIKUTTY, R.; ALY, A.; MARHAZLINDA, J. Selecting Risk of Bias Tools for Observational Studies for a Systematic Review of Anthropometric Measurements and Dental Caries among Children. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.18, 2021.

MARSZALEK, A.; DUDZIAK, M. Application of the Ultrafiltration and Photooxidation Process for the Treatment of Rainwater. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 232, n. 12, 2021.

MARTÍNEZ-GARCÍA, A.; OLLER, I.; VINCENT, M.; *et al.* Meeting daily drinking water needs for communities in Sub-Saharan Africa using solar reactors for harvested rainwater. **Chemical Engineering Journal**, v. 428, 2022.

MARTÍNEZ-GARCÍA, A.; VINCENT, M.; RUBIOLO, V.; *et al.* Assessment of a pilot solar V-trough reactor for solar water disinfection. **Chemical Engineering Journal**, v. 399, 2020.

MARTÍN-MARTÍN, A. *et al.* Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories. **Journal of Informetrics**, v. 12, n. 4, p. 1160-1177, 2018.

MAZIERI, M. R. *et al.* Use of iramuteq for content analysis based on descending hierarchical classification and correspondence factor analysis. **Brazilian Journal of Marketing**, v. 21, n. 5, p. 1978-2011, 2022.

MCGUIGAN, K. G. *et al.* Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. **Journal of Hazardous Materials**, v. 235-236, p. 29-46, 2012.

MCMICHAEL, S.; WASO, M.; REYNEKE, B.; *et al.* Electrochemically assisted photocatalysis for the disinfection of rainwater under solar irradiation. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 281, 2021.

MEDEIROS, L. C. *et al.* Toxicological aspects of trihalomethanes: a systematic review. **Environmental Science and Pollution Research**, 2019.

MENDEZ, C. B. *et al.* The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater. **Water Research**, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, 2011.

MIURA, Y.; WATANABE, Y.; OKABE, S. Membrane Biofouling in Pilot-Scale Membrane Bioreactors (MBRs) Treating Municipal Wastewater: Impact of Biofilm Formation. **Environ. Sci. Technol**, v. 41, p. 632-638, 2007.

MOHER, D. *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. **BMJ (Online)**, 2009.

MONGEON, P.; PAUL-HUS, A. The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. **Scientometrics**, v. 106, n. 1, p. 213-228, 2016.

MORAL-MUÑOZ, J. A. *et al.* Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. **El profesional de la información**, v. 29, n. 1, p. 1-20, 2020.

MOREIRA NETO, R. F. *et al.* Rainwater treatment in airports using slow sand filtration followed by chlorination: Efficiency and costs. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 65, p. 124-129, 2012.

MOREIRA, P. S. DA C.; GUIMARÃES, A. J. R.; TSUNODA, D. F. QUAL FERRAMENTA BIBLIOMÉTRICA ESCOLHER? Um estudo comparativo entre *softwares*. **P2P E INOVAÇÃO**, v. 6, p. 140-158, 2020.

MUNIR, T. *et al.* A Systematic Review of Internet of Things in Clinical Laboratories: Opportunities, Advantages, and Challenges. **Sensors**, v. 22, 2022.

NADDEO, V.; SCANNAPIECO, D.; BELGIORNO, V. Enhanced drinking water supply through harvested rainwater treatment. **Journal of Hydrology**, v. 498, p. 287-291, 2013.

NALWANGA, R.; MUYANJA, C. K.; MCGUIGAN, K. G.; QUILTY, B. A study of the bacteriological quality of roof-harvested rainwater and an evaluation of SODIS as a suitable treatment technology in rural Sub-Saharan Africa. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 3, p. 3648-3655, 2018.

NIGAY, P. M. *et al.* Assessment of Ceramic Water Filters for the Removal of Bacterial, Chemical, and Viral Contaminants. **Journal of Environmental Engineering**, v. 146, n.7, 2020.

NJEW, J. B.; SHIKUKU, V. O. Recent advances and issues in the application of activated carbon for water treatment in Africa: A systematic review (2007-2022). **Applied Surface Science Advances**, v. 18, 2023.

NOYONS, E. C. M.; MOED, H. F.; LUWEL, M. Combining mapping and citation analysis for evaluative bibliometric purposes: A bibliometric study. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 50, n. 2, p. 115-131, 1999.

OLIVEIRA, R.; LOHMANN, G.; OLIVEIRA, A. A systematic review of the literature on air transport networks (1973- 2021). **Journal of Air Transport Management**, v. 103, 2022.

OLLILA, H. *et al.* Face masks to prevent transmission of respiratory infections: Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials on face mask use. **Plos One**, 2022.

ONU _ Unidas Organizações das Nações. **OMS: Acesso à água limpa pode salvar 1,4 milhão de vidas**. 2023. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2023/06/1816807>. Acesso em: 26 ago. 2023.

PAGE, M. J. *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. **The BMJ**, v. 372, n.160, 2021a.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 134, p. 178-189, 1 jun. 2021b.

PAREDES, L. *et al.* Understanding the fate of organic micropollutants in sand and granular activated carbon biofiltration systems. **Science of The Total Environment**, v. 551-552, p. 640-648, 2016.

PARK, H. Y. *et al.* Quality Reporting of Systematic Review and Meta-Analysis According to PRISMA 2020 Guidelines: Results from Recently Published Papers in the Korean Journal of PATI, D.; LORUSSO, L. N. How to Write a Systematic Review of the Literature. **Health Environments Research and Design Journal**, v. 11, n. 1, p. 15-30, 2018.

PATTNAIK, D. *et al.* Trade credit research before and after the global financial crisis of 2008 -A bibliometric overview. **Research in International Business and Finance**. Elsevier, 2020.

PAVÓN, J. L. *et al.* Determination of trihalomethanes in water samples: A review. **Analytica Chimica Acta**, v. 629, p. 6-23, 2008.

PINEDA, E.; GUAYA, D.; RIVERA, G.; GARCÍA-RUIZ, M. J.; OSORIO, F. Rainwater treatment: an approach for drinking water provision to indigenous people in Ecuadorian Amazon. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 19, n. 9, p. 8769-8782, 2022.

PRANCKUTĖ, R. Web of Science (Wos) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. **PublicationsMDPI AG**, 2021.

PRATISCO, E.; THOMPSON, N.; POTDAR, V. Immersive technologies for tourism: a systematic review. **Information Technology & Tourism**, v. 24, p. 181-219, 2022.
Radiology. **Korean Journal of Radiology**, v. 23, n. 3, p. 355-369, 2022.

Revisão sistemática: noções gerais. **Rev Esc Enferm USP**, v. 45, n. 5, p. 1260-1266, 2011.

REYNEKE, B. *et al.* Decentralised solar-based water treatment - Bridging the last mile to water security in low- and middle-income countries? **Water Security**, v. 20, 2023.

REYNEKE, B.; CLOETE, T. E.; KHAN, S.; KHAN, W. Rainwater harvesting solar pasteurization treatment systems for the provision of an alternative water source in peri-urban informal settlements. **Environmental Science: Water Research and Technology**, v. 4, n. 2, p. 291-302, 2018.

REYNEKE, B.; NDLOVU, T.; VINCENT, M. B.; *et al.* Validation of large-volume batch solar reactors for the treatment of rainwater in field trials in sub-Saharan Africa. **Science of the Total Environment**, v. 717, 2020.

RICO-PENÑA, J. J.; ARGUEDAS-SANZ, R.; LÓPEZ-MARTIN, C. Models used to characterise blockchain features. A systematic literature review and bibliometric analysis. **Technovation**, v. 123, 2023.

SABOGAL-PAZ, L. P.; CAMPOS, L. C.; BOGUSH, A.; CANALES, M. Household slow sand filters in intermittent and continuous flows to treat water containing low mineral ion concentrations and Bisphenol A. **Science of the Total Environment**, v. 702, 2020.

SALVADOR, P. *et al.* Uso do *software* IRAMUTEQ nas pesquisas brasileiras da área da saúde: uma scoping review. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, 2018.

SAMPAIO; MANCINI. Estudos de Revisão Sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista brasileira de fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007.

SAPNA, S. *et al.* Prevalence and incidence of oral cancer and pre-cancerous lesions in indigenous populations: a systematic review protocol. **JBIM Evidence Synthesis**, v. 22, n. 6, p. 1177-1186, 2024.

SCI2 TEAM. Science of Science (Sci2) Tool. 2009. Disponível em: <https://sci2.cns.iu.edu/user/index.php>. Acesso em: 10 maio. 2023.

SHAMSEER, L. *et al.* Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (prisma-p) 2015: Elaboration and explanation. **BMJ (Online)**, 2015.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. **Annu. Rev. Psychol**, v. 70, p. 747-770, 2019.

SILVA, B. *et al.* A systematic review on social currency: a one- decade perspective. **Journal of Financial Services Marketing**, v. 2023.

SILVA, G. C.; TIBA, C.; CALAZANS, G. M. Solar pasteurizer for the microbiological decontamination of water. **Renewable Energy**, v. 87, p. 711-719, 2016.

SILVA, L.; ARAÚJO, H. Systematic review on homosexuality and the lesbian, gay, bisexual, transvestite, transsexuals, and transgender population. **Estudos de Psicologia**, v. 40, 2023.

SILVEIRA, L. R. *et al.* Filtros de baixo custo para a remoção de turbidez: uma aplicação em amostra sintética e do manancial Ribeirão Descoberto. **Engineering and Science**, v. 1, p. 15-24, 2019.

SIMMONS, G. *et al.* Contamination of potable roof-collected rainwater in auckland, New Zealand. **Water Research**, v. 35, n. 6, p. 1518-1524, 2001.

SINGH, V. K. *et al.* The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, v. 126, n. 6, p. 5113-5142, 2021.

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

SOARES, P. B. *et al.* Análise bibliométrica da produção científica brasileira sobre Tecnologia de Construção e Edificações na base de dados Web of Science. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 175-185, 2016.

SONG, K.; TAGHIPOUR, M. Application of ultraviolet light-emitting diodes (UV-LEDs) for water disinfection: A review. **Water Research**, v. 94, p. 341-349, 2016.

SOSTHENE, K. M; GAHI, N. Low Cost Filtration of Domestic Wastewater for Irrigation Purpose. **World Journal of Engineering and Technology**, v. 6, n. 3, 2018.

SOUZA, M. *et al.* The use of IRAMUTEQ *software* for data analysis in qualitative research. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, 2018.

STERNE, J. *et al.* RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. **The BMJ**, 2019.

STRAUSS, A.; DOBROWSKY, P. H.; NDLOVU, T.; REYNEKE, B.; KHAN, W. Comparative analysis of solar pasteurization versus solar disinfection for the treatment of harvested rainwater. **BMC Microbiology**, v. 16, n. 1, 2016.

STRAUSS, A.; REYNEKE, B.; WASO, M.; KHAN, W. Compound parabolic collector solar disinfection system for the treatment of harvested rainwater. **Environmental Science: Water Research and Technology**, v. 4, n. 7, p. 976-991, 2018.

SUNDAR, K. P.; KANMANI, S. Design and evaluation of zero-energy UVC-LED reactor fitted with hand pump system for disinfection. **Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA**, v. 70, n. 1, p. 77-88, 2021.

THOMAS, R. M. Studies on the quality of rainwater at various land use locations and variations by interaction with domestic rainwater harvesting systems. 2009. 140 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade de Ciência e Tecnologia de Cochin, Cochin, 2009. Disponível em: <https://shodhganga.inflibnet.ac.in/handle/10603/2052?mode=full>. Acesso em: 28 ago. 2023.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. *Software* survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010.

VILLAGÓMEZ-MÁRQUEZ, N. *et al.* Organic micropollutants measured in roof-harvested rainwater from rural and urban environmental justice communities in Arizona. **Science of the Total Environment**, v. 876, p. 1-10, 2023.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. v. 1. 470 p.

WAFFENSCHMIDT, S. *et al.* Single screening versus conventional double screening for study selection in systematic reviews: A methodological systematic review. **BMC Medical Research Methodology**, v. 19, n. 1, 28 jun. 2019.

WANG, Z. *et al.* Error rates of human reviewers during abstract screening in systematic reviews. **PLoS ONE**, v. 15, n.1, p1-8, 2020.

WASO, M.; KHAN, S.; SINGH, A.; *et al.* Predatory bacteria in combination with solar disinfection and solar photocatalysis for the treatment of rainwater. **Water Research**, v. 169, 2020.

WILSON, R. T. Out-of-home advertising: a bibliometric review. **International Journal of Advertising**, 2023.

WISBECK, E. *et al.* Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Eng Sanit Ambient**, v. 16 n. 4, p. 337-342, 2011.

WU, Z. *et al.* A multiple regression model framework for designing a UVC LED reactor for point-of-use water treatment. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 7, p. 1516-1529, 2021.

XIAO, P.; XIAO, F.; LIU, L.; ZHAO, Y.; XIAO, H. The purification of rainwater with nanofiltration membrane. **Desalination and Water Treatment**, v. 192, p. 54-60, 2020.

XIAO, X. *et al.* Biological mechanism of alleviating membrane biofouling by porous spherical carriers in a submerged membrane bioreactor. **Science of The Total Environment**, v. 792, 2021.

XU, C. *et al.* A Bibliometric Analysis of Global Research on Japanese Encephalitis From 1934 to 2020. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 12, 2022.

XU, J.; DU, X.; ZHAO, W.; *et al.* Roofing rainwater cleaner production using pilot-scale electrocoagulation coupled with a gravity-driven membrane bioreactor (EC-GDMBR): Water treatment and energy efficiency. **Journal of Cleaner Production**, v. 314, 2021.

XU, J.; KANG, Q.; SONG, Z. The current state of systematic reviews in library and information studies. **Library and Information Science Research**, v. 37, n. 4, p. 296-310, 2015.

YANG, S. *et al.* Visualizing the intellectual structure of information science (2006-2015): Introducing author keyword coupling analysis. **Journal of Informetrics**, v. 10, n. 1, p. 132-150, 1 fev. 2016.

YANG, Y.; WU, M.; CUI, L. Integration of three visualization methods based on co-word analysis. **Scientometrics**, v. 90, n. 2, p. 659-673, 2012.

YILDIZ, B. S. Water and wastewater treatment: biological processes. **Metropolitan Sustainability**, p. 406-428, 2018.

YU, Y.; CHEN, X.; WANG, Y.; *et al.* Producing and storing self-sustaining drinking water from rainwater for emergency response on isolated island. **Science of the Total Environment**, v. 768, 2021.

ZHAO, Y.; WANG, XIUYAN; LIU, C.; *et al.* Purification of harvested rainwater using slow sand filters with low-cost materials: Bacterial community structure and purifying effect. **Science of the Total Environment**, v. 674, p. 344-354, 2019.

ZHENG, K.; WU, F. P.; LI, X. F.; YAN, X.; MA, K. Treatment of cellar rainwater by multi-dimensional electrode electro-flocculation/submerged ultrafiltration. **Desalination and Water Treatment**, v. 217, p. 83-90, 2021.

ZIPF, M. S.; PINHEIRO, I. G.; CONEGERO, M. G. Simplified greywater treatment systems: Slow filters of sand and slate waste followed by granular activated carbon. **Journal of Environmental Management**, v. 176, p. 119-127, 2016.

ZUPIC, I.; ČATER, T. Bibliometric Methods in Management and Organization. **Organizational Research Methods**, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015.

ANEXO A - CHECKLIST TRADUZIDO DO ESTUDO TRANSVERSAL DO JBI

Quadro 11 - Checklist traduzido do JBI

Perguntas	Descrições
1. Os critérios de inclusão na amostra foram claramente definidos?	Os autores devem fornecer critérios claros de inclusão e exclusão que desenvolveram antes do recrutamento dos participantes no estudo. Os critérios de inclusão/exclusão devem ser especificados (por exemplo, risco, fase de progressão da doença) com pormenor suficiente e com toda a informação necessária e crítica para o estudo.
2. Os sujeitos do estudo e o contexto foram descritos em pormenor?	A amostra do estudo deve ser descrita com pormenor suficiente para que outros investigadores possam determinar se é comparável à população que lhes interessa. Os autores devem fornecer uma descrição clara da população a partir da qual os participantes do estudo foram selecionados ou recrutados, incluindo dados demográficos, localização e período de tempo.
3. A exposição foi medida de forma válida e fiável?	O estudo deve descrever claramente o método de medição da exposição. A avaliação da validade exige a existência de um "padrão de ouro" com o qual a medida possa ser comparada. A validade da medição da exposição está normalmente relacionada com a adequação de uma medida atual ou com a necessidade de uma medida da exposição passada. A fiabilidade refere-se aos processos incluídos num estudo epidemiológico para verificar a repetibilidade das medições das exposições. Estes processos incluem normalmente a fiabilidade intra-observador e a fiabilidade inter-observador.
4. Foram utilizados critérios objetivos e normalizados para a medição da doença?	É útil determinar se os doentes foram incluídos no estudo com base num diagnóstico ou definição especificados. É mais provável que isto diminua o risco de enviesamento. As características são outra abordagem útil para fazer corresponder os grupos, e os estudos que não utilizaram métodos ou definições de diagnóstico especificados devem fornecer evidências sobre a correspondência por características-chave.
5. Foram identificados fatores de confusão?	A confusão ocorre quando o efeito estimado da exposição à intervenção é enviesado pela presença de alguma diferença entre os grupos de comparação (para além da exposição investigada/de interesse). Os fatores de confusão típicos incluem características de base, fatores de prognóstico ou exposições concomitantes (por exemplo, tabagismo). Um fator de confusão é uma diferença entre os grupos de comparação e influencia a direção dos resultados do estudo. Um estudo de elevada qualidade ao nível da conceção de coortes identificará os potenciais fatores de confusão e medi-los-á (sempre que possível). Isto é difícil para os estudos em que os fatores comportamentais, de atitude ou de estilo de vida podem ter impacto nos resultados.
6. Foram indicadas estratégias para lidar com	As estratégias para lidar com os efeitos dos fatores de

os fatores de confusão?	confusão podem ser tratadas na conceção do estudo ou na análise dos dados. Ao fazer corresponder ou estratificar a amostragem dos participantes, os efeitos dos fatores de confusão podem ser ajustados. Ao lidar com o ajustamento na análise de dados, avaliar as estatísticas utilizadas no estudo. Na maior parte dos casos, haverá alguma forma de análise de regressão multivariada para ter em conta os fatores de confusão medidos.
7. Os resultados foram medidos de forma válida e fiável?	Leia a secção de métodos do documento. Se, por exemplo, o cancro do pulmão for avaliado com base em definições ou critérios de diagnóstico existentes, é provável que a resposta a esta pergunta seja afirmativa. Se o cancro do pulmão for avaliado utilizando escalas relatadas pelo observador ou autorrelatadas, o risco de sobre ou subnotificação aumenta e a objetividade fica comprometida. É importante determinar se as ferramentas de medição utilizadas foram instrumentos validados, uma vez que isso tem um impacto significativo na validade da avaliação do resultado. Depois de estabelecida a objetividade do instrumento de medição do resultado (por exemplo, cancro do pulmão), é importante estabelecer a forma como a medição foi realizada. As pessoas envolvidas na recolha de dados receberam formação ou treino para a utilização do(s) instrumento(s)? (por exemplo, radiologistas). Se houve mais do que um coletor de dados, eram semelhantes em termos de nível de educação, experiência clínica ou de investigação, ou nível de responsabilidade na parte da investigação que está a ser avaliada?
8. Foi utilizada uma análise estatística adequada?	Tal como acontece com qualquer análise estatística, deve ser considerado se existia um método estatístico alternativo mais adequado que pudesse ter sido utilizado. A secção dos métodos deve ser suficientemente pormenorizada para que os revisores possam identificar as técnicas analíticas utilizadas (em particular, regressão ou estratificação) e a forma como os fatores de confusão específicos foram medidos. Para os estudos que utilizam a análise de regressão, é útil identificar se o estudo identificou quais as variáveis que foram incluídas e como se relacionaram com o resultado. Se a estratificação foi a abordagem analítica utilizada, os estratos de análise foram definidos pelas variáveis especificadas? Além disso, também é importante avaliar a adequação da estratégia analítica em termos dos pressupostos associados à abordagem, uma vez que os diferentes métodos de análise se baseiam em pressupostos diferentes sobre os dados e a forma como estes respondem.

Fonte: Adaptado do JBI (2024).

ANEXO B - SÍNTESES DOS ESTUDOS

Quadro 12 - Sínteses de tecnologias de filtração

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Classificação
Jordan <i>et al.</i> (2008)	Neste estudo, foi examinado a qualidade da água de chuva colhida em cisternas em um ambiente urbano desértico e testou a viabilidade de produzir água de alta qualidade a partir da água captada em telhados. Utilizou-se um sistema de filtração residencial no ponto de uso (POU) e desinfecção UV, avaliando sua eficácia na remoção de coliformes fecais e vírus com água armazenada por mais de dez meses, além de monitorar o desempenho durante eventos pluviométricos subsequentes. Também foram discutidas recomendações para manter bons sistemas de coleta de água em telhados com dispositivos POU.	No estudo, 11 cisternas de propriedade privada em Tucson, EUA, foram regularmente amostradas para avaliar a qualidade da água da chuva. Uma cisterna foi monitorada mensalmente por seis meses, enquanto as outras dez foram amostradas no verão e no inverno de 2004. Nenhuma delas possuía dispositivos de primeira descarga. Em um estudo de acompanhamento, duas cisternas foram equipadas com sistemas de primeira descarga e tratamento de água POU, incluindo filtração e desinfecção UV. A qualidade da água foi analisada relação a parâmetros químicos e microbiológicos, como coliformes totais e EC. A eficácia do sistema de desinfecção UV foi testada com água fortificada com EC e bacteriófago MS2. Os dados foram analisados estatisticamente para determinar correlações e diferenças significativas.	As 11 cisternas analisadas eram de aço galvanizado, concreto ou material sintético, e os telhados variavam em material. A qualidade da água foi avaliada em termos físico-químicos e microbiológicos em duas estações (verão e inverno). Em geral, os parâmetros como turbidez, dureza, sulfato e TDS foram maiores no verão. Apenas chumbo, zinco e turbidez excederam os padrões de água potável da <i>United States Environmental Protection Agency</i> (USEPA) em algumas cisternas. Os constituintes microbiológicos foram mais frequentes no verão. Assim, bactérias heterotróficas foram detectadas em todas as amostras, coliformes totais em 10 de 11 cisternas no verão e 9 de 10 no inverno, e enterococos em todas as amostras de verão e 64% das de inverno. A EC foi encontrada em 30% das amostras de verão, mas não foi detectada no inverno. As duas cisternas do estudo de acompanhamento equipadas com dispositivos de primeira descarga, apresentaram qualidade da água geralmente boa, com baixa turbidez e pH aceitável. Após a filtração e desinfecção UV, houve uma redução significativa em bactérias heterotróficas e coliformes totais, ademais a EC e enterococos não foram detectados após o tratamento. Testes controlados confirmaram a eficácia do sistema de desinfecção UV, mostrando uma redução significativa de EC e bacteriófago MS2 após a desinfecção. Portanto, essa pesquisa mostra que a qualidade da água de chuva captada pode melhorar muito em áreas urbanas áridas com medidas adequadas de filtração. Além disso, a qualidade da água depende do material do telhado e da	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Entretanto, não foi muito claro em todos valores numéricos de remoção para aumentar a transparência completa e detalhada dos resultados. Além disso, não apresentou de forma clara as análises estatísticas dos dados coletados. Durante o processo de tratamento da água, essas análises devem ser apropriadas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados.

			limpeza regular da superfície de captação. Por fim, é importante manter o sistema de primeira descarga e a filtração/desinfecção para evitar o recrescimento bacteriano e garantir a segurança da água potável.	
Garrido <i>et al.</i> (2011)	No estudo foi desenvolvido um sistema piloto modificado de filtração em vários estágios foi projetado, desenvolvido e avaliado para o tratamento de diferentes qualidades de água da chuva coletadas em três comunidades rurais.	Na pesquisa dez amostras de água da chuva foram analisadas entre 2004 e 2007, com análises físico-químicas e microbiológicas. O <i>Jar test</i> foi utilizado para avaliar a redução de matéria dissolvida, suspensa, coloidal e não sedimentável por coagulação-floculação química seguida de decantação por gravidade, utilizando sulfato de alumínio, cloreto férrico, poliacrilamida (BUFLOC) e polímero de alto peso molecular (PAX). Além disso, foi empregada a Filtração Multiestágio Modificada (MMSF), que utilizou dois filtros de cascalho, um para fluxo descendente (GFDL1) e outro para fluxo ascendente (GFUL2), e um filtro de areia lenta (SSF) para eliminação gradual de sólidos e desinfecção final. Os parâmetros de design e o tamanho da filtração foram ajustados conforme necessário, com a coagulação e floculação, utilizando gradientes de velocidade e tempos nominais específicos para otimizar o processo.	Os resultados mostraram que a qualidade da água da chuva coletada varia conforme o tipo de solo. Assim, água apresenta alta cor verdadeira quando o solo é orgânico, já com solo calcário e argiloso, apresenta alto pH e dureza. Outrossim, as amostras coletadas na estação seca mostraram maior deterioração da qualidade da água devido a processos biológicos e evapotranspiração. Com o teste piloto de tratabilidade o coagulante $Al_2(SO_4)_3$ a 1% com dose de 30-40 mg/L foi o mais eficaz na remoção de turbidez e cor aparente, especialmente na água da chuva de Villa Nicolás Zapata. No laboratório a MMSF, os resultados indicaram alta eficiência na remoção de turbidez e cor, atendendo à norma mexicana NOM-127-SSA1-1994 para uso e consumo humano. Nos sistemas MMSF localizados em Ajuchitlán e Villa Nicolás Zapata mostraram alta eficiência na eliminação de turbidez e cor, garantindo água de boa qualidade, com pH adequado, baixos níveis de alumínio e ferro, ausência de coliformes e cloro residual suficiente para desinfecção. Assim, com base nos resultados dos testes e estudos locais, foi desenvolvido um projeto executivo do sistema MMSF nas localidades de Villa Nicolás Zapata e Ajuchitlán, com fornecimento de água de 50 e 185 litros por habitante por dia, respectivamente. O sistema incluía coleta, armazenamento, tratamento da água da chuva e distribuição aos usuários. Logo, água da chuva coletada é uma excelente alternativa para o abastecimento humano em áreas sem sistemas de água adequados, especialmente se combinada com sistema como MMSF que demonstrou eficiência para diversas qualidades de água da chuva.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, pois muitas informações não foram fornecidas para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não apresentou para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento.
Sabogal-	Usaram dois filtros de	Os filtros de areia horizontal de fluxo	Os resultados mostraram que no I-HSSF, a	Este estudo, na

Paz <i>et al.</i> (2020)	areias lentos domésticos (HSSF) em escala piloto e operados em fluxos contínuos e intermitentes, avaliados para tratar água contendo BPA e baixas concentrações de íons minerais.	subsuperficial (HSSFs) foram construídos em acrílico, um operando intermitentemente (I-HSSF) e o outro continuamente (C-HSSF). Além disso, os filtros, protegidos da luz, continham camadas de areia fina, areia grossa, brita fina e brita grossa. A areia fina foi caracterizada por uma composição química específica e lavada antes de ser usada. Ademais, um tecido sintético não tecido foi colocado no topo do meio filtrante. Já a água deionizada foi usada para preparar os filtros. Os filtros foram operados por 90 dias, tratando água contaminada com BPA, e foram limpos regularmente para remover contaminantes. Ainda, as amostras de água foram coletadas diariamente e analisadas quanto a vários parâmetros de qualidade. Análises estatísticas foram realizadas para comparar os dados das amostras de água.	concentração do traçador mostrou um aumento inicial significativo, atribuído à diluição pela cabeça hidráulica do filtro. Após duas alimentações, o traçador começou a sair do filtro, confirmando o comportamento de um reator de fluxo plug. O índice de dispersão média (IDM) caracterizou o sistema dentro dos parâmetros esperados para esse tipo de reator. Já No C-HSSF, a taxa de retenção hidráulica (TRH) e o modelo reatores de tanque agitado N-contínuo (N-CSTR) indicaram um comportamento similar, também confirmando o reator de fluxo plug. No funcionamento do HSSF, a turbidez da água filtrada aumentou, possivelmente devido à lixiviação do meio filtrante e à baixa turbidez inicial da água afluyente. A condutividade e o pH também aumentaram após a filtração, sugerindo a presença de íons lixiviados do meio filtrante. Além disso, variação de temperatura e oxigênio dissolvido foi mínima e não apresentou diferenças significativas entre os filtros. A remoção de BPA e DQO foi ineficaz, sugerindo a necessidade de um pós-tratamento com carvão ativado. A eficiência na remoção de coliformes totais foi menor do que em estudos anteriores, devido à necessidade de limpeza frequente dos filtros. Outrossim, a água filtrada mostrou aumentos nas concentrações de vários íons, indicando um processo de mineralização. Por fim, a análise do biofilme revelou a presença de íons essenciais para o desenvolvimento da camada biológica. Sendo assim, é necessário, pesquisas adicionais são necessárias para otimizar o crescimento microbiano em biofilmes HSSF, melhorando o desempenho do filtro.	qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Porém, não foi muito claro nos padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais adotados. Além disso, não apresentou de forma clara as características e origem da água utilizada para o tratamento. Durante o tratamento da água, essas análises precisam ser adequadas para assegurar que os resultados sejam válidos e confiáveis.
He <i>et al.</i> (2020)	No estudo foi avaliado a remoção de matéria orgânica e precursores dos CX3DBPs tipo R das águas pluviais, usando coagulação-	Os C-DBPs avaliados foram os trihalometanos (THMs) e haloaldeídos (HALs) e os N-DBPs foram haloacetanitrilas (HANs), haloacetamidas, (HAMs) e halonitromethanes (HNMs). O estudo utilizou produtos químicos de grau analítico para avaliar a remoção de matéria orgânica e a	Os resultados mostraram que os sistemas de filtração individual (SF e GAC) foram mais eficazes, com GAC removendo mais COD que SF. A combinação SF + GAC apresentou a maior eficiência na redução de DOC, UV254 e NOD, devido à remoção inicial de macromoléculas por SF, seguido pela remoção	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, embora o artigo tenha

	sedimentação (CS), filtração de areia (SF), filtração por carvão ativado (GAC) ou suas combinações, além disso investigaram a formação de CX3DBPs tipo R, incluindo subprodutos da desinfecção carbonácea (C-DBPs) e subprodutos da desinfecção nitrogenada (N-DBPs), e ainda avaliaram a toxicidade integrada dos CX3DBPs tipo R formados durante a clor(am)inação após diferentes tratamentos.	formação de DBPs. A água da chuva foi coletada na Universidade de Tongji e caracterizada, comparando-se com amostras de águas superficiais do reservatório de Qingcaosha e do lago Taihu. Experimentos de coagulação e filtração (CS e SF/GAC) foram realizados para tratar a água da chuva, medindo parâmetros como COD, NOD, UV254. Ensaios de formação de DBPs foram conduzidos em condições controladas, analisando diferentes espécies de DBPs usando técnicas avançadas de cromatografia e espectrofotometria.	adicional de orgânicos por GAC. Além disso, o GAC foi mais eficiente que SF na redução da formação de THMs e HALs durante a cloração e cloraminação. Ademais, a combinação de SF e GAC foi eficaz, no entanto menos que a soma dos tratamentos individuais. O GAC demonstrou remover precursores de DBP de alta reatividade, enquanto SF teve impacto limitado. Analisou-se que o GAC superou SF na redução de DCAN e DCAM. Além disso, combinação GAC + SF foi comparável na redução de DCAN durante a cloraminação. E ainda, o tratamento com GAC, especialmente combinado com SF, reduziu significativamente o risco tóxico integrado de DBPs, com maior eficácia observada na cloraminação. Por fim, a desinfecção por GAC e cloramina foi a mais custo-efetiva na mitigação do risco tóxico global de DBPs para água de chuva. Portanto, SF mais GAC é um método eficaz para a remoção de precursores de DBPs de águas pluviais, destacando-se pela eficiência na redução de compostos orgânicos e no controle do risco tóxico associado à formação de DBPs.	apresentado a maioria das informações de maneira detalhada, algumas informações foram pouco claras ou ausente, isto é, não foi apresentada todas as informações numéricas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados. Além disso, não comparou os resultados com os padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais.
Chai <i>et al.</i> (2019)	No estudo, quatro barris de chuva foram instalados para avaliar a eficácia do uso de ceramsite biológica e <i>Cyperus alternifolius</i> na remoção de contaminantes e na melhoria da qualidade da água	Os barris foram configurados para diferentes condições: dois barris (B1 e B2) armazenaram água da primeira descarga e escoamento do telhado com água da primeira descarga desviada, enquanto outro foi preenchido com ceramsite biológica (B3) e o último (B4) contou com ceramsite biológica e plantas de <i>Cyperus alternifolius</i> . O estudo analisou o desempenho dos barris de chuva, monitorando variações de DQO, NH ₄ ⁺ -N, NT, PT, turbidez e clorofila-a. Além disso, comparou-se os níveis desses parâmetros com os Padrão de Qualidade do Ambiente de Águas Superficiais (SEPA 2002) para avaliar a eficácia da estratégia na gestão da qualidade da água do escoamento armazenado.	Os resultados indicaram que o desempenho de remoção orgânica e de nutrientes variou entre os diferentes tratamentos ao longo dos 8 meses de estudo. Em B1 e B2, a DQO e o NT não mantiveram níveis aceitáveis a longo prazo, enquanto B3 e B4 apresentaram melhor desempenho, especialmente B4, que combinou ceramsite biológica com <i>Cyperus alternifolius</i> . A ceramsite biológica mostrou-se eficaz na adsorção de poluentes e na formação de biofilmes, enquanto <i>Cyperus alternifolius</i> contribuiu significativamente para a remoção de nutrientes, como NH ₄ ⁺ -N e PT, devido à sua alta biomassa e capacidade de absorção. Além disso, B4 mostrou melhor controle da turbidez e da clorofila a, indicando um potencial maior para manter a qualidade da água da chuva armazenada. No entanto, poluentes externos influenciaram	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Embora os dados numéricos tenham sido fornecidos em detalhes para maioria das informações, para alguns resultados não se mostraram

			negativamente os resultados em todos os barris. A combinação de ceramsite biológica com <i>Cyperus alternifolius</i> demonstrou ser a abordagem mais eficaz para a remoção de DQO, NT e PT, além de controlar a turbidez e a clorofila a, destacando seu potencial para sistemas de armazenamento de água da chuva. Portanto, utilizar ceramsite biológica e <i>Cyperus alternifolius</i> para melhorar a qualidade da água em pequenas cisternas de águas pluviais é uma estratégia promissora para incentivar o uso da captação de água da chuva.	totalmente claro
Alim <i>et al.</i> (2021)	O estudo investigou a viabilidade unidade integrada de captação de água de chuva (IRWHU) para fornecer água potável em nível domiciliar. Além disso, o estudo explorou métodos de preservação, desinfecção e fortificação mineral para o sistema proposto.	. O sistema inclui calhas, tubos, e um tanque de 2000 L para coletar e armazenar água da chuva, utilizando a gravidade para filtração, evitando a necessidade de uma bomba. Ademais, um pluviômetro registrou os padrões de precipitação local, e um piezômetro monitorou o nível de água no tanque. Já a unidade de filtração usava areia, carvão, pano de queijo, calcário e cascalho. E ainda, todos os materiais em contato com a água foram de qualidade alimentar para evitar quaisquer riscos potenciais para a saúde e os materiais filtrantes foram preparados adequadamente antes do uso. Amostras de água foram coletadas antes e após a filtração, semanalmente por quatro meses, para análise em laboratório. No procedimento analítico foram utilizados equipamentos especializados para medir nitratos, nitritos, amônia, pH e COT.	Os resultados mostraram que o sistema IRWHU produziu entre 14,2-16,8 L/h de água filtrada, com uma média de 14,5 L/h (348 L/dia). Durante quatro meses, a produção variou de 14,85 a 16,8 L/h, indicando eficiência estável. Além disso, a água da chuva foi considerada limpa devido à instalação da primeira câmara de descarga e à ausência de árvores ao redor do telhado. Após quatro meses, partículas de areia foram encontradas devido à degradação do pano de queijo, recomendando a substituição por malha de aço inoxidável e adição de camadas de areia mais fina. Outrossim, a análise da qualidade da água mostrou que, após a filtração, os parâmetros estavam dentro dos limites das diretrizes australianas, exceto pelo teor de ferro devido à ferrugem do telhado. Além disso, a água filtrada apresentou níveis seguros de EC e ausência de metais pesados acima dos limites permitidos. Já a desinfecção foi realizada por cloração com solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) que se mostrou eficaz. O nível de dosagem recomendado é de 3 mg/L, atendendo os padrões de água de Sydney, Austrália. Ademais, de acordo com a OMS, o tempo de contato deve ser de pelo menos 30 minutos, para garantir a desinfecção. Assim, a água clorada permaneceu potável por pelo menos uma semana, embora a concentração de cloro diminuísse ao longo do tempo, indicando cloração	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, uma vez que apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Apesar dos dados numéricos tenham sido fornecidos em detalhes para maioria das informações, para alguns resultados não se mostraram totalmente claro.

			antes do consumo. A água tratada foi fortificada com sódio, assim a adição de sal de cozinha (90 mg em um litro de água da chuva filtrada) aumentou a condutividade elétrica da água, aproximando-se dos níveis da água da torneira de Sydney, sem alterar significativamente o pH. Por fim, o estudo também recomenda fonte alimentares, uma vez que a água da chuva carece de minerais essenciais como cálcio, magnésio, ferro e flúor, nesse sentido uma dieta balanceada é necessária para compensar essa deficiência, com alimentos ricos nesses nutrientes. Logo, a implementação deste sistema pode oferecer uma solução sustentável e econômica para o problema da escassez de água.	
Ahammed e Meera (2006)	O estudo avaliou a eficácia da areia revestida com hidróxido de ferro como meio de filtração/adsorção para remover vários contaminantes da água da chuva, visando sua incorporação em dispositivos domésticos de purificação de água para uso em países em desenvolvimento.	Os contaminantes avaliados foram bactérias, chumbo e zinco. A remoção de bactérias foi medida usando coliformes totais, coliformes fecais e HPC. Foram realizados testes de coluna de curta e longa duração utilizando água da chuva coletada de diferentes superfícies de telhados com características variadas. Nos procedimentos experimentais a areia de rio foi peneirada, lavada e seca antes de ser revestida com hidróxido de ferro. Além disso, a areia foi tratada com cloreto férrico e hidróxido de amônio, enxaguada para remover precipitados soltos e armazenada em frascos de plástico à temperatura ambiente. As amostras de água da chuva foram coletadas de dois telhados diferentes (concreto e ferro galvanizado) em uma área residencial próxima a uma rodovia. Ademais, as amostras foram armazenadas em frascos de plástico e aquecidas à temperatura ambiente antes dos testes. Em alguns testes, a água da chuva foi enriquecida com esgoto para aumentar os níveis de bactérias. Nos testes de colunas foram preenchidas com areia revestida ou não revestida e a água da chuva foi	Os resultados mostraram que os testes de coluna utilizando água da chuva coletada de um telhado de concreto demonstraram que a areia revestida com hidróxido de ferro foi eficaz na remoção de coliformes totais e fecais, mantendo a turbidez e os níveis de bactérias heterotróficas baixos. Já nos testes intermitentes, duplicando o padrão de uso de dispositivos de purificação de água, a areia revestida manteve-se mais eficiente que a não revestida e apresentou melhora gradual devido ao desenvolvimento de biofilme. Os testes com escoamento de telhado de ferro galvanizado, contendo altos níveis de metais pesados, mostraram que a remoção bacteriana pela areia revestida não foi afetada pelos metais. Além disso, testes com água da chuva contaminada com esgoto para avaliar o efeito do pH mostraram que a faixa de pH estudada não influenciou a remoção bacteriana, e os revestimentos de ferro permaneceram estáveis. Logo, esses resultados indicam o potencial da areia revestida para uso em dispositivos simples de purificação de água em países em desenvolvimento.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, apesar do fornecimento de quase todas as informações. No entanto, no geral, não mostrou de modo detalhado para alta confiabilidade na pesquisa apresentada.

		passada por elas usando fluxo por gravidade. Outrossim, foram realizados testes contínuos e intermitentes para avaliar a remoção de coliformes totais, coliformes fecais, HPC e turbidez. Além disso, também foram realizados testes para estudar a remoção simultânea de bactérias e metais pesados, bem como o efeito do pH na remoção bacteriana.		
Anoob e Meera (2022)	O estudo explora a utilização de nanopartículas de prata, sintetizadas biologicamente com extrato de frutos de mamão, revestidas em areia para tratamento de águas pluviais coletadas em telhados. Os principais objetivos foram: síntese biológica das nanopartículas de prata, utilizando extrato de frutos de mamão, posteriormente revestidas em areia e a realização de múltiplos testes de coluna de longa duração para otimizar a eficiência de remoção bacteriana da areia revestida com nanoprata no tratamento de águas pluviais.	Nos procedimentos experimentais a caracterização das nanopartículas foi realizada por meio das técnicas de espectroscopia de energia dispersiva (EDS) e difração de raios X (DRX). A análise EDS confirmou a presença de prata no meio filtrante, enquanto a análise DRX determinou o tamanho dos cristalitos das nanopartículas com 43,8 nm. Além disso, foram otimizados dois parâmetros fundamentais de filtração, a profundidade do leito filtrante e tempo de contato com o leito vazio (EBCT), para maximizar a eficiência na remoção de coliformes fecais da água da chuva captada no telhado.	A areia revestida com nanoprata sintetizada com extrato de mamão apresentou partículas menores que 100 nm e um cristalito de 43,8 nm, conforme confirmado pelo espectro DRX. Quanto aos testes de coluna com água de chuva e esterco de vaca demonstraram a eficiência da areia revestida com nanoprata e areia revestida com prata na remoção de coliformes fecais, variando a profundidade do leito de filtração (6, 12 e 18 cm) e mantendo um EBCT de 15 minutos. Assim, após a realização de testes de coluna de longa duração variando parâmetros como EBCT, encontrou-se uma profundidade ideal de 12 cm e 15 minutos para máxima eficiência na remoção de coliformes fecais. Portanto, a areia revestida com nanoprata foi mais eficiente que a areia comum, alcançando padrões de potabilidade com menor profundidade de leito (12 cm contra 40 cm da areia comum).	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, embora o artigo tenha apresentado a maioria das informações de maneira detalhada, algumas informações foram pouco claras, por exemplo, não foi muito claro em relação aos fatores que podem interferir na eficiência do tratamento e nas estratégias para lidar com esses fatores.
Imteaz <i>et al.</i> (2021)	O estudo avaliou a eficácia da própria caixa d'água da chuva, vidro reciclado espumado e	Para a pesquisa a água da chuva foi coletada do telhado de uma casa em Melbourne, tanto diretamente quanto após três dias de assentamento em um tanque. O estudo investigou	Conforme os resultados, observou-se que, após um período de assentamento de 3 dias, as concentrações de DQO, sólidos suspensos e CF diminuíram significativamente. Outros poluentes, como fósforo e	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como

	geotecidos como materiais filtrantes na remoção de alguns poluentes seletivos para tornar a água da chuva coletada no telhado mais adequada para fins domésticos.	a eficácia da espuma de vidro reciclado como material filtrante. O vidro espumado foi obtido de uma indústria de reciclagem em Melbourne. No processo de fabricação da espuma de vidro, o vidro de resíduos urbanos era moído e queimado com aditivos minerais a até 950°C e resfriado rapidamente, formando agregados de até 40 mm. Na configuração experimental, os filtros de espuma de vidro foram montados em profundidades de 10 cm e 30 cm. Amostras coletadas antes e após a filtração foram analisadas para medir poluentes como DQO, CF, PT, sólidos em suspensão e metais pesados (cromo, cobre, chumbo, níquel, selênio, zinco e mercúrio). Os métodos de análise incluíram espectrofotometria, filtração por membrana e analisador discreto. O geotêxtil utilizado neste estudo, tinha um tamanho de poro de 80 µm e uma condutividade hidráulica de 1,2 mm/s.	metais pesados, também mostraram redução devido ao assentamento de sedimentos que os removem indiretamente. Contudo, pode não ser prático manter um período de sedimentação de 3 dias antes do uso da água da chuva armazenada, necessitando de tratamento adicional para garantir segurança. A filtradas através de colunas de espuma de vidro de 10 cm e 30 cm de profundidade. A filtração reduziu significativamente os níveis de zinco, PT, DQO e CF, com melhor eficiência na coluna de 30 cm. No entanto, em algumas amostras filtradas, houve aumento nas concentrações de sólidos suspensos, cobre e chumbo, provavelmente devido à lixiviação do próprio vidro de espuma. Para diminuir esse problema, uma camada de tecido geotêxtil foi adicionada na parte inferior do meio filtrante, o que resultou em reduções significativas nas concentrações desses poluentes. Os sólidos suspensos e chumbo foram removidos abaixo dos níveis detectáveis, enquanto o cobre foi reduzido em aproximadamente 67%. A presença residual de CF sugere a necessidade de desinfecção adicional. Por fim, foi recomendado a realização de estudos futuros para avaliar o comportamento de entupimento e a eficiência da retrolavagem do filtro de espuma de vidro.	moderado, pois muitas informações não foram fornecidas para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não apresentou alternativas para lidar com fatores que podem interferir na eficiência do tratamento
Naddeo <i>et al.</i> (2013)	O estudo investigou um sistema inovador que combina filtração, adsorção em carvão ativado granular (GAC) e desinfecção UV para purificar água da chuva coletada durante um período de 25 horas, a um fluxo constante de 30 L/h.	Nesta pesquisa, os testes foram realizados utilizando uma unidade de tratamento FAD em escala real com vazão fixa (30 L/h) na água de chuva coletada para um tempo total de tratamento de 25 h. Nesta pesquisa, foram realizados experimentos com e sem luz UV, além de testes comparativos usando apenas a etapa de adsorção com GAC. Esses experimentos foram realizados em um reator duplo que manteve condições idênticas de GAC, mas sem a membrana e a lâmpada UV. As análises microbiológicas seguiram os métodos padrão da USEPA, utilizando filtros de celulose de acetato (poros de	Os resultados mostraram que a filtração inicial reduziu a turbidez significativamente, enquanto a combinação com GAC e UV eliminou CT e EC, resultando em água microbiologicamente pura. Em comparação com Adsorção Convencional, o sistema FAD mostrou-se mais eficiente na remoção de matéria orgânica e bactérias em comparação com apenas a adsorção em GAC isolada, devido ao efeito combinado de adsorção, biodegradação, microfiltração e oxidação UV. Por fim, o sistema FAD foi considerado acessível e eficaz para pequenas comunidades, especialmente em países em desenvolvimento, uma vez que o custo das unidades FAD é relativamente baixo.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, porque muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, não indicou se os resultados atenderam

		0,45 µm) para filtração das amostras. Foram medidos a turbidez, o carbono orgânico total (COT), a DQO, os sólidos suspensos totais (SST), o pH, e a condutividade.		os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.
Khayan <i>et al.</i> (2019)	No estudo examinaram a viabilidade da água da chuva como fonte potável, especialmente em áreas onde a qualidade da água superficial e subterrânea é inadequada. Os principais pontos foram a contaminação por Chumbo (Pb): A água da chuva estava contaminada com Pb devido ao uso de telhados de zinco e poluição atmosférica, com concentrações médias de Pb superando os limites estabelecidos pela OMS.	Nessa pesquisa, foi utilizado um método transversal para analisar os efeitos do Pb na urina e um método experimental para testar dispositivos de tratamento de água da chuva, visando reduzir Pb e turbidez, além de aumentar o pH. Amostras de água da chuva foram coletadas durante eventos de chuva para análise laboratorial, e amostras de urina foram colhidas de moradores que consumiam predominantemente água da chuva. Na caracterização dos meios de filtração, o carvão ativado granular foi obtido da casca de coco, ativado com cloreto de cálcio (CaCl ₂). Enquanto areia de molusco, foi proveniente da área costeira, sendo resultado do intemperismo de conchas e variava de 0,2 a 5 mm de tamanho. Já as análises dos níveis de metais na água e na urina foi realizada usando um Espectrofotômetro de Absorção Atômica (AAS). Esse procedimento envolveu preparação das amostras, calibração do equipamento com soluções padrão e leitura das concentrações de metais nas amostras. Assim, os dados foram analisados de forma descritiva e analítica. Utilizou-se teste de correlação para verificar a relação entre exposição ao Pb e problemas de saúde, e teste T para comparar diferenças nos níveis de Pb, pH e turbidez antes e após o tratamento da água com carvão ativado e areia de moluscos.	Após o tratamento da água de chuva com filtração com areia de moluscos e carvão ativado os níveis de Pb e turbidez reduziram significativamente, além de aumentar o pH da água da chuva, tornando-a segura para consumo. A exposição ao Pb na água potável foi associada a diversos problemas de saúde, destacando a importância de métodos de tratamento eficazes para reduzir os riscos.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Entretanto, não foi muito claro nos padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais adotados. Além disso, não apresentou de forma clara as análises estatísticas dos dados coletados. Durante o processo de tratamento da água, essas análises devem ser apropriadas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados.
Zhao <i>et al.</i> (2019)	O estudo explorou o uso de filtros lentos de areia (SSFs) com materiais de baixo custo para	Cinco colunas de filtros lentos de areia com materiais de baixo custo (LCM-SSFs) foram construídas e numeradas de SSF1 a SSF5. Cada coluna possuía uma saída com válvula de	Assim, as principais descobertas mostraram que os filtros mostraram boa capacidade de remoção de contaminantes. Análises também mostraram que materiais como argila vermelha têm alta capacidade de	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como

	purificação de água de chuva.	controle de fluxo para manter a taxa de filtração em 0,1 m ³ /m ² /h, monitorada e ajustada a cada dez dias. O SSF1 foi preenchido com areia quartzosa, um filtro tradicional. Já o SSF2 foi preenchido com uma mistura de calcário triturado e argila vermelha. O SSF3 foi preenchido com uma mistura de tijolo triturado e argila vermelha. Por fim, os SSF4 e SSF5 foram preenchidos com pó de tijolo, com SSF4 como conjunto de exposição e os outros como conjuntos de lucifúngicos. A fim de avaliar a eficácia dos filtros na purificação da água de chuva coletada, foram realizadas medições da qualidade da água em várias etapas do processo de filtragem. Amostras de efluentes foram coletadas em intervalos regulares ao longo do experimento: a cada dois dias nos primeiros 10 dias, a cada cinco dias nos dias subsequentes e depois a cada dez dias até o final do experimento. As amostras foram submetidas a análises para determinar parâmetros importantes, incluindo CT, coliformes termotolerantes, EC, pH, DQO e amônio. Esses parâmetros foram escolhidos devido à sua relevância para a qualidade da água potável e sua capacidade de indicar a eficácia do processo de filtragem.	adsorção devido à sua porosidade, enquanto o tijolo triturado suportava bem o crescimento de biofilmes, auxiliando na remoção de patógenos. No entanto, os resultados também apontaram desafios e áreas para futuras pesquisas. Por exemplo, foram observadas diferenças nas taxas de remoção de contaminantes entre os diferentes filtros, destacando a importância das características dos substratos na eficiência dos filtros. Além disso, são necessários estudos adicionais para entender completamente as relações entre a estrutura da comunidade bacteriana, a purificação da água e as características dos LCMs. Essas informações são essenciais para otimizar o design e o desempenho dos filtros LCM-SSFs para aplicações futuras.	alto, pois apresentou as informações de maneira detalhada. Nesse sentido, o documento garantiu a validade e a confiabilidade dos resultados apresentados e, por consequência, facilitando a reprodutibilidade por outros pesquisadores.
Brown e Sobsey (2010)	O estudo avaliou o desempenho de dois tipos de filtros cerâmicos porosos do Camboja, um tratado com nitrato de prata (AgNO ₃) para inibir o crescimento microbiano e outro sem tratamento, em relação à patógenos bacterianos e virais substitutos.	Os testes laboratoriais realizados buscaram simular as condições de uso doméstico e avaliar a eficácia dos filtros a longo prazo, bem como determinar o impacto do tratamento com AgNO ₃ na redução de patógenos microbianos. Os filtros foram fabricados com argila local e cascas de arroz, queimados para criar porosidade. Eles foram tratados com AgNO ₃ para inibir o crescimento microbiano e armazenados em recipientes plásticos para evitar a recontaminação da água. Para a pesquisa foram desafiados com águas representativas das fontes de água potável	Os resultados dos testes laboratoriais dos filtros cerâmicos para reduções de EC e MS2 em águas contaminadas ao longo do tempo mostraram alguma variabilidade no desempenho entre os filtros. No entanto, não foram observadas diferenças significativas nas reduções de micróbios entre os tipos de filtro, réplicas do mesmo tipo ou águas de desafio. As reduções de EC foram consistentemente maiores do que as de MS2 em todos os casos. Os filtros tratados com AgNO ₃ e os não tratados (mostraram reduções médias de EC e MS2, dependendo do tipo de água de desafio. Não houve correlação entre as reduções de EC ou MS2	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maiorias das informações de maneira detalhada. No entanto, não foi muito claro nos padrões de potabilidade, local

		das áreas rurais do Camboja. Após a inoculação com microrganismos de teste, amostras foram coletadas antes e depois do tratamento para análise. Os testes foram projetados para replicar condições de uso doméstico e duraram mais de 3 meses para simular o uso a longo prazo. Os microrganismos testem EC CN13 e bacteriófago MS2 foram escolhidos como substitutos para patógenos bacterianos e virais em água potável. ECCN13 foi selecionada por sua semelhança com patógenos bacterianos preocupantes, enquanto o MS2 foi escolhido como modelo para vírus entéricos humanos devido à sua semelhança com esses vírus em tamanho e ácido nucleico.	e o volume total testado. Por fim, observou-se que as maiores reduções ocorreram nos primeiros testes dos filtros, dentro dos primeiros 100 litros, em comparação com testes posteriores. Isso foi consistente em ambas as águas de desafio e em ambos os tipos de filtro. A redução gradual da eficiência ao longo do tempo pode ser atribuída ao desenvolvimento de caminhos de fluxo preferenciais no filtro, reduzindo assim a retenção de micróbios. Esses resultados sugerem que a tecnologia dos filtros cerâmicos porosos, embora não seja tão eficaz quanto a cloração ou à fervura combinada com armazenamento seguro, reduz bactérias e vírus na água e pode ser adequada para o tratamento de fontes de água potável moderadamente contaminadas.	e/ou internacional adotado, bem como não foi claro com relação aos fatores que podem interferir na eficiência do tratamento.
Pineda <i>et al.</i> (2022)	O estudo se concentrou na implementação de duas plantas-piloto para o tratamento de água de chuva na Amazônia equatoriana. Bem como, utilizaram também materiais naturais e um processo de biofiltração em três estágios. Essas plantas-piloto foram projetadas para remover poluentes e microrganismos, tornando a água segura para consumo.	A eficácia desses sistemas foi avaliada por meio de análises detalhadas dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água ao longo do processo de tratamento. Além disso, a viabilidade econômica dessas soluções foi considerada, buscando garantir que fossem acessíveis para as comunidades rurais. A coleta de água de chuva foi realizada continuamente dentro de 90 dias do período experimental. A água da chuva foi coletada "in situ" dos telhados de fibrocimento e das águas de escoamento do pátio de casas de indígenas da região localizada no sul do equador. Tradicionalmente, os moradores da área de estudo já adaptaram esse sistema de coleta em suas casas. O sistema experimental foi adaptado utilizando-se um tanque de polietileno escuro (capacidade de 1200 L) para armazenamento de águas pluviais. Ademais, a vazão do afluente da água de chuva foi estabelecida em $1,6 \pm 0,2$ L/h equivalente a uma taxa de filtração de 0,1 m/h para ambos os sistemas piloto PP1 e PP2. Este sistema foi formado por três estágios seriados utilizando colunas de policloreto de vinila (PVC, diâmetro interno 152 mm e altura 100 cm). Três colunas de tratamento de águas pluviais foram	Os resultados mostraram que esferas cerâmicas foi essencial para a remoção eficaz de poluentes em ambos os sistemas (PP1 e PP2). A PP2, com zeólita no terceiro estágio, apresentou uma maior remoção de Fe^{2+} (42%) e Mn^{2+} (43%) em comparação com a PP1, alcançando níveis abaixo dos limites permitidos dentro de 45 dias de operação. A PP2 também demonstrou taxas superiores de desinfecção microbiana, com a etapa UVD removendo 63% de CT, 85% de FC e 85% de ECem 45 dias. Após 45 dias de operação contínua, foi realizada a manutenção dos sistemas, incluindo a retrolavagem e limpeza dos filtros de brita, argila, areia e zeólita, bem como a limpeza do tubo da lâmpada UV. Portanto, os sistemas de tratamento de água desenvolvidos neste estudo podem ser implementados em áreas rurais de países em desenvolvimento que não possuem acesso a água potável. A disponibilidade dos materiais filtrantes, seu baixo custo e a montagem rápida tornam essa uma alternativa viável para o tratamento de água. Além disso, a operação e manutenção dos sistemas são simples e não requerem treinamento complexo, facilitando o abastecimento contínuo de água para as comunidades.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, pois muitas informações não foram fornecidas para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não apresentou o nome da planta-piloto usado para o tratamento de água de chuva

		dispostas em série para cada sistema de duas plantas piloto. A primeira etapa foi embalada com brita triturada. O segundo estágio foi embalado com esferas cerâmicas. O terceiro estágio foi embalado com areia de sílica para a primeira planta e uma zeólita natural foi usada para o segundo sistema de planta piloto. Finalmente, uma última etapa de desinfecção ultravioleta (UVD) foi incorporada. Outrossim, Aa eficiência de cada etapa de tratamento foi relacionada com a etapa anterior, avaliando-se a concentração do efluente em comparação com o afluente. Foram registradas informações sobre cada etapa e sua contribuição para a remoção do poluente. Após análise da água de chuva coletada foi revelado que os principais poluentes eram ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), coliformes totais (CT), coliformes fecais (FC) e <i>Escherichia coli</i> (EC).		
Johor <i>et al.</i> (2017)	O estudo explorou o uso de filtro com tecidos para melhorar a qualidade da água de chuva.	Foram selecionadas quatro amostras de água da chuva coletadas em quatro tanques de armazenamento diferentes. Ademais, a qualidade da água foi medida antes e depois da filtragem para identificar alterações. As medições ocorreram em três dias distintos para cada amostra, a fim de avaliar a consistência dos resultados e o desempenho dos tanques. Os parâmetros avaliados foram temperatura da água, pH, turbidez e oxigênio dissolvido, todos medidos no local para garantir precisão. Além disso, o desempenho do filtro foi testado para verificar se ele conseguia reter larvas de mosquito	Os testes mostraram que geotêxteis não tecidos são eficazes na filtragem de larvas de mosquitos da água da chuva. Após a filtragem, a temperatura da água diminuiu, provavelmente devido à redução de matéria orgânica e, conseqüentemente, de bactérias. As temperaturas variaram entre 28°C e 34°C. Além disso, O pH das amostras variou, com algumas atingindo valores acima de 6,5 e a turbidez diminuiu após a filtragem. Os níveis de oxigênio dissolvido aumentaram em todas as amostras após a filtragem. Portanto, filtragem com geotêxteis não tecidos é eficaz, pois impede a passagem de larvas e contaminantes, é fácil de usar, requer pouca manutenção, não precisa de energia e é ecológico. Pesquisas futuras devem testar outros materiais filtrantes e avaliar sistemas de coleta em escala real.	Neste estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como baixo, uma vez que a estrutura do artigo foi apresentada de modo simples, ou seja, a maioria das informações não foram fornecidas para confiabilidade e reprodutibilidade do estudo.

Fonte: Autora (2024).

Quadro 13 - Sínteses de tecnologias com sistemas de filtração por membranas

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Classificação
Du <i>et al.</i> (2022)	O estudo desenvolveu um biorreator de membrana por gravidade acoplado à desinfecção por oxidação eletroquímica (GDMBR-EO) para tratamento de águas pluviais de coberturas	Para os procedimentos experimentais a água de chuva sintética foi utilizada para operações de longo prazo, adicionando nutrientes à água da torneira deixada em repouso por 24h para remover cloro residual. Os parâmetros de água de chuva sintética foram maximizados para testar a viabilidade do GDMBR-EO em condições extremas. A água de chuva real foi coletada de três tipos de telhados (concreto armado, metálico e poluído por óleo) para avaliar a capacidade do GDMBR-EO em tratar águas pluviais reais. Na montagem experimental envolveu um sistema de bombeamento e tanques de membrana, utilizando módulos de membrana plana (PVDF) para filtração. A diferença de altura de água (ΔH) foi ajustada para simular diferentes condições operacionais (ΔH de 0,4 m e 0,6 m). Já no processo de oxidação eletroquímica (EO) foi realizado em uma célula de eletro-oxidação com eletrodos de anodo de titânio e cátodo de malha de titânio puro. Além disso, os experimentos preliminares determinaram os parâmetros ótimos de EO para tratamento de águas pluviais, testando diferentes densidades de corrente e tempos de retenção hidráulica (TRH). Os eletrodos e tanques foram cuidadosamente limpos e desinfetados antes de cada experimento. Os parâmetros de EO foram ajustados conforme resultados dos experimentos preliminares. Já o número total de bactérias foi detectado pelo método de contagem em placa, com a eficiência de remoção avaliada pela taxa logarítmica de remoção.	Os resultados mostraram que o processo de eletro-oxidação gerou oxidantes fortes, como cloro e peróxido de hidrogênio. A produção desses oxidantes aumentou com o tempo de retenção hidráulica (TRH). A inativação bacteriana foi eficiente após 12 minutos de TRH com densidades de corrente mais altas, enquanto uma densidade menor necessitou de 60 minutos. Desse modo, o EO melhorou significativamente a desinfecção de águas pluviais. Com relação aos componentes da água da chuva, como amônia e matéria orgânica, consumiram oxidantes e afetaram a eficiência de inativação bacteriana. Assim, a remoção de amônia aumentou com maior TRH e densidade de corrente, enquanto a remoção de fósforo total foi limitada. Já matéria orgânica diminuiu sob TRH e correntes mais altas devido à oxidação mediada pelo cloro. A turbidez aumentou ligeiramente devido à precipitação na superfície do cátodo. Ademais, a geração de subprodutos como clorato e perclorato foi limitada pela baixa salinidade da água da chuva. A desinfecção completa de coliformes foi alcançada, mesmo em águas poluídas por óleo. O APT, proteínas e polissacarídeos foram reduzidos significativamente pelo GDMBR e mantidos em níveis baixos pelo EO. O GDMBR removeu uma parte significativa do fósforo total, enquanto o EO aumentou ainda mais essa remoção devido à precipitação de fosfato de ferro. Com relação a turbidez do efluente do EO foi ligeiramente maior que a do GDMBR, devido à precipitação de compostos de magnésio e cálcio. Ambos os processos apresentaram capacidade limitada para remover matéria orgânica, influenciados pela baixa concentração de cloro. A remoção de amônia foi inicialmente baixa, entretanto melhorou ao longo do tempo, com o EO oxidando	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, visto que apresentou a maiorias das informações de maneira detalhada. No entanto, não indicou se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.

			amônia a nitrato. O GDMBR mostrou boa capacidade de remoção de amônia e oxidação bacteriana. Por fim, a geração de oxidantes no EO aumentou com a densidade de corrente, permitindo a redução efetiva de amônia na presença de cloro e a remoção completa de bactérias e EC. Portanto, GDMBR-EO indicou boas perspectivas para o tratamento de águas pluviais em coberturas no campo do abastecimento descentralizado de água.	
Ding <i>et al.</i> (2018)	O estudo analisou o feito da camada de partículas de carvão ativado em pó (CAP) no desempenho do sistema filtração por membrana por gravidade (GDM) para tratamento de água pluvial.	Nos procedimentos experimentais três sistemas GDM operaram por 55 dias. Os reatores de polimetilmetacrilato tinham membranas de polietersulfona. GDM 1 tinha uma camada de carvão ativado em pó (CAP), GDM 2 uma camada de areia de sílica, e GDM 3 não tinha camada adicional, ou seja, sistema de controle. As partículas foram aplicadas em uma concentração específica. Ademais, a água da chuva armazenada foi usada com pressão transmembrana constante em temperatura controlada. O CAP e areia foram adicionadas à água da chuva em frascos e misturadas por 72 horas em temperatura ambiente para avaliar a remoção de orgânicos. Além disso, as concentrações de carbono orgânico total (COT) e carbono orgânico dissolvido (COD) foram medidas com um analisador automático. Já a extração de substâncias poliméricas extracelulares (EPS) foi extraído por aquecimento e centrifugação.	Os resultados mostraram que o fluxo de permeado nos sistemas apresentou dois estágios: uma queda inicial acentuada nos primeiros 25 dias, seguida de estabilização no sistema CAP/GDM e no controle, enquanto o fluxo no sistema areia/GDM continuou a diminuir. Além disso, a estabilização do fluxo é atribuída à formação de uma camada de bioincrustação, sendo a camada de areia mais compacta e densa, afetando negativamente o fluxo. Outrossim, a resistência total foi maior nos sistemas com partículas, com a resistência hidraulicamente reversível sendo a principal contribuinte. A adsorção pelo CAP foi mais eficaz na mitigação dessa resistência em comparação com a areia. No desempenho de remoção de orgânicos o CAP adsorveu significativamente mais COD em testes estáticos, enquanto a areia quase não houve diferença. Durante a filtração, o sistema CAP/GDM mostrou melhor remoção de compostos orgânicos, como proteínas aromáticas, triptofano e húmicos, resultando em efluentes de melhor qualidade. Com relação a camada de bioincrustação no sistema areia/GDM era mais densa e menos porosa. O fluxo estável menor no sistema CAP/GDM é devido à maior adsorção de orgânicos e ao crescimento de biomassa, resultando em uma camada de incrustação mais compacta. Por fim, a baixa porosidade no sistema areia/GDM perturbou a estabilização do fluxo, destacando a importância da porosidade na estabilização do fluxo, mais do que o conteúdo de EPS.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, porque que apresentou a maiorias das informações de maneira detalhada. Entretanto, não indicou se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.

Baú <i>et al.</i> (2022)	O estudo utilizou energia fotovoltaica para viabilidade econômica no tratamento de águas pluviais por ultrafiltração (UF) de longa duração, seguido de cloração para produzir água potável.	O período dos experimentos foi de 10 meses e para ultrafiltração de águas pluviais, utilizou-se uma membrana de fibra oca de polietersulfona. A água da chuva foi coletada em uma área urbana de baixa poluição de um telhado de 90 m ² e conduzida a um tanque com membrana submersa. O sistema era controlado por <i>software</i> Scala, e a água tratada era armazenada em outro tanque. O ciclo de operação era de 90 minutos de filtração e 30 segundos de retrolavagem. No funcionamento do processo de filtração o reservatório foi higienizado e mantido mensalmente. Além disso, a qualidade da água foi monitorada, medindo pH, turbidez, metais, entre outros. Um sistema fotovoltaico de 17,55 kW foi usado para calcular a energia necessária. Para o sistema três cenários de edifícios foram considerados (pequeno, médio e grande), com energia solar média de 31,50 kWh por painel por mês. Também foi realizado a viabilidade econômica considerando a precipitação anual. Ademais, os custos de capital incluíram reservatórios, bombas, tubulações e painéis solares, com depreciação anual constante em 10 anos.	Os resultados mostraram que a ultrafiltração reduziu significativamente os poluentes físico-químicos e microbiológicos, como alumínio, cromo e ferro, mantendo-os abaixo dos níveis de potabilidade. A água ultrafiltrada e clorada apresentou qualidade segura para consumo, com redução da turbidez para <0,5 NTU e diminuição de cor e matéria orgânica. Além disso, o monitoramento de amônio e fósforo mostrou redução significativa pela ultrafiltração. A análise microbiológica revelou a presença de coliformes em 3 das 15 amostras, no entanto foram eliminadas após a cloração. Ademais, o fluxo de permeado manteve-se alto e foi recuperado eficientemente após retrolavagens, indicando baixo acúmulo irreversível de material na membrana. Portanto, a ultrafiltração seguida de cloração foi eficaz na produção de água potável ao longo de 10 meses. Bem como, abordagem UF mais a cloração é viável e sustentável para fornecer água potável em áreas com chuva suficiente, demonstrando custo competitivo e facilidade de implementação e manutenção. Na análise econômica o custo anual foi competitivo em relação ao fornecimento municipal de água, especialmente com a utilização de painéis fotovoltaicos, que reduzem significativamente os custos operacionais ao longo do tempo. Por fim, a taxa de retorno interno (TIR) foi menor com painéis fotovoltaicos, mas esta é uma alternativa sustentável e essencial em áreas sem acesso a outras fontes de energia. Logo, o sistema pode ser uma importante alternativa para o abastecimento de água em locais remotos onde não há rede de distribuição de água.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, porque apresentou a maioria das informações de forma detalhada. Porém, não indicou se os resultados atenderam aos padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais.
-----------------------------	---	--	--	--

Kus <i>et al.</i> (2013)	O estudo investigou o desempenho e melhoria da qualidade da água, comparando-se com as Diretrizes Australianas de Água Potável de 2004 (ADWG), de um sistema piloto de tratamento de água de chuva, composto por um filtro de carvão ativado granular (GAC) alimentado por gravidade e um filtro de membrana.	Nos procedimentos experimentais um tanque de água da chuva residencial foi utilizado para simular um sistema de tratamento composto por um filtro GAC e um filtro de membrana. O filtro GAC reduziu o COD e a turbidez, enquanto o filtro de membrana (área de 0,4 m ² e poros de 0,1 µm) removeu sólidos remanescentes e coliformes, embora fosse necessário tratamento adicional para remoção. Além disso, a operação utilizou a pressão de gravidade do tanque de água. Análises laboratoriais detalhadas foram realizadas para medir concentrações de poluentes como COD, turbidez e chumbo, seguindo métodos padrão. Ademais, a taxa de fluxo e a pressão foram monitoradas com equipamentos especializados.	Os resultados mostraram que o fluxo reduziu significativamente nos primeiros 60 dias e se estabilizou nos 60 dias restantes. A determinação do fluxo nas fases finais foi importante para dimensionar a área da membrana conforme a demanda. Na turbidez, tratamento com filtro GAC seguido por filtração por membrana reduziu a turbidez de forma significativa, mantendo-a abaixo dos limites estabelecidos pelas ADWG. Já o COD usando o GAC reduziu as concentrações de COD de entrada de forma efetiva, ficando abaixo dos limites das ADWG após o período inicial. A filtração por membrana apresentou pouca melhoria adicional na remoção de COD, entretanto a redução do COD foi importante para melhorar o desempenho e prolongar a vida útil da membrana. Além disso, o tratamento reduziu significativamente a maioria dos metais pesados, com o chumbo ficando abaixo dos limites das ADWG. No entanto, as concentrações de cobre e zinco aumentaram devido às conexões de latão, mas ainda estavam dentro dos limites aceitáveis.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto porque apresentou a maioria das informações de forma detalhada, inclusive fez diversas comparações com a ADWG, nesse sentido, aparentemente, proporcionou confiabilidade na eficácia do tratamento. No entanto, a análise estatística formal foi apresentada de forma limitada, o que pode interferir na precisão dos resultados da pesquisa.
Ding <i>et al.</i> (2017)	O estudo estabeleceu um sistema GDM em escala laboratorial único para o tratamento da água de chuva com dois meses de operação, e uma água de torneira armazenada foi usada como um sistema comparado para avaliar a permeabilidade e o desempenho de remoção de orgânicos.	Para os procedimentos experimentais a água da chuva foi coletada após o escoamento inicial e, em seguida, armazenada em um balde plástico preto a 20 °C por dois meses, simulando a água de cisternas. E ainda, a água de torneira, com 0,08 mg/L de cloro residual, foi armazenada nas mesmas condições como controle, refletindo práticas comuns na área rural da China. Assim, os dois sistemas de filtração GDM foram operados em paralelo por dois meses, cada um contendo duas células de polimetilmetacrilato com membranas de polietersulfona (área de 12,5 cm ²). As concentrações de COT e COD foram medidas	Os resultados mostraram que o COD na água de chuva armazenada diminuiu após 30 dias, enquanto na água de torneira os níveis no efluente permaneceram superiores aos do afluente. Já o UV ₂₅₄ do permeado foi maior que o do afluente, indicando que o GDM não removeu eficientemente os compostos orgânicos. Além disso, a turbidez da água de chuva armazenada foi reduzida significativamente no permeado. O sistema GDM também mostrou alta eficiência na remoção de turbidez e cerca de 95% das bactérias da água de chuva armazenada foram removidas, com ausência de coliformes detectado. Em relação ao fluxo, o permeado apresentou uma queda inicial acentuada, estabilizando-	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, porque muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, não indicou de forma clara se os resultados

		com um analisador automático. Outrossim, a absorbância UV254 foi determinada em um espectrofotômetro. Já a bioincrustação foi avaliada como massa de sólidos voláteis e totais. Aplicou-se a lei de Darcy para avaliar a resistência à incrustação.	se posteriormente. Já quanto a resistência total, foi menor no sistema de águas pluviais em comparação ao controle, com a resistência reversível sendo a maior parte, indicando que a limpeza física pode restaurar o fluxo. Sobre o acúmulo de biomassa, foi menor no sistema de águas pluviais em comparação ao controle. Por fim, em imagens de microscopia confocal de varredura a laser (CLSM) mostraram menor intensidade de proteínas e polissacarídeos e uma camada de bioincrustação mais fina no sistema de águas pluviais. Portanto, o processo GDM é simples, requer baixa manutenção e consome pouca energia. Para a água de chuva armazenada, o fluxo permaneceu estável por longos períodos, tornando-o adequado para a reciclagem descentralizada de água em países em desenvolvimento.	atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.
Marszałek e Dudziak (2021)	O estudo avaliou a influência de poluentes de diversas coberturas sobre o processo de ultrafiltração e a ocorrência de incrustação de membranas. Além do uso de radiação UV como processo de desinfecção da água da chuva.	Nos procedimentos experimentais foi utilizada a água da chuva coletada de telhados com diferentes materiais na Silésia, Polônia, incluindo telhas de aço (RW1), betuminosas (RW2) e papel de alcatrão (RW3). Assim, cada tipo de telhado apresentava características distintas que influenciam a qualidade da água coletada. Em relação à qualidade da água, esta foi monitorada por parâmetros como cor, turbidez, DQO, COT, condutividade e pH. Já a análise microbiológica foi conduzida por um laboratório externo e incluiu a contagem de bactérias coliformes, EC e Enterococos. Sobre a ultrafiltração, foi realizada em um sistema de fluxo cruzado, utilizando uma membrana de polietersulfona com limite de massa molar de 10 kDa. Quanto ao estudo da incrustação, este foi conduzido por cinco horas para cada tipo de água, com ciclos de filtração e lavagem. A permeabilidade foi calculada e as resistências hidráulicas foram determinadas usando o modelo de resistência em série. Além	Os resultados mostraram que a ultrafiltração é eficaz na redução de turbidez e bactérias, mas pode apresentar desafios como baixa remoção de matéria orgânica dissolvida e baixo fluxo permeado, dependendo das concentrações de poluentes. A água da chuva de três coberturas diferentes foi tratada com membrana de ultrafiltração, resultando em reduções significativas nos parâmetros físico-químicos. A turbidez foi eliminada e a DQO e a cor foram significativamente reduzidas, mantendo os níveis de COT dentro dos limites legais. O tratamento conseguiu reduzir todos os poluentes para níveis abaixo das diretrizes da Polónia e da Europa. Quanto à permeabilidade inicial da membrana, esta diminuiu após a filtração de diferentes amostras de água da chuva, com variações de desempenho devido à incrustação, especialmente na água mais poluída. A ultrafiltração deve ser realizada por períodos prolongados para avaliar completamente a performance da membrana, visto que a permeabilidade pode diminuir ao longo do tempo devido à incrustação, influenciada por fatores como a dose de hipoclorito	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, uma vez que apresentou a maioria das informações de forma detalhada. No entanto, não indicou de forma clara alguns resultados numéricos.

		disso, as medições incluíram incrustação hidráulica irreversível e reversível. Já a irradiação da água da chuva foi realizada em um reator de banho com uma lâmpada UV de 150 W. A temperatura foi mantida constante em 20 ± 1 °C. A energia da luz foi calculada com base na constante de Planck e na frequência da luz. Ademais, os experimentos foram realizados em triplicata para garantir a qualidade dos dados, apresentados como valores médios.	utilizada na limpeza. Já a desinfecção por radiação UV após ultrafiltração foi mais eficaz em 30 minutos, especialmente para a água RW1. As análises microbiológicas mostram que a ultrafiltração reteve completamente bactérias coliformes e EC, mas não reduziu o número total de microrganismos, possivelmente devido às descontinuidades nas membranas ou ao desenvolvimento secundário de microrganismos. Portanto, a combinação de ultrafiltração e desinfecção UV resultou na eliminação completa dos microrganismos, evidenciando a necessidade desse processo combinado para garantir a segurança microbiológica da água de chuva tratada.	
Xiao <i>et al.</i> (2020)	O estudo avaliou a eficiência de remoção de contaminantes sob diferentes condições no processo de nanofiltração (NF) com membranas.	Para o estudo, foi utilizado um módulo de membrana espiral da GE Osmonics, com uma área de filtração de 2,6 m. A membrana era composta por uma camada fina cruzada sobre um substrato de suporte de polissulfona. Já a água da chuva coletada foi submetida a um pré-tratamento composto de sedimentação, ozonização, carvão ativado biológico e filtração secundária antes de passar pela membrana NF. As condições experimentais incluíram uma temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, pressão de operação entre 0,4 e 1,4 MPa, e taxa de fluxo de 15 a 40 L/min. A eficiência de remoção de parâmetros como DQO _{Mn} , turbidez, dureza total, fósforo total e nitrogênio foi avaliada sob diferentes pressões transmembranas (TMP), taxas de fluxo e tempos de operação.	Os resultados indicaram que a sedimentação inicial reduziu significativamente a turbidez, DQO _{Mn} e cor da água da chuva. No entanto, não houve mudanças notáveis na dureza total, contagem bacteriana total, sólidos dissolvidos totais, condutividade, fósforo total e nitrogênio. A filtração secundária removeu substâncias insolúveis e colóides, reduzindo a incrustação da membrana NF e estendendo sua vida útil. Na TMP a remoção de DQO _{Mn} , turbidez, dureza, fósforo total e nitrogênio aumentou com a pressão, sendo mais eficaz em pressões mais altas. Além disso, a remoção de DQO _{Mn} foi especialmente eficaz, devido ao modelo de poros finos que limitava a penetração de DQO com o aumento do fluxo da membrana. Outrossim, as taxas de remoção aumentaram com o aumento gradual da pressão de operação de 0,4 a 1,4 MPa. Em relação à taxa de fluxo, a remoção de turbidez, DQO _{Mn} , dureza total, fósforo total e nitrogênio aumentou ligeiramente com a taxa de fluxo entre 15 e 40 L/min sob pressões constantes de 1,0 e 1,2 MPa. A taxa de fluxo ideal foi determinada em 30 L/min, otimizando a remoção de impurezas e minimizando a incrustação. Quanto ao período de operação, o fluxo da membrana diminuiu com o tempo de operação devido à formação de	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, pois muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, não indicou se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.

			<p>incrustações. No entanto, a remoção de DQO_{Mn}, turbidez e dureza permaneceram eficiente ao longo do tempo, indicando que o pré-tratamento minimizou a incrustação. Por fim, na limpeza da membrana com água pura e agentes químicos (NaOH, HCl e H_2O_2) mostrou que o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foi o mais eficaz na recuperação do fluxo, devido à sua potente ação oxidante na remoção de incrustações orgânicas. Em resumo, a membrana NF, mostrou-se altamente eficaz na purificação de água da chuva, garantindo um efluente seguro e de alta qualidade para consumo humano.</p>	
--	--	--	--	--

Fonte: Autora (2024).

Quadro 14 - Sínteses de tecnologias com desinfecção solar

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Classificação
Strauss <i>et al.</i> (2016)	O estudo realizou a comparação de dois sistemas de tratamento de água: a pasteurização solar (SOPAS) e a desinfecção solar, verificando a eficiência na redução do nível de contaminação microbiana na água de chuva coletada.	Os procedimentos experimentais incluíram um sistema de captação de água da chuva (RWH) numa instalado na fazenda experimental. O sistema SOPAS foi conectado ao tanque RWH, permitindo a pasteurização passiva da água da chuva. Assim, a água fluiu do tanque RWH para um tanque de polietileno de 125 L do sistema solar, aquecendo-se em cilindros de vidro borossilicato e foi coletada de uma torneira de saída após pasteurização. Dois fornos solares foram usados para desinfecção solar das amostras de água da chuva. As amostras foram colocadas em garrafas polietileno tereftalato (PET) e expostas à luz solar direta por 6 e 8 horas. Para a coleta de amostras no sistema SOPAS, foram coletadas amostras de água de chuva não tratada (diretamente do tanque A do RWH) e amostras de água de chuva pasteurizada	Os resultados mostraram que as concentrações de ânions nas amostras de SOPAS e SODIS estavam dentro das diretrizes de potabilidade, e a turbidez das amostras também estava em conformidade. Já as concentrações de metais nas amostras não tratadas e tratadas estavam dentro dos limites, exceto para Fe, Ni e Pb em algumas amostras. A pasteurização reduziu significativamente as concentrações de Fe e Pb. Além disso, houve redução significativa na contagem de HPC e EC após tratamento SOPAS e SODIS, com todas as contagens dentro dos padrões de potabilidade. Não foram detectados enterococos e coliformes fecais em nenhuma amostra tratada. Em relação à qPCR, os resultados mostraram redução significativa no número de cópias viáveis de <i>Legionella</i> e <i>Pseudomonas</i> nas amostras tratadas. A redução foi mais efetiva para SOPAS em temperaturas mais altas, enquanto SODIS mostrou variações na eficácia dependendo da	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, uma vez que apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Apesar dos dados numéricos tenham sido fornecidos em detalhes para maioria das informações, para alguns resultados não se mostraram totalmente claro. Além disso, a análise

		<p>solar, ambas em recipientes estéreis de polipropileno de 5 L. Já O tratamento SODIS foi realizado cinco vezes. Assim, em cada amostragem, quatro garrafas estéreis de PET foram preenchidas até três quartos com água da chuva captada do telhado e coletada do tanque A do RWH. Além disso, a qualidade química das amostras foi avaliada, incluindo cátions e ânions. Já a contagem de bactérias indicadoras foi realizada através de diluições seriadas e cultivo em diferentes meios de cultura. Ademais, a detecção de <i>Legionella spp.</i> E <i>Pseudomonas spp.</i> Foi realizada por reação em cadeia da polimerase quantitativa com brometo de monoazida de etídio (EMA-qPCR).</p>	<p>temperatura e do tempo de exposição. Por fim, ambos os métodos, SOPAS e SODIS, foram eficazes na redução de contaminantes físico-químicos e microbiológicos, com melhorias notáveis na qualidade da água tratada. Portanto, o sistema SOPAS é mais eficaz que o sistema SODIS no tratamento de maiores volumes de água de chuva e na redução de <i>Legionella</i> e <i>Pseudomonas</i>. Em contrapartida, os sistemas SODIS são mais econômicos, fáceis de operar e manter, funcionando como sistemas de cultura em batelada.</p>	<p>estatística formal foi apresentada de forma limitada, o que pode interferir na precisão dos resultados da pesquisa.</p>
<p>Amin e Han (2009)</p>	<p>O estudo comparou a eficiência do SOCODIS com a do SODIS sob diferentes condições climáticas, bem como a otimização do sistema SOCODIS desenvolvido, investigando os efeitos de diferentes superfícies de base e ângulos de base do coletor solar, também investigou os efeitos da variação do pH inicial e dos valores de turbidez da água de chuva sobre a eficiência do sistema SOCODIS e realizou comparações com o sistema SODIS.</p>	<p>Para os experimentos a água de chuva foi retirada de tanques subterrâneos e exposta à luz solar direta por 9 horas diárias. A radiação solar, temperaturas ambiente e da água foram monitoradas. Além disso, parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram analisados, focando na inativação de microrganismos, modelada pelo modelo de Geeraerd. O recrescimento microbiano também foi estudado mantendo os frascos à temperatura ambiente após a exposição. Para o sistema SODIS, água de chuva (1,7 L) foi colocada em garrafas PET de 2 L com suporte refletor de alumínio e colocadas horizontalmente para maximizar a exposição solar. Já no sistema SOCODIS utilizou um coletor solar com área base de 0,75 m x 0,25 m, comportando quatro garrafas PET de 2 L, com asas laterais cobertas de papel alumínio e ângulo vertical de 30°. Na análise microbiana como coliformes totais, fecais e EC foram medidos com a técnica de fermentação em tubos múltiplos. As amostras foram mantidas em</p>	<p>As características das amostras, como pH neutro e baixa turbidez, variavam conforme o tempo e condições de coleta. A desinfecção foi avaliada sob três tipos de radiação solar: baixa, média e alta. Assim, as amostras foram expostas por 9 horas diárias, com medições de irradiância e temperatura a cada 2 horas. Observou-se que temperaturas mais elevadas, embora não impactassem diretamente a desinfecção, eram mais comuns em condições de radiação intensa. Em relação à eficiência de desinfecção, aumentou com o coletor solar inclinado e superfícies refletivas, que maximizam a exposição à radiação. A comparação entre superfícies absorptivas e reflexivas mostrou que, apesar de temperaturas ligeiramente mais altas nas superfícies absorptivas, as reflexivas proporcionaram maior eficiência de desinfecção. Na comparação entre os sistemas, a desinfecção no sistema SOCODIS foi mais eficiente do que no sistema SODIS devido aos efeitos sinérgicos da radiação concentrada e da temperatura, especialmente sob forte radiação solar. Quanto à eficiência foi avaliada em diferentes valores de pH e turbidez, mostrando melhor desempenho em pH ácido</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, porque muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, não indicou se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional</p>

		condições ambientes para monitorar o recrescimento microbiano.	e baixa turbidez. O recrescimento microbiano foi menor no sistema SOCODIS, especialmente em pH neutro e condições de baixa turbidez. Portanto, a eficiência de desinfecção do sistema SOCODIS, foi cerca de 20% a 30% comparado ao sistema SODIS, devido à radiação solar concentrada e aos efeitos térmicos e ópticos.	
Amin <i>et al.</i> (2013)	O estudo investigou a eficiência de métodos de desinfecção baseados em energia solar para melhorar a qualidade microbiana da água de chuva colhida em telhados.	As amostras foram coletadas de tanques subterrâneos na Universidade Nacional de Seul, Coreia do Sul. A irradiância solar foi medida ao longo de um ano e categorizada em climas fraco (220-450 W/m ²), moderado (450-700 W/m ²) e forte (650-1000 W/m ²). Quanto à inativação microbiana nos sistemas SODIS e SOCODIS, foi monitorada em todos os climas, mas apenas os resultados do clima forte foram apresentados. A exposição à luz solar ocorreu das 8/9 da manhã às 5/6 da tarde, usando garrafas PET de 2 litros. Além disso, os controles não tratados foram mantidos em condições ambientais sem exposição solar. No sistema SODIS, garrafas PET de 2 litros com fundo refletivo foram usadas. No sistema SOCODIS, caixas de madeira com papel alumínio e garrafas PET foram expostas ao sol. Ademais, sacos plásticos resistentes ao calor foram usados para aumentar a temperatura da água. Bem como, limão e vinagre foram utilizados para ajustar o pH da água da chuva para 7, 5 e 3, visando melhorar a eficiência de desinfecção. Outrossim, foram analisados parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, incluindo CT, CF, EC e HPC.	Os resultados revelaram, inicialmente, que a temperatura das amostras de água da chuva aumentou significativamente após exposição solar por 8-9 horas. Em relação ao sistema SOCODIS, mostrou uma remoção microbiana superior ao SODIS, com inativação considerável de EC, porém a inativação de CT não foi completa. Posteriormente, os sistemas SODIS e SOCODIS foram modificados de três maneiras: envolvendo as garrafas com plástico resistente ao calor (WP), adicionando ácidos naturais como limão ou vinagre (NA), e combinando ambas as modificações (WPNA). Essas modificações resultaram em um aumento adicional da temperatura da água e melhorias na inativação microbiana. As combinações SODIS-WPNA e SOCODIS-WPNA foram as mais eficazes, alcançando inativações completas de diversos contaminantes. Além disso, mesmo sob radiação moderada, as modificações nos sistemas SODIS e SOCODIS, especialmente o WPNA, mostraram uma eficácia considerável. O sistema SOCODIS-WPNA conseguiu uma inativação completa de vários contaminantes, demonstrando a importância das modificações combinadas. Quanto à radiação fraca, o sistema SOCODIS-WPNA foi o único que mostrou eficácia significativa. Assim, combinações de envolvimento plástico e adição de ácidos naturais conseguiram melhorar a inativação microbiana, embora a inativação completa tenha sido alcançada apenas com o sistema SOCODIS modificado. Logo, as modificações dos sistemas SODIS e SOCODIS,	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, uma vez que muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, não indicou se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.

			especialmente com o uso de plástico resistente ao calor e ácidos naturais, aumentaram significativamente a eficácia da inativação microbiana em diferentes condições de radiação solar.	
Reyneke <i>et al.</i> (2020)	O estudo avaliou a eficiência dos dois protótipos de reatores solares em batelada de grande volume para o tratamento de a água da chuva captada no telhado no local em um assentamento informal local (Protótipo I) e uma comunidade agrícola rural (Protótipo II), neste local foi colocado um desviador de primeira descarga.	As amostras de 10 L de água não tratada foram coletadas dos tanques de em cada local, e os reatores foram preenchidos com essa água e expostos à luz solar direta por 6 a 8 horas. Após a exposição, 10 L de água tratada foram coletados. A qualidade química das amostras de água foi monitorada quanto a cátions, ânions e turbidez. Quanto à qualidade microbiana das amostras, foi monitorada antes e após o tratamento solar. Assim, foram utilizadas técnicas de filtração por membrana para EC, coliformes, enterococos, CF e HPC.	Os resultados revelaram que as precipitações variaram significativamente ao longo do período de estudo, influenciando as propriedades físico-químicas das amostras de água coletadas nos tanques. As temperaturas da água mostraram variações sazonais, com valores médios que atenderam às diretrizes de qualidade da água potável estabelecidas por várias normas internacionais. Em relação às análises químicas, estas revelaram que a maioria dos parâmetros, incluindo ânions e cátions, estava dentro dos limites aceitáveis para água potável, com exceção das concentrações de zinco em amostras de um dos locais. Isso foi atribuído ao material de cobertura metálica do sistema de captação, que contribuiu para a presença de íons metálicos na água da chuva. Já a eficácia dos reatores solares Protótipo I e II na redução de bactérias indicadoras como EC, CF, e enterococos foi significativa, alcançando reduções superiores a 4 log após exposição solar prolongada. No entanto, houve recrescimento microbiano após 24 horas de armazenamento das amostras tratadas. No geral, os Tanques 1 e 2, com Filtros de Fluxo e Protótipos I e II, atenderam às diretrizes de água potável, com melhorias notáveis no local 2 onde o primeiro desviador de descarga foi instalado. Ambos os reatores solares reduziram eficazmente a contaminação microbiana, embora o Protótipo I ainda mostrasse excesso de bactérias heterotróficas. Além disso, análises moleculares identificaram microrganismos não detectados por métodos tradicionais, destacando a necessidade da avaliação quantitativa do risco microbiano (QMRA) para monitorar a qualidade da água tratada.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, uma vez que apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. No entanto, não foi muito claro em relação aos fatores que podem interferir na eficiência do tratamento e nas estratégias para lidar com esses fatores.

Nalwanga <i>et al.</i> (2018)	O estudo investigou a qualidade da água de chuva captada, na área rural de Makondo, Uganda, e a eficácia do uso de SODIS com garrafas de polietileno-tereftalato (PET) de 2L para o tratamento de água de chuva de telhado em condições de campo durante um período de doze meses	Nos procedimentos experimentais, as amostras de água foram coletadas mensalmente de cada domicílio das 50 famílias que participaram da pesquisa, cada uma com um sistema de captação de água da chuva. Em relação às medições físico-químicas, a temperatura, o pH e os sólidos totais dissolvidos (TDS) foram medidos no local com um medidor de campo. Além disso, a água foi deixada fluir por 5 segundos antes da coleta. Quanto ao tratamento SODIS da água, garrafas PET de 2L foram distribuídas para cada domicílio e substituídas após 6 meses. Os participantes foram treinados no uso da SODIS, que envolve encher garrafas com água e expô-las ao sol por um mínimo de 6 horas em dias claros ou 2 dias em dias nublados. A água foi coletada assepticamente e transportada para análise em laboratório.	Os resultados mostraram que o número de sistemas amostrados variou mensalmente, sendo máximo em dezembro de 2011 (48 sistemas) e mínimo em fevereiro de 2012 (19 sistemas). Ademais, houve menos amostras em fevereiro, março e julho de 2012 devido à falta de água nos sistemas, especialmente nas lagoas de captação, durante a estação seca. A temperatura média mensal da água variou de 22,5 °C a 27,5 °C, já o pH médio foi $6,9 \pm 0,7$ e os níveis de TDS variaram de 0 ppm a 287 ppm, sem correlação significativa com as estações. Quanto à qualidade bacteriológica, foi avaliada pela presença de EC, enterococos fecais e <i>Clostridium perfringens</i> , não sendo detectado <i>Clostridium perfringens</i> . Outrossim, muitos sistemas não estavam conformes, com maior contaminação nas bacias hidrográficas e prevalência de enterococos fecais sobre EC. Após tratamento com SODIS, a porcentagem de amostras não conformes diminuiu significativamente, tornando a maioria das amostras seguras para consumo. A contaminação foi menor em enterococos fecais do que em EC, indicando maior sensibilidade dos enterococos à desinfecção solar. Além disso, não houve correlação entre níveis de contaminação e tipo de sistema ou estação do ano.	Neste estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, uma vez que a maioria das informações não foi fornecida em detalhes, comprometendo a confiabilidade e reprodutibilidade do estudo.
Strauss <i>et al.</i> (2018)	O estudo projetou, para o tratamento de águas pluviais, um sistema de desinfecção solar de baixo custo (SODIS) equipado com um coletor parabólico composto (CPC) (SODIS-CPC).	Para o design e construção do SODIS-CPC, foi utilizado um reator transparente feito de vidro de borossilicato, incorporando um coletor solar (CPC) para maximizar a absorção de radiação solar, uma vez que reflete a luz solar no reator, aumentando a eficiência do SODIS. Quanto ao local de amostragem, tanques de captação de água da chuva foram instalados na Universidade de Stellenbosch, África do Sul. Dois tanques de 2000 L cada foram conectados a um telhado de amianto e sistema de condução. Além disso, um desviador de primeira descarga foi instalado em um dos tanques para melhorar a qualidade da	Os resultados mostraram que as concentrações de ânions e cátions das amostras estavam dentro das diretrizes para água potável. Não houve diferenças significativas nas concentrações de ânions e cátions entre as amostras tratadas e não tratadas dos mesmos tanques. No entanto, diferenças significativas foram observadas entre as amostras dos dois tanques (Tanque 1 e Tanque 2) e entre os dois sistemas SODIS (SODIS-CPC-1 e SODIS-CPC-2), especialmente para cloro, SO_4 , NO_3 , PO_4 , ferro, zinco, mercúrio e chumbo. Na desinfecção microbiana, as amostras de água da chuva não tratada dos Tanques 1 e 2 e as amostras tratadas com SODIS-CPC-1 e SODIS-CPC-2 após oito horas	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Porém, não foi claramente mencionado no estudo se foram apresentadas

		<p>água coletada. Em relação às coletas de amostras, estas foram coletadas de dois sistemas SODIS-CPC durante sete sessões de amostragem. Ademais, a água foi exposta à luz solar por oito horas. A qualidade química da água foi analisada, incluindo cátions, ânions e turbidez. Também foram quantificadas a enumeração de bactérias indicadoras tradicionais: EC, CT, CF, enterococos e bactérias heterotróficas em todas as amostras usando métodos de cultura específicos. Além disso, a detecção de <i>Legionella spp.</i> E <i>Pseudomonas spp.</i> Foram realizadas por EMA-qPCR. Assim, o DNA extraído foi analisado para detectar genes específicos, utilizando primers apropriados e análise de curva de fusão para verificar a especificidade.</p>	<p>de exposição solar direta mostraram uma redução significativa nas contagens de bactérias. CT e EC diminuíram substancialmente nas amostras tratadas. No geral, os dados médios indicam que o SODIS-CPC foi eficaz na redução microbiana da água da chuva. No entanto, deve-se notar que, embora as contagens de EC e HPC estivessem dentro das diretrizes de água potável, conforme estipulado por várias associações nacionais e internacionais de água após o tratamento SODIS, as contagens totais de coliformes registradas durante as sessões de amostragem 5 a 7 excederam as diretrizes de água potável após o tratamento SODIS. A análise de PCR quantitativa com pré-tratamento EMA mostrou reduções significativas de <i>Legionella spp.</i> E <i>Pseudomonas spp.</i>, após o tratamento SODIS. Esses resultados evidenciam a eficácia do SODIS na redução de <i>Legionella spp.</i> E <i>Pseudomonas spp.</i> Em amostras de água da chuva, particularmente sob condições de alta radiação solar e temperatura. Entretanto, apesar da significativa redução, essas bactérias viáveis ainda foram detectadas usando EMA-qPCR na água de chuva tratada, destacando a persistência desses microrganismos em condições desfavoráveis. Nesse sentido, após o tratamento é importante a necessidade contínua de monitoramento rigoroso e precauções adequadas para garantir a segurança da água para consumo humano.</p>	<p>estratégias específicas para lidar com os fatores que podem interferir na eficiência do tratamento. Embora tenha sido discutido que diferentes condições ambientais, como radiação solar e temperatura, podem influenciar os resultados do tratamento SODIS, não foram detalhadas estratégias específicas para mitigar esses efeitos ou ajustar o processo de tratamento em resposta a esses fatores.</p>
Dobrowsky et al. (2016)	<p>O estudo identificou os vetores de <i>Legionella spp.</i>, como a <i>Acanthamoeba spp.</i>, a <i>Vermamoeba vermiformis</i> e a <i>Naegleria fowleri</i> em um sistema de tratamento de pasteurização solar e água de chuva coletada.</p>	<p>O estudo foi realizado na fazenda experimental Welgevallen, Universidade de Stellenbosch, África do Sul, usando um tanque de polietileno de 2000 litros para armazenamento de água de chuva. Amostras de água (5 L) foram pasteurizadas a diferentes temperaturas e coletadas em setembro e outubro de 2015, juntamente com amostras não pasteurizadas. Quanto à temperatura e o pH das amostras, estes foram medidos <i>in situ</i>. Os dados de temperatura</p>	<p>Os resultados mostraram que a temperatura das amostras de água coletadas do tanque variou de 18 °C a 31 °C, com o pH aumentando de 8,0 para 8,3 após a pasteurização. Com relação à contagem de placas heterotróficas nas amostras não pasteurizadas foi de $2,7 \times 10^5$ UFC/mL a $1,5 \times 10^6$ UFC/mL, reduzida para menos de 1 UFC/mL após pasteurização entre 68 °C e 93 °C. Bem como, neste mesmo intervalo de temperatura, a contagem de <i>Legionella spp</i> viáveis foi significativamente reduzida, sendo superior a 99,9%</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, uma vez que muitas informações não foram fornecidas em detalhes para confiabilidade no</p>

		ambiente e irradiância horizontal global foram obtidos de serviços meteorológicos locais. Já a contagem de bactérias heterotróficas foi realizada utilizando diluições seriadas e cultivo. Para o isolamento de <i>Legionella spp.</i> , amostras pasteurizadas e não pasteurizadas foram filtradas e cultivadas em meios seletivos. Assim, pré-incubação a 50 °C foi usada para amostras não pasteurizadas para facilitar a detecção. Além disso, foram realizados ensaios de PCR e qPCR para identificar e quantificar <i>Legionella spp.</i> , <i>Acanthamoeba spp.</i> , <i>N. fowleri</i> e <i>V. vermiformis</i> . Desse modo, curvas padrão foram geradas para quantificação precisa dos organismos.	entre as temperaturas de 84 °C a 93 °C. Após o tratamento com EMA e extrações de DNA, a qPCR foi utilizada para quantificar <i>Acanthamoeba spp.</i> , <i>V. vermiformis</i> e <i>N. fowleri</i> viáveis em amostras de água de tanque pasteurizadas a diferentes temperaturas e nas amostras correspondentes não pasteurizadas. Os resultados mostraram que as cópias genéticas de <i>Acanthamoeba spp.</i> Diminuíram significativamente após a pasteurização. Assim como, o <i>V. vermiformis</i> que também teve uma redução significativa nas cópias gênicas após a pasteurização, especialmente acima de 74 °C. Já a <i>N. fowleri</i> apresentou uma diminuição drástica nas cópias gênicas após a pasteurização, com as maiores reduções observadas a 93 °C. Portanto, este estudo apresentou a eficácia da pasteurização na redução de patógenos em amostras de água de tanque e a importância de métodos avançados de detecção para garantir a qualidade da água potável. Embora eficaz, a pasteurização solar pode ser insuficiente para o controle a longo prazo de todos os patógenos, especialmente aqueles associados a <i>Acanthamoeba spp.</i>	estudo apresentado, por exemplo, não ficou claro se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional. Além disso, o estudo não mencionou claramente se foram adotadas estratégias específicas para lidar com fatores que poderiam interferir na eficiência do tratamento.
Martínez-García <i>et al.</i> (2022)	O estudo desenvolveu e testou dois grandes reatores para desinfecção solar de água (SODIS) de água de chuva coletada foram construídos e testados na Espanha (condições controladas) e Uganda, com objetivo de oferecer uma opção segura de água de chuva em nível comunitário.	Os reatores solares, com capacidades de tratamento de água de 140 L e 90 L, foram projetados para esse fim específico. Para o sistema um espelho de calha em V foi utilizado devido à sua alta eficiência para aplicação de SODIS; um PMMA comercial UV-transparente foi selecionado como um novo material UV-transparente para o foto-reator. Também houve uma avaliação preliminar da capacidade de ambos os reatores, sendo conduzida na Espanha sob condições controladas usando água de chuva sintética fortificada com microrganismos de veiculação pela água. A validação de campo foi realizada em Uganda, usando água de chuva real coletada em duas escolas primárias rurais no	O PMMA UV-transparente (5 mm) apresenta alta transmitância UV (45-88% em UVB e média de 90% em UVA), superior ao vidro borossilicato e outros plásticos como PET e policarbonato. O material mantém estabilidade após 900 h de exposição solar acelerada e 9 meses sob condições naturais, demonstrando durabilidade e resistência mecânica. O desempenho da desinfecção em condições controladas (água de chuva sintética), mostrou que o reator solar de calha em V de 140L inativou eficazmente EC, <i>Salmonella Enteritidis</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> e colifago MS2, exigindo doses solares de UVA de 173 kJ/m² a 620 kJ/m. Já o reator de 90L mostrou inativação mais rápida com doses menores de UVA. Em relação à capacidade de desinfecção em Uganda, os reatores	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, pois algumas informações não foram fornecidas em detalhes para total confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não mencionou claramente se foram adotadas estratégias

		<p>distrito rural de Makondo. Na Espanha, foi utilizada água de chuva sintética, já em Uganda, amostras reais de água da chuva foram usadas, ambas analisadas conforme parâmetros físico-químicos. O período de testes durou de janeiro a novembro de 2019, onde amostras foram coletadas todos os meses de cada escola em vidros estéreis limpos. Três tipos de amostras foram coletados: água de chuva do tanque (amostra não tratada), água de chuva tratada do reator após exposição à luz solar por 6 h (amostra tratada com SODIS) e água de chuva tratada de garrafas PET-2L para fins de comparação. Quanto à quantificação, as amostras foram analisadas para EC, <i>Enterococos faecalis</i>, CT e HPC, utilizando métodos de filtração por membrana e contagem de placas.</p>	<p>solares de calha em V de 140L e 90L reduziram significativamente EC, <i>Enterococos faecalis</i>, CT e HPC em escolas de Uganda, excedendo a eficiência das garrafas PET. A desinfecção completa de EC e <i>Enterococos spp.</i> Foi alcançada em 95% e 100% das amostras, respectivamente, atendendo parcialmente aos padrões de água potável de Uganda. Assim, a capacidade dos reatores depende dos recursos solares locais. Uganda, possui irradiância solar UVA estável (1000 kJ/m²), nesse sentido pode tratar dois lotes de água por dia ensolarado, fornecendo até 84.000 L de água potável anualmente. Por fim, este estudo, na análise de custo desta tecnologia solar mostrou que é uma intervenção de água potável descentralizada acessível que poderia ser usada em micro-comunidades, escolas, etc. Além disso, é essencial validar essas tecnologias em diversas condições ambientais e sociais para garantir que a SODIS seja confirmada como uma tecnologia segura para tratamento de água doméstica.</p>	<p>específicas para lidar com fatores que poderiam interferir na eficiência do tratamento.</p>
<p>Amin <i>et al.</i> (2014)</p>	<p>O estudo explora o uso de água da chuva como fonte de água potável, desinfetando <i>Pseudomonas aeruginosa</i> com métodos solares de baixo custo. Os objetivos incluem a inativação de <i>P. aeruginosa</i> em garrafas PET com diferentes superfícies traseiras e a avaliação da eficiência do coletor solar em diversas condições climáticas e concentrações do organismo.</p>	<p>Nos procedimentos experimentais, a água da chuva foi coletada em garrafas PET. Nesta pesquisa, no sistema SODIS simples, foram usadas garrafas com superfícies traseiras transparentes, absorptivas (pintadas de preto) e refletivas (cobertas com folha de alumínio) expostas à luz solar natural. Já o sistema SOCODIS utilizou garrafas PET transparentes em uma caixa específica. Os experimentos foram realizados sob várias condições climáticas, com medições de radiação solar e temperatura. Para a análise microbiana de <i>P. aeruginosa</i> foi feita pelo método de tubos múltiplos com de asparagina, e a detecção de <i>E. coli</i> utilizou caldo <i>Lauryl Triptose</i> e meio EC para confirmação. Um controle escuro foi mantido em uma garrafa PET envolvida em papel alumínio.</p>	<p>Os resultados indicaram que, nas amostras de água de chuva armazenadas, as concentrações de <i>P. aeruginosa</i> variaram entre 350-900 UFC/100 mL ao longo do ano, dependendo das estações chuvosa e seca. Ademais, a contaminação maior foi observada no início e no fim da estação chuvosa devido a superfícies de captação sujas e primeira descarga nos tanques. Em relação à irradiância, em condições ensolaradas, variou entre 700-950 W/m². A eficiência do SODIS variou conforme o tipo de superfície traseira da garrafa PET (transparente, absorptiva, reflexiva). Em condições ensolaradas, a superfície absorptiva foi mais eficaz na inativação de <i>P. aeruginosa</i>, enquanto em clima moderado, a superfície reflexiva apresentou ligeira vantagem, mas nenhuma das superfícies alcançou a completa inativação. Em condições de fraca irradiância, a inativação foi baixa, independentemente</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, visto que várias informações não foram fornecidas em detalhes para total confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não ficou claro se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional.</p>

			<p>da superfície traseira. Além disso, a eficiência dos sistemas SODIS e SOCODIS foi comparada sob diferentes condições climáticas. O sistema SOCODIS foi 20-30% mais eficiente que o SODIS simples devido à reflexão da irradiância solar pelas asas laterais da caixa solar, aumentando a temperatura e a irradiância efetiva. Quanto às concentrações de <i>P. aeruginosa</i>, variaram durante o ano. Ainda, em condições amenas, a eficiência da desinfecção aumentou ligeiramente com a redução das concentrações iniciais, especialmente no sistema SOCODIS. Os valores iniciais de pH e turbidez influenciaram a eficiência da desinfecção. Assim, a inativação de <i>P. aeruginosa</i> aumentou com a redução do pH inicial. Sobre as amostras de água com turbidez alta, apresentaram menor eficiência de desinfecção devido à absorção e dispersão da radiação UV por partículas suspensas. Portanto, sistema SODIS em superfícies absorptivas foi mais eficiente, atingindo 100% de inativação de <i>P. aeruginosa</i> sob clima ensolarado, comparado a outros métodos. Mesmo em condições climáticas amenas, o sistema SOCODIS apresentou um aumento de 20% na eficiência, sendo uma opção viável para áreas remotas. Por fim, a pesquisa destaca a desinfecção solar como um método promissor e acessível para comunidades carentes melhorarem o acesso à água potável.</p>	<p>Bem como, não mencionou claramente se foram adotadas estratégias específicas para lidar com fatores que poderiam interferir na eficiência do tratamento.</p>
<p>Martínez-García <i>et al.</i> (2020)</p>	<p>O estudo investigou um fotorreator solar piloto de calha em V, comparando-o com coletores parabólicos compostos (CPC) e analisando a recirculação da água como parâmetro de design.</p>	<p>Esse sistema, foi avaliado para a inativação de quatro diferentes patógenos comumente encontrados em água de chuva coletada, como EC, <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Salmonella Enteritidis</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i>. O reator CPC possuía 6 tubos transparentes com refletores de alumínio anodizado, enquanto o reator de calha em V apresentava 10 tubos com refletores planos em V. Ambos são posicionados em uma plataforma inclinada de 37°, utilizando tubos de</p>	<p>Os resultados mostraram que ambos os reatores mostraram resultados semelhantes na desinfecção de EC, que foi mais rápida devido à sua maior sensibilidade à radiação UV. Já a <i>Enterococcus faecalis</i>, sendo uma bactéria Gram-positiva com parede celular mais espessa, exigiu maior tempo e dose para inativação completa. A similaridade na cinética de inativação entre os dois reatores pode ser atribuída à resposta das bactérias à dose letal de UV. Quanto ao efeito da recirculação de água na inativação solar, foi</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, pois algumas informações não foram fornecidas em detalhes para total confiabilidade no estudo</p>

		<p>borossilicato com alta transmitância UVA. Os reatores foram conectados a um tanque de 92 L para preparação e homogeneização das amostras de água. Quatro cepas bacterianas representativas de água de chuva coletada foram selecionadas: EC, <i>Enterococcus faecalis</i>, <i>Salmonella Enteritidis</i> e <i>Pseudomonas aeruginosa</i>. Estas foram cultivadas em meios apropriados e incubadas a 37°C, as bactérias foram preparadas para obtenção de uma concentração inicial de 10⁶ UFC/mL nos reatores. As amostras foram diluídas e cultivadas em meios seletivos, com a contagem de colônias realizada após 24-48 horas de incubação a 37°C. A eficiência dos coletores (CPC e espelho de calha em V) foi avaliada em condições estáticas e recirculadas, com cada condição replicada pelo menos três vezes.</p>	<p>analisado EC e <i>Enterococcus faecalis</i> usando os dois tipos de reatores. A recirculação a uma vazão de 2 L/min resultou em uma dose solar-UVA maior e um tempo de tratamento mais longo comparado ao modo estático. Embora a recirculação seja necessária em sistemas de grande escala, a eficiência de desinfecção foi menor do que no modo estático. Para avaliar a capacidade de tratamento diário, foram realizados testes consecutivos no modo estático com reatores de calha em V e no CPC. Esse processo resultou em inativação completa de EC e <i>Enterococcus faecalis</i> após três exposições solares de 80 minutos cada. Embora ambos os reatores tenham mostrado desempenho de desinfecção semelhante, o reator de calha em V tratou um volume maior de água. Em relação à inativação das cepas bacterianas com água de chuva sintética, os reatores apresentaram eficácia semelhante. A ordem de sensibilidade das bactérias à radiação solar foi: <i>Pseudomonas aeruginosa</i> > <i>Salmonella Enteritidis</i> > EC > <i>Enterococcus faecalis</i>, com <i>Pseudomonas aeruginosa</i> sendo a mais sensível e <i>Enterococcus faecalis</i> a mais resistente. Portanto, a comparação entre o reator de calha em V e o reator CPC revelou eficiência semelhante na desinfecção de todos os patógenos avaliados. Além disso, o reator de calha em V pode tratar 54 litros de água, enquanto o CPC trata 32 litros por módulo de 2 m. Por fim, o reator em calha oferece a possibilidade de fornecer água potável mais segura para comunidades em regiões com alta irradiação solar e falta de acesso a fontes de água melhoradas.</p>	<p>apresentado, por exemplo, o estudo não ficou claro se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional. Além disso, apesar dos dados numéricos tenham sido fornecidos em detalhes para maioria das informações, para alguns resultados não se mostraram totalmente claro.</p>
Waso et al. (2020)	<p>O estudo aplicou a <i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> em combinação com reatores solar-CPC e tratamento solar-CPC com</p>	<p>Para melhorar a eficácia da desinfecção solar, os pesquisadores utilizaram anéis raschig revestidos com TiO₂-rGO. Esse revestimento foi feito para imobilizar o fotocatalisador e permitir uma desinfecção mais eficiente da água. Para testar a eficácia do tratamento, foram utilizadas estirpes</p>	<p>Os resultados mostraram que o pré-tratamento com <i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> reduziu significativamente as concentrações de <i>Klebsiella pneumoniae</i>. Após exposição ao tratamento fotocatalítico solar, houve uma redução adicional significativa nas contagens de <i>Klebsiella pneumoniae</i>, indicando uma eficácia</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, porque várias informações</p>

	fotocatálise para desinfetar águas pluviais.	bacterianas de presas, incluindo <i>Klebsiella pneumoniae</i> e <i>Enterococcus faecium</i> . Essas estirpes foram cultivadas em meio de cultura apropriado e as densidades ópticas das culturas foram ajustadas para garantir uma população bacteriana consistente. Além das estirpes bacterianas de presas, foi preparado um lisado das unidades populacionais de bactérias predadoras, especificamente <i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> . Esse lisado foi usado como pré-tratamento para avaliar seu efeito na redução das populações bacterianas de presas durante o tratamento solar. Os experimentos foram montados em reatores solar-CPC (Coletor Parabólico Composto) projetados para desinfecção solar. Foram realizadas duas configurações experimentais: uma com pré-tratamento das amostras bacterianas com o lisado de bactérias predadoras e outra sem pré-tratamento. Além disso, foram utilizados anéis raschig revestidos e não revestidos para avaliar o efeito do TiO ₂ -rGO na eficácia do tratamento.	elevada da combinação dos dois métodos. As análises confirmaram reduções substanciais tanto em contagens de células viáveis quanto em concentrações moleculares. Comparativamente, amostras não pré-tratadas também mostraram redução significativa de <i>Klebsiella pneumoniae</i> com o tratamento solar, entretanto com menor eficácia do que aquelas pré-tratadas com <i>B. bacteriovorus</i> . O pré-tratamento com <i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> resultou em uma diminuição moderada nas concentrações de <i>Enterococcus faecium</i> . Após a exposição ao tratamento fotocatalítico solar, houve uma redução significativa adicional, confirmada por métodos de análise molecular. Assim, as amostras pré-tratadas apresentaram maiores reduções comparadas às não pré-tratadas. Em ambas as abordagens, a desinfecção solar mostrou-se altamente eficaz na redução das contagens de <i>Enterococcus faecium</i> , embora o pré-tratamento com <i>Bdellovibrio bacteriovorus</i> tenha potencializado ainda mais a eficiência do processo. Portanto, com base nos resultados obtidos, a bactéria predadora pode ser aplicada para diminuir a concentração de bactérias Gram-negativas, como <i>Klebsiella pneumoniae</i> , antes da desinfecção solar. Isso é crucial, pois muitas bactérias gram-negativas patogênicas persistiram após a implementação de várias estratégias de desinfecção.	não foram fornecidas em detalhes para total confiabilidade no estudo apresentado, por exemplo, o estudo não ficou claro se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional. Bem como, não mencionou claramente se foram adotadas estratégias específicas para lidar com fatores que poderiam interferir na eficiência do tratamento.
Magalhães <i>et al.</i> (2022)	O estudo avaliou a eficiência de um novo dispositivo de desinfecção solar (SODIS) chamado Aqualuz para a remoção de EC da água de cisterna no semiárido brasileiro, para diferentes condições de exposição	Essa tecnologia consiste de uma caixa de aço inoxidável coberta com vidro, conectada à cisterna por uma tubulação equipada com filtro para reduzir a turbidez. Os estudos foram conduzidos no distrito de Croatá, no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará, Brasil. No procedimento experimental, o Aqualuz foi instalado em uma cisterna particular, onde foram realizados testes de campo em diferentes condições climáticas: parcialmente	Os resultados mostraram os perfis temporais e as eficiências de remoção de EC variaram de acordo com a concentração inicial, temperatura da água e radiação solar. Assim, durante um dia nublado-ensolarado, observou-se um aumento na radiação solar e na temperatura da água e a concentração de EC diminuiu significativamente. Apesar de não atingir o padrão de potabilidade da água, a eficiência de remoção foi de 98% em 4,0 horas de exposição. Já em um dia ensolarado, a eficiência de remoção foi ainda maior,	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, porque várias informações não foram fornecidas em detalhes para total confiabilidade no estudo

	solar e temperatura da água.	<p>nublado/ensolarado, ensolarado e chuvoso. Amostras de água foram coletadas em intervalos regulares, e a concentração de coliformes foi determinada em laboratório. Quanto à radiação solar, esta foi calculada usando a fórmula de Sellers, ajustada de acordo com as condições de nebulosidade. Já o decaimento bacteriano foi modelado assumindo uma cinética de primeira ordem. Foram testados três modelos diferentes: decaimento constante, decaimento em função da temperatura da água e decaimento em função da radiação solar e temperatura da água. Além disso, uma relação entre radiação solar e temperatura da água foi estabelecida, permitindo a comparação das taxas de decaimento entre o Aqualuz e outros dispositivos SODIS. Bem como, diferentes cenários de exposição foram simulados para determinar os períodos necessários para a inativação de coliformes em várias localidades do semiárido brasileiro.</p>	<p>com 100% de remoção alcançada em 2,5 horas de exposição, mesmo com uma radiação solar média de 410 W/m², abaixo do mínimo recomendado para inativação bacteriana. Em um dia chuvoso, também se alcançou 100% de eficiência de remoção em 4,0 horas de exposição, porém, com uma radiação solar média de apenas 250 W/m², correspondendo à metade do mínimo recomendado. A taxa relativamente baixa de remoção de EC durante o dia nublado-ensolarado pode ser atribuída às altas concentrações iniciais de EC, em comparação com dias ensolarados e chuvosos. Quanto à calibração, o modelo radiação-temperatura proporcionou o melhor ajuste aos dados experimentais, indicando que tanto a temperatura quanto a radiação solar influenciam significativamente as taxas de decaimento de EC. Os valores de k (constante da taxa de decaimento) ajustados para diferentes condições de radiação solar e temperatura da água indicaram uma eficácia maior do Aqualuz em comparação com dispositivos SODIS convencionais. Desse modo, a relação ajustada entre radiação solar e temperatura da água permitiu prever os períodos de exposição necessários para alcançar diferentes níveis de remoção de EC em diferentes locais do semiárido brasileiro. Os resultados indicaram tempos de exposição variando de 1,8 a 5,6 horas para uma eficiência de remoção de 99,90%. Portanto, os estudos de campo, laboratório e modelagem mostraram que o Aqualuz é eficaz na remoção de EC da água de cisterna no semiárido brasileiro. A forma retangular e fina do Aqualuz contribui para uma distribuição mais uniforme e eficiente da radiação solar e da temperatura na água, resultando em taxas de decaimento de EC mais altas em comparação com dispositivos SODIS convencionais. Por fim, os modelos propostos e as relações ajustadas podem ser úteis para melhorar a gestão da qualidade da água em cisternas rurais não</p>	<p>apresentado, por exemplo, o estudo não ficou claro se os resultados atenderam os com os padrões de potabilidade, local e/ou internacional. Bem como, não mencionou claramente se foram adotadas estratégias específicas para lidar com fatores que poderiam interferir na eficiência do tratamento.</p>
--	------------------------------	---	--	--

			apenas no Brasil, mas também em outras regiões.	
McMichael <i>et al.</i> (2021)	No estudo foi projetado e testado um foto-reator eletroquímico (PEC) com um coletor parabólico composto (CPC) para a desinfecção eletroquimicamente assistida fotocatalítica (EAP) de águas pluviais sob condições reais de sol na África do Sul.	Assim, o reator PEC, de geometria cilíndrica, foi utilizado com um fator de concentração 1 CPC. No recipiente do reator, um tubo de borossilicato (50 mm de diâmetro, 300 mL), tinha um fotoanodo de titânio com nanotubos de titânia e um cátodo de aço inoxidável com feltro de carbono. Para avaliar o efeito apenas da desinfecção solar (foto-inativação), um segundo reator foi testado, similar ao reator PEC, porém continha apenas a haste de aço inoxidável com feltro de carbono como aquecedor solar térmico. Testaram-se os reatores com água da chuva de uma comunidade local, medindo pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido antes e após a autoclavagem. Os sistemas foram testados com duas cepas de bactérias Gram-negativas: EC e <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , conhecidas por apresentarem diferentes níveis de resistência à desinfecção solar. Além disso, o brometo de monoazida de etídio (EMA) foi usado para avaliar a viabilidade de bactérias antes da qPCR, ligando-se ao DNA de células com membranas danificadas e impedindo sua amplificação.	Os resultados mostraram nas análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) que os nanotubos de titânia (TiNT) estavam altamente ordenados na superfície do material. Houve variações na orientação dos tubos devido a mudanças na geometria da superfície e no campo elétrico local durante a anodização. Em relação à resposta fotocorrente para diferentes condutividades, a fotocorrente em eletrodos de TiO ₂ é influenciada pela geometria do reator, a condutividade da solução e os contaminantes. Desse modo, com menor resistência da solução, a fotocorrente aumenta e o viés de saturação diminui. Um viés de 1,0 V é comum para desinfecção em sistemas PEC, mas um potencial de 1,4 V pode melhorar os resultados. Então, a fotocorrente foi registrada e correlacionada com a intensidade UV. Devido à redução do volume e da área superficial dos eletrodos ao coletar amostras do reator, houve uma diminuição na corrente. Para corrigir isso, a corrente foi ajustada multiplicando-se pela razão do volume original pelo volume remanescente. Assim, a corrente varia conforme a intensidade UV muda durante o experimento, mostrando uma correlação linear quando a corrente ajustada é plotada contra a intensidade UV. Quanto à desinfecção de EC na água da chuva mostrou maior eficácia com o sistema PEC, operando a 1,0 V, com uma redução significativa de 5,5 log em comparação com 3,1 log para foto-inativação. A análise de viabilidade indicou danos significativos à membrana celular com PEC. Para <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , a PEC mostrou uma redução total de 5,8 log, enquanto a foto-inativação sozinha reduziu apenas 2,7 log. Portanto, os resultados indicaram que desinfecção eletroquimicamente assistida fotocatalítica foi mais eficiente na redução das unidades formadoras de colônias (UFC/ml) desses organismos comparados à	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, porque apresentou a maioria das informações de forma detalhada. Porém, não indicou de forma clara se os resultados atenderam aos padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais.

			<p>foto-inativação simples. Apesar de ser mais complexo e caro, o reator PEC oferece um tratamento de desinfecção mais rápido e eficaz, especialmente para organismos mais resistentes à foto-inativação. Além disso, a presença de íons na água, como cloreto, influenciou significativamente a eficácia da desinfecção, contribuindo para a formação de espécies reativas de cloro que auxiliam na inativação dos microrganismos. Por fim, são necessárias melhorias adicionais nos reatores PEC, como modelagem aprimorada, uso de reatores de células finas, configurações de fluxo para volumes maiores, eletrocatalisadores no cátodo e aumento da eficiência do fotoanodo com luz visível, além de uma análise crítica dos subprodutos de desinfecção. Essas melhorias podem tornar os reatores PEC uma opção mais viável e eficiente para a desinfecção de água.</p>	
Reyneke <i>et al.</i> (2018)	<p>O estudo monitorou a sustentabilidade operacional e a eficácia de sistemas de tratamento de pasteurização solar (SOPAS) de captação de água de chuva, instalados em um assentamento informal local em Stellenbosch, África do Sul, para avaliar a eficácia e viabilidade desses sistemas em fornecer uma fonte confiável de água potável.</p>	<p>Nessa pesquisa, dois sistemas SOPAS foram instalados em Enkanini, uma comunidade periurbana em Stellenbosch, África do Sul. Cada sistema foi conectado a tanques de polietileno para coleta de água da chuva e foi projetado para atender às necessidades de várias famílias. As instalações foram cuidadosamente escolhidas para refletir as condições típicas encontradas em áreas rurais e periurbanas da região. Em relação às coletas de amostras de água, estas foram coletadas ao longo de um período de um ano, abrangendo diferentes estações e condições climáticas.</p>	<p>Amostras foram obtidas tanto antes quanto após o processo de pasteurização solar. Além disso, as amostras foram submetidas a análises químicas detalhadas para determinar a concentração de cátions e ânions. Esses dados foram comparados com os padrões de qualidade de água estabelecidos pelas autoridades nacionais e internacionais para garantir a conformidade com os requisitos de segurança. Já a qualidade microbiológica das amostras de água do tanque foi avaliada antes e depois do tratamento de pasteurização. Os coliformes totais, CE, enterococos fecais e a contagem de placa heterotrófica foram enumerados em o pH médio das amostras de água do tanque que variou entre locais e entre amostras pasteurizadas e não pasteurizadas. Bem como, as temperaturas das amostras não pasteurizadas coletadas diretamente do tanque variaram entre os locais. Em relação às análises químicas, mostraram-se em conformidade com diretrizes de água potável para a maioria dos ânions e cátions, exceto para o zinco, que excedeu os limites em</p>	<p>Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, apesar dos dados numéricos tenham sido fornecidos em detalhes para maioria das informações, para alguns resultados não se mostraram totalmente claro. Além disso, a análise estatística formal foi apresentada de forma limitada, o que pode interferir na precisão dos resultados da</p>

			algumas sessões de amostragem. Quanto às bactérias indicadoras, CT, EC, HPC, CF e enterococos foram detectados, com resultados comparados a diretrizes nacionais e internacionais de água potável. Assim, após a pasteurização, houve uma redução significativa ou completa desses indicadores para níveis abaixo dos padrões de água potável. Além disso, os resultados mostraram que a qualidade química da água do tanque foi influenciada pelo material do telhado, destacando a necessidade de pesquisas sobre os materiais de cobertura utilizados. Por fim, o monitoramento da sustentabilidade operacional sugere que os sistemas SOPAS podem ser uma solução viável para fornecer água em áreas rurais e assentamentos informais periurbanos.	pesquisa.
Amin e Han (2011)	Neste estudo, algumas técnicas simples são usadas para superar os problemas de desinfecção incompleta sob condições climáticas fracas e moderadas, com adição de produtos alimentícios/conservantes comumente disponíveis e baratos para aumentar a eficiência do SOCODIS	No sistema SOCODIS, uma caixa de madeira com laterais cobertas de papel alumínio contendo 4 garrafas PET, cada uma com 1,7 L de água da chuva, foi exposta à luz solar direta. As garrafas foram mantidas na cobertura de um prédio da Universidade Nacional de Seul, na Coreia do Sul. A água da chuva foi retirada de tanques de armazenamento subterrâneos e antes da exposição. Foram usados o CT, CF, EC e HPC como indicadores de qualidade microbiana da água, medidos em intervalos de 2 horas durante 8-9 horas de exposição, além disso as garrafas PET do sistema SOCODIS, contendo água da chuva com diferentes concentrações de limão e vinagre, foram expostas à luz solar durante todo o dia em condições climáticas fracas. Três diferentes valores de pH foram ajustados para cada concentração de limão e vinagre.	Os resultados mostraram que a água da chuva armazenada tinha um valor de pH igual a 8, além de baixa turbidez inicial (< 5 NTU) e temperatura ambiente de 24 °C. O alto pH pode ser devido às bacias e tanques de armazenamento de concreto. Ademais, a contaminação microbiana foi provavelmente causada pelas superfícies de captação, como telhados de concreto e verde, além de terraços. Após a limpeza das superfícies de captação, houve uma melhora significativa na qualidade microbiana: com remoção de 98% para CT, FC e HPC, já a EC foi removida completamente. A qualidade microbiana melhorou devido à sedimentação nos tanques subterrâneos, com melhores resultados no ponto de abastecimento comparado ao fundo do tanque. Para a pesquisa, foram testadas diferentes concentrações de vinagre e limão para ajustar o pH da água da chuva e avaliar a desinfecção sob condições climáticas fracas. O vinagre mostrou-se mais eficaz que o limão, necessitando de menor concentração para ajustar o pH e obter resultados de desinfecção comparáveis. A redução do pH aumentou significativamente a inativação microbiana. Assim, a combinação de	Neste estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, uma vez que a maioria das informações não foi fornecida em detalhes, comprometendo a confiabilidade e reprodutibilidade do estudo.

			<p>vinagre e limão proporcionou uma desinfecção eficiente com menores impactos no sabor da água. Além disso, a desinfecção foi mais eficiente com o sistema SOCODIS, especialmente em pH mais baixo, atingindo completa inativação microbiana. As combinações de limão e vinagre foram eficazes, sendo o vinagre mais potente. A escolha do conservante deve considerar a eficácia de desinfecção e o impacto no sabor da água tratada. Sob condições moderadas, menores concentrações de limão e vinagre foram suficientes para desinfecção, destacando a eficiência do sistema SOCODIS. A redução do pH com vinagre foi mais eficaz na inativação de EC. Portanto, essas adições promovem melhorias nos sistemas de desinfecção solar, especialmente sob luz solar fraca, e também para a desinfecção em recipientes maiores de abastecimento de água em nível comunitário, mesmo sob condições climáticas moderadas a fortes.</p>	
--	--	--	--	--

Fonte: Autora (2024).

Quadro 15 - Sínteses de tecnologias com cloração e oxidação

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Classificação
Yu <i>et al.</i> (2021)	O estudo aplicou um sistema de purificação de água de chuva em stand-by através da nanofiltração e cloração em baixas doses para o fornecimento de água potável segura em ilhas isoladas.	Na pesquisa forma utilizados métodos de detecção para determinar cloro residual e cloro total, utilizando um espectrofotômetro. Já absorbância ultravioleta específica foi medida com um espectrofotômetro ultravioleta visível para avaliar o carbono orgânico dissolvido. Também foram medidos, índices químicos e bacteriológicos como pH, potencial de redução de oxidação, condutividade elétrica HPC, EC, CT e Enterococos. Já a concentração de células intactas e total foi determinada por citometria de fluxo. Para o ensaio-piloto, amostras de água de cisternas de águas pluviais foram coletadas. Essas amostras foram tratadas com nanofiltração e	Os resultados destacaram que as contagens microbianas variaram significativamente entre as amostras, com níveis elevados de HPC, EC e CT observados. A presença de <i>Legionella</i> foi identificada tanto na água de chuva quanto na água tratada com nanofiltração. As amostras cloradas apresentaram a menor concentração de DNA extraído, indicando uma redução significativa na presença bacteriana. As mudanças na diversidade durante o armazenamento foram influenciadas pelo tratamento com nanofiltração e pela presença de nutrientes, afetando a composição e abundância das comunidades microbianas ao longo do tempo. Quanto à presença de patógenos oportunistas, a pesquisa revelou que suas proporções diminuíram consideravelmente	Neste estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, uma vez que a maioria das informações não foi fornecida em detalhes, comprometendo a confiabilidade e reprodutibilidade do estudo.

		cloradas a uma concentração inicial de 0,5 mg/l de cloro, conforme recomendado pela literatura para estabilidade biológica em águas com baixo carbono orgânico assimilável.	após o tratamento avançado com nanofiltração, indicando eficácia na remoção desses microrganismos. No entanto, houve um aumento gradual desses patógenos durante o armazenamento, especialmente em amostras não tratadas. Após nanofiltração, observou-se uma mudança na composição dos gêneros, com algumas espécies como <i>Bacillus</i> , <i>Mycobacterium</i> e <i>Phenylobacterium</i> tornando-se mais dominantes, possivelmente devido a biofilmes na estação de tratamento. Também foram examinadas as alterações na qualidade química durante o armazenamento da água. Os valores de pH diminuíram ao longo do tempo, variando dentro dos limites recomendados pela OMS, mas com variações significativas entre as amostras cloradas e não cloradas. A condutividade elétrica aumentou nas amostras tratadas em comparação com a água de chuva, enquanto o potencial de oxidação-redução e o UV ₂₅₄ mostraram alterações distintas relacionadas ao tratamento e à presença de cloro. A água de chuva mostrou-se mais biossegura após ser tratada com o processo NF, porém o papel da desinfecção não pode ser ignorado para garantir a segurança da água armazenada. A eficiência da desinfecção foi medida ao longo das fases de tratamento, destacando a necessidade de manter concentrações adequadas de desinfetantes residuais para controlar patógenos microbianos, conforme diretrizes da OMS e normas internacionais.	
Keithley <i>et al.</i> (2018)	O estudo investiga em escala de bancada do impacto da cloração e filtração em batelada na qualidade física, química e microbiana da água de chuva coletada de quatro telhados em escala piloto (telha de	Foram construídos telhados em escala piloto para coletar água da chuva. Experimentos de cloração foram realizados em um reator específico, visando um resíduo de cloro total de 2,0 mg/L. Já análises de qualidade incluíram medições de cloro total, THMs, COD, pH, turbidez, CT e EC. A água foi clorada e analisada ao longo de 24 horas, com medições periódicas de cloro total e THMs. O objetivo era avaliar a eficácia da cloração e o	Os resultados mostraram que os o pH das amostras variou entre 6,5 e 8,5, com exceção de uma amostra de telhado metálico que apresentou pH de 5,8. A turbidez das águas foi sempre superior a 1,0 NTU, excedendo os padrões da USEPA que exigem turbidez abaixo de 0,3 NTU para sistemas de água com filtração convencional. As concentrações de COD variaram significativamente, sendo mais baixas em águas de telhados de concreto e metálicos e mais altas em águas de telhados verdes. Já	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Entretanto, não foi

	concreto, telha verde, metálica e telha asfáltica-fibra de vidro).	impacto dos filtros de carvão ativado.	as concentrações de CT foram detectadas em mais de 90% das amostras, indicando a necessidade de tratamento antes do uso potável. A desinfecção com cloro foi eficaz para água coletada de telhados de concreto, metal e telha, com concentrações de CT reduzidas a <1 CFU/100 mL após 24 horas de cloração. No entanto, a água de chuva coletada de telhados verdes apresentou resistência à desinfecção devido a altos níveis de COD e pH elevado. Além disso, a formação de cloraminas pode ter reduzido a eficácia do cloro. Além disso, valores de CT alcançados sugerem que a cloração em batelada pode ser eficaz contra vírus e outros patógenos, particularmente em águas de telhados convencionais. Quanto à formação de THM, variou conforme o material de cobertura do telhado. A concentração de TTHM aumentou com o CT, mas permaneceu abaixo do limite máximo de 80 µg/L para águas de telhados de concreto e metálicos. A água de telhado verde apresentou concentrações substancialmente mais altas de TTHM, excedendo os limites permitidos. A formação de THM foi correlacionada com pH e COD da água de chuva não tratada. Em relação aos efeitos da filtração com carvão ativado, melhorou significativamente as qualidades físicas e químicas da água de chuva, reduzindo turbidez e COD. A concentração mediana de TTHM na água tratada foi significativamente reduzida, ficando bem abaixo do limite de 80 µg/L. No entanto, a filtração teve um efeito misto na qualidade microbiológica, às vezes reintroduzindo CTs na água tratada. Portanto, a desinfecção adequada antes da filtração é essencial para garantir a qualidade microbiológica aceitável. Portanto, a combinação de cloração e filtração com carvão ativado pode melhorar a qualidade da água de chuva, mas requer monitoramento rigoroso e manutenção regular dos sistemas de filtragem.	muito claro em todos valores numéricos de remoção para aumentar a transparência completa e detalhada dos resultados.
Liu <i>et al.</i>	O estudo comparou	Para a pesquisa, vinte e cinco amostras de água da	Os resultados mostraram que com o aumento da dose de	Este estudo, na

(2020)	diferentes processos de tratamento para controlar a formação de DBPs e seus mecanismos de formação correspondentes, incluindo triclorometano (TCM), ácido dicloroacético (DCAA), ácido tricloroacético (TCAA), hidrato de cloral (CH), dicloroacetonitrila (DCAN), tricloronitrometano (TCNM) e dicloroacetamida (DCAM) durante a cloração da água de chuva.	chuva foram coletadas entre agosto e dezembro de 2018 no campus da Universidade de Tongji (Xangai, China). As variações sazonais nos parâmetros de qualidade da água foram observadas, com valores próximos à média usados para estudos posteriores. As amostras foram filtradas e armazenadas a 4 °C. Além disso, a absorbância UV foi medida em vários comprimentos de onda para analisar a matéria orgânica dissolvida.	desinfetante de 3 para 15 mg-Cl ₂ /L, a formação de DBPs aumentou, mas essa tendência diminuiu à medida que a dosagem aumentou de 9 para 15 mg-Cl ₂ /L. Isso se deve à insuficiência de precursores de DBPs nas doses mais altas de desinfetante. Com relação aos feitos da pré-Oxidação com KMnO ₄ e K ₂ FeO ₄ na formação de DBPs na água de chuva, a pré-oxidação com KMnO ₄ resultou em uma leve redução na formação de DBPs em baixas dosagens, mas com doses mais altas, a formação de todos os DBPs diminuiu. Resultados semelhantes foram observados com K ₂ FeO ₄ , que foi mais eficaz em dosagens de 2,0 a 3,0 mg/L. Também é importante mencionar que com o aumento da dosagem de KMnO ₄ , as taxas de redução dos DBPs aumentaram, sendo mais eficaz para CH, TCAA, DCAN e DCAM. Já como o K ₂ FeO ₄ mostrou um padrão diferente, com redução das taxas de DBPs para CH e DCAM, aumentando com a dosagem, enquanto outros DBPs seguiram uma tendência de aumento e depois diminuição. Quanto à irradiação UV sozinha, não foi eficaz na redução dos precursores de DBPs. Já com processos avançados de oxidação UV/peróxido de hidrogênio (UV/PS) e UV/persulfato (UV/H ₂ O ₂), mostraram maior eficácia na redução da formação de DBPs em comparação com a irradiação UV sozinha ou a pré-oxidação com PS ou H ₂ O ₂ . Além disso, tanto a pré-oxidação com KMnO ₄ quanto com K ₂ FeO ₄ reduziram a citotoxicidade e a genotoxicidade com o aumento da dosagem de oxidante, atingindo níveis baixos nas dosagens de 2,0 a 3,0 mg/L. Contudo, uma dosagem de 5,0 mg/L de K ₂ FeO ₄ aumentou a genotoxicidade, possivelmente devido ao aumento de DBPs na presença de excesso de K ₂ FeO ₄ . Já os processos avançados de oxidação UV/PS e UV/H ₂ O ₂ foram mais eficazes na redução da citotoxicidade e genotoxicidade dos DBPs formados na água de chuva, em comparação com a cloração e cloraminação.	qualidade metodológica, foi classificado como moderado, embora o artigo tenha apresentado a maioria das informações de maneira detalhada, algumas informações foram pouco claras ou ausente, isto é, não foi apresentou todas as informações numéricas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados. Além disso, não comparou os resultados com os padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais.
--------	--	--	---	---

Fonte: Autora (2024).

Quadro 16 - Sínteses de outras tecnologias

Autor	Objetivo	Metodologia	Resultados	Classificação
Hazmi <i>et al.</i> (2022)	O estudo validou o potencial de utilização do tratamento de radiofrequência (RF) para reduzir a composição e concentração de MOD em água de chuva.	O estudo de validação foi avaliado pela redução da matéria orgânica dissolvida (MOD) durante o tratamento e para auxiliar no desenvolvimento de uma estratégia de otimização para a utilização da água da chuva como fonte de água potável. A água da chuva foi coletada de telhados residenciais em Padang, Indonésia. Para o processo, utilizaram-se garrafas de vidro estéreis de 500 mL, pré-cloradas, para a coleta manual de 8 amostras. O sistema experimental de tratamento de RF incluiu uma sonda osciloscópio, uma sonda de corrente, um gerador de RF e um reator de RF com 30 cm de comprimento, 7,62 cm de diâmetro, frequência de 1,5 MHz e corrente de 3 A. A água da chuva foi bombeada a 200 mL/min através de um filtro de cartucho e pelo reator. A água tratada foi analisada quanto ao carbono orgânico dissolvido (COD), absorbância UV a 260 nm (UV ₂₆₀), matriz de excitação-emissão de fluorescência (EEM) e distribuição de peso molecular (MW). O COD foi medido com um analisador de COT, já a UV ₂₆₀ foi medida com espectrofotômetro, na faixa de varredura de 220 a 500 nm. Os parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais (SDT), foram medidos conforme métodos padrão da APHA. Os espectros da matriz de excitação-emissão de fluorescência (EEM) da água de chuva foram medidos com um espectrofluorômetro, usando cubeta de 1 cm e unidade de sulfato de quinona para normalização.	Os resultados mostraram que a redução da absorbância UV ₂₆₀ e do COD durante o tratamento com RF, devido à oxidação das estruturas aromáticas e das ligações duplas conjugadas da MOD. Em 60 minutos, a UV ₂₆₀ foi reduzida em 93% e o COD em 60%. A redução menor do DOC sugere oxidação parcial da MOD. A rápida diminuição da UV ₂₆₀ nos primeiros 30 minutos foi devido à destruição de estruturas aromáticas pela oxidação gerada no reator de RF. A oxidação foi atribuída a espécies reativas como •OH e O ₃ , resultando em decaimentos exponenciais de UV ₂₆₀ e COD. Quanto aos impactos da RF na composição fluorescente da MOD, as intensidades de fluorescência dos principais componentes da MOD diminuíram durante o tratamento com RF. Picos 1, 2 e 4 (compostos semelhantes a proteínas) reduziram-se em 87%, 73% e 87%, respectivamente, enquanto picos 3, 5 e 6 (compostos semelhantes a húmicos) reduziram-se em 67%, 97% e 98%. A redução mais rápida dos compostos húmicos indica que a RF gera espécies oxidativas eficazes na degradação desses compostos.	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como moderado, embora o artigo tenha apresentado as informações de maneira detalhada, algumas informações foram pouco claras ou ausente, isto é, não foi apresentou todas as informações numéricas para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados. Além disso, não comparou os resultados com os padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais.
Sundar e Kanmani (2021)	O estudo desenvolveu um reator que utiliza radiação ultravioleta C	Para a caracterização dos LEDs, foram usados com emissão de pico em 275 nm, pois demonstraram alta eficiência na inativação de EC.	Os resultados indicaram que a eficiência de desinfecção do reator foi de 100% para EC, inativando-a em 6 minutos. A inativação seguiu um modelo de primeira	Este estudo, na qualidade metodológica, foi

	(UVC) com diodo emissor de luz (LED) para desinfetar a água, aproveitando a energia mecânica gerada pela operação de uma bomba manual.	A água foi coletada da bomba manual na vila de Pattikadu, localizada no distrito de Kancheepuram, Tamil Nadu, Índia. Neste local, utilizam a água da chuva como principal fonte e o armazenamento ocorre em lagoas de captação. O sistema de pré-tratamento da água inclui uma série de barreiras: área de captação, canal de abastecimento, câmara de sedimentação, armazenamento, câmara de filtro, tubo de abastecimento de água, filtro de areia fina e poço de extração. A água bruta foi coletada da área de dispersão de água, enquanto a água filtrada foi coletada do poço de extração após passar pelo filtro de areia fina. Amostras de 10 litros de água bruta e filtrada foram coletadas antes e depois das chuvas de monção e analisadas dentro de 48 horas para garantir a precisão dos resultados. Na montagem experimental, um reator de 1 litro com 24 UVC-LEDs foi construído, operando com energia gerada por uma bomba manual acoplada a um dínamo. Os parâmetros medidos foram pH, temperatura, turbidez, sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT) e HPC para avaliar a qualidade da água.	ordem com constante de taxa de 0,57 cm ² /mJ, e a dose necessária para 1 log de inativação foi de 2,23 mJ/cm ² . Em relação ao modelo de decaimento em dois estágios, observou-se que a maioria das bactérias foi rapidamente desativada, enquanto uma pequena fração mais resistente levou mais tempo para ser inativada. Portanto, a tecnologia desenvolvida é eficiente, de baixo custo e sustentável, proporcionando uma solução viável para desinfecção de água em áreas rurais. O sistema pode ser melhorado e testado com outros métodos de desinfecção UV para maior capacidade e eficácia. Por fim, o sistema utiliza a energia gerada pela operação manual da bomba para alimentar os LEDs, eliminando a necessidade de energia externa.	classificado como moderado, embora o artigo tenha apresentado as informações de maneira detalhada, algumas informações foram ausente ou pouco claras, por exemplo, não comparou os resultados com os padrões de potabilidade, locais e/ou internacionais. Além disso, não foi claramente mencionado no estudo se foram apresentadas estratégias específicas para lidar com os fatores que podem interferir na eficiência do tratamento.
Zheng <i>et al.</i> (2021)	O estudo avaliou a eficiência de um processo combinado de eletrofloculação multidimensional e ultrafiltração submersa (UF) no tratamento de água de chuva de cisterna.	A água da chuva e a água da torneira foram usadas para simular a água da chuva de cisterna, conforme características da água de aldeias e vilarejos no noroeste da China. A água foi enriquecida com caulim, NH ₄ Cl, KH ₂ PO ₄ , glicose e folhas para simular nitrogênio amoniacal (NA), fósforo total (PT), DQO e UV ₂₅₄ . Quanto aos métodos analíticos, a turbidez foi medida com um turbidímetro. O NA foi determinado pelo método fotométrico de reagente de sódio. Já o PT foi medido por espectrofotometria de antimonato de	Os resultados mostraram que o espaçamento das placas teve um efeito insignificante na taxa de remoção de PT, que permaneceu estável em aproximadamente 90%. Nos experimentos de ultrafiltração com eletrofloculação multidimensional, observou-se que a taxa de remoção de nitrogênio amoniacal, DQO e UV ₂₅₄ aumentou rapidamente com a densidade de corrente até 18,51 A/m ² e se estabilizou após esse ponto. A taxa de remoção de PT, foi significativa, mas com limitações. O efeito combinado de eletrofloculação multidimensional e UF mostrou melhores taxas de remoção com	Este estudo, na qualidade metodológica, foi classificado como alto, pois apresentou a maioria das informações de maneira detalhada. Entretanto, não foi muito claro em todos valores numéricos de

	<p>molibdênio. A UV_{254} foi determinada por espectrofotometria UV (752N), e a DQO foi determinada pelo método do permanganato ácido. Na configuração experimental, foi usada uma membrana de ultrafiltração submersa de PVDF, com área de 0,4 m², pressão máxima de 40 kPa e porosidade de 0,08-0,1 µm. O tanque de floculação eletrolítica, feito de placas de alumínio, tinha 18 cm de comprimento, 10 cm de largura e 10 cm de altura. Para a eletrocoagulação, utilizou-se metais como ânodos, onde reações químicas induzidas por corrente elétrica separaram impurezas coloidais e sólidos suspensos. A remoção de NA ocorreu pela decomposição de NH₃ em N₂ e pela floculação com Al³⁺. A remoção de PT envolveu a precipitação de AlPO₄, e a remoção de DQO foi facilitada por reações eletroquímicas e adsorção em carvão ativado. Em relação aos experimentos de ultrafiltração submersa, durante a ultrafiltração, o fluxo da membrana foi mantido em 9,4 L/(hm²) com pressão transmembrana entre 17-21 kPa. Já os experimentos combinados seguiram as mesmas condições da ultrafiltração, usando uma densidade de corrente de 18,51 A/m², espaçamento de placas de 10 mm e tempo de floculação de 15 minutos. O efluente dos seis ciclos foi misturado para análise de nitrogênio amoniacal, PT, DQO e UV_{254}.</p>	<p>densidades de corrente entre 18,51 e 24,68 A/m², sendo 18,51 A/m² a densidade preferida. Densidades de corrente mais altas associam-se a uma eletrofloculação mais forte e maior adsorção de nitrogênio amoniacal. A influência do tempo de eletrofloculação, para tempos inferiores a 15 minutos, as taxas de remoção de nitrogênio amoniacal, DQO e UV_{254} aumentaram rapidamente. Já as taxas de remoção de PT permaneceram em torno de 90%. Com relação a dosagem de carvão ativado granular, as taxas de remoção aumentaram até uma dosagem de 60 mg/L, estabilizando ou diminuindo levemente após isso. Ao comparar os processos de tratamento, o processo de eletrocoagulação/UF mostrou taxas de remoção significativamente mais altas de NA, PT, DQO e UV_{254} do que a UF sozinha e o processo de eletrofloculação/submerso, atendendo aos padrões chineses de qualidade da água. Portanto, processo combinado é eficaz no tratamento de água de chuva de cisternas, mostrando remoções significativas de poluentes. Além disso, é um processo adequado para áreas rurais de baixa renda devido à sua eficiência e menor custo operacional.</p>	<p>remoção para aumentar a transparência completa e detalhada dos resultados.</p>
--	---	---	---

Fonte: Autora (2024).