

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: SOLUÇÕES PARA O
DESPERDÍCIO DE ÁGUA DOS DESTILADORES DE ÁGUA TIPO PILSEN EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NO BRASIL**

RIO DE JANEIRO

2022

ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: SOLUÇÕES PARA O
DESPERDÍCIO DE ÁGUA DOS DESTILADORES DE ÁGUA TIPO PILSEN EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NO BRASIL**

Volume único

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (MP-EGeD) do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação, Gestão e Difusão em Biociências.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Costa da Silva Pinto (COPPE/UFRJ)

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes (IB/UFRJ)

Rio de Janeiro

2022

CIP - Catalogação na Publicação

S48g Santos de Oliveira, Roberto
Gestão sustentável de recursos hídricos: soluções para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen em instituições públicas no Brasil / Roberto Santos de Oliveira. -- Rio de Janeiro, 2022. 149 f.

Orientador: José Carlos Costa da Silva Pinto.
Coorientadora: Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências, 2022.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Gestão Ambiental. 3. Gestão de Ciências. 4. Gestão Pública. 5. Sustentabilidade. I. Costa da Silva Pinto, José Carlos, orient. II. Santos Quintela da Costa Nunes, Maria Fernanda, coorient. III. Título.

Elaborado pelo Sistema de Geração Automática da UFRJ com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob a responsabilidade de Miguel Romeu Amorim Neto - CRB-7/6283.

ROBERTO SANTOS DE OLIVEIRA

**GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RECURSOS HÍDRICOS: SOLUÇÕES PARA O
DESPERDÍCIO DE ÁGUA DOS DESTILADORES DE ÁGUA TIPO PILSEN EM
INSTITUIÇÕES PÚBLICAS NO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (MP-EGeD) do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação, Gestão e Difusão em Biociências.

Aprovado em 12 de dezembro de 2022 pela seguinte Comissão Examinadora:

Prof. Dr. José Carlos Costa da Silva Pinto (COPPE/UFRJ) – orientador.

Profa. Dra. Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes (IB/UFRJ) – coorientadora.

Profa. Dra. Russolina Benedeta Zingali (IBqM/UFRJ) – membro titular interno.

Prof. Dr. Pedro Lagerblad de Oliveira (IBqM/UFRJ) – membro titular interno.

Prof. Dr. Norton Heise (IBCCF/UFRJ) – membro titular externo.

Prof. Dr. Francisco Prosdocimi (MP-EGeD/IBqM/UFRJ) – revisor interno

Prof. Dr. Vinicius Peruzzi de Oliveira (IB/UFRJ) – membro suplente externo.

Dedico esse trabalho ao meu bem-amado filho Bruno Pereira de Oliveira, que nos deixou tão prematuramente, a meu irmão Carlos Santos de Oliveira, que lutou bravamente pela sua vida, e a todos, amigos e familiares, que de alguma forma contribuíram e acreditaram na finalização desse projeto.

AGRADECIMENTOS

A Deus Pai-Mãe por mostrar os caminhos que eu precisava trilhar e me manter vivo e lúcido durante essa trajetória.

A Gaia, que mantém o equilíbrio da vida em nosso planeta.

Ao meu orientador professor José Carlos Costa da Silva Pinto e minha coorientadora professora Maria Fernanda Santos Quintela da Costa Nunes pela paciência, sabedoria e compaixão.

Ao professor Júlio Cesar Oliveira Antunes por me incentivar a iniciar esse projeto.

Ao meu parceiro e amigo Lucas Olive Pinho Silva Gomes por me apresentar o problema, um dos objetos desse estudo, e o programa de pós-graduação do IBqM.

Ao IBqM e ao seu corpo docente por todo aprendizado ao longo desses anos, particularmente, aos professores Marcelo Rocha e Sônia Vasconcelos pela incansável dedicação e amabilidade.

A Massami Saito por me emprestar seus ouvidos quando eu tentava encontrar soluções durante o processo de desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas de turma, juntos nos readaptamos e sobrevivemos aos tempos difíceis que nos chegaram.

Ao Júlio Lisboa pela contribuição na formatação da Cartilha.

“A Terra seguir seu caminho é uma possibilidade de desafiar a centralidade que o ser humano se pretende. Faz com o que essa centralidade seja posta em questão. É a ideia do Antropoceno. Então, se o pensamento dos seres humanos acerca da vida aqui no planeta ficou tão atomizado ao ponto de nós ameaçarmos as outras existências, a Terra pode nos deixar para trás e seguir o seu caminho. Gaia é esse organismo vivo, inteligente, e que não vai ficar subordinado a uma lógica antropocêntrica. Ele dispensa a gente. Essa compreensão parece uma ideia mágica, romântica, mas muitos cientistas consideram a Teoria de Gaia ser real. Inclusive, os eventos que estamos passando agora são indicativos de que esse organismo está reagindo. Estamos experienciando a febre do planeta.”

Ailton Krenak

“Lutar por cada gota de água ou morrer.”

Wang Shucheng

RESUMO

OLIVEIRA, Roberto Santos de. **Gestão sustentável de recursos hídricos: soluções para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen em instituições públicas no Brasil.** Dissertação (Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências) – Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

A água doce é um recurso limitado e fundamental à vida humana e aos ecossistemas terrestres. Contudo, as emissões antropogênicas de Gases de Efeito Estufa têm sido a causa das mudanças climáticas, das crises hídricas e de escassez severa de água para bilhões de pessoas. Segundo o IPCC, esse cenário tende a se agravar, mesmo no Brasil, que possui 12% das reservas de água doce do planeta, trazendo imenso desafio à sustentabilidade e à realização dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, à Gestão Ambiental e à Gestão Integrada dos Recursos Hídricos. Portanto, o desperdício de água não é aceitável e deve ser combatido em todas as escalas. Este estudo, por meio da pesquisa com questionário, da pesquisa documental e da revisão integrativa, evidenciou, por meio de um conjunto amostral de 6.772 equipamentos, que as instituições públicas brasileiras que utilizam destiladores de água tipo Pilsen, no período de 12 anos, de acordo com a pior estimativa de operação dos dispositivos, desperdiçou próximo de 11 bilhões de litros de água potável e 290 milhões de reais, principalmente, nas universidades e institutos federais. Ademais, os dados mostram uma tendência do agravamento do impacto no desenvolvimento do país devido às restrições das políticas públicas para C&T no Brasil. O estudo evidenciou que esse desperdício poderia ter sido sanado há anos, pois a literatura encontrada é farta em apresentar soluções para o problema. Essas soluções foram agrupadas em sete categorias, das quais, pelo menos três apresentam viabilidade de replicabilidade e capacidade para resolver totalmente essa perda de água tratada, de acordo com os critérios estabelecidos. A primeira seria a substituição dos destiladores por dispositivos de Osmose Reversa, a segunda é um equipamento de refrigeração para a circulação da água no destilador e a terceira é um sistema de reciclagem da água para o sistema de abastecimento de água dos prédios. Conseqüentemente, cabem às instituições públicas brasileiras, tão-somente, cumprir o seu papel dentro da legislação vigente, assumindo a iniciativa de interromper esse imenso desperdício de água em suas edificações, tornando-se exemplos para a sociedade, principalmente as universidades públicas que produzem conhecimento e ensinam sobre o tema.

Palavras-chave: Gestão da água, Desperdício de água, Destilador de água, Gestão da Ciência, Gestão Ambiental, Água potável

ABSTRACT

OLIVEIRA, Roberto Santos de. **Gestão sustentável de recursos hídricos: soluções para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen em instituições públicas no Brasil.** Dissertação (Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências) – Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

Fresh water is a limited resource that is fundamental to human life and terrestrial ecosystems. However, anthropogenic emissions of greenhouse gas have been the causes of the climate change, water crises and severe water shortages for billions of people. According to the IPCC, this scenario will only get worse, even in Brazil, which concentrates 12% of the planet's freshwater reserves, posing a huge challenge to sustainability and the achievement of the Sustainable Development Goals, Environmental Management and Integrated Management of Water Resources. Therefore, wasting water is not acceptable and must be fought at all levels. By means of a questionnaire survey, document research, and integrative review, this study shows, through a sample set of 6772 equipments, that the Brazilian public institutions that use Pilsen-type water distillers, in the period of 12 years, according to the worst estimate for the operation of the devices, have wasted close to 11 billion liters of drinking water and 55.2 million dollars, mainly in universities and federal institutes. Moreover. Furthermore, the data show that restrictions of public policies for S&T in Brazil can affect both the country's development and the future waste of water. The study shows that this waste could have been solved years ago, as there is an abundance of solutions to the problem in the researched literature. These possible solutions were grouped into seven categories, and at least three of them can be implemented now with viable replicability and ability to fully solve this waste of treated water, according to established criteria. The first would be the replacement of the distillers with Reverse Osmosis devices, the second is cooling equipment for circulating the water in the distiller, and the third is a water recycling system for the buildings' water supply system. Consequently, it is up to the Brazilian public institutions to fulfill their role within the current legislation, taking the initiative to stop this huge waste of water in their buildings, becoming examples to society, especially to public universities that produce knowledge and teach about the subject.

Keywords: Water management, Water wastage, Water distiller, Science management, Environmental management, Drinking water

LISTA DE SIGLAS

A3P	Agenda Ambiental na Administração Pública
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
AR5	<i>Fifth Assessment Report do IPPC</i>
AR6	<i>Sixth Assessment Report do IPPC</i>
BIREME	Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (Biblioteca Regional de Medicina)
C&T	Ciência e Tecnologia
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCS	Centro de Ciências da Saúde
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
COVID-19	<i>Corona Virus Disease - 2019</i>
CPqAM	Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães
EJESAM	Empresa Junior de Engenharia Sanitária e Ambiental
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FIOCRUZ	Fundação Osvaldo Cruz
FNDCT	Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
GEE	Gases de Efeito Estufa
GIRH	Gestão Integrada dos Recursos Hídricos
IES	Instituição de Ensino Superior
IES	Instituições de Ensino Superior
IFECT	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
IFES	Instituição Federal de Ensino Superior
IFMG	Instituto Federal de Minas Gerais
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MMA	Ministério do Meio Ambiente

MP-EGeD	Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
OR	Osiose Reversa
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PLS	Plano de Logística Sustentável
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QSMSRS	Qualidade, Saúde, Meio Ambiente, Segurança no Trabalho e Responsabilidade Social
SIASG	Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais
SIOP	Sistema Integrado de Planejamento e Orçamento
SISG	Sistema de Serviços Gerais
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNS	Secretaria Nacional de Saneamento
SSF	<i>Systematic Search Flow</i>
UACB	Unidade Autônoma de Captação e Bombeamento
UASG	Unidades de Administração de Serviços Gerais
UFGD	Universidade Federal da Grande Dourados
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância
USP	Universidade de São Paulo
WWDR	<i>World Water Development Report</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de água no planeta Terra.....	23
Figura 2 – Evolução da retirada de água no Brasil (1931-2030).....	23
Figura 3 – População atendida com rede pública de água (% total e urbana por macrorregião geográfica, em 2020).....	24
Figura 4 – Índices de perdas na distribuição de água (% por macrorregião geográfica e abrangência dos serviços, em 2020).....	25
Figura 5 – Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	28
Figura 6 – Interações entre a água e outros setores socioeconômicos importantes afetados pela variabilidade e mudanças climáticas	29
Figura 7 – As três dimensões da gestão ambiental.....	30
Figura 8 – Esquematização do processo de destilação da água.....	32
Figura 9 – Destilador de água em vidro borossilicato e quartzo	33
Figura 10 – Destilador de água com reservatório.....	33
Figura 11 – Destilador de água tipo Pilsen.....	34
Figura 12 – Destilador de água de bancada em aço inoxidável.....	34
Figura 13 – Destilador de água tipo Pilsen, suas partes e circuito da água	35
Figura 14 – Relações entre as pesquisas.....	38
Figura 15 – Fluxograma da pesquisa documental	40
Figura 16 – Tela de pesquisa do sistema Comprasnet.....	41
Figura 17 – Exemplo de pesquisa do sistema Comprasnet	42
Figura 18 – Fluxograma do processo de pesquisa e <i>download</i> dos arquivos no Comprasnet..	43
Figura 19 – Nome/código dos arquivos encontrados na pesquisa.....	44
Figura 20 – Tela de consulta da Ata de Pregão	45
Figura 21 – Resultado da consulta da Ata de pregão	45
Figura 22 – Fluxograma da fase II da pesquisa - separação dos arquivos e lançamento dos dados nas planilhas 2009 a 2020	47
Figura 23 – <i>Systematic Search Flow – SSF</i>	49
Figura 24 – Fluxograma da revisão integrativa	49
Figura 25 – Quantidade de destiladores de água tipo Pilsen comprados por tipos de instituições (un.)	57
Figura 26 – Percentual de destiladores de água tipo Pilsen comprados por tipos de instituições	59
Figura 27 – Distribuição dos destiladores de água tipo Pilsen por região (un.) (comprados em 2009 a 2020).....	59
Figura 28 – Potencial de desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen por região (L/h) ...	60

Figura 29 – Potencial de desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen por região em percentuais.....	60
Figura 30 – Síntese dos cálculos executados para a apuração dos desperdícios dos destiladores de água tipo Pilsen adquiridos entre os anos 2009 a 2020 por meio da plataforma Comprasnet	67
Figura 31 – Segurança Hídrica – classificação quantitativa (sedes urbanas e em percentual).69	
Figura 32 – Os tipos de impacto da Ciência.....	70
Figura 33 – Dispêndios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T) (em valores de 2019) por atividade, 2000-2019.....	71
Figura 34 – Gastos em C&T realizados pelo CNPq, pela CAPES e pelo FNDCT (2000-2020) (Em R\$ 1 milhão de 2020)	72
Figura 35 – Quantidade (un.) de destiladores de água tipo Pilsen comprados/ano	72
Figura 36 – Quantidade e tipos de trabalhos produzidos pelas IES	75
Figura 37 – Quantidade de trabalhos encontrados por ano de publicação com linha exponencial de tendência.....	76
Figura 38 – Trabalhos acadêmicos distribuídos por estado.....	76
Figura 39 – Trabalhos acadêmicos distribuídos por região.....	77
Figura 40 – Osmose reversa - o solvente passa do meio mais concentrado para o menos concentrado.....	84
Figura 41 – Desenho esquemático da purificação com membrana de osmose reversa.....	84
Figura 42 – Equipamentos de purificação de água na UFGD	85
Figura 43 – Circuito fechado do processo de reaproveitamento do destilador	86
Figura 44 – Croqui do sistema de reuso do efluente do destilador	88
Figura 45 – Esquema real do reservatório no Laboratório	88
Figura 46 – Layout do projeto para reaproveitamento de água de resfriamento.....	89
Figura 47 – Esboço do projeto de reaproveitamento de água dos destiladores.....	89
Figura 48 – Esquema de reciclo acoplado a refrigeração	92
Figura 49 – Protótipo da torre de resfriamento	92
Figura 50 – Esquema de ligação Reciclador/Destilador.....	93
Figura 51 – Esquema isométrico para o resfriador geotérmico.....	93
Figura 52 – Desenhos esquemáticos do princípio de funcionamento do sistema de refrigeração desenvolvido e do protótipo construído.....	94
Figura 53 – Técnica automatizada de baixo custo de reciclagem de água de destilação	95
Figura 54 – Diagrama da estrutura	96
Figura 55 – Imagem real do protótipo	96
Figura 56 – Representação esquemática do sistema de destilação de água.....	97
Figura 57 – Unidade piloto de destilação de água com linha de circulação interna.....	98
Figura 58 – O sistema de refrigeração de circuito fechado	99

Figura 59 – Representação do sistema de refrigeração em circuito fechado (vermelho – fluxo quente; azul claro – fluxo frio)	99
Figura 60 – Foto do destilador do CPqAM	100
Figura 61 – Foto do sistema de reaproveitamento da água do destilador do CPqAM	100
Figura 62 – Fluxograma de funcionamento do sistema.....	101
Figura 63 – Layout do sistema de destilação por fluxo reverso	102
Figura 64 – Local de instalação do reservatório inferior e croqui do sistema de reuso	102
Figura 65 – Proposta de composição do abastecimento de água do prédio	103
Figura 66 – UACB conectada a um destilador	104
Figura 67 – Esquema do sistema de captação e reciclagem da água descartada pelos destiladores tipo Pilsen	105
Figura 68 – Captação do sistema de reciclagem de água descartada por destiladores tipo Pilsen por mês (m ³).....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Mudanças na temperatura da superfície global, que são avaliadas com base em várias linhas de evidências, para períodos selecionados de 20 anos e os cinco cenários ilustrativos considerados de emissões	26
Quadro 2 – Quantidades de trabalhos encontrados no Google Scholar e selecionados	51
Quadro 3 – Exemplo da organização dos dados coletados dos trabalhos selecionados	52
Quadro 4 – Quantidade de destiladores de água tipo Pilsen comprados por ano e produção de água destilada	57
Quadro 5 – Distribuição por estados dos destiladores de água tipo Pilsen comprados em 2009 a 2020 (un.).....	58
Quadro 6 – Categorias de instituições brasileiras que produziram trabalhos sobre o desperdício de água por destiladores	73
Quadro 7 – Quantidade de trabalhos por instituição e área de conhecimento.....	74
Quadro 8 – Exemplos de parâmetros da qualidade da água estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde.....	78
Quadro 9 – Resultados das análises de potabilidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen.....	79
Quadro 10 – Categorias de trabalhos e soluções para o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen	81
Quadro 11 – Trabalhos que apontam o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen sem apresentar soluções concretas	82
Quadro 12 – Trabalhos que sugerem a substituição dos destiladores de água tipo Pilsen por outros equipamentos para reduzir o desperdício de água	83
Quadro 13 – Trabalhos que sugerem a recirculação da água descartada para o próprio destilador	87
Quadro 14 – Trabalhos que apresentam projetos que redirecionam a água descartada para a lavagem de materiais dos laboratórios e outros usos.....	90
Quadro 15 – Matriz de avaliação para classificação das categorias dos projetos	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de arquivos encontrados nos anos 2009 a 2020 no Comprasnet.....	42
Tabela 2 – Quantidade dos arquivos por ano, após o remanejamento para as suas respectivas pastas	44
Tabela 3 – Cabeçalho e amostra dos dados lançados nas planilhas 2009 a 2020.....	46
Tabela 4 – Informações sobre os arquivos após a segregação e lançamento dos dados nas planilhas.....	46
Tabela 5 – Empresas fabricantes de destiladores de água tipo Pilsen e retorno da consulta....	53
Tabela 6 – Quadro de respostas às perguntas "A", "B" e "D" do questionário	54
Tabela 7 – Tempo médio para o início da produção de água destilada em um destilador de água tipo Pilsen.....	55
Tabela 8 – Produção e consumo de água de alguns modelos de destiladores de água tipo Pilsen	56
Tabela 9 – Desperdício total das classes de destiladores de água tipo Pilsen em uma hora de operação.....	60
Tabela 10 – Estimativas da frequência de uso, tempo de operação e desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen.....	63
Tabela 11 – Média por região das tarifas da categoria pública vigentes em julho/2021.....	64
Tabela 12 – Fórmulas aplicadas nas Tabela 13, 14 e APÊNDICES C a J	65
Tabela 13 – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Norte (Estimativa 3)	65
Tabela 14 – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 3).....	66

SUMÁRIO

	Página
1 APRESENTAÇÃO	20
2 INTRODUÇÃO	22
2.1 Disponibilidade da água doce no planeta	22
2.2 Água e Saúde	23
2.3 Água e aquecimento global	25
2.4 Sustentabilidade, ODS e água	26
2.5 Pegada hídrica, Gestão Ambiental e desperdício de água	29
2.6 Destiladores de água e o tipo Pilsen	31
3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	35
4 QUESTÃO DA PESQUISA	36
5 OBJETIVOS	37
5.1 Objetivo Geral	37
5.2 Objetivos Específicos	37
6 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA	37
6.1 Tipo de pesquisa	37
6.2 Questionário - Consulta aos fabricantes	38
6.3 Pesquisa documental no banco de dados governamental Compraset	39
6.3.1 Fase I - Levantamento das licitações	41
6.3.2 Fase II - Separação dos arquivos e extração dos dados	44
6.3.3 Fase III - Padronização das planilhas	48
6.4 Pesquisa Integrativa	48
6.4.1 Fluxograma da pesquisa integrativa	49
6.4.2 Estratégia de busca, parametrização e base de dados	50
6.4.3 Organização da Bibliografia	51
6.4.4 Padronização, seleção e composição do portfólio de documentos	51
6.4.5 Consolidação dos dados	51
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
7.1 Resultados da pesquisa com Questionário	52
7.2 Resultados da pesquisa documental	56
7.2.1 Fase IV - Análise dos dados	56

7.2.1.1	Preparação para a análise dos dados	56
7.2.1.2	Preparação dos dados para o cálculo do desperdício dos destiladores	59
7.2.1.3	Cálculo dos desperdícios ao longo dos doze anos de utilização dos destiladores de água tipo Pilsen	61
7.2.2	Gestão em Ciências – indicador do resultado da queda de investimentos em C&T no Brasil	69
7.3	Resultados da pesquisa integrativa	73
7.3.1	Análise dos dados	73
7.3.2	Consolidação dos resultados	77
7.3.2.1	Qualidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen	77
7.3.2.2	Propostas para solucionar o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen.....	80
7.3.2.2.1	Trabalhos da categoria A	81
7.3.2.2.2	Trabalhos da categoria B	83
7.3.2.2.2.1	Osiose Reversa.....	83
7.3.2.2.3	Trabalhos da categoria C	86
7.3.2.2.4	Trabalhos da categoria D	87
7.3.2.2.5	Trabalhos da categoria E.....	91
7.3.2.2.6	Trabalhos da categoria F	97
7.3.2.2.7	Trabalhos da categoria G	99
7.3.2.3	Soluções Viáveis	106
8	PRODUTO	107
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	BIBLIOGRAFIA	111
	APÊNDICES	125
	APÊNDICE A – Informações sobre a correta operação dos destiladores de água tipo Pilsen	125
	APÊNDICE B – Informações dos fabricantes sobre a manutenção dos destiladores de água tipo Pilsen	127
	APÊNDICE C – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Centro-Oeste (Estimativa 3)	129
	APÊNDICE D – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Nordeste (Estimativa 3).....	130
	APÊNDICE E – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Sul (Estimativa 3)	131

APÊNDICE F – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Sudeste (Estimativa 3).....	132
APÊNDICE G – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 1).....	133
APÊNDICE H – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 2).....	134
APÊNDICE I – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 4).....	135
APÊNDICE J – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 5).....	136
APÊNDICE K – Cartilha para a limpeza de destiladores de água tipo Pilsen e apresentação de algumas soluções para sanar o desperdício de água desses equipamentos.....	137

1 APRESENTAÇÃO

Meu interesse pelo Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências (MP-EGeD) ocorreu ao verificar quão abrangentes eram os temas de diversas dissertações disponibilizadas no sítio do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis, as quais refletiam a pluralidade das linhas de pesquisa do MP-EGeD. Percebi que havia uma correlação com a diversidade presente na minha vida acadêmica e profissional, porquanto, ter me aventurado no mundo da tecnologia (eletrônica e informática) e, posteriormente, como empreendedor, e, mais adiante, “executando” um “*shutdown*” e “reiniciando” como servidor público na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Em seguida, obtendo a graduação em Gestão de Recursos Humanos. Motivado por pessoas próximas, que já haviam passado pelo curso e pelos depoimentos sobre o tratamento humano que recebiam e das boas relações com a coordenação e os docentes do programa, ingressei na pós-graduação com o objetivo de pesquisar o tema do desperdício de água que já me inquietava desde o ano de 2013 quando tive contato com os técnicos dos laboratórios de pesquisa no Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFRJ, onde atuo como coordenador de Qualidade, Saúde, Meio Ambiente, Segurança no Trabalho e Responsabilidade Social (QSMSRS) na decania do CCS. Assim, o Mestrado Profissional vem ao encontro de meus propósitos em fazer com que meu trabalho possa contribuir com a sustentabilidade da UFRJ e de outras instituições.

A primeira grande dificuldade enfrentada foi passar no processo seletivo, porque não estava associado a nenhum laboratório ou orientador, portanto, foi necessário que eu tivesse uma dedicação redobrada. Depois de ter me tornado aluno do IBqM é que compreendi que superar o processo seletivo naquelas condições era um motivo a mais para comemorar.

Sabíamos que seriam dois anos de muito esforço e de testes dos nossos limites, mas as dificuldades foram potencializadas com a pandemia da COVID-19. Começamos a estudar as disciplinas na esperança de que o mundo voltasse ao normal em pouco tempo, porém, o mundo não voltaria ao normal. Assim fomos vencendo, professores e alunos, todas as disciplinas em formato remoto. Nesse contexto, superamos o medo, a procrastinação, a ansiedade e todos os transtornos mentais que nos sufocaram.

Uma vantagem dos encontros remotos foi poder assistir e participar de várias atividades, às vezes no mesmo dia, além de poder reunir pessoas, oriundas de lugares distantes, com as quais, certamente, não poderíamos estar presencialmente. Assim, pude participar de muitas disciplinas e seminários enriquecedores dentro e fora da UFRJ. Cito duas disciplinas extras que me trouxeram muito conhecimento e reflexão: “Introdução ao Ambientalismo”, ministrada pelo

professor Francisco Prosdocimi e “Mudanças Climáticas” do projeto “Saber comum”, lecionada por vários docentes em um consórcio de universidades.

À medida que avançávamos nas disciplinas o projeto de pesquisa foi se tornando mais claro, depois das adaptações e mudanças necessárias ao momento em que vivíamos. Por exemplo, a pesquisa documental no sítio do portal Comprasnet constituiu um trabalho hercúleo, ao longo de meses intermináveis, mas, ao final obtivemos uma massa de dados, os quais foram distribuídos em 12 planilhas com total de 1.674 linhas, a fim de correlacionar e extrair as informações inéditas expostas nessa pesquisa.

Outra incerteza dizia respeito à pesquisa com o questionário, em razão de que algumas empresas fecharam suas portas e outras estarem em *home office*. Dessa forma, não poderíamos ter a certeza de receber alguma resposta, no entanto, as informações que chegaram foram suficientes para o andamento da pesquisa.

Assim, o projeto estava maduro para a fase final, ou seja, a revisão integrativa, na qual pude mergulhar nos diversos autores que contribuíram com seus estudos e projetos, tão incomodados quanto eu com o desperdício de água dos equipamentos utilizados em laboratórios, mostrando determinação, técnica e criatividade em busca de soluções que pudessem ser utilizadas pelas instituições.

A ideia de construir uma cartilha para a limpeza dos destiladores e disponibilizá-la para qualquer um que se interesse pela publicação surgiu pela vivência com pessoas que atuam nos laboratórios do CCS, pois, é muito comum, depois de os destiladores serem instalados, não ocorrerem as importantes manutenções de limpeza. Muitas pessoas passam pelos laboratórios ao longo de anos, sem saberem que isso é necessário para o bom desempenho do equipamento. Além disso, o manual original pode não estar mais disponível; portanto, enquanto existirem destiladores de água tipo Pilsen, penso que essa contribuição será importante.

O único motivo de escrever as próximas linhas é deixar um depoimento àqueles que futuramente enfrentarão o desafio de um mestrado ou doutorado e ao longo desse período poderão passar por grande transtorno mental e dificuldades inimagináveis, além daquelas que naturalmente passariam, porque acredito que as pessoas que precisarem encontrarão esse texto. Meu objetivo era terminar esse projeto em março de 2022, pois, no segundo semestre de 2021, estávamos bastante adiantados. Contudo, em dezembro de 2021 fui internado com graves problemas renais. No final de janeiro de 2022, meu filho foi brutalmente assassinado em seu local de trabalho no estado do Espírito Santo. Em maio de 2022, fui diagnosticado com câncer metastático e, por fim, no final de agosto de 2022, perdi um irmão querido, após uma luta atroz de três anos contra um câncer raro. Mesmo com tanto sofrimento, não poderia desistir dos meus

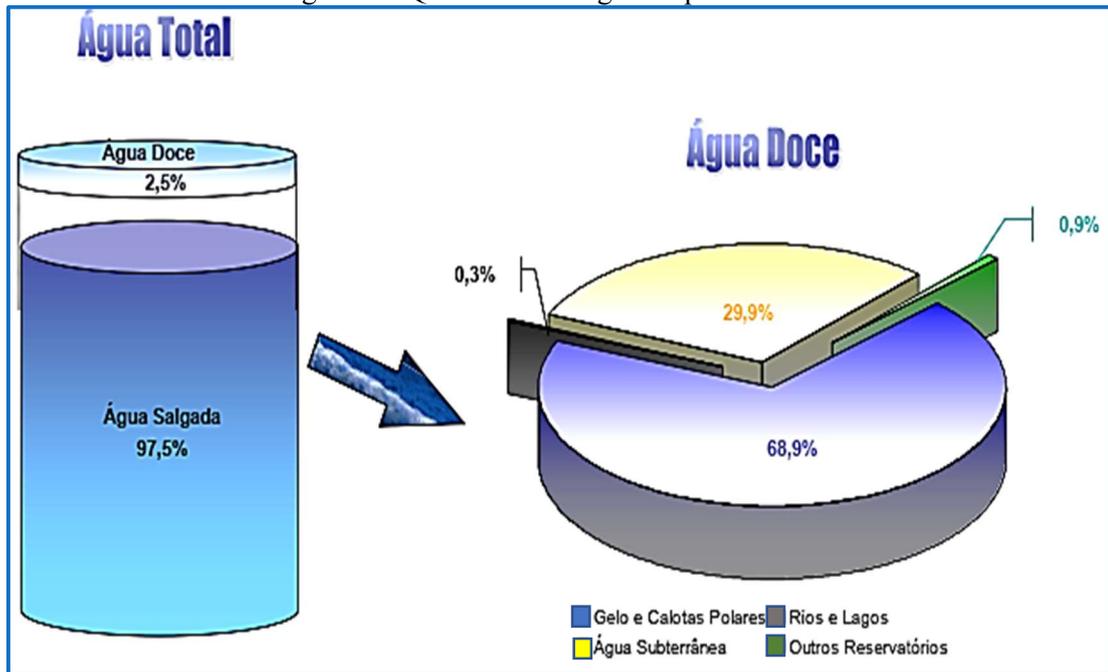
objetivos, em respeito a mim mesmo, aos meus orientadores, ao IBqM e àqueles que acreditaram nesse projeto. Não penso que este seja o último grande projeto em minha vida, mas está realizado.

2 INTRODUÇÃO

2.1 Disponibilidade da água doce no planeta

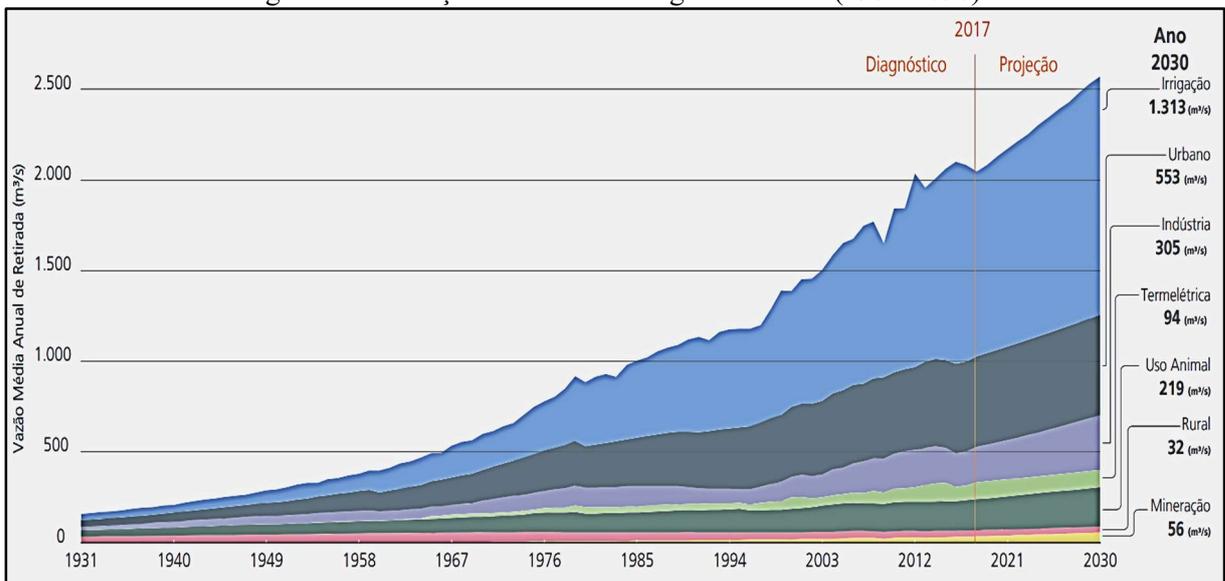
A água doce disponível para a vida humana e os ecossistemas terrestres representa cerca de 0,75% da água do planeta Terra (Figura 1) (ANA, 2021a; CNA, [s. d.]; LIBÂNIO, 2010); portanto, é um recurso limitado e precisa ser gerenciado como tal. Notadamente, estudos indicam que, se a taxa anual de 2% de crescimento da demanda de água continuar constante, a necessidade global de água em 2030, impulsionada pelo aumento populacional e econômico, será o dobro de 2005 e 40% maior que o suprimento de água sustentável e confiável existente (ADDAMS *et al.*, 2009). Além disso, segundo Mekonnen e Hoekstra (2016), em torno de 4 bilhões de pessoas vivem em condições de escassez severa de água por pelo menos um mês ao ano. Ademais, muitos rios se encontram poluídos e suas águas indisponíveis para uso, diminuindo a oferta de água para consumo humano (MODESTO, 2019). Em relação ao Brasil, os cenários das crises hídricas e os temores do racionamento de água podem se agravar, pois, de acordo com as projeções da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a demanda de água no país em 2030 será 24% maior do que em 2017 (Figura 2) e com um crescimento da população urbana de 9% (ANA, 2019b). Essas questões evidenciam o grande desafio que, atualmente, a humanidade precisa enfrentar na gestão das águas para manter a própria sobrevivência e das gerações vindouras.

Figura 1 – Quantidade de água no planeta Terra



Fonte: Adaptado de (ANA, 2021a)

Figura 2 – Evolução da retirada de água no Brasil (1931-2030)



Fonte: (ANA, 2019b)

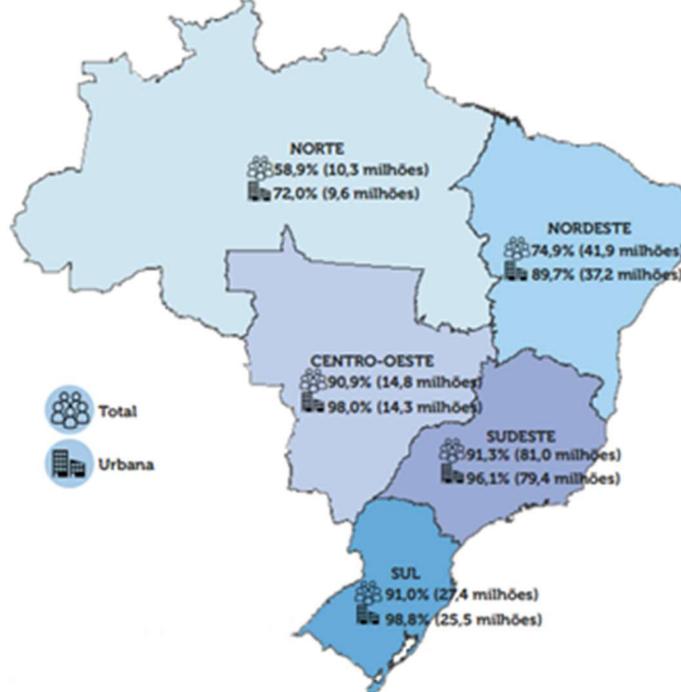
2.2 Água e Saúde

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), uma em cada quatro unidades de saúde em todo o mundo carece de serviços básicos de água e apenas 55% dos estabelecimentos de saúde nos países menos desenvolvidos têm serviços básicos de água (ONU NEWS, 2019). Além disso, 3 bilhões de pessoas em todo

o mundo não possuem instalações básicas para lavar as mãos em casa, sendo esse o método mais eficaz para a prevenção da COVID-19 (UNITED NATIONS, 2020).

No que concerne ao Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), vinculado à Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR), engloba informações do fornecimento de serviços públicos de abastecimento de água no país. Os dados do ano de 2020 evidenciam que mais de 33 milhões de brasileiros não têm acesso a esse serviço básico, sendo os estados das regiões Norte e Nordeste os que possuem os menores índices de atendimento da população total (Figura 3). Além disso, o índice geral de perdas nos sistemas de distribuição de água nos municípios brasileiros é de 40,1%, tendo as regiões Norte e Nordeste os maiores valores, conforme pode ser visto na Figura 4 (SNIS, 2021). Esses dados mostram que há a necessidade de melhores planejamento e gestão organizacional para controlar e reduzir o desperdício no sistema de abastecimento e diminuir a vulnerabilidades às doenças emergentes das populações não assistidas, permitindo que tenham acesso a água tratada.

Figura 3 – População atendida com rede pública de água (% total e urbana por macrorregião geográfica, em 2020)



Fonte: Adaptado de (SNIS, 2021)

Figura 4 – Índices de perdas na distribuição de água (% por macrorregião geográfica e abrangência dos serviços, em 2020)



Fonte: Adaptado de (SNIS, 2021)

2.3 Água e aquecimento global

De acordo com a *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO), o aquecimento do sistema climático, cujas evidências científicas são inequívocas, já está afetando os recursos hídricos de forma significativa. Visto que a água se relaciona com todos os setores socioeconômicos, isso acarretará grande risco à sociedade humana, conseqüentemente, a gestão da água se torna um fator crítico para se alcançar o desenvolvimento sustentável (UNESCO, 2020).

Ademais, o *Sixth Assessment Report (AR6)* do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) apresenta cenários de emissões antropogênicas de Gases de Efeito Estufa (GEE), considerando os níveis “muito baixo” (SSP1-1.9), “baixo” (SSP1-2.6), “intermediário” (SSP2-4.5), “alto” (SSP3-7.0) e “muito alto” (SSP5-8,5) ao longo das próximas décadas, tendo como referência os níveis do ano de 2015, estimando as implicações na temperatura média da superfície global do planeta, como pode ser visto no Quadro 1 (IPCC, 2021).

Quadro 1 – Mudanças na temperatura da superfície global, que são avaliadas com base em várias linhas de evidências, para períodos selecionados de 20 anos e os cinco cenários ilustrativos considerados de emissões

Cenário	Curto prazo, 2021-2040		Médio prazo, 2041-2060		Longo prazo, 2081-2100	
	Melhor estimativa (°C)	Muito provável faixa (°C)	Melhor estimativa (°C)	Muito provável faixa (°C)	Melhor estimativa (°C)	Muito provável faixa (°C)
SSP1-1.9	1,5	1,2 a 1,7	1,6	1,2 a 2,0	1,4	1,0 a 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 a 1,8	1,7	1,3 a 2,2	1,8	1,3 a 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 a 1,8	2,0	1,6 a 2,5	2,7	2,1 a 3,5
SSP3-7.0	1,5	1,2 a 1,8	2,1	1,7 a 2,6	3,6	2,8 a 4,6
SSP5-8,5	1,6	1,3 a 1,9	2,4	1,9 a 3,0	4,4	3,3 a 5,7

Fonte: (IPCC, 2021)

A partir dessas estimativas, o IPCC avaliou os riscos do impacto das mudanças climáticas sobre as águas do planeta e suas consequências, como segue:

Os riscos na disponibilidade física de água e os perigos relacionados à água continuarão a aumentar no médio a longo prazo em todas as regiões avaliadas, com maior risco em níveis mais altos de aquecimento global (alta confiança). Com um aquecimento global de aproximadamente 2°C, a disponibilidade de água do degelo para irrigação deverá diminuir em até 20% em algumas bacias hidrográficas dependentes do derretimento da neve, e a perda de massa global de geleiras de 18 a 13% deverá diminuir a disponibilidade de água para agricultura, energia hidrelétrica e assentamentos humanos a médio e longo prazo, com essas mudanças projetadas para dobrar com o aquecimento global de 4°C (confiança média). [...] As mudanças na magnitude do fluxo, no tempo e nos extremos associados são projetados para impactar negativamente os ecossistemas de água doce em muitas bacias hidrográficas a médio e longo prazo em todos os cenários avaliados (confiança média). [...] Com um aquecimento global de 4°C, cerca de 10% da área terrestre global deverá enfrentar aumentos nos fluxos extremamente altos e baixos dos rios no mesmo local, com implicações para o planejamento de todos os setores de uso da água (confiança média). Os desafios para a gestão da água serão exacerbados a curto, médio e longo prazo, dependendo da magnitude, taxa e detalhes regionais das futuras mudanças climáticas e serão particularmente desafiadores para regiões com recursos limitados para a gestão da água (alta confiança) (IPCC, 2022, p. 14).

Portanto, caso não haja, até o ano de 2050, uma forte diminuição das emissões dos GEE, mais incisivamente de dióxido de carbono e metano, o mundo poderá viver em estresse hídrico e escassez de água sem precedentes.

2.4 Sustentabilidade, ODS e água

As ideias e o conceito sobre desenvolvimento sustentável começaram a se consolidar em 1988 com o Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), intitulado "Nosso Futuro Comum". Nele, desenvolvimento sustentável é definido como "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades", ademais, define como recursos

os chamados bens livres, como ar e água e alerta que “o desenvolvimento sustentável requer que os impactos adversos sobre a qualidade do ar, da água e de outros elementos naturais sejam minimizados de forma a manter a integridade geral do ecossistema.” (ONU, 1988, p. 1 e 3).

Os conceitos iniciais sobre sustentabilidade tornam-se substancialmente importantes e difundidos em 1992, a partir do documento Agenda 21, lançado na Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento daquele ano. Assim, Souza e Ribeiro (2013) entendem que:

De acordo com o documento Agenda 21, a sustentabilidade ambiental está relacionada a padrões de consumo e de produção sustentáveis e uma maior eficiência no uso de energia para reduzir, ao mínimo, as pressões ambientais, o esgotamento dos recursos naturais e a poluição. Os governos, em conjunto com setor privado e a sociedade, devem atuar para reduzir a geração de resíduos e de produtos descartados, por meio da reciclagem, nos processos industriais e na introdução de novos produtos ambientalmente saudáveis. (SOUZA; RIBEIRO, 2013, p. 370).

A partir desses marcos e ao longo das próximas duas décadas, os termos desenvolvimento sustentável e sustentabilidade tornaram-se objeto de debate político e de diversas conceituações por parte dos teóricos, mas sem chegarem a um consenso (CAMARGO, 2016), pois consideram que os conceitos originais são limitados e precisavam abranger outras dimensões. Por exemplo, para Sachs (2002) a sustentabilidade deve ser construída por meio das dimensões: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional, deixando claro que o foco não é somente nas questões ambientais e que a visão desse tema deve ser mais holística.

Assim, de forma a enfrentar o problema da sustentabilidade global, em 2015 193 Estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU) adotaram a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 5), buscando um esforço conjunto para acabar com a fome e pobreza, proteger o planeta, assegurar prosperidade a todos e promover a paz (ONU, 2015). O Brasil, ao se comprometer com a implementação da Agenda 2030, criou em 2016 a Comissão Nacional para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que foi composta por diversos representantes da sociedade, para desenvolver um plano de trabalho acerca dos 17 ODS. Atualmente, é competência da Secretaria Especial de Articulação Social da Secretaria de Governo da Presidência da República “solicitar e consolidar as informações sobre a implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável prestadas pelos órgãos governamentais” (BRASIL, 2019, Art. 15º, VIII). Nessa linha, para este trabalho, destaca-se o ODS 6, o qual visa assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas as pessoas (NAÇÕES UNIDAS, 2021). Ressalta-se, similarmente, que a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) tem como um de seus objetivos garantir à atual e às futuras gerações a

necessária disponibilidade de água. Nesse sentido, as instituições públicas brasileiras também precisam basilar suas ações no que é preconizado pela Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que busca adoção de políticas de Responsabilidade Socioambientais e de novos padrões de produção e consumo sustentáveis dentro do governo (BRASIL, 2009). Dessa forma, a Administração Pública tem o dever capital de orientar e liderar a sociedade no correto uso da água e de práticas para conter seu desperdício.

Figura 5 – Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: (NAÇÕES UNIDAS, 2020)

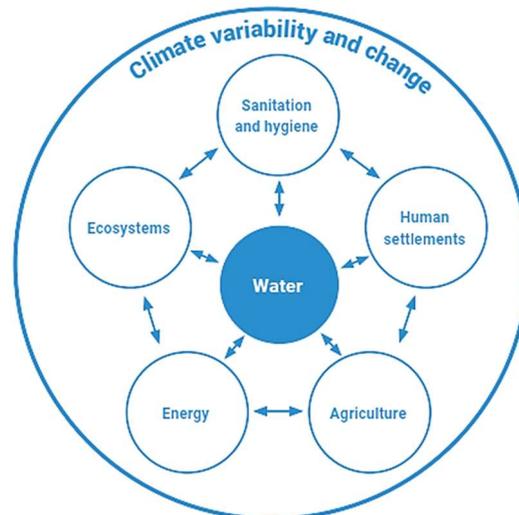
Para além dessa discussão, há a realidade a ser enfrentada, sobre a qual os relatórios anuais *World Water Development Report* (WWDR) da UNESCO alertam que a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos (GIRH) é central e abrange toda e qualquer dimensão acerca da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável. Neste sentido o relatório WWDR 2019 faz o seguinte alerta especial:

As ligações entre a água e as decisões mais amplas em relação à segurança alimentar e energética, crises humanitárias, desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental muitas vezes permanecem não reconhecidas ou mal compreendidas. Ainda assim, em um mundo cada vez mais globalizado, os impactos das decisões relacionadas à água ultrapassam as fronteiras e afetam a todos. A intensificação de eventos extremos, degradação ambiental (incluindo diminuição da disponibilidade e qualidade da água), crescimento populacional, rápida urbanização, padrões insustentáveis e injustos de produção e consumo (dentro e entre países), conflitos reais e potenciais e fluxos migratórios sem precedentes estão interconectados às pressões enfrentadas pela humanidade, atingindo aqueles em situações vulneráveis, muitas vezes com mais força por meio de seus impactos na água. E, à medida que a demanda por recursos hídricos limitados cresce e os impactos das mudanças climáticas se tornam mais graves, também aumenta o potencial para conflitos sobre usos concorrentes e entre diferentes usuários de água. (UNESCO, 2019, p. 157).

Além disso, segundo o WWDR 2020, não é possível dissociar as mudanças climáticas da gestão das águas, porquanto, as alterações hidrológicas induzidas pelas mudanças climáticas adicionam desafios à gestão sustentável dos recursos hídricos, afetando a disponibilidade, qualidade e quantidade de água para as necessidades humanas básicas, ameaçando o usufruto

efetivo dos direitos humanos à água para bilhões de pessoas no mundo. Ademais, ressalta a indissociabilidade da água com os diversos setores socioeconômicos, sintetizada na Figura 6 (UNESCO, 2020).

Figura 6 – Interações entre a água e outros setores socioeconômicos importantes afetados pela variabilidade e mudanças climáticas



Fonte: (UNESCO, 2020)

Corroborando essas informações, o *The Sustainable Development Goals Report 2020* da ONU confirma que a água é essencial não apenas para a saúde, mas também para a redução da pobreza, da segurança alimentar, da paz e dos direitos humanos, dos ecossistemas e da educação, mostrando que as dificuldades em atingir as metas do Objetivo 6, devido a crescente escassez de água, a poluição da água e degradação dos ecossistemas relacionados a água, poderão comprometer todos os outros 16 ODS (UNITED NATIONS, 2020) (Figura 5).

2.5 Pegada hídrica, Gestão Ambiental e desperdício de água

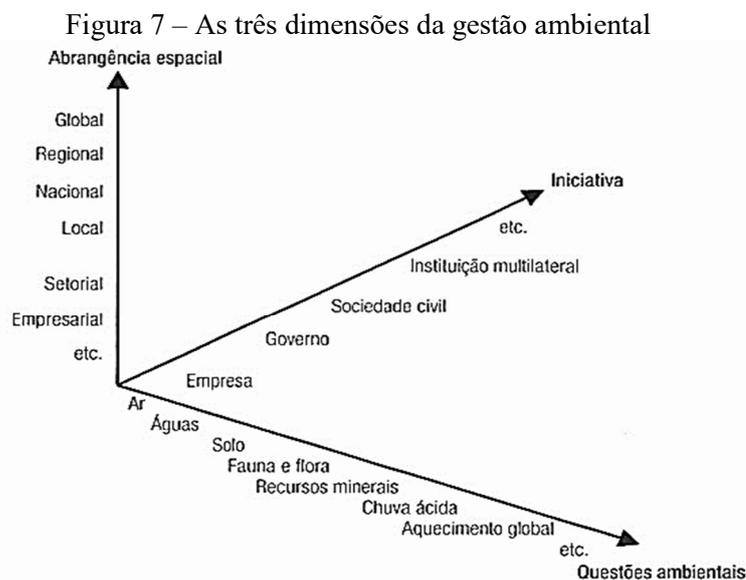
Arjen Hoekstra, ao criar o conceito de pegada hídrica, considerou-o como sendo um indicador do consumo de água direta e indireta em toda a cadeia produtiva de um produto, classificando três tipos de água em função do consumo, ou seja:

A pegada hídrica azul de um produto refere-se ao consumo de água azul (superficial e subterrânea) ao longo de sua cadeia produtiva. ‘Consumo’ refere-se à perda de água (superficial ou subterrânea) disponível em uma bacia hidrográfica. A perda ocorre quando a água evapora, retorna a outra bacia ou ao mar ou é incorporada em um produto. A pegada hídrica verde refere-se ao consumo de água verde (água de chuva, desde que não escoe). A pegada hídrica cinza refere-se à poluição e é definida como o volume de água doce necessário para assimilar a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes. (HOEKSTRA *et al.*, 2011, p. 2).

Segundo Mekonnen e Hoekstra (2016), a diminuição do consumo de água azul e a redução da ameaça da escassez de água poderão ocorrer pela limitação do consumo de água por bacia hidrográfica, pelo aumento da eficiência do uso da água e pelo melhor compartilhamento dos recursos limitados de água doce. Além disso, afirmam que, "tecnicamente, ambas as pegadas hídricas azul e cinza em indústrias e residências podem ser reduzidas a zero, através da reciclagem total da água" (HOEKSTRA *et al.*, 2011, p 93). Para tanto, são necessários os incentivos socioeconômicos para a realização de projetos ambientais.

É inquestionável que a gestão dos recursos hídricos está vinculada à gestão ambiental, a qual Barbieri (2007) entende como sendo "as diretrizes e as atividades administrativas e operacionais, [...] realizadas com o objetivo de obter efeitos positivos sobre o meio ambiente, quer reduzindo ou eliminando os danos ou problemas causados pelas ações humanas, quer evitando que eles surjam" (BARBIERI, 2007, p. 25).

Ainda, segundo o autor, as dimensões espacial, temática e institucional precisam estar inclusas nas propostas de gestão ambiental (Figura 7); portanto, os projetos precisam de uma abordagem sistêmica, sendo de pequeno ou grande porte.



Fonte: (BARBIERI, 2007)

De acordo com Oliveira (1999) apud (GONÇALVES *et al.*, 2006), projetos associados à Gestão Integrada dos Recursos Hídricos ocorrem em três níveis de intervenção, ou seja: macro - projetos referentes às bacias hidrográficas; meso - projetos na escala dos sistemas de abastecimento; e micro - projetos relacionados às edificações. Dessa forma, fica claro que projetos ambientais que atinjam uma escala menor e, por exemplo, consigam conter o desperdício de água contribuem para a GIRH.

Sobre o desperdício de água, Gonçalves *et al.* (2009) esclarecem:

Compreende basicamente as perdas evitáveis, ou seja, correspondem claramente à negligência do usuário que não tem consciência ambiental. Isso pode estar vinculado ao uso propriamente dito ou ao funcionamento geral dos sistemas. Em geral, o desperdício de água está associado ao comportamento de uso e por isso é mais evidente nos sistemas individuais (edificações). As parcelas de perdas e desperdícios representam custos para os usuários e para a sociedade, sem aportar benefícios. Portanto sua eliminação ou redução a níveis razoáveis resulta em consideráveis benefícios ambientais e econômicos. (GONÇALVES *et al.*, 2009, p. 46).

Ressalta-se que a Agenda 21 em seu Capítulo 18, com o título: “Proteção da Qualidade e Abastecimento de Recursos Hídricos: Aplicação de Abordagens Integradas para o Desenvolvimento, Gestão e Uso de Recursos Hídricos”, lista os seguintes itens como parte de seus objetivos:

j. Desenvolvimento de fontes novas e alternativas de abastecimento de água, como dessalinização da água do mar, recarga artificial de águas subterrâneas, uso de água de qualidade marginal, reutilização de águas residuais e reciclagem de água;

l. Promoção da conservação da água por meio de uma maior eficiência no uso da água e esquemas de minimização do desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de dispositivos para economizar água; (ONU, 1992, p. 3)

Deve-se salientar que o desperdício de água pode ocorrer em diversas áreas, tais como: na agricultura, na indústria e no meio urbano. Sendo assim, o reuso e a reciclagem de água constituem importantes ações para a gestão racional da água, pois, segundo Rodrigues (2005), podem ser considerados como recursos hídricos complementares, auxiliando na redução do consumo e permitindo que a água potável seja utilizada para fins mais nobres.

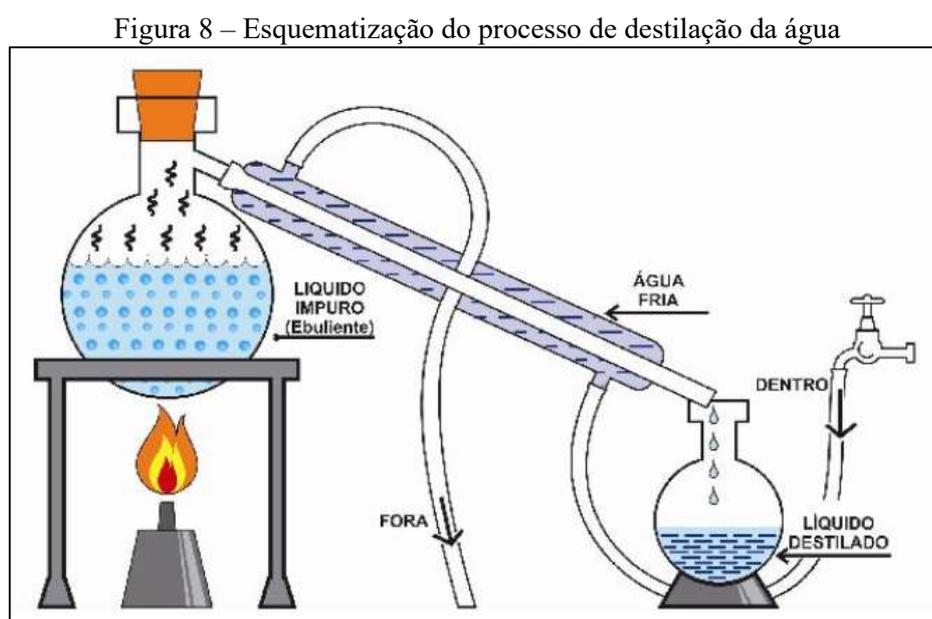
Enfatiza-se que a Academia, instituições de pesquisa, cientistas e pesquisadores nacionais e internacionais há muito tempo vêm produzindo dados, conhecimento e informações de grande relevância em relação aos temas expostos, capazes de instrumentalizar governos e as sociedades humanas a construir relações mais justas e fraternas e para o bem da preservação da espécie humana, principalmente, no que tange à gestão dos recursos hídricos, por sua peculiaridade em ser fundamental à existência e à continuidade da vida no planeta Terra.

2.6 Destiladores de água e o tipo Pilsen

A água é de importância capital para determinados laboratórios, pois é utilizada em diversas aplicações, tais como: “reconstituição de reagentes, diluições, soluções brancas ou padrões, preparação de soluções de enxágue e de tampões, confecção de meios de cultura, alimentação de analisadores automatizados, lavagem, sanitização e recuperação de utensílios” (MENDES *et al.*, 2011, p. 218), além de uso farmacêutico; contudo, em geral não pode ser empregada em sua condição natural por conter contaminantes, que precisam ser removidos para

elevar a pureza da água. Para tanto, são utilizadas diversas técnicas, como, por exemplo, destilação, osmose reversa, deionização e ultrafiltração.

A respeito da destilação, essa operação “é usada para separar misturas homogêneas do tipo sólido-líquido, nas quais os componentes têm pontos de ebulição diferentes. O vapor da água aquecida é condensado, coletado e armazenado, removendo grande parte dos contaminantes” (MENDES et al., 2011, p. 220). A Figura 8 mostra o processo e a construção de um destilador básico, usando vidrarias em um laboratório.



Fonte: Adaptado de (LORENZO *et al.*, 2018, p. 1082)

Ademais, a norma ISO¹ 3696:1987 - *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*, revisada em 2018, categoriza a água reagente nas classes 1, 2 e 3, sendo a classe 1 a mais pura. A água produzida por destiladores figura na classe 3, pois, sua condutividade, uma das características medidas para a classificação, está abaixo de 5 μ S/cm, mas não alcança valor menor do que 1 μ S/cm, o qual é exigido para as outras classes (ISO, 2018). Sendo assim, essa condição de pureza “é aceitável para a maioria dos trabalhos que envolvam química líquida (procedimentos manuais baseados na observação), bem como para o preparo de soluções reagentes, podendo ser utilizada para trabalhos analíticos comuns” (LORENZO *et al.*, 2018, p. 1080), tornando-se, também, insumo para equipamentos que produzem água das classes 1 e 2. Portanto, os destiladores de água são amplamente utilizados em laboratórios.

¹ International Organization for Standardization (ISO).

Existem muitos destiladores de água comerciais com variada capacidade de produção de água destilada. Alguns exemplos dos diferentes tipos de equipamentos podem ser vistos nas Figuras 9, 10, 11 e 12, sendo que o destilador da Figura 12 é mais comercializado fora do país e o destilador de água tipo Pilsen tem boa aceitação no Brasil por ser instalado na parede, ocupando menos espaço no laboratório, e possuir grande capacidade de produção, variando entre 2 a 30 litros de água destilada por hora.

Figura 9 – Destilador de água em vidro borossilicato e quartzo



Fonte: (MARCONI, [s. d.])

Figura 10 – Destilador de água com reservatório



Fonte: (CRISTÓFOLI, [s. d.])

Figura 11 – Destilador de água tipo Pilsen



Fonte: (QUIMIS, [s. d.])

Figura 12 – Destilador de água de bancada em aço inoxidável



Fonte: (BANGGOOD, 2022)

O destilador de água, particularmente o tipo Pilsen, é um equipamento bastante utilizado em instituições públicas brasileiras nas áreas da saúde, pesquisa e educação que precisam produzir água destilada como insumo necessário à execução de experimentos em pesquisas, fabricação de fármacos, análises clínicas, reconstituição de reagentes, utilização em autoclaves e lavagens, entre tantas outras aplicações. Contudo, para suprir a demanda esses equipamentos desperdiçam muita água, que normalmente é lançada nos esgotos das edificações (Figura 13). Essa situação tem perdurado por décadas e, certamente, continuará da mesma forma por muitos anos se nada for feito, devido ao baixo custo de aquisição e manutenção. Todavia, no mundo atual, no qual a gestão sustentável dos recursos hídricos é cada vez mais exigida, esse problema demanda atenção e solução.

Figura 13 – Destilador de água tipo Pilsen, suas partes e circuito da água



Fonte: Adaptada de Blog SPLABOR - <https://www.splabor.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/08/IMAGEM-01.jpg> (SPLABOR, [s. d.])

3 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Embora o Brasil concentre 12% das reservas de água doce do planeta (ANA, 2019a), muitas regiões sofrem com escassez crônica de água, sendo que essa situação pode piorar com as mudanças climáticas (MARTINS *et al.*, 2013). Nesse sentido, faz-se necessário agir em consonância com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL, 1997), a qual tem como um de seus objetivos assegurar à atual e às futuras gerações a necessária

disponibilidade de água. Além disso, a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade, constitui uma das diretrizes gerais de ação recomendadas pela PNRH.

Logo, não é possível pensar em desenvolvimento sustentável sem a gestão inteligente das águas. Nesse sentido, uma simples comparação revela a magnitude do problema do desperdício do destilador de água tipo Pilsen. Por exemplo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo informa que uma torneira vazando um filete de água de 2 mm desperdiça 5,66 litros/hora de água (SABESP, [s. d.]), sendo de senso comum que um vazamento dessa ordem não é aceitável e rapidamente deve ser sanado. Surpreendentemente, um destilador de água tipo Pilsen, que produz 30 litros de água destilada por hora, pode desperdiçar cinquenta e três vezes mais água em uma hora de trabalho do que um filete de 2 mm (SOLAB, [s. d.]). É relevante salientar que existem milhares desses equipamentos espalhados em todo país, sem que esse problema seja abordado com a seriedade exigida. Confrontando essa realidade, em muitos lugares mulheres e crianças pobres carregam água, diariamente e várias vezes ao dia, a fim de suprirem as necessidades de suas famílias. À vista disso, não se pode admitir que as instituições públicas no Brasil, que fazem uso desses equipamentos, ainda convivam com desperdício de água de tamanha magnitude.

Isto posto, por meio dessa pesquisa, espera-se apontar soluções viáveis para reduzir esse desperdício crônico de água, mostrando-se, também, que as instituições públicas brasileiras, que utilizam destiladores de água tipo Pilsen, precisam, por meio da gestão sustentável da água, agir ativa e rapidamente para a diminuição desse problema, beneficiando a sociedade, o Erário e as instituições de *per si*. Em vista das questões socioeconômicas e ambientais que envolvem a sustentabilidade, na qual a água ocupa papel central, esta pesquisa se torna muito relevante.

4 QUESTÃO DA PESQUISA

Diante do exposto, propõe-se a seguinte pergunta norteadora da pesquisa: Quais soluções poderiam ser implementadas para sanar o problema do desperdício de água por destiladores de água tipo Pilsen adquiridos por instituições públicas no Brasil?

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo Geral

Identificar as melhores soluções já propostas para resolver o desperdício de água por destiladores de água tipo Pilsen em instituições públicas brasileiras que utilizem esses equipamentos.

5.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- a) levantar informações junto aos fabricantes sobre os destiladores de água tipo Pilsen para auxiliar a execução dos demais objetivos específicos;
- b) levantar em base de dados governamental quantos e quais tipos de destiladores de água tipo Pilsen foram comprados nos últimos doze anos;
- c) estimar o desperdício de água associado a esse conjunto de equipamentos;
- d) apontar as melhores propostas para resolver o problema do desperdício de água por destiladores de água tipo Pilsen;
- e) desenvolver uma Cartilha para a limpeza de destiladores de água tipo Pilsen e melhoria de desempenho, como produto do Mestrado Profissional.

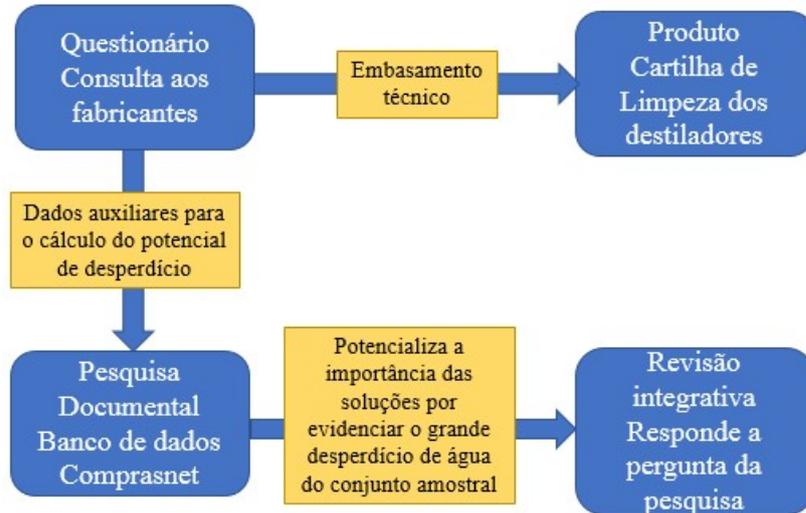
6 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

6.1 Tipo de pesquisa

Segundo a sua finalidade, a presente pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois busca encontrar soluções para uma situação específica. Visto que há a intenção de permitir melhor entendimento do problema, pode-se classificá-la também como exploratória. De acordo com a natureza dos dados que foram obtidos por meio da pesquisa, portanto, sendo interpretativa, caracteriza-se ainda como qualitativa (CRESWELL; ROCHA; SILVA, 2007; GIL, 2017). De forma a atingir os objetivos descritos anteriormente, foram utilizadas três técnicas de pesquisa: Questionário, Pesquisa Documental e Pesquisa Integrativa. A análise dos dados ocorreu por meio do cruzamento e a narração das informações encontradas com o auxílio

de ferramentas estatísticas convencionais, além de planilhas, tabelas e gráficos. A Figura 14 mostra as relações e as interações das técnicas de pesquisa nesse trabalho.

Figura 14 – Relações entre as pesquisas



Fonte: Autor

6.2 Questionário - Consulta aos fabricantes

A consulta realizada visou a esclarecer questões técnicas acerca dos destiladores de água tipo Pilsen, relacionadas a sua funcionalidade, tempo de vida útil, consumo de água e à quantidade de equipamentos produzida anualmente, de forma a subsidiar algumas avaliações dentro da pesquisa documental. Sendo assim, foi solicitado a alguns fabricantes que respondessem perguntas técnicas sobre os destiladores, bem como enviassem seus manuais. A técnica de pesquisa utilizada foi Questionário, pois, de acordo com Gil (2008), é uma “técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos [...]” (GIL, 2008, p 121). O questionário foi construído com questões abertas sobre fatos técnicos pertinentes aos equipamentos de destilação de água tipo Pilsen fabricados pela empresa. Visto que as sedes das empresas encontram-se em vários estados brasileiros e que a pesquisa ocorreu em plena pandemia da COVID-19, optou-se por enviar o questionário e receber as respostas por e-mail, permitindo, assim, que a coleta de dados fosse bastante prática (LAKATOS; MARCONI, 2017).

As perguntas a serem respondidas foram as seguintes:

- A. Qual o tempo de vida útil de um destilador de água tipo Pilsen com manutenção preventiva e correta operação?

- B. Qual o tempo de vida útil de um destilador de água tipo Pilsen sem manutenção preventiva?
- C. Como deve ser feita a limpeza e a manutenção preventiva de um destilador de água tipo Pilsen?
- D. Quantos destiladores de água tipo Pilsen são fabricados anualmente (por modelo)? Além disso, através dos manuais, esperava-se saber:
 - i. o tempo de operação inicial dos destiladores de água tipo Pilsen, de forma a quantificar, *a posteriori*, as perdas de água durante esse processo;
 - ii. como deveria ser executada a manutenção preventiva para embasar o produto dessa pesquisa;
 - iii. confirmar o consumo de água dos destiladores de água tipo Pilsen.

6.3 Pesquisa documental no banco de dados governamental Comprasnet

De forma a atender a alguns dos objetivos específicos, ou seja, levantar informações sobre aquisição e dados dos destiladores de água tipo Pilsen nas esferas governamentais e definir uma amostra útil para embasar os cálculos sobre o desperdício de água e o desperdício financeiro associados a esses destiladores, foi realizada uma pesquisa documental. Segundo Gil (2017), esse tipo de pesquisa pode ocorrer, com auxílio de documentos eletrônicos que comprovem fatos e estejam em banco de dados de órgãos públicos.

Sendo assim, o sítio pesquisado foi o Portal de Compras do Governo Federal (BRASIL, 2021a), o qual informa que o Sistema Integrado de Administração de Serviços Gerais (SIASG) é o sistema informatizado de apoio às atividades operacionais do Sistema de Serviços Gerais (SISG) e objetiva integrar os órgãos da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional. Dessa forma, pode-se obter dados nacionais.

Portanto, as operações das compras governamentais dos órgãos integrantes do SISG são realizadas por meio do sistema SIASG, que incluiu os procedimentos de divulgação e a realização das licitações. O sistema eletrônico utilizado para a execução das compras governamentais é o Comprasnet 4.0; assim, por meio dele, é possível rastrear as compras de quaisquer produtos adquiridos pelos órgãos cadastrados no sistema, os quais, podem ser também estaduais e municipais. Ademais, o acesso aos dados está disponível a qualquer pessoa.

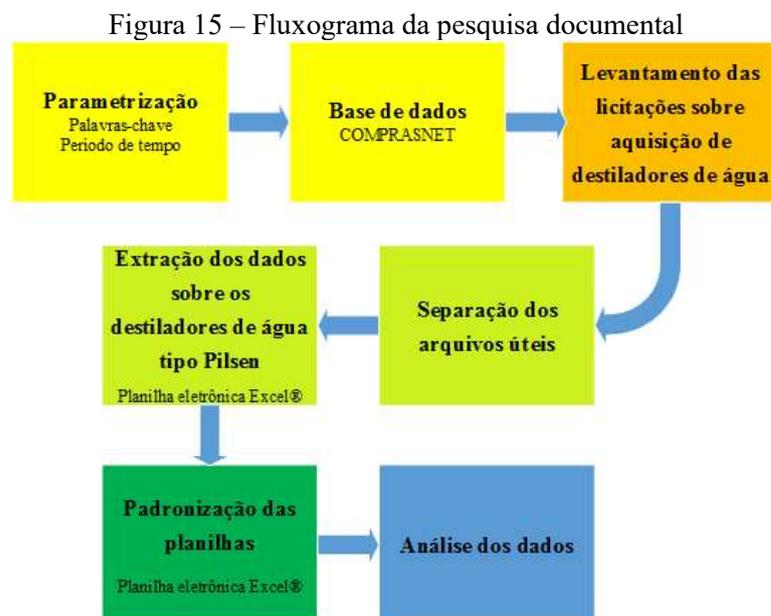
A população dessa pesquisa é constituída por todos os destiladores comprados pelo setor público em suas três esferas governamentais; ou seja, federal, estadual e municipal. Naturalmente esse universo é composto por quantidade de elementos desconhecida. Como nem

todas as instituições públicas, fora da esfera federal, são integrantes do SIASG, pode-se classificar os dados obtidos pelo banco de dados do Comprasnet como uma amostra não probabilística e por conveniência (MATTAR, 2014). Essa classificação é reforçada em razão de se tratar de uma pesquisa de natureza exploratória, servindo os dados coletados para mostrar o potencial de desperdício dos milhares de destiladores de água tipo Pilsen instalados nesse país.

Com a finalidade de preservar a transparência, a rastreabilidade e a confiabilidade dos dados coletados, foram lançados nas planilhas eletrônicas Excel® o nome do órgão, o código da UASG (Unidades de Administração de Serviços Gerais), o número e o ano do pregão, por meio dos quais, qualquer pessoa poderá verificar a consistência das informações pesquisadas sobre os destiladores de água tipo Pilsen comprados pelo governo brasileiro que tenham registro no sistema Comprasnet. A planilha de dados está disponível para consulta por meio de solicitação pessoal ao autor.

A Figura 15 mostra o fluxograma da pesquisa documental, que foi dividida em quatro fases, ou seja:

- I. Levantamento de todas as licitações, nas quais constam a aquisição de destiladores de água;
- II. Separação dos arquivos úteis, extração dos dados válidos sobre os destiladores de água tipo Pilsen e lançamento nas planilhas;
- III. Padronização das planilhas;
- IV. Análise dos dados.



Fonte: Autor

6.3.1 Fase I - Levantamento das licitações

O acesso às informações sobre as licitações ocorreu por intermédio do sítio http://comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/ConsultaLicitacoes/ConsLicitacao_texto.asp no período de 10/07/2020 a 16/04/2021. O portal permite a consulta por meio de "Texto" ou "Termos" nos campos "Objeto", "Descrição Sumária" e "Descrição Completa". Além disso, é necessário selecionar o período a ser pesquisado. Para a pesquisa de "Texto", o portal recomenda a utilização de aspas, enquanto para "Termos", basta apenas a separação das palavras por espaço (Figura 16).

Figura 16 – Tela de pesquisa do sistema Comprasnet

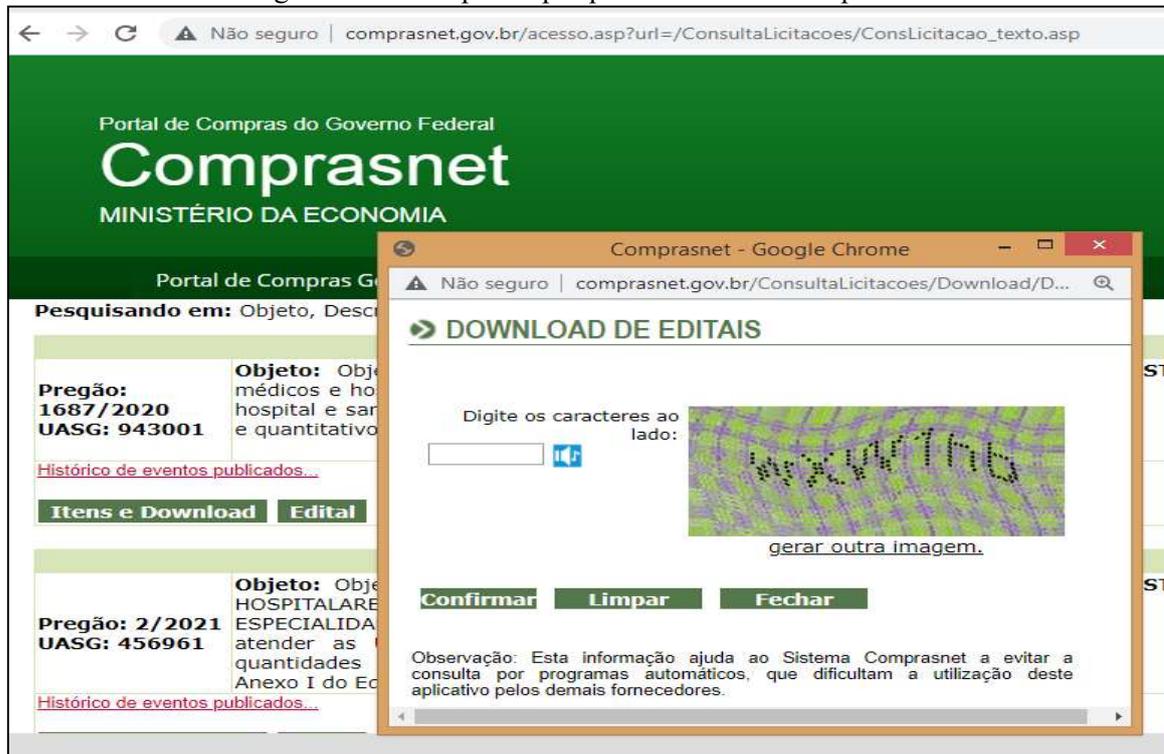
Fonte: (BRASIL, 2021b)

Ressalta-se que não existe uniformidade no sistema; portanto, para essa pesquisa foram selecionados os campos "Objeto", "Descrição Sumária" e "Descrição Completa", pois é comum encontrar informações desconexas. Por exemplo, em um determinado item do pregão, pode-se constar o termo "Alambique" na "Descrição Sumária", enquanto na "Descrição completa" do mesmo item aparecem os termos "Destilador de água". Sendo assim, para evitar a perda de dados, foi utilizada a pesquisa dos termos "destilador" e "água". Infelizmente, isso retorna uma quantidade significativa de arquivos que estão fora do escopo da pesquisa, o que provocou aumento do esforço de mineração e seleção apropriada dos dados. Definiu-se ainda o período

da publicação como anual. Além disso, verificou-se que as informações sobre os termos pesquisados são encontradas a partir do ano de 2009.

Uma vez estabelecidos os critérios da pesquisa, utilizando-se apenas palavras-chave, pois essa base de dados não impõe padrões rígidos de busca, o sistema retorna os registros no formato de dez por página. Infelizmente, não há a opção de se fazer o *download* do conjunto dos arquivos, assim, é necessário clicar em cada registro e passar por um *popup* de verificação humana para se ter acesso ao arquivo com as informações da licitação (Figura 17). De acordo com essas condições, foram feitos *downloads* de 2.981 arquivos dos anos de 2009 a 2020, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Figura 17 – Exemplo de pesquisa do sistema Comprasnet



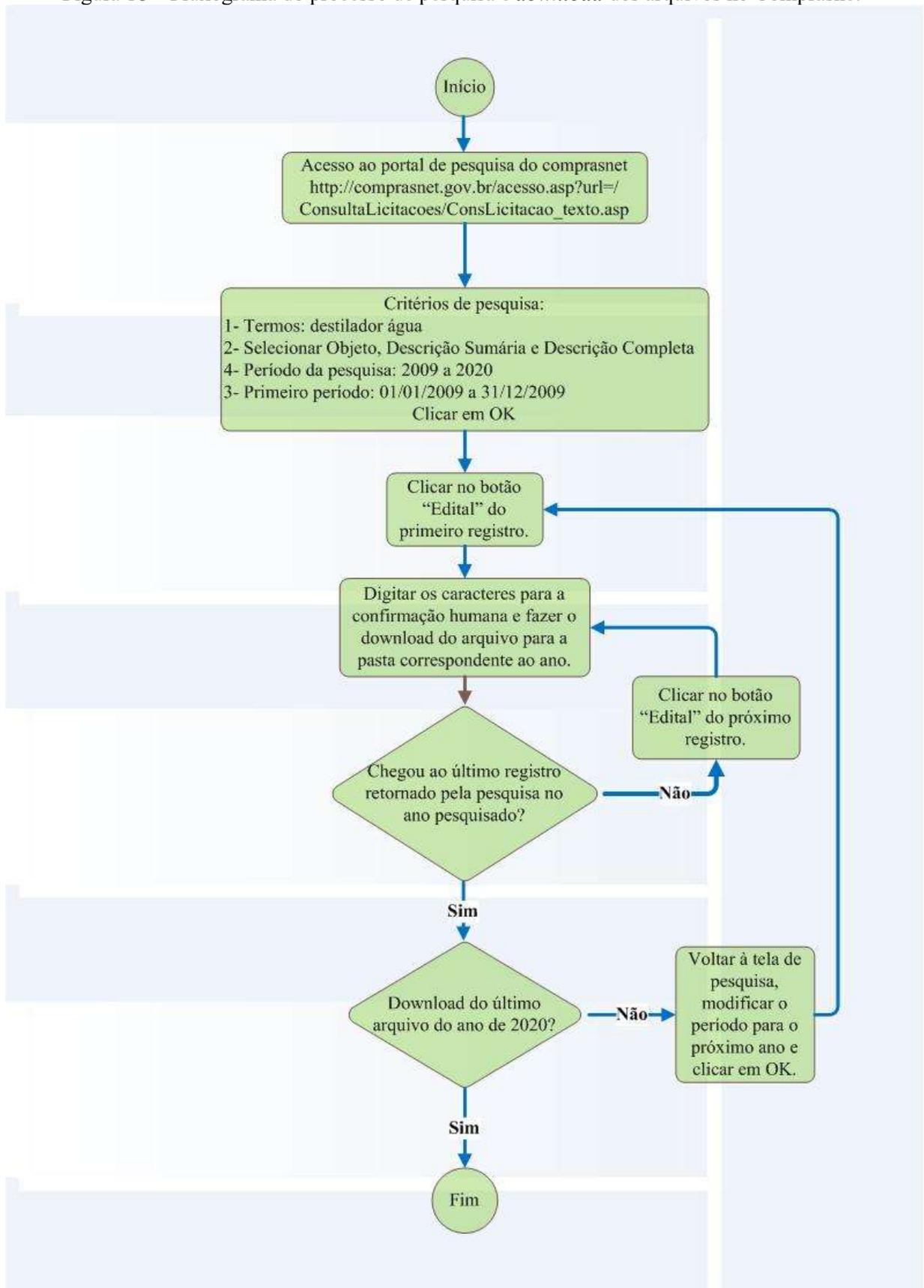
Fonte: (BRASIL, 2021b)

Tabela 1 – Quantidade de arquivos encontrados nos anos 2009 a 2020 no Comprasnet

Ano	Qtd. Arquivos						
2009	299	2012	319	2015	166	2018	217
2010	275	2013	329	2016	226	2019	183
2011	296	2014	241	2017	202	2020	228

Fonte: Autor

A Figura 18 mostra o fluxograma usado para realizar a pesquisa e fazer o *download* dos arquivos retornados pelo sistema Comprasnet.

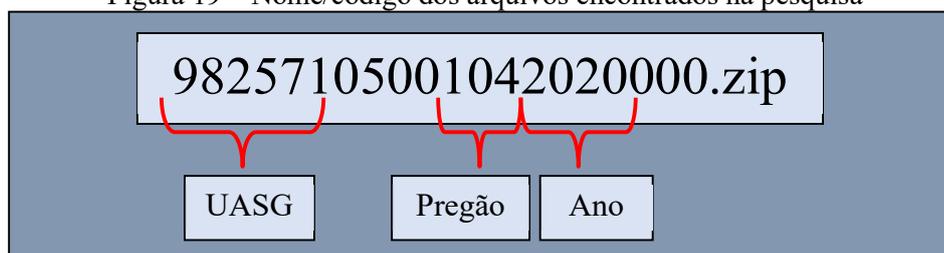
Figura 18 – Fluxograma do processo de pesquisa e *download* dos arquivos no Comprasnet

Fonte: Autor

6.3.2 Fase II - Separação dos arquivos e extração dos dados

O passo seguinte foi verificar se algum arquivo estava em pasta diferente de seu ano de origem, colocando-os em suas pastas correspondentes. Isso foi facilitado pelo fato de o nome do arquivo ser associado a um código que contém informações importantes, tais como, o código da UASG, o número do pregão e o ano em que o processo foi cadastrado (Figura 19). A Tabela 2 mostra como ficaram as quantidades de arquivos distribuídos por ano após o remanejamento.

Figura 19 – Nome/código dos arquivos encontrados na pesquisa



Fonte: Autor

Tabela 2 – Quantidade dos arquivos por ano, após o remanejamento para as suas respectivas pastas

Ano	Qtd. Arquivos						
2009	305	2012	330	2015	174	2018	208
2010	276	2013	338	2016	218	2019	185
2011	298	2014	221	2017	205	2020	225

Fonte: Autor

Em seguida, criaram-se duas pastas para cada ano com os nomes "Lançado" e "Descartado" para separar os arquivos úteis, cujos dados foram lançados nas planilhas de trabalho. Esse é um procedimento bastante demorado e extenuante, já que é necessário abrir cada arquivo, verificar se há informações de compras ou manutenção de destiladores de água tipo Pilsen, posteriormente, consultar a Ata do pregão (Figura 20), verificar se foi homologado, verificar se o item obteve propostas (Figura 21) e digitar nas planilhas as informações pertinentes a pesquisa.

Figura 20 – Tela de consulta da Ata de Pregão

Portal de Compras do Governo Federal
Comprasnet
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Portal de Compras Governamentais

➔ CONSULTA ATA DE PREGÃO

- Caso queira fazer a pesquisa pela Uasg clique no botão selecionar.
- Caso seja informado o código da Uasg, a pesquisa será feita pelo código, a

Pregão Eletrônico Presencial

Registro de Preço Equalização por ICMS

UF

Lista de Orgãos

Cód. UASG (Unid. de Compra) ou

Número Pregão (Preencha número e ano. Ex: 102005)

Período de Abertura da Sessão Pública De (dd/mm/aaaa) Até (dd/mm/aaaa)

Fonte: (BRASIL, 2021c)

Figura 21 – Resultado da consulta da Ata de pregão

Portal de Compras do Governo Federal
Comprasnet
MINISTÉRIO DA ECONOMIA

Portal de Compras Governamentais

Pregão nº: Nº 00008/2020 (SRP)
Modo de Disputa: Aberto

Ata do Pregão - 10/07/2020 17:05

Ata Complementar nº 1 - 14/07/2020 08:31

Ata Complementar nº 2 - 15/07/2020 10:46

Ata Complementar nº 3 - 17/07/2020 10:56

Ata Complementar nº 4 - 07/08/2020 08:59

Documentos de Proposta/Habilitação: anexos enviados no cadastro de propostas
Anexos dos Itens: anexos enviados por convocação do pregoeiro

Fonte: (BRASIL, 2021c)

As planilhas foram construídas com o seguinte cabeçalho: “Nome do órgão, Cód. UASG, Nome da UASG, Categoria, Área, Estado, Número do pregão eletrônico, Ano, Compra/Manutenção, Fabricante e modelo do destilador, Qtd., Produção (L/h), Consumo (L/h), Total de desperdício (L/h), Fonte da informação do consumo”. A Tabela 3 mostra um exemplo das planilhas e dos dados digitados. A Tabela 4 apresenta o resultado da separação dos arquivos,

na qual pode-se verificar que 51% dos arquivos possuem informações relevantes sobre os destiladores de água tipo Pilsen, as quais foram lançadas na planilha de dados. Observa-se também que 96% dos arquivos úteis se referem a compras de destiladores executadas pelos órgãos públicos e apenas 4% estão relacionados a licitações sobre manutenção desses equipamentos ao longo de 12 anos. A Figura 22 apresenta o fluxograma da fase II da pesquisa no Comprasnet.

Tabela 3 – Cabeçalho e amostra dos dados lançados nas planilhas 2009 a 2020

Nome do Órgão	Cód. UASG	Nome da UASG	Categoria	Área	Estado	Número do Pregão Eletrônico	Ano
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	150151	Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Universidade Federal	Pesquisa e Educação	PR	6/2020	2020

Compra / Manutenção	Fabricante e modelo do destilador	Qtd.	Produção (L/h)	Consumo (L/h)	Total de desperdício (L/h)	Fonte da informação do consumo
Compra	Marte MB1010	2	10	500	1000	Fabricante

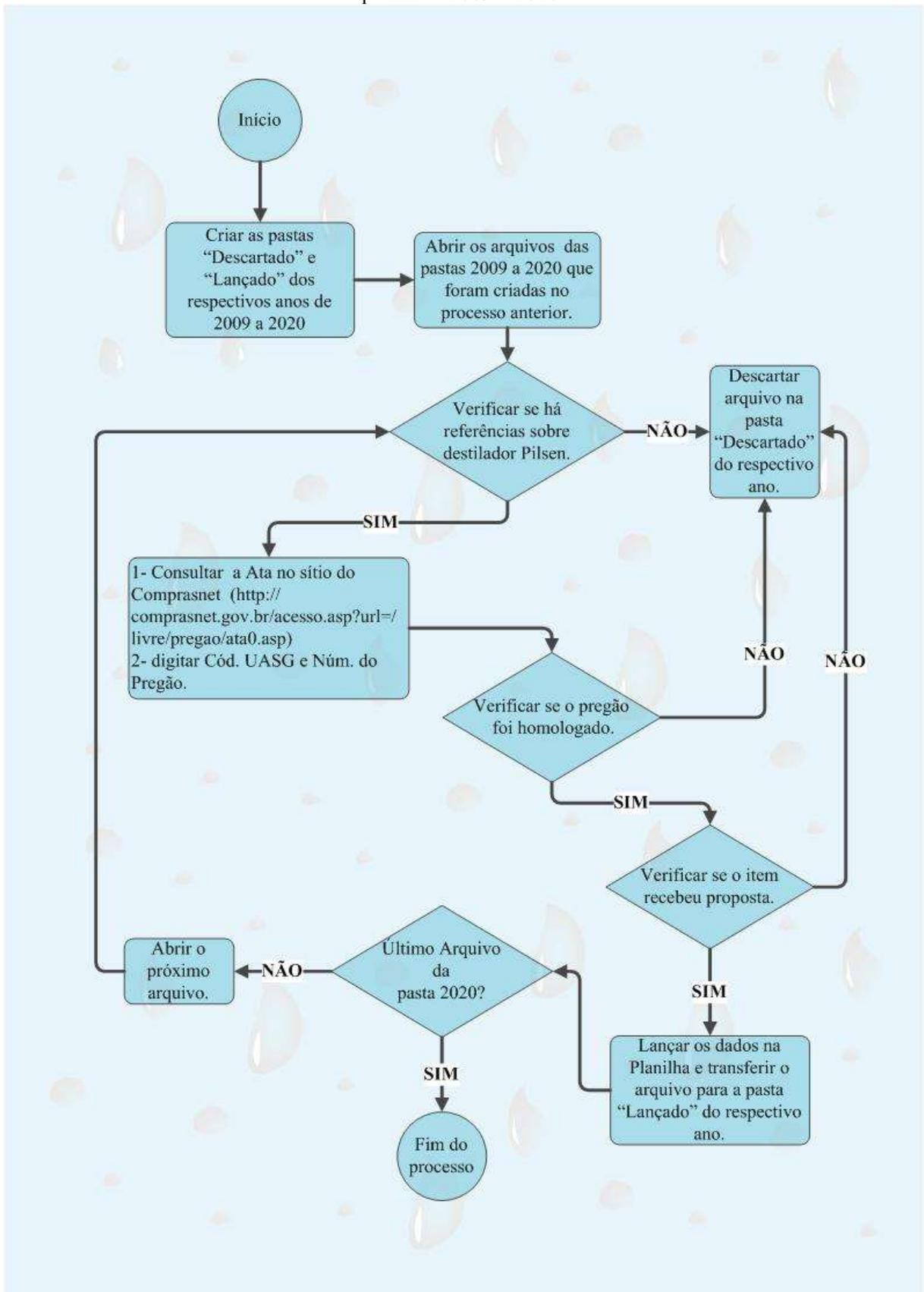
Fonte: Autor

Tabela 4 – Informações sobre os arquivos após a segregação e lançamento dos dados nas planilhas

Ano	Arq. lançados na planilha	Arq. Descartados	% Arq. lançados na planilha	Arq. Compra	Arq. Manutenção	% Arq. Compra	Total
2009	201	104	66%	195	6	97%	305
2010	168	108	61%	167	1	99%	276
2011	167	131	56%	162	5	97%	298
2012	186	144	56%	182	4	98%	330
2013	186	152	55%	183	3	98%	338
2014	125	96	57%	119	6	95%	221
2015	74	99	43%	66	8	89%	173
2016	92	126	42%	88	4	96%	218
2017	77	128	38%	72	5	94%	205
2018	84	124	40%	82	2	98%	208
2019	82	102	45%	73	9	89%	184
2020	66	159	29%	62	4	94%	225
Total	1.508	1.473	51%	1.451	57	96%	2.981

Fonte: Autor

Figura 22 – Fluxograma da fase II da pesquisa - separação dos arquivos e lançamento dos dados nas planilhas 2009 a 2020



Fonte: Autor

6.3.3 Fase III - Padronização das planilhas

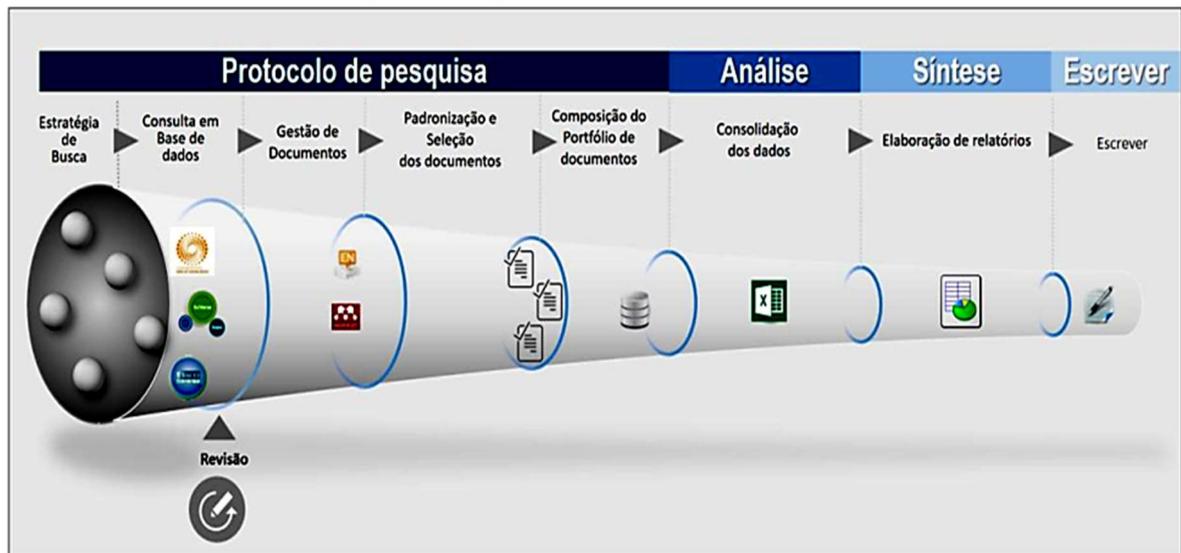
Em seguida foi necessário padronizar as planilhas para facilitar a análise dos dados. Assim, criou-se a coluna "Categoria", de forma a definir grupos principais que utilizam os destiladores de água tipo Pilsen. A coluna "Área" determina a atividade principal do órgão relacionada a esses equipamentos. Ademais, por meio da coluna "Fabricante e modelo do destilador" é possível associar o correto consumo de água para cada tipo de destilador. Isso é importante, pois poderia haver super ou subdimensionamento no cálculo do desperdício da água. Quando não foram encontradas informações do fabricante sobre essa característica, utilizou-se o valor padrão de 10 litros de consumo para cada litro de água destilada. Esse padrão é usual para a maioria dos fabricantes que disponibilizam essa informação (Tabela 3 – Cabeçalho e amostra dos dados lançados nas planilhas 2009 a 2020).

6.4 Pesquisa Integrativa

Dado que a pesquisa procura identificar as melhores soluções para evitar o problema do desperdício de água por destiladores de água tipo Pilsen, que, como já foi mostrado, envolve grandes volumes e é averso ao conceito de sustentabilidade, foi necessário fazer uma busca na literatura científica. Assim, utilizou-se a revisão integrativa como método para a realização da pesquisa bibliográfica e coleta das informações, pois, de acordo com Botelho *et al.* (2011):

Esse método de pesquisa objetiva traçar uma análise sobre o conhecimento já construído em pesquisas anteriores sobre um determinado tema. A revisão integrativa possibilita a síntese de vários estudos já publicados, permitindo a geração de novos conhecimentos, pautados nos resultados apresentados pelas pesquisas anteriores. (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011, p. 127).

Sendo assim, escolheu-se como técnica de coleta de dados uma adaptação ao método *Systematic Search Flow (SSF)* para a concretização da revisão integrativa, pelo fato dele oferecer agilidade e praticidade, sem comprometer a sistematização, além de detalhar a forma como se faz a busca nas bases de dados científicas com a utilização de descritores e operadores lógicos. O método é composto por 4 fases e 8 atividades, conforme pode ser visto na Figura 23 (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

Figura 23 – *Systematic Search Flow – SSF*

Fonte: (FERENHOF; FERNANDES, 2016)

6.4.1 Fluxograma da pesquisa integrativa

De forma a facilitar o entendimento, elaborou-se um fluxograma com as principais etapas da pesquisa, conforme pode ser visto na Figura 24.

Figura 24 – Fluxograma da revisão integrativa



Fonte: Autor

6.4.2 Estratégia de busca, parametrização e base de dados

Inicialmente, foi preciso definir as palavras-chave, as quais foram encontradas no sítio de Descritores em Ciências da Saúde (BIREME/OPAS/OMS), que pode ser acessado no endereço: <https://decs.bvsalud.org/>. Além disso, optou-se por executar a pesquisa na base de dados *Google Scholar*, utilizando o *software Publish or Perish 7.33.3388.7819 (extended report)*, desenvolvido para a o Sistema Operacional *Windows (x64) edition*, rodando sob o *WinPosix 6.3.9600 (x64)*, que garante a portabilidade entre Sistemas Operacionais distintos. O *Publish or Perish* é um programa que recupera e analisa citações acadêmicas e usa uma variedade de fontes de dados (HARZING, 2007). O período pesquisado foi de 2010 a 2021, incluindo citações e patentes. As pesquisas ocorreram entre os dias 10 e 19 de novembro de 2021.

Na primeira consulta foi usada a seguinte *query*: “reuso AND água AND destilador AND destilação AND reaproveitamento AND resfriamento AND desperdício”, obtendo-se 189 trabalhos. Na segunda consulta, após observar o resultado da pesquisa anterior, modificou-se a *query* para: “Destilador AND Reuso de água AND Água potável AND Desperdício de água NOT solar NOT álcool* NOT industri* NOT chuva”. O objetivo foi encontrar mais trabalhos diferentes da pesquisa anterior, mesmo sabendo-se que alguns já encontrados apareceriam na segunda consulta. Sendo assim, foram obtidos 153 trabalhos nessa segunda busca.

Apesar do tema da pesquisa estar fortemente relacionado aos dados encontrados no Brasil, buscaram-se artigos internacionais pertinentes ao problema do desperdício dos destiladores de água entre os anos de 2015 a 2021. Infelizmente, não foram encontrados artigos pertinentes ao assunto nas bases de dados Scopus® e PubMed®. Assim, mais uma vez, foi necessário usar o *Google Scholar* para obter trabalhos internacionais. Para tanto, foram utilizadas palavras-chave com diversas combinações, tais como: “*distillation*”, “*water*”, “*distilled water*”, “*water distillation unit*”, “*recycling water*”, “*cooling water*” e “*waste water*”; no entanto, foram selecionados apenas dez artigos, cujos títulos pareciam ser concernentes à matéria estudada. Contudo, após a leitura dos *papers*, apenas cinco deles estavam dentro desse requisito. Esses resultados parecem mostrar que o tema da presente investigação tem sido pouco explorado em todo o mundo, e não apenas no Brasil, o que torna a presente investigação ainda mais relevante.

É importante explicar que dois trabalhos anteriores ao ano de 2010 foram acrescentados, devido à relevância, originalidade e localização.

6.4.3 Organização da Bibliografia

Foi usado o *software Publish or Perish*®, que permite salvar a pesquisa no formato BibTex, usando a extensão de arquivo “.bib”. Dessa forma, é possível importar os dados para um *software* organizador de bibliografias e referências. Para a presente pesquisa, foi utilizado o *software Zotero*®.

6.4.4 Padronização, seleção e composição do portfólio de documentos

O Zotero® facilitou a segregação dos trabalhos, organizando-os em pastas. O Quadro 2 resume o resultado da fase de seleção dos documentos. Três critérios foram utilizados para essa fase: a leitura do título, do resumo e do próprio artigo. Além disso, os artigos da consulta 2 que estavam duplicados em relação à consulta 1 também foram descartados. Como pode ser visto, 42 trabalhos que possuíam alguma relação com essa pesquisa foram selecionados. Somados aos cinco artigos de outros países, obtiveram-se quarenta e sete trabalhos para análise.

Quadro 2 – Quantidades de trabalhos encontrados no Google Scholar e selecionados

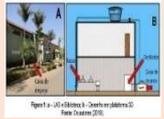
Consulta base de dados	Trabalhos obtidos	Trabalhos Descartados Título	Trabalhos Descartados Resumo	Trabalhos Selecionados	Trabalhos Duplicados
Consulta 1	189	136	20	36	0
Consulta 2	153	122	9	6	13
Total	342	258	29	42	13

Fonte: Autor

6.4.5 Consolidação dos dados

Nessa fase da pesquisa, utilizou-se a planilha eletrônica Excel® para o agrupamento dos dados que foram analisados. O Quadro 3 exemplifica como os dados foram organizados, de acordo com os títulos das colunas da planilha. Conseqüentemente, a partir da consolidação dos dados, pode-se extrair informações relevantes para essa pesquisa, as quais serão tratadas nos próximos tópicos.

Quadro 3 – Exemplo da organização dos dados coletados dos trabalhos selecionados

N.º	Autores	Tipo do trabalho	Ano	Evento / Local	Organização	Área de conhecimento	Análise da água?	Propostas / Soluções	Esquemas/imagens/tabelas
19	(MORAIS <i>et al.</i> , 2021) Implantação e uso na Educação Ambiental de um sistema para reutilização da água de refrigeração de destilador	Artigo	2021	Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)	Instituto Federal de Minas Gerais	Educação Ambiental	Sim. Potável de acordo com o Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017.	Descreve a instalação de um sistema de reuso, no qual um reservatório externo recolhe a água descartada e uma bomba de sucção eleva a água para o reservatório superior para uso diverso.	

Fonte: Autor

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Resultados da pesquisa com Questionário

A consulta ocorreu no dia 23 de junho de 2021, quando foram enviadas mensagens aos fabricantes por meio de e-mail. A data de finalização da coleta foi 07 de agosto de 2021. Foram contatadas quatorze empresas, sendo que 5 responderam ao questionário e 6 enviaram os manuais de seus equipamentos e uma não recebeu a mensagem, como pode ser visto na Tabela 5. Visto que Lakatos e Marconi (2017) afirmam que, em média, apenas 25% dos questionários enviados são respondidos, pode-se dizer que a pesquisa foi bem sucedida ao receber 37% de devolução. Consequentemente, a partir das informações recebidas, pode-se construir a Tabela 6, relacionada às perguntas "A", "B" e "D" do questionário.

Tabela 5 – Empresas fabricantes de destiladores de água tipo Pilsen e retorno da consulta

Núm.	Fabricante	Sítios eletrônicos (acessados em 30/06/2021)	Retorno Manual	Retorno Perguntas
1	ACSGOLD	https://www.acsgold.com.br/destilador-de-agua-tipo-pilsen-em-aco-inox	Sim	Sim
2	ASTRAL CIENFICA	http://www.astralcientifica.com.br/produtos/destilador-de-agua-tipo-pilsen/	Não	Não
3	BIOPAR	Domínio "biopar-rs.com.br" não encontrado.	Não	Não
4	CIANOTEC	https://cianotec.com.br/product/destilador-de-agua-tipo-pilsen-copia/	Não	Não
5	CIENLAB	https://www.cienlab.com.br/destilador/	Não	Sim
6	DE LEO	http://www.deleo.com.br/?page_id=2595	Sim	Não
7	LUCADEMA	https://www.lucadema.com.br/Equipamentos/Detalhe/64/29/DESTILADOR-DE-AGUA-TIPO-PILSEN	Não	Não
8	MARCONI	https://marconi.com.br/produto/113/destilador-de-agua-em-inox-tipo-pilsen-5445lh	Não	Não
9	MARTE CIENFICA	http://www.marte.com.br/divisao/87/destiladores-de-agua	Sim	Sim
10	NOVA TÉCNICA	https://www.novatecnica.com.br/produtos/destiladores-tipo-pilsen.html	Sim	Sim
11	QUIMIS	http://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/destilador-de-agua-tipo-pilsen	Sim	Sim
12	SOLIDSTEEL	https://www.solidsteel.com.br/destilador	Sim	Não
13	SPLABOR	https://www.splabor.com.br/produto/destilador-de-agua-tipo-pilsen-rendimento-5-litros-hora-modelo-sp51-splabor/	Não	Não
14	TECNAL	https://tecnal.com.br/pt-BR/produtos/detalhes/5252_destilador_de_agua_tipo_pilsen	Não	Não

Fonte: Autor

Tabela 6 – Quadro de respostas às perguntas "A", "B" e "D" do questionário

Empresa	Resposta da pergunta "A"	Resposta da pergunta "B"	Resposta da pergunta "D"
ACSGOLD	Não quis mensurar, devido a questões relativas à qualidade da água de entrada e o tempo em que o equipamento fica ligado.	Não quis mensurar, devido a questões relativas à qualidade da água de entrada e o tempo em que o equipamento fica ligado.	02 litros – média 18 un. 05litros – média 120 un. 10litros – média 45 un. Total – média de 185 un./ano
CIENLAB	10 a 15 anos.	A resistência queimar-se-á em, no máximo, 2 anos.	Sem informação.
MARTE CIENTÍFICA	Não há como estimar, pois vários fatores influenciam: tempo de uso diário, uso contínuo ou intermitente, qualidade da água de abastecimento, estabilidade da rede elétrica.	Não há como estimar, pois vários fatores influenciam: tempo de uso diário, uso contínuo ou intermitente, qualidade da água de abastecimento, estabilidade da rede elétrica.	Não tem acesso ao número de destiladores produzidos anualmente.
NOVA TÉCNICA	Em torno de 10 anos. É difícil dizer com precisão. Já tivemos primeira assistência em um equipamento após 20 anos de uso.	Já tivemos assistência em menos de 6 meses.	50 unidades em média.
QUIMIS	5 anos, 10 anos, ou mais.	6 a 18 meses	Em torno de 600 unidades.

Fonte: Autor

De acordo com Lafraia (2014), a partir da perspectiva da análise de falhas, pode-se entender vida útil como o tempo em que um equipamento se mantém funcional com a taxa de falha especificada para ele, ou até acontecer uma falha, por meio da qual ocorre um colapso que força a sua substituição. Logo, durante o tempo de vida útil, o equipamento pode ser objeto de várias manutenções destinada a mantê-lo em operação até o momento do desgaste final. Baseado nessa concepção e considerando as respostas da pergunta "A", pode-se inferir que o destilador de água tipo Pilsen possuiu tempo de vida útil médio superior a 10 anos, tendo potencial para alcançar 20 anos.

Contrapondo-se a isso, as respostas da pergunta "B" indicam que a falta de manutenção e cuidados com a operação, principalmente sobre a qualidade da água e da energia elétrica,

podem levar o equipamento a sofrer muitas manutenções corretivas, reduzindo o tempo de vida útil.

As respostas da pergunta "D" apontam que a fabricação desses equipamentos é constante e permanente, mostrando que a comercialização de destiladores de água tipo Pilsen continuará abastecendo a demanda do mercado no Brasil por muitos anos. Portanto, são importantes as ações que eliminem o desperdício de água desses dispositivos.

De forma a responder a questão sobre o desperdício de água inicial ao ligar o destilador, foi construída a Tabela 7 a partir dos esclarecimentos no APÊNDICE A – Informações sobre a correta operação dos destiladores de água tipo Pilsen, cujos dados foram retirados dos manuais dos fabricantes. Pode-se verificar que, em média, o equipamento demora quinze minutos para começar a produzir água destilada. Durante esse período, a água que abastece o destilador permanece fluindo para o esgoto. Destaca-se que, segundo os manuais, deve-se ajustar a temperatura da água, que é usada para a troca de calor e descartada pelo destilador, próxima à temperatura ambiente. Para tanto, é necessário regular o fluxo de água; assim, quanto mais água circula pelo dispositivo, menor é a temperatura da água na saída do equipamento. Esse ajuste de temperatura pode levar a um maior consumo de água, o qual não é informado pelos fabricantes, exceto pela empresa QUIMIS (Tabela 8). A Tabela 8 mostra a produção e consumo de água de alguns modelos de destiladores de água tipo Pilsen, por exemplo, o modelo MB1004, segundo o fabricante Marte Científica, ao produzir 2 litros de água destilada por hora, consome/descarta 140 litros de água. A Tabela 8 também mostra que a empresa ACSGOLD utiliza o consumo de água padrão de 10 litros de água para cada litro de água destilada, conforme a maioria dos fabricantes. Porém, como visto anteriormente, esse valor pode variar de acordo com o ajuste do fluxo de água, aumentando, consideravelmente, o desperdício que o equipamento causa.

Tabela 7 – Tempo médio para o início da produção de água destilada em um destilador de água tipo Pilsen

Destilador/Empresa	Tempo para iniciar a produção de água destilada
ACS GOLD	10 min.
MARTE CIENTÍFICA	15 min.
NOVA TECNICA	20 min.
QUIMIS	10 min.
SOLIDSTEEL	20 min.
Média aritmética	15 min.

Fonte: Autor

Tabela 8 – Produção e consumo de água de alguns modelos de destiladores de água tipo Pilsen

Empresa	Respostas dos manuais à questão "iii" da pesquisa com questionário		
	Modelo	Produção (L/h)	Consumo (L/h)
ACSGOLD	PWD-02	2	20
	PWD-05	5	50
	PWD-10	10	100
	PWD-20	20	200
	PWD-30	30	300
MARTE	MB1004	2	140
CIENTÍFICA	MB1005	05	350
	MB1010	10	700
QUIMIS	Q341-12	2	120
	Q341-22	2	120
	Q341-25	5	200 - 240
	Q341-210	10	240 - 480

Fonte: Autor

7.2 Resultados da pesquisa documental

7.2.1 Fase IV - Análise dos dados

7.2.1.1 Preparação para a análise dos dados

A pesquisa no sistema Comprasnet foi executada no período de 10/07/2020 a 16/04/2021. Devido à grande quantidade de dados obtida com a pesquisa, fez-se necessário executar a análise por etapas.

Primeiramente, identificou-se a quantidade de destiladores de água tipo Pilsen comprados nos anos de 2009 a 2020, bem como a quantidade de tipos de destiladores por produção de água destilada. Essa informação é importante para avaliar o desperdício de água desses equipamentos com a máxima exatidão possível. No Quadro 4 pode-se observar que foram comprados o total de 6.772 unidades no período considerado. Observa-se, também, a quantidade de destiladores distribuídos por função da característica de produção de água destilada. Assim, destacam-se os equipamentos com capacidade de produzir 5 a 10 litros de água destilada por hora.

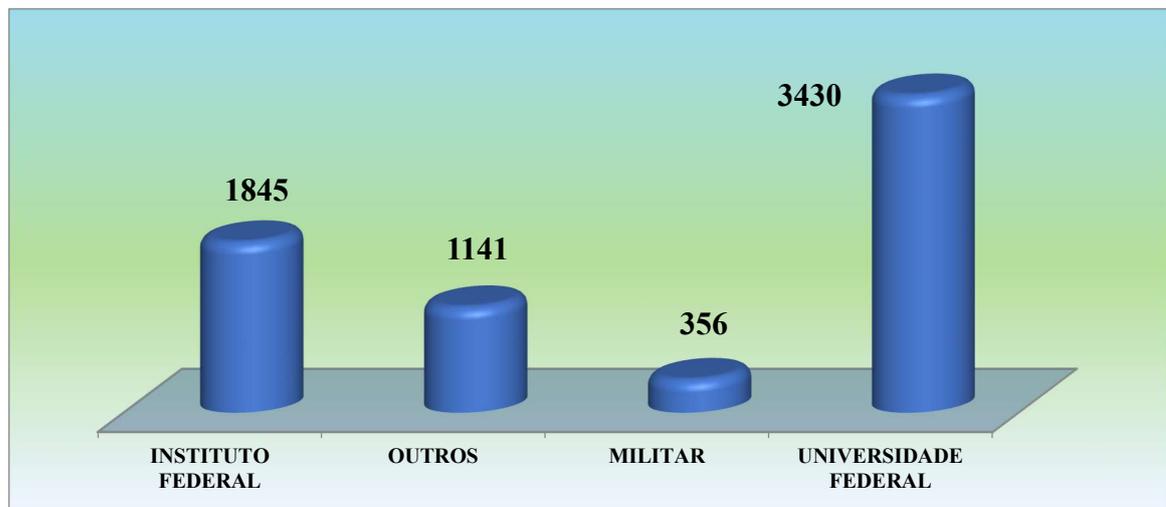
Quadro 4 – Quantidade de destiladores de água tipo Pilsen comprados por ano e produção de água destilada

Tipo de destilador por produção	Quantidade destiladores comprados/ano												Total
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
2 L/h	46	23	23	47	32	65	2	20	2	5	11	1	277
5 L/h	284	398	728	753	720	304	211	297	217	255	113	152	4432
10 L/h	130	129	136	195	285	194	130	189	106	130	143	123	1890
20 L/h	5	3	7	4	3	3	0	0	0	2	0	0	27
30 L/h	4	58	2	14	35	12	0	1	0	5	10	5	146
Total	469	611	896	1013	1075	578	343	507	325	397	277	281	6772

Fonte: Autor

Em segundo lugar, aglutinou-se a quantidade de destiladores em função dos principais tipos de instituições que mais compraram esses equipamentos nos doze anos da pesquisa realizada no Comprasnet. Como pode ser visto nas Figuras 25 e 26, Institutos Federais e Universidades Federais, que estão subordinadas ao Ministério da Educação e Cultura, adquiriram juntos 77,8% dos destiladores de água tipo Pilsen nos anos de 2009 a 2020. Os 22,1% restantes foram obtidos por instituições militares e outras das áreas da saúde nas esferas federal, estadual e municipal, ou das ciências e tecnologias, que estão condensados na categoria "Outros". Em seguida, criou-se o Quadro 5 com o objetivo de se analisar as compras dos destiladores de água tipo Pilsen por estado e posteriormente por região, conforme é mostrado na Figura 27.

Figura 25 – Quantidade de destiladores de água tipo Pilsen comprados por tipos de instituições (un.)



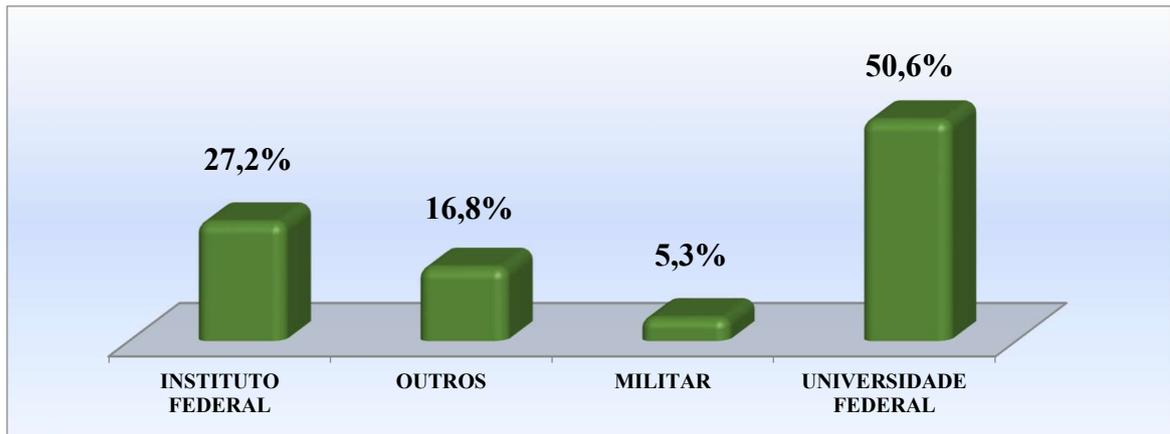
Fonte: Autor

Quadro 5 – Distribuição por estados dos destiladores de água tipo Pilsen comprados em 2009 a 2020
(un.)

Estado	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
AC	1	3	0	1	8	2	3	21	19	0	3	2	63
AL	4	4	22	20	23	11	0	3	30	1	3	3	124
AM	9	43	9	6	7	80	17	0	1	2	6	36	216
AP	0	2	1	3	0	9	12	0	6	2	4	0	39
BA	10	33	27	42	87	51	13	28	19	35	17	13	375
CE	23	14	12	205	7	11	26	10	8	4	19	2	341
DF	13	140	265	141	21	7	14	3	0	2	1	6	613
ES	12	9	3	27	23	34	13	6	1	16	4	5	153
GO	23	19	32	17	57	14	12	0	3	16	0	10	203
MA	8	6	2	35	31	0	9	0	5	3	0	1	100
MG	62	55	73	70	66	37	9	40	36	16	32	28	524
MS	5	5	2	29	53	0	20	14	52	25	4	15	224
MT	25	12	9	25	165	3	0	86	0	6	0	0	331
PA	25	35	38	36	63	14	11	20	17	52	25	4	340
PB	9	31	49	19	45	45	5	53	1	63	2	1	323
PE	21	3	14	14	22	24	51	12	19	26	10	9	225
PI	21	11	12	60	79	5	43	0	0	0	6	1	238
PR	10	11	146	51	70	18	18	23	43	30	21	44	485
RJ	11	27	10	24	24	36	2	3	4	27	14	2	184
RN	32	15	37	54	96	26	2	17	32	2	3	14	330
RO	2	51	11	3	23	7	6	82	2	7	18	10	222
RR	8	0	6	10	23	4	0	18	0	2	3	0	74
RS	70	64	74	62	36	65	26	56	23	17	39	14	546
SC	33	2	31	3	4	6	12	5	0	10	19	10	135
SE	10	3	3	7	20	49	0	0	0	12	1	3	108
SP	17	11	4	34	17	7	0	4	4	21	2	20	141
TO	5	2	4	15	5	13	19	3	0	0	21	28	115
Total	469	611	896	1013	1075	578	343	507	325	397	277	281	6772

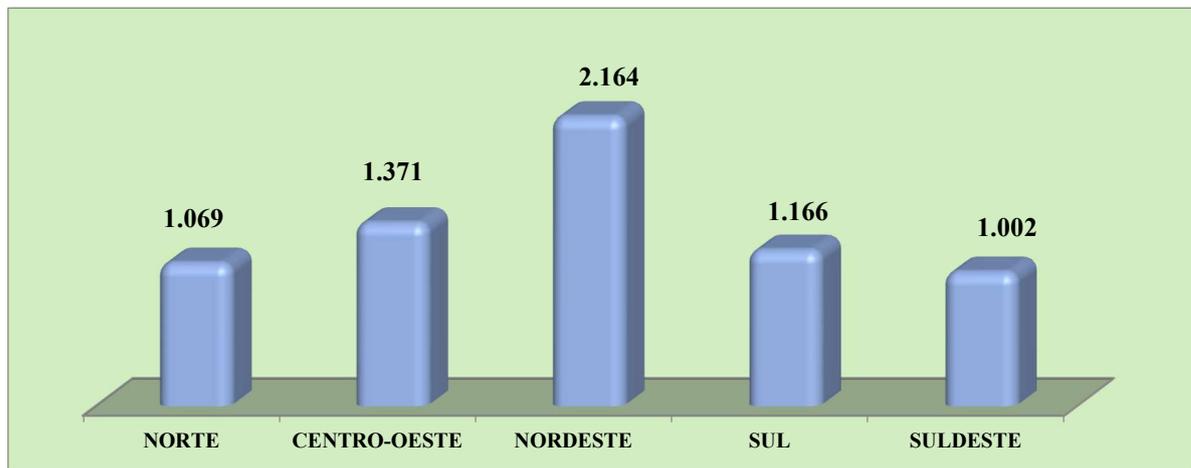
Fonte: Autor

Figura 26 – Percentual de destiladores de água tipo Pilsen comprados por tipos de instituições



Fonte: Autor

Figura 27 – Distribuição dos destiladores de água tipo Pilsen por região (un.) (comprados em 2009 a 2020)



Fonte: Autor

7.2.1.2 Preparação dos dados para o cálculo do desperdício dos destiladores

Uma vez que foram identificados os fabricantes e os respectivos modelos dos destiladores, pode-se atribuir o valor do desperdício de água para cada equipamento, de acordo com a capacidade de produção de água destilada. Multiplicando-se esse valor do desperdício individual pela quantidade de destiladores, obtém-se a quantidade total de desperdício em litros por hora. Esse é um fator básico que embasará todos os cálculos usados para verificar a capacidade de desperdício que esse conjunto de destiladores de água tipo Pilsen pode alcançar em diversos cenários da análise dos dados. A Tabela 9 mostra que, caso todos os 6.772 destiladores fossem utilizados ao mesmo tempo, em uma hora de operação 902.740 litros de água seriam desperdiçados. Conseqüentemente, pode-se calcular o potencial de desperdício dos

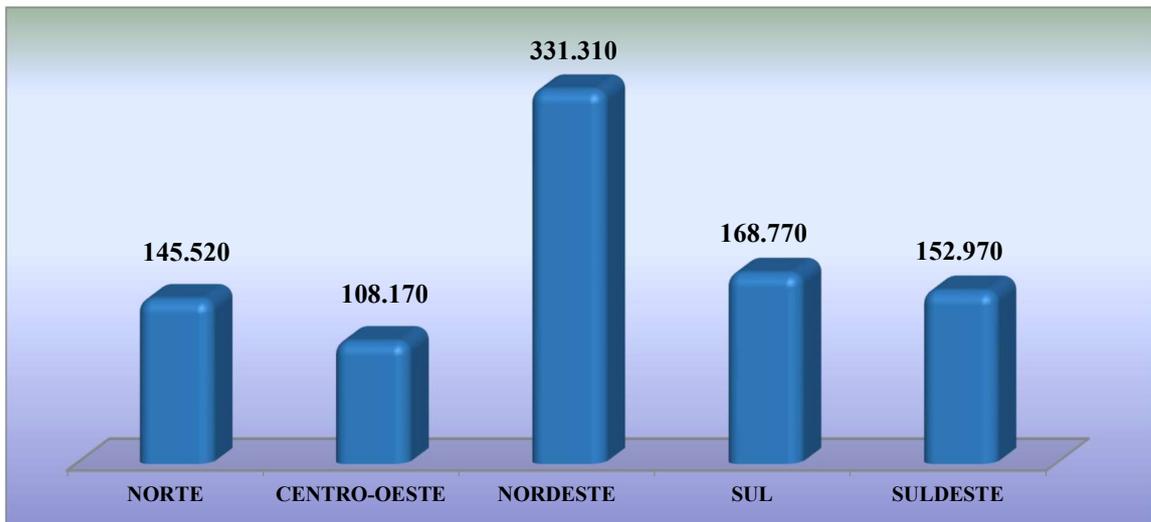
destiladores por região e seus respectivos percentuais, conforme pode ser visto nas Figuras 28 e 29.

Tabela 9 – Desperdício total das classes de destiladores de água tipo Pilsen em uma hora de operação

Classe de destilador por produção	Total de destiladores Pilsen (2009 a 2020)	Total de desperdício em L/h (de acordo com o fabricante e modelo)
2 L/h	277	22.680
5 L/h	4.432	431.710
10 L/h	1.890	396.300
20 L/h	27	5.400
30 L/h	146	46.650
Total	6.772	902.740

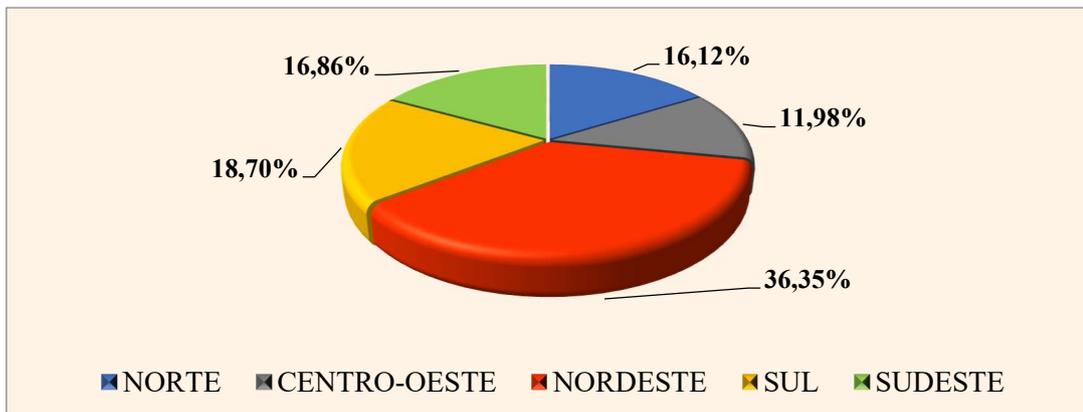
Fonte: Autor

Figura 28 – Potencial de desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen por região (L/h)



Fonte: Autor

Figura 29 – Potencial de desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen por região em percentuais



Fonte: Autor

Como foi visto na pesquisa com questionário – Consulta aos fabricantes, ao se analisarem os manuais de alguns fabricantes (MARTE CIENTÍFICA, 2021; NOVA TÉCNICA, 2021; SOLIDSTEEL, 2021), percebe-se que existe uma característica dos destiladores de água tipo Pilsen que precisa ser considerada no cálculo do desperdício. Para o equipamento funcionar sem danificar a resistência elétrica, é necessário encher a caldeira e manter o registro da água aberto antes de acionar o disjuntor elétrico, de forma que a água seja aquecida e entre em ebulição. Assim, a produção de água destilada demora em média 15 minutos para ser iniciada. Durante esse tempo a água é simplesmente vertida pela mangueira de drenagem. Portanto, é necessário acrescentar essa perda no cálculo do desperdício, na razão de 1/4 para a hora inicial, todas às vezes que o destilador for ligado.

Outro ponto importante, com respeito ao cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen, está associado ao tempo de vida útil do equipamento; ou seja, quando o desgaste intrínseco do destilador afetar a capacidade de oferecer água destilada nas características e produção originais e antes que uma falha irreparável force a sua completa substituição (LAFRAIA, 2014; RAINERI, 2010). Assim, a partir da consulta realizada com os fabricantes, obtiveram-se respostas de três deles, informando que um destilador pode permanecer em operação por mais de 10 anos (Tabela 6 – Quadro de respostas às perguntas "A", "B" e "D" do questionário).

7.2.1.3 Cálculo dos desperdícios ao longo dos doze anos de utilização dos destiladores de água tipo Pilsen

Levando-se em consideração todas as informações levantadas anteriormente, pode-se construir tabelas do somatório de desperdício dos 12 anos pesquisados no Comprasnet. Nas Tabela 13, Tabela 14 e nos APÊNDICES C a J, a coluna "Consumo" indica o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen adquiridos em cada ano em litros por hora. Visto que os destiladores podem ter uma vida útil superior a dez anos, está claro que os equipamentos comprados em 2009 continuaram a ser utilizados nos anos posteriores e assim sucessivamente; conseqüentemente, a quantidade de destiladores em uso em um determinado ano deverá ser igual à soma dos destiladores comprados daquele ano e nos anos anteriores. Sendo assim, a coluna "Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)" materializa esse raciocínio, de acordo com a "Fórmula 1" da Tabela 12. Nessa linha, também é necessário calcular o desperdício dos quinze minutos de operação inicial. À vista disso, dividindo-se os valores da coluna "Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)" por quatro (Tabela 12 – "Fórmula 2"), obtêm-se a

quantidade do descarte inicial em litros, como pode ser visto na coluna "Desperdício Inicial de 15 min." das Tabela 13, Tabela 14 e dos APÊNDICES C a J.

Os valores das colunas "f", "g" e "h" das Tabelas 13 e 14 e das tabelas nos APÊNDICES C a J são calculados utilizando-se umas das estimativas de frequência e tempo de operação definidas na Tabela 10, que apresenta variações de tempo em horas/dia, dias/semana, semanas/mês e meses/ano nos quais os equipamentos podem ficar ligados. Como exemplo, na construção das Tabelas 13 e 14 e das tabelas nos APÊNDICES C a F foi aplicada a "Estimativa 3" da Tabela 10, cujos valores das colunas "o" e "p" são 144 e 576, os quais se referem, respectivamente, à quantidade de vezes em que os destiladores foram ligados por ano e à quantidade de horas em que os destiladores ficaram operando por ano, de acordo com os valores definidos nas colunas anteriores.

É importante ressaltar que a "estimativa 3" da Tabela 10 é pressuposto mediano, considerando o fato de que a grande maioria dos destiladores de água tipo Pilsen, segundo essa pesquisa, estão instalados em Instituições de Educação Superior. Sendo assim, o objetivo é simular uma situação média de utilização dos destiladores, ponderando que os equipamentos podem ficar ligados em diferentes períodos ao longo do ano. Portanto, essa condição média de operação dos destiladores e os cálculos resultantes serão a base para as discussões posteriores dos dados.

Ademais, a Tabela 10 também oferece uma visão do desperdício de água e financeiro, a partir das cinco estimativas de uso, somando-se os doze anos de atividades dos destiladores. Esses resultados são obtidos ao se aplicar os valores das colunas "o" e "p" da Tabela 10 e a tarifa média do país da Tabela 11 na Tabela 14 e nas tabelas dos APÊNDICES G a J. Dessa forma, como exemplo, a partir da "Estimativa 3", obtêm-se os desperdícios de água na quantidade de 4.181.827m³ e o desperdício financeiro no valor de R\$111.989.316,35. Todavia, as "Estimativas 4 e 5" não estão fora de contexto, sendo possível que o desperdício possa chegar próximo dos 11 bilhões de litros de água.

Visto que as tarifas de serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto são diferentes para cada estado, decidiu-se construir uma tabela com as tarifas das principais empresas de cada estado, definindo-se, assim, uma tarifa referencial média por região, a fim de calcular as perdas dos destiladores em termos financeiros. Conforme pode ser visto na Tabela 11, foram utilizadas as tarifas vigentes no ano de 2021 da categoria pública. Posto que essas tarifas são atualizadas monetariamente, os valores foram aplicados em todos os anos, como forma de atualizar os desperdícios financeiros desde o ano de 2009 para a realidade presente. As médias tarifárias calculadas para cada região foram as seguintes: Região Norte, R\$19,54/m³;

Centro-Oeste, R\$28,39/m³; Região Nordeste, R\$32,84/m³; Região Sul, R\$20,46/m³; Região Sudeste, R\$25,34/m³, correspondendo a média do país o valor de R\$26,78/m³. Esses valores foram usados para se calcular o desperdício financeiro, que se encontra na linha “Total” da coluna “j” das Tabelas 13 e 14 e das tabelas dos APÊNDICES C a J, sendo que para essa operação foi utilizada a “Fórmula 7” da Tabela 12.

Tabela 10 – Estimativas da frequência de uso, tempo de operação e desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen

Número da estimativa	Horas /dia	Dias /semana	Semanas /mês	Meses /ano	Qtd. de vezes que o destilador foi ligado por ano	Qtd. de horas em operação /ano	Soma dos desperdícios em 12 anos (m ³)	Desperdício total em 12 anos (R\$)
	k	l	m	n	o	p	q	r
1	2	2	3	12	72	144	1.106.954	29.644.230,80
2	3	2	3	12	72	216	1.598.934	42.819.444,49
3	4	3	4	12	144	576	4.181.827	111.989.316,35
4	6	4	4	12	192	1152	8.199.660	219.586.894,80
5	8	4	4	12	192	1536	10.823.551	289.854.701,14
<p>Fórmulas: $o_n = l_n m_n n_n$; $p_n = k_n o_n$ (Sendo que, n se refere às linhas da tabela e "k, l, m, n, o, p, q e r" às suas respectivas colunas).</p> <p>$q_n = i_{nt}$ (Sendo que, i_{nt} se refere à linha “Total” da coluna i da Tabela 14 e APÊNDICES G a J).</p> <p>$r_n = q_n(\overline{s_{país}})$ (Sendo que, $\overline{s_{país}}$ se refere à média da tarifa pública de água no país da Tabela 11).</p>								

Fonte: Autor

Tabela 11 – Média por região das tarifas da categoria pública vigentes em julho/2021

Estado	Empresa	Tarifa de Água (R\$/m ³)	Tarifa de Esgoto (R\$/m ³)	Total (R\$)
Região Norte				
AC	DEPASA			s
AM	COSAMA (COSAMA, 2021)	7,52	7,52	15,04
AP	CAESA (CAESA, 2021)	7,55	5,66	13,21
PA	COSANPA (COSANPA, 2021)	10,97	5,58	16,55
RO	CAERD (CAERD, 2021)	15,02	15,02	30,04
RR	CAER			
TO	BRK (BRK AMBIENTAL, 2020)	11,43	11,43	22,86
Média (R\$)				19,54
Região Centro-Oeste				
DF	CAESB (CAESB, 2021)	14,77	14,77	29,54
GO	SANEAGO (SANEAGO, 2021)	9,50	9,50	19,00
MS	SANESUL (SANESUL, 2021)	28,98	14,50	43,48
MT	IGUÁ (ÁGUAS CUIABÁ, 2021)	11,34	10,21	21,55
Média (R\$)				28,39
Região Nordeste				
AL	CASAL (CASAL, 2021)	24,94	24,94	49,88
BA	EMBASA (EMBASA, 2021)	22,45	17,96	40,41
CE	CAGECE (CAGECE, 2021)	15,79	17,36	33,15
MA	CAEMA (CAEMA, 2021)	14,85	14,85	29,70
PB	CAGEPA (CAGEPA, 2021)	13,82	13,82	27,64
PE	COMPESA (COMPESA, 2021)	9,73	9,73	19,46
PI	AGESPISA (AGESPISA, 2021)	11,87	9,50	21,37
RN	CAERN (CAERN, 2021)	12,92	12,92	25,84
SE	DESO (DESO, 2021)	26,74	21,392	48,13
Média (R\$)				32,84
Região Sul				
RS	CORSAN (CORSAN, 2017)	7,39	10,34	17,73
PR	SANEPAR (SANEPAR, 2021)	10,10	8,58	18,68
SC	CASAN (CASAN, 2021)	12,49	12,49	24,98
Média (R\$)				20,46
Região Sudeste				
SP	SABESP (SABESP, 2021)	16,97	16,97	33,94
RJ	CEDAE (CEDAE, 2021)	13,30	13,30	26,60
MG	COPASA (COPASA, 2021)	11,47	11,47	22,93
ES	CESAN (CESAN, 2021)	8,94	8,94	17,88
Média (R\$)				25,34
Média do país (R\$)				26,78
<p>Fórmulas para o cálculo das médias das tarifas por região e país: ($\overline{s_{região}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i$) e ($\overline{s_{país}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n=25} s_i$); onde s se refere à coluna da tabela, na qual estão os valores a serem somados, n é a quantidade de valores de cada região, s_i são os valores da série, $\overline{s_{região}}$ é a média das tarifas de cada região e $\overline{s_{país}}$ é a média das tarifas no país.</p>				

Fonte: Autor

Tabela 12 – Fórmulas aplicadas nas Tabela 13, Tabela 14 e APÊNDICES C a J

Fórmula 1	Coluna d	$d_n = c_n + d_{(n-1)}$
Fórmula 2	Coluna e	$e_n = \frac{d_n}{4}$
Fórmula 3	Coluna h	$h_n = g_n + f_n$
Fórmula 4	Coluna i	$i_n = \frac{h_n}{10^3}$
Fórmula 5	Coluna f	$f_n = e_n(o_3 \text{ da Tabela 10})$
Fórmula 6	Coluna g	$g_n = d_n(p_3 \text{ da Tabela 10})$
Fórmula 7	Coluna j	$j_n = i_n(\overline{S_{\text{região}}} \text{ da Tabela 11})$
Condição de n:		$1 \geq n \leq 12$
Sendo que, n se refere às linhas nas Tabela 13, Tabela 14 e APÊNDICES C a J e " c, d, e, f, g, h, i, j " às suas respectivas colunas.		

Fonte: Autor

Tabela 13 – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Norte (Estimativa 3)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdiço Inicial de 15 min. (L)	Desperdiço Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdiço/ano (L)	Soma dos desperdiços/ano (L)	Soma dos desperdiços/ano (m³)	Desperdiço total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	50	9.370	9.370	2.343	337.320	5.397.120	5.734.440	5.734	112.053,82
2010	136	24.400	33.770	8.443	1.215.720	19.451.520	20.667.240	20.667	403.848,20
2011	69	9.700	43.470	10.868	1.564.920	25.038.720	26.603.640	26.604	519.848,43
2012	74	15.490	58.960	14.740	2.122.560	33.960.960	36.083.520	36.084	705.090,02
2013	129	19.000	77.960	19.490	2.806.560	44.904.960	47.711.520	47.712	932.306,96
2014	129	13.160	91.120	22.780	3.280.320	52.485.120	55.765.440	55.765	1.089.684,58
2015	68	13.900	105.020	26.255	3.780.720	60.491.520	64.272.240	64.272	1.255.911,71
2016	144	11.080	116.100	29.025	4.179.600	66.873.600	71.053.200	71.053	1.388.415,05
2017	45	5.370	121.470	30.368	4.372.920	69.966.720	74.339.640	74.340	1.452.633,74
2018	65	6.050	127.520	31.880	4.590.720	73.451.520	78.042.240	78.042	1.524.984,39
2019	80	7.540	135.060	33.765	4.862.160	77.794.560	82.656.720	82.657	1.615.153,64
2020	80	10.460	145.520	36.380	5.238.720	83.819.520	89.058.240	89.058	1.740.242,54
Total	1069	145.520		266.335	38.352.240	613.635.840	651.988.080	651.988	12.740.173,08

Fonte: Autor

Tabela 14 – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 3)

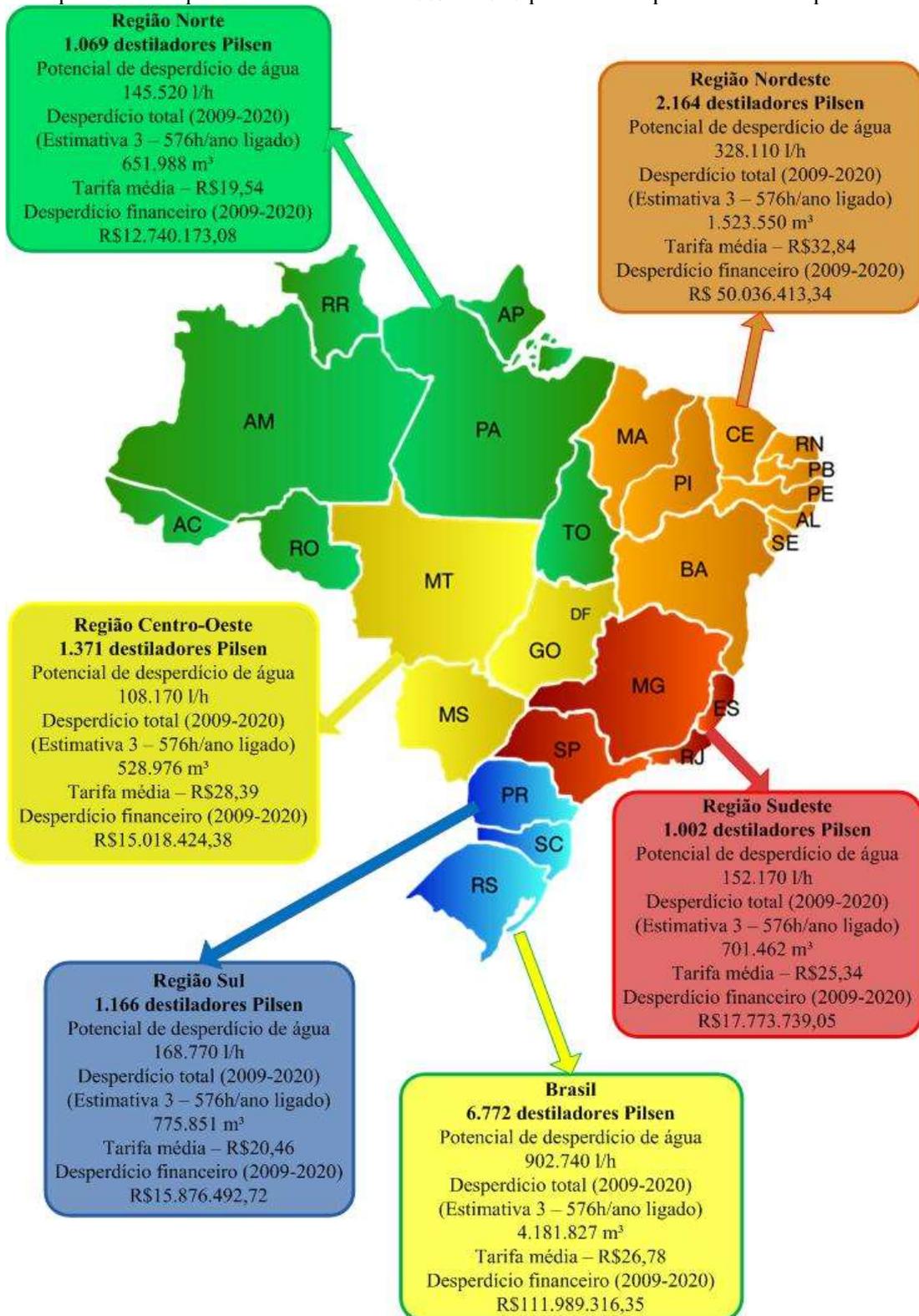
Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	469	62.160	62.160	15.540	2.237.760	35.804.160	38.041.920	38.042	1.018.762,62
2010	611	80.650	142.810	35.703	5.141.160	82.258.560	87.399.720	87.400	2.340.564,50
2011	896	115.330	258.140	64.535	9.293.040	148.688.640	157.981.680	157.982	4.230.749,39
2012	1.013	132.720	390.860	97.715	14.070.960	225.135.360	239.206.320	239.206	6.405.945,25
2013	1.075	146.590	537.450	134.363	19.348.200	309.571.200	328.919.400	328.919	8.808.461,53
2014	578	96.380	633.830	158.458	22.817.880	365.086.080	387.903.960	387.904	10.388.068,05
2015	343	45.590	679.420	169.855	24.459.120	391.345.920	415.805.040	415.805	11.135.258,97
2016	507	60.550	739.970	184.993	26.638.920	426.222.720	452.861.640	452.862	12.127.634,72
2017	325	50.530	790.500	197.625	28.458.000	455.328.000	483.786.000	483.786	12.955.789,08
2018	397	41.430	831.930	207.983	29.949.480	479.191.680	509.141.160	509.141	13.634.800,26
2019	277	31.310	863.240	215.810	31.076.640	497.226.240	528.302.880	528.303	14.147.951,13
2020	281	39.500	902.740	225.685	32.498.640	519.978.240	552.476.880	552.477	14.795.330,85
Total	6.772	902.740		1.708.263	245.989.800	3.935.836.800	4.181.826.600	4.181.827	111.989.316,35

Fonte: Autor

Cabe ressaltar que todas as afirmações sobre os cálculos do desperdício de água referentes a cada região deverão ser entendidas dentro das limitações dos dados apurados nesta pesquisa, pois fora desse conjunto de informações não se pode asseverar, por exemplo, que os destiladores da região Sudeste desperdiçam menos água do que os da região Nordeste, visto que a quantidade total dos destiladores de água tipo Pilsen não é conhecida em nenhuma região.

A Figura 30 oferece um panorama da síntese dos resultados dos cálculos executados para a apuração dos desperdícios dos destiladores de água tipo Pilsen, adquiridos entre os anos 2009 a 2020 por meio da plataforma Comprasnet, considerando a “Estimativa 3” (Tabela 10 – Estimativas da frequência de uso, tempo de operação e desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen) aplicada em todas as regiões brasileiras e uma visão geral do país, a partir dos dados coletados nessa pesquisa.

Figura 30 – Síntese dos cálculos executados para a apuração dos desperdícios dos destiladores de água tipo Pilsen adquiridos entre os anos 2009 a 2020 por meio da plataforma Comprasnet



Fonte: Autor (Mapa do Brasil disponível em: <https://www.pikpng.com/transpng/ixxmbxo/>)

De acordo com as Notas Estatísticas do Censo da Educação Superior, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) em 2019, o Brasil possui 302 Instituições de Ensino Superior (IES) públicas e 2.306 privadas. Em relação às IES públicas, 110 são federais, 132 são estaduais e 60 são municipais (BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO; INEP, 2019). A pesquisa realizada na plataforma Comprasnet mostra que 114 IES públicas adquiriram 5.275 destiladores de água tipo Pilsen nos anos de 2009 a 2020, que corresponde a 77,8% do total de equipamentos comprados naquele período. Contudo, essa quantidade de IES equivale a 37,74% das Instituições de Ensino Superior públicas no país, indicando que podem existir muitos outros destiladores de água tipo Pilsen instalados e desperdiçando água nessas instituições, potencializando, assim, os cálculos e os desperdícios evidenciados nessa pesquisa.

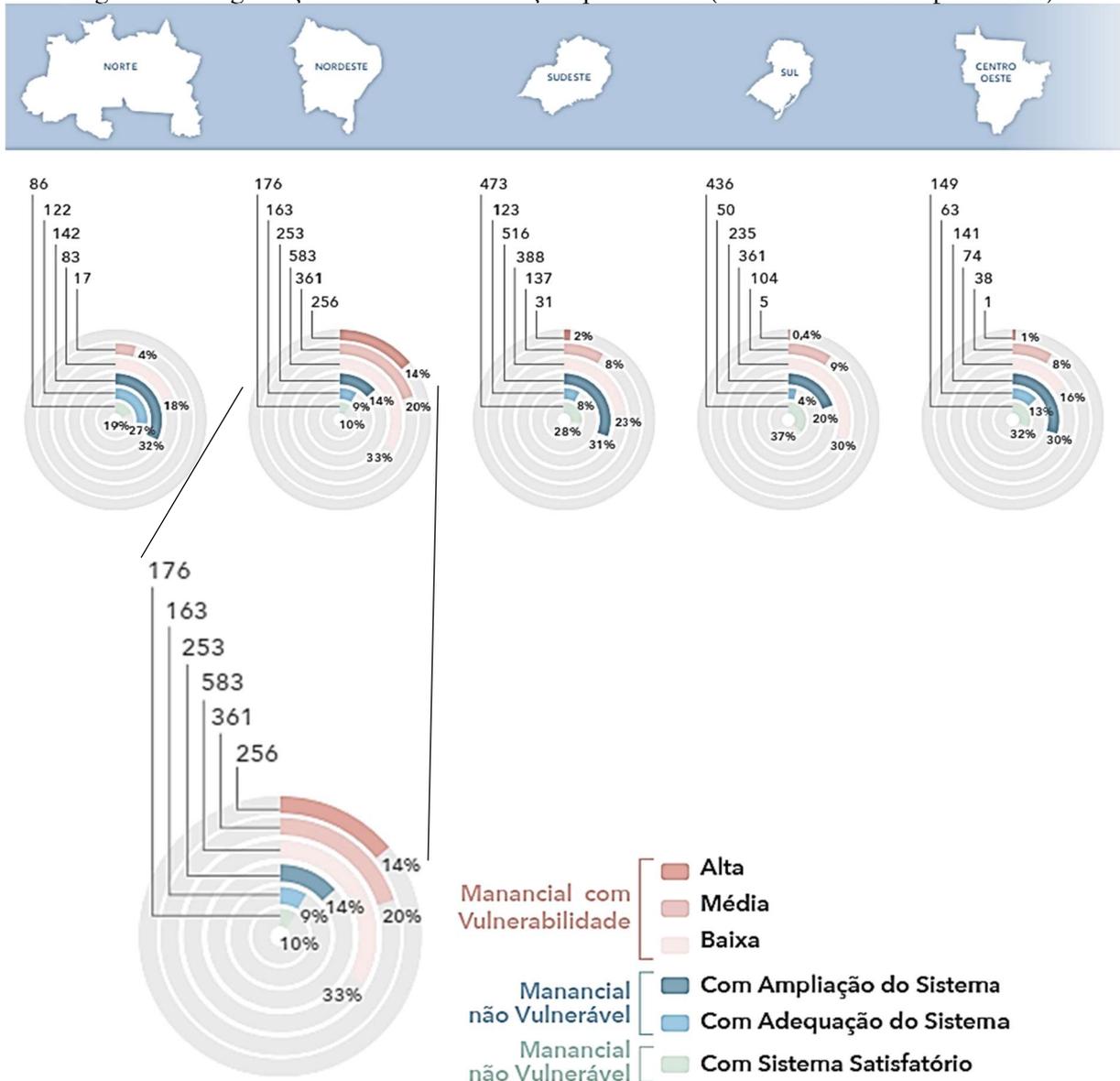
Visto que a água que supre os destiladores de água tipo Pilsen é proveniente do sistema de abastecimento dos prédios, é apropriado afirmar que o processo de destilação pode ser classificado como pegada hídrica azul, de acordo com o “*The Water Footprint Assessment Manual*” (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Assim, para o conjunto dos equipamentos nessa pesquisa, tendo em vista a “Estimativa 3”, a pegada hídrica mensal no ano de 2020 seria de 46 milhões de litros de água.

Além disso, destaca-se na Figura 30 a quantidade do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen e o custo dessa água não aproveitada na região Nordeste, pois, de acordo com a ANA, devido à crise hídrica, constata-se o seguinte cenário:

Na região Nordeste, 78,5% dos municípios decretaram situação de emergência entre 2003 e 2016. No Semiárido, região de elevado risco hídrico, em especial nos estados do Nordeste Setentrional: Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, apresentaram-se recargas tão reduzidas que dentre seus reservatórios de abastecimento, muitos chegaram a secar. Até mesmo a bacia do São Francisco, regularizada por grandes reservatórios de acumulação, chegou a níveis mínimos de produção de água, colocando em risco operacional algumas captações de abastecimento público (ANA, 2021b, p. 33).

Ademais, à luz do conceito propugnado pela ONU em relação à Segurança Hídrica, segundo a qual “existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias” (ANA, 2021b, p. 45), ao observar a Figura 31 conclui-se que a região Nordeste é a que possui maior percentual de municípios com vulnerabilidade nesse quesito. Consequentemente, as instituições públicas daquela região, em especial as IES, certamente deveriam propor ações e projetos para mitigar o desperdício de água por parte do uso dos destiladores de água tipo Pilsen.

Figura 31 – Segurança Hídrica – classificação quantitativa (sedes urbanas e em percentual)



Fonte: Adaptado de (ANA, 2021b)

7.2.2 Gestão em Ciências – indicador do resultado da queda de investimentos em C&T no Brasil

Não é surpreendente verificar que quase 80% dos destiladores de água tipo Pilsen identificados nessa pesquisa foram comprados por IES públicas no Brasil nos últimos doze anos, pois, de acordo com Fava-de-Moraes:

O papel da universidade é inquestionável para a formação de pessoas qualificadas e para o desenvolvimento socioeconômico de um país, principalmente quando fundamentado em uma política científica tecnológica articulada no espaço das relações entre universidade, Estado, empresariado e outros setores sociais (FAVA-DE-MORAES, 2000, p. 8).

Sendo assim, todo recurso do Estado direcionado à Educação e à PD&I deve ser considerado como investimento. Como exemplo disso, um estudo intitulado “Contribuição da FAPESP à Agricultura do Estado de São Paulo”, realizado para verificar o impacto do apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo à pesquisa na área da agricultura paulista, revelou que para cada real desembolsado em pesquisa ocorreu um retorno econômico entre R\$ 10,00 a R\$ 12,00 em um período de 15 a 20 anos de estudos (ARAÚJO *et al.*, 2003).

Todavia, para além das questões socioeconômicas, um levantamento feito no Canadá em 17 centros de pesquisa com financiamento público, e, sobretudo, com usuários reais e potenciais de resultados de pesquisas em 11 organizações sociais e econômicas, mostrou que a Ciência impacta 11 importantes áreas, evidenciando a sua multidimensionalidade, e que os investimentos em C&T afetam a sociedade integralmente e o desenvolvimento de qualquer nação (GODIN; DORÉ, 2005) *apud* (MARQUES, 2016), como pode ser visto na Figura 32.

Figura 32 – Os tipos de impacto da Ciência

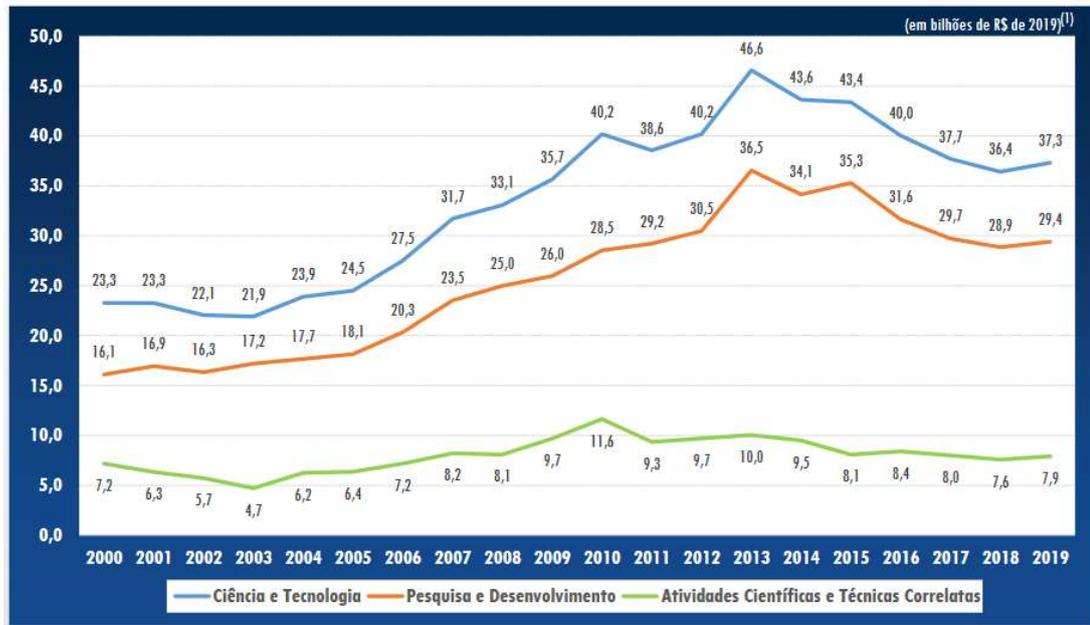


Fonte: (MARQUES, 2016)

Apesar das evidências dos benefícios dos investimentos em C&T, a ciência brasileira vive um grande estrangulamento financeiro, particularmente, a partir de 2014. A publicação “Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia E Inovação – 2021” produzida pelo Ministério

da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) mostra um panorama dessa realidade (BRASIL, 2021d), conforme pode ser visto na Figura 33, que retrata os gastos do governo federal em ciência e tecnologia (C&T) entre os anos de 2000 a 2019.

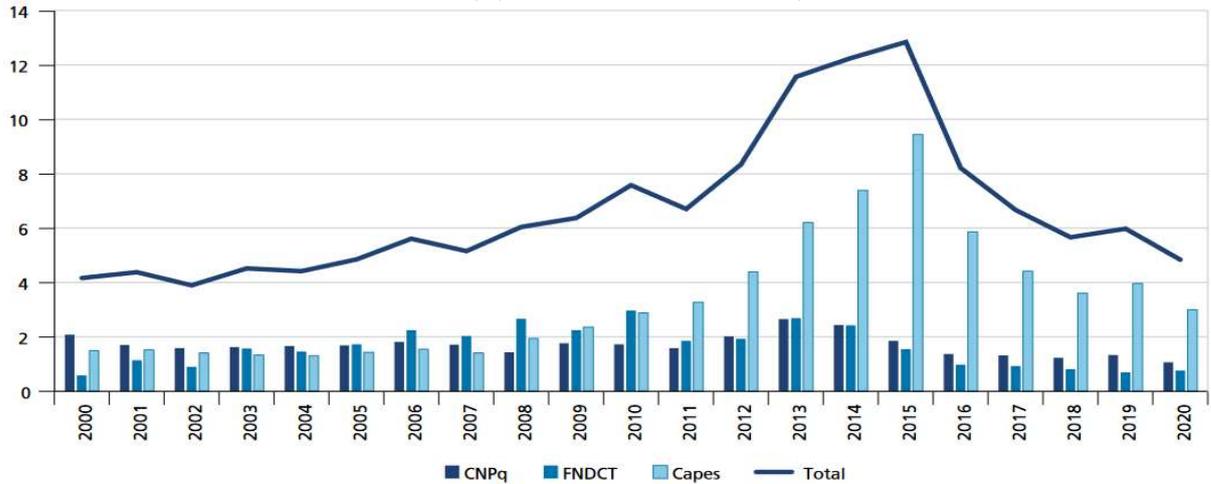
Figura 33 – Dispendios do governo federal em ciência e tecnologia (C&T) (em valores de 2019) por atividade, 2000-2019



Fonte: (BRASIL, 2021d) - Coordenação de Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação - COICT/CGPI/DGI/SEXEC/MCTI) Valores deflacionados pelo deflator implícito do PIB

Além disso, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) publicou em 2021 a Nota Técnica nº 92 com o título “Políticas públicas para ciência e tecnologia no Brasil : cenário e evolução recente”, na qual pode-se verificar a evolução dos investimentos públicos em P&D, mais especificamente, a respeito das agências de fomento Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), que executa os recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT), e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), as quais são responsáveis pela maior parte do financiamento da pesquisa científica e tecnológica no país, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Como pode ser visto na Figura 34, somando-se os orçamentos do CNPq e do FNDCT de 2020, atesta-se que o total é inferior ao do ano 2000, representando um retrocesso de 20 anos. No entanto, “praticamente toda a pesquisa brasileira realizada em empresas, universidades ou instituições de pesquisa não vinculadas aos ministérios é financiada com os recursos desses três fundos” (DE NEGRI, 2021, p.11). Sendo assim, isso compromete qualquer melhoria nos indicadores de P&D e impacta negativamente o desenvolvimento do país.

Figura 34 – Gastos em C&T realizados pelo CNPq, pela CAPES e pelo FNDCT (2000-2020) (Em R\$ 1 milhão de 2020)



Fonte: (DE NEGRI, 2021) Siop. Disponível em: <https://bit.ly/3d4EcPy>

No decorrer desta pesquisa, quando foram levantadas as quantidades de destiladores de água tipo Pilsen comprados pelas instituições públicas brasileiras entre os anos de 2009 e 2020 e quando esses números foram colocados em um gráfico para mostrar a evolução dessas aquisições na linha do tempo (Figura 35), deparou-se com uma curva muito semelhante àquela da Figura 34, publicizada no relatório do IPEA. Pode-se observar que o pico e a parte descendente acentuada das duas curvas apresentam uma diferença de apenas dois anos, principalmente pelo fato de o orçamento da CAPES ter ainda recebido incrementos em 2014 e 2015. Contudo, ao observar apenas a soma dos orçamentos do CNPq e do FNDCT, percebe-se que as duas curvas entram em fase no tempo, ou seja, o início da queda no orçamento desses dois órgãos em 2014 afetou diretamente a produção de água destilada, que é insumo básico em muitos laboratórios de instituições públicas de ensino e pesquisa no país.

Figura 35 – Quantidade (un.) de destiladores de água tipo Pilsen comprados/ano



Fonte: Autor

Cabe reiterar que dentro do conjunto de universidades apuradas neste estudo também constam algumas fundações de apoio à pesquisa, as quais poderiam ter utilizado os recursos provenientes do CNPq e do FNDCT para a compra de destiladores de água tipo Pilsen.

Embora esses dados possam não ser considerados como um indicador direto do efeito danoso das restrições das políticas públicas para C&T no Brasil, ele reflete as dificuldades encontradas pela comunidade científica desse país para manter a infraestrutura das instituições de pesquisa com a manutenção, substituição e aquisição de novos equipamentos. Além disso, a menor produção de água destilada nas IES ao mesmo tempo reflete e promove a redução da pesquisa e a queda do número de alunos atuando nos laboratórios. Ademais, os dados mostram uma tendência do agravamento desse cenário, que pode resultar em significativas consequências negativas no desenvolvimento social e econômico do país, além de afetar as outras dimensões que a ciência impacta.

7.3 Resultados da pesquisa integrativa

7.3.1 Análise dos dados

Nessa fase da pesquisa foram realizadas a combinação e a interpretação de alguns dados. Dessa forma, buscou-se saber que tipos de instituições brasileiras abordaram o tema dessa classe de desperdício de água. Assim, de acordo com os Quadros 6 e 7, que mostram as diferentes categorias de instituições e a quantidade de trabalhos produzidos, parece evidente que diversos pesquisadores das IES desse país estão preocupados com o desperdício de água em seus prédios, sobretudo em relação aos destiladores de água tipo Pilsen, principalmente nas Universidades Federais e nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

Quadro 6 – Categorias de instituições brasileiras que produziram trabalhos sobre o desperdício de água por destiladores

Instituição Brasileira	Quantidade
CEFET	1
IFECT	7
Universidade Federal	13
Universidade Estadual	3
Universidade Municipal	1
Universidade Privada	3
Total	42

Fonte: Autor

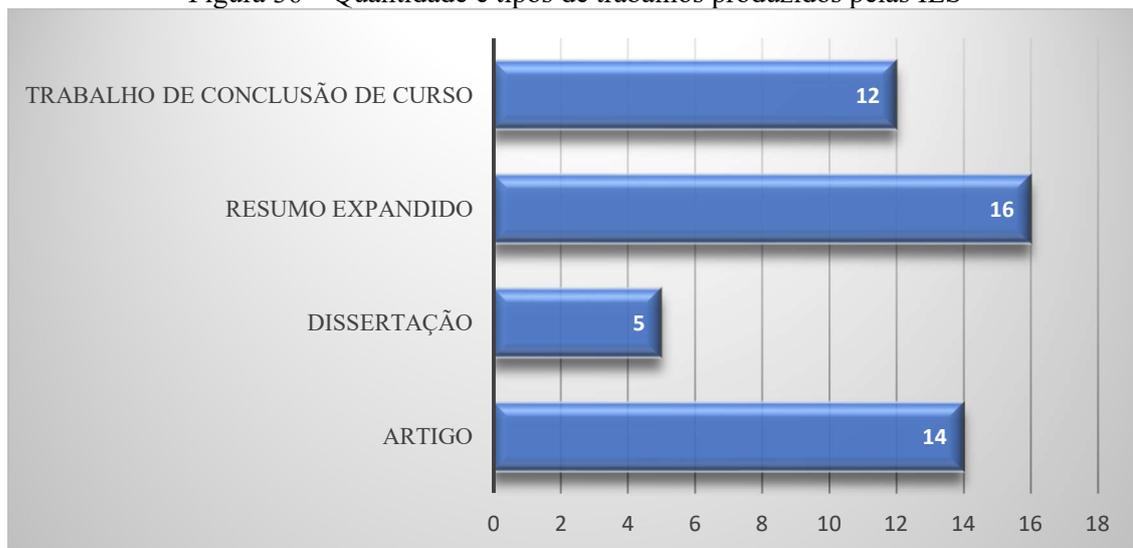
Quadro 7 – Quantidade de trabalhos por instituição e área de conhecimento

Instituição	Área de conhecimento	Estado/ País	Qtd.
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais	Química	MG	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará	Engenharia Civil	CE	5
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba	Pesquisa e Inovação	PB	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins	Química Analítica	TO	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso	Engenharia Civil	MT	2
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte	Química	RN	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais	Engenharia Ambiental	MG	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe	Ciência e Tecnologia	SE	1
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais	Engenharia Civil	MG	1
Universidade de Passo Fundo	Engenharia Ambiental	RS	1
Universidade de Rio Verde	Engenharia Civil	GO	1
Universidade de São Paulo	Engenharia Ambiental	SP	3
Universidade Estadual de Campinas	Uso Sustentável dos Recursos Naturais	SP	1
Universidade Estadual de Feira de Santana	Engenharia e Tecnologia Ambiental	BA	1
Universidade Federal de Campina Grande	Engenharia Química	PB	4
Universidade Federal de Goiás	Engenharia Ambiental	GO	2
Universidade Federal de Pernambuco	Engenharia Ambiental	PE	1
Universidade Federal de Santa Catarina	Construção Civil	SC	1
Universidade Federal de Santa Maria	Educação Ambiental	RS	1
Universidade Federal de Uberlândia	Engenharia Ambiental	MG	1
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul	Engenharia Ambiental e Sanitária	MS	1
Universidade Federal do Piauí	Engenharia Ambiental e Sanitária	PI	1
Universidade Federal do Rio de Janeiro	Gestão e Tecnologias Ambientais	RJ	1
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Engenharia	RS	3
Universidade Federal Fluminense	Engenharia Ambiental	RJ	1
Universidade Federal Rural do Semi-Árido	Engenharia Civil	RN	3
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	Economia Circular	PR	1
Maharshi Dayanand Saraswati University, Rajastha, India	Engenharia Ambiental	Índia	1
Mínia University, Egypt	Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental	Egito	1
Universidade Agrícola de Sichuan	Engenharia Química	China	1
Universidade do Porto	Gestão Ambiental	Portugal	1
University of Moratuwa	Engenharia de Infraestrutura e Meio Ambiente	Sri Lanka	1
Total			47

Fonte: Autor

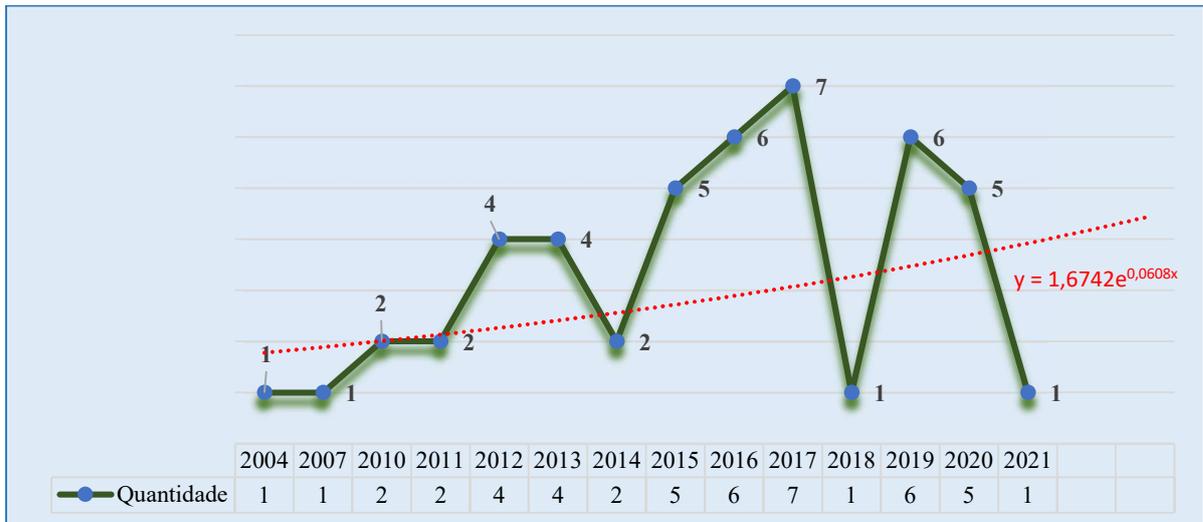
Seguindo essa linha de raciocínio, a Figura 36 mostra a quantidade e tipos de trabalhos produzidos pelas IES, encontrados nessa pesquisa. Por sua parte, a Figura 37 exibe a quantidade de artigos encontrados por ano de publicação e mostra a linha exponencial de tendência, calculada pelo Excel® para esse conjunto de dados. É interessante observar que houve um aumento na produção de trabalhos acadêmicos sobre o tema a partir de 2015, que coincide com a crise hídrica ocorrida em 2014 e veiculada por todos os meios de comunicação na época. Da mesma forma, é importante salientar que em 2014 o IPCC publicou seu *Fifth Assessment Report* (AR5) com o tema: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*, no qual alerta para importância da mitigação dos efeitos das mudanças climáticas para melhorar o acesso a água potável, incluindo a reutilização e reciclagem de águas residuais entre outros temas (IPCC, 2014). Deve ser observado que as publicações do IPCC exercem forte influência na Academia, visto que seus grupos de trabalho se baseiam em estudos científicos revisados por pares e publicados em diversas revistas de impacto.

Figura 36 – Quantidade e tipos de trabalhos produzidos pelas IES



Fonte: Autor

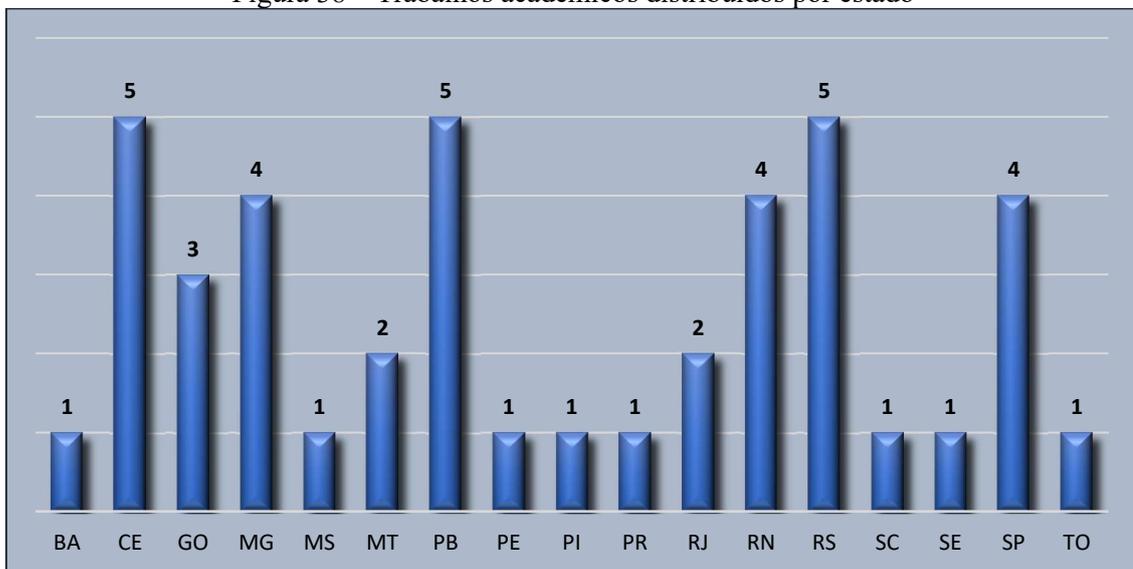
Figura 37 – Quantidade de trabalhos encontrados por ano de publicação com linha exponencial de tendência



Fonte: Autor

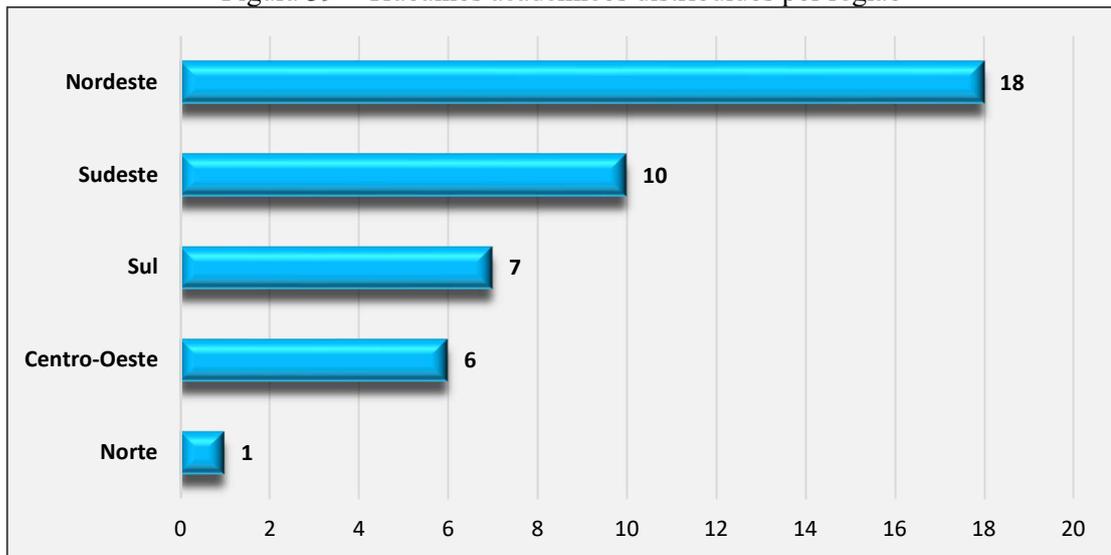
Outro ponto a ser destacado está relacionado à distribuição dos trabalhos realizados pelos estados e regiões brasileiras. As Figuras 38 e 39 revelam que as IES da região Nordeste são as que mais produziram trabalhos acadêmicos sobre o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen no período consultado. No entanto, já foi mostrado na pesquisa documental que essa região desperdiça a maior quantidade de água no processo de destilação de água em laboratórios de instituições públicas. Isso contrasta com o fato de que os estados nordestinos são os que estão em nível crítico de segurança hídrica no Brasil, devido aos “baixos índices de precipitação e sua imprevisibilidade interanual associados à poluição dos corpos hídricos” (PIRES *et al.*, 2019).

Figura 38 – Trabalhos acadêmicos distribuídos por estado



Fonte: Autor

Figura 39 – Trabalhos acadêmicos distribuídos por região



Fonte: Autor

7.3.2 Consolidação dos resultados

Nessa fase, o foco foi analisar os dados e informações extraídas dos trabalhos que são pertinentes ao âmago da pesquisa. Desse modo, procurou-se dialogar com os autores, mantendo-se a essência de seus trabalhos. Sendo assim, destacaram-se os trabalhos que se preocuparam em analisar a qualidade da água que é desperçada pelos destiladores de água tipo Pilsen e aqueles que propõem soluções para esse desperdício.

7.3.2.1 Qualidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen

Uma característica crítica refere-se à qualidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen pois, isso pode ser determinante para a escolha do tipo de reaproveitamento dessa água. Conforme observado, dezesseis autores se debruçaram sobre esta questão e fizeram análises físico-química e microbiológica da água de refrigeração do destilador.

O Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde é a atual referência brasileira para o controle e vigilância da qualidade da água consumida por humanos. Anterior a essa portaria foram vigentes as Portarias nº 518/2004 e 2914/2011. Dessa forma, a portaria vigente define água potável como a que atende ao padrão de potabilidade estabelecido no Anexo XX e que não oferece riscos à saúde. Por sua vez, padrão de potabilidade é conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para

consumo humano (BRASIL, 2017). O Quadro 8 mostra alguns desses parâmetros e seus valores.

Quadro 8 – Exemplos de parâmetros da qualidade da água estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde

Coliformes totais	Ausência em 100 mL (Valor Máximo Permitido)
Escherichia coli	Ausência em 100 mL (Valor Máximo Permitido)
Dureza total	500 mg/L (Valor Máximo Permitido)
Ferro	0,3 mg/L (Valor Máximo Permitido)
Turbidez	5 uT (Valor Máximo Permitido)
pH	6 a 9
Cloro Residual Livre	≤ 0,4 a 3 mg/L
Sólidos dissolvidos totais	1000 mg/L (Valor Máximo Permitido)

Fonte: Autor

O Quadro 9 mostra os resultados das análises da potabilidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen, verificada por 16 estudos em épocas diferentes. Observa-se que 87,5% dos autores afirmam que essa água está em conformidade com os padrões de qualidade de potabilidade; portanto, podendo ser usada para consumo humano. Apenas duas análises apresentam alguma divergência nos parâmetros microbiológicos, sobre os quais os autores atribuem possíveis problemas na origem da água de abastecimento por ser proveniente de poço, ou no método de coleta ou com os recipientes nos quais a água foi coletada (SIMÕES *et al.*, 2020) e a necessidade de desinfecção do reservatório de abastecimento (MARISCO *et al.*, 2014), pois não foram encontradas discordâncias nos parâmetros físico-químicos. Visto que a maioria das edificações é abastecida com água tratada, a mesma utilizada nos destiladores de água tipo Pilsen para arrefecimento, não é surpreendente que a água descartada por esses equipamentos no processo de destilação tenha características de potabilidade semelhantes aos da água de origem.

Quadro 9 – Resultados das análises de potabilidade da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen

Autores	Resultado da análise da água	Referência	Observações
(BONFIM <i>et al.</i> , 2016) II-161- Reaproveitamento da água de refrigeração de destilador para lavagem de vidrarias em laboratório de análise química	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(FREITAS, 2010) Uso racional da água no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC	Potável	Não informado.	
(LOPES <i>et al.</i> , 2016) IX-019 - Estudo da viabilidade do reuso de água em uma instituição de ensino federal	Potável	Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.	
(MARISCO <i>et al.</i> , 2014) Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores	Potável para os parâmetros físico-químicos.	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	A análise microbiológica ficou divergentes dos parâmetros definidos. Os autores sugerem a desinfecção do reservatório de armazenamento de água do prédio.
(MEDEIROS; STORCK; VOLPATTO, 2017) Gestão da água de descarte de destiladores de água em laboratórios de uma IES	Potável	Não informado.	
(MORAES; MORAES, 2016) Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior: estudo de caso do sistema de destilação da Escola de Engenharia da UFFR	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(MORAIS <i>et al.</i> , 2021) Implantação e uso na Educação Ambiental de um sistema para reutilização da água de refrigeração de destilador	Potável	Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017.	
(NASCIMENTO; LUCENA; FREIRE, 2019) Reúso em laboratórios de análises ambientais: desperdícios e custos da água residual de destiladores	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(NETO, 2016) Proposição de reaproveitamento das águas pluviais e das águas brancas de destiladores dos blocos dos laboratórios da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campus Pombal–PB	Potável	Não informado.	
(OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2019) IV-072 - Projeto de eficiência hídrica: reutilização de água descartada por destiladores	Potável	Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017.	

(ROCHA <i>et al.</i> , 2015) Construção de um protótipo de uma torre de resfriamento para reaproveitamento do efluente dos destiladores de bancada	Potável	Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.	
(RODRIGUES <i>et al.</i> , 2017) Caracterização do condensado descartado em aparelhos de destilação na produção de água destilada	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(RODRIGUES; FREITAS, 2017) Avaliação do potencial de aproveitamento de efluentes dos destiladores em usos diversos	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(RONDON; RIBEIRO; SILVA, 2017) Implantação de um sistema de reuso da água residual do aparelho destilador para laboratório de solos do IFMT	Potável	Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.	
(SILVA, 2019) Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água no IFPB-Campus Cajazeiras	Potável	Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.	
(SIMÕES <i>et al.</i> , 2020) Potencial de reúso das águas de resfriamento de destiladores laboratoriais	Potável para os parâmetros físico-químicos.	Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017.	A análise microbiológica ficou pouco divergentes dos parâmetros definidos. Os autores atribuem isso ao fato de a água de abastecimento do prédio ser oriunda de poço e da falta de limpeza dos destiladores ou ao método utilizado na coleta.

Fonte: Autor

7.3.2.2 Propostas para solucionar o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen

O estudo das propostas dos autores permitiu identificar categorias de trabalhos e soluções para eliminar o desperdício de água, ocasionado pela destilação de água por meio dos destiladores de água tipo Pilsen, como pode ser visto no Quadro 10.

Quadro 10 – Categorias de trabalhos e soluções para o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen

A	Informam sobre o desperdício dos destiladores, mas não apresentam soluções concretas.
B	Sugerem a substituição dos destiladores de água tipo Pilsen por outros equipamentos.
C	Projetos que sugerem a recirculação da água descartada para o próprio destilador.
D	Projetos que redirecionam a água descartada para a lavagem de materiais dos laboratórios e outros usos.
E	Projetos que utilizam um resfriador antes de a água ser redirecionado para o destilador comercial.
F	Projetos que apresentam um novo conjunto de destilação de água e refrigeração, conectados em um circuito fechado.
G	Projetos que fazem a captação e a reciclagem da água para o sistema de abastecimento de água dos prédios.

Fonte: Autor

7.3.2.2.1 Trabalhos da categoria A

Ao analisar os trabalhos selecionados, pode-se verificar que os autores de 12 deles constatarem o grande desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen e, em geral, propõem o reaproveitamento dessa água para a rega de jardins, lavagem de piso, lavagem de vidraria do laboratório, descarga de vaso sanitário, irrigação, limpeza de paredes, projetos de pesquisa com plantação de culturas, cultivo de milho e implantação de Programa de Uso Racional de Água ou Sistema de Gestão Ambiental. Todavia, não apresentam projetos para solucionar definitivamente o desperdício apontado (Quadro 11).

Quadro 11 – Trabalhos que apontam o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen sem apresentar soluções concretas

(ARAÚJO, 2017) Estudo do potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas em Instituições de Ensino Superior
(BRAGAGNOLLO FILHO <i>et al.</i> , 2011) Identificação de parâmetros quali-quantitativos do sistema de abastecimento de água de campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
(CAMPELO; CAMPELO; NOBRE, 2017) Caracterização do consumo de água de uma Instituição de Ensino Superior no estado do Piauí
(LIMA, 2020) Dimensionamento do desperdício mensal de água potável nos equipamentos de laboratórios da UFERSA, campus Mossoró
(LOPES <i>et al.</i> , 2016) IX-019 - Estudo da viabilidade do reúso de água em uma instituição de ensino federal
(MARCKMANN, 2012) Elaboração de proposta do Manual de Gestão Ambiental da UFRGS e estudo de caso de aplicação
(MARISCO <i>et al.</i> , 2014) Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores
(NETO, 2016) Proposição de reaproveitamento das águas pluviais e das águas brancas de destiladores dos blocos dos laboratórios da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campus Pombal-PB
(OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2015) IX-028 - Crescimento de plantas de milho (<i>Zea Mays L.</i>) utilizando água de condensação de aparelhos de ar condicionado e água de reúso oriunda de resfriamento de destiladores
(RODRIGUES <i>et al.</i> , 2017) Caracterização do condensado descartado em aparelhos de destilação na produção de água destilada
(RODRIGUES; FREITAS, 2017) Avaliação do potencial de aproveitamento de efluentes dos destiladores em usos diversos
(SILVA <i>et al.</i> , 2012) Reuso da água de refrigeração de destiladores para lavagem de vidrarias em laboratórios de ensino do IFMT Campus Cuiabá Bela Vista
(SILVA <i>et al.</i> , 2013) Desperdício de água nas instalações prediais do Campus Universitário da UFCG em Pombal-PB: Medidas para conservação, aproveitamento e reúso



Os autores propõem o reúso da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen para diversos fins, mas não descrevem projetos que solucionem o desperdício que é apontado nos estudos.

Fonte: Autor

7.3.2.2.2 Trabalhos da categoria B

Outros quatro trabalhos sugerem como solução para o desperdício da água dos destiladores a substituição desses equipamentos por outros que resultem em menor descarte de água e consumo de energia, tais como deionizadores, purificadores de água e que utilizem a tecnologia de Osmose Reversa (OR) (Quadro 12).

Quadro 12 – Trabalhos que sugerem a substituição dos destiladores de água tipo Pilsen por outros equipamentos para reduzir o desperdício de água

(AIRES, 2019) Framework para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos	O autor sugere a substituição dos destiladores por purificadores de água e o controle rígido do uso da água destilada.
(FANTON, 2017) Uso eficiente da água em centros de material e esterilização de hospitais relacionados à saúde da mulher	O autor sugere a substituição do destilador de água tipo Pilsen por equipamentos que utilizem Osmose Reversa.
(OLIVEIRA, 2020) Subsídios para o gerenciamento da demanda de água em laboratórios de uma universidade fundamentados em análises de informações geográficas	O autor sugere a opção por equipamentos do tipo Osmose Reversa e a instalação de uma central de destilação por bloco de laboratórios quando a demanda por água destilada for elevada.
(SILVA, 2014) Estudo sobre o desperdício de água no campus universitário da UFCG em Pombal-PB	O autor sugere, quando possível, substituir o destilador de água tipo Pilsen por deionizador.

Fonte: Autor

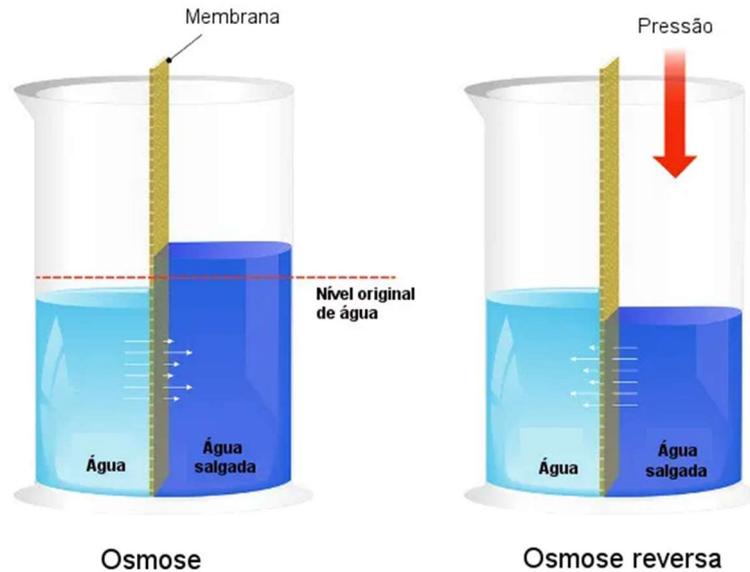
7.3.2.2.2.1 Osmose Reversa

Mesmo não sendo objeto desse trabalho, é importante discorrer sobre os equipamentos que utilizam o processo de Osmose Reversa, visto que alguns autores sugerem que eles poderiam constituir uma solução viável para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen, devido a suas peculiaridades.

De acordo com Ferreira (2022) "A osmose é a passagem de solvente, de uma solução menos concentrada para uma solução mais concentrada, através de uma membrana semipermeável" (FERREIRA, 2022, p. 1), por conta de um diferencial de pressão osmótica e impossibilidade de permeação do soluto, já que a atividade da água na solução concentrada é menor que na solução diluída. Se for aplicada uma pressão suficientemente alta no lado da solução concentrada, pode ocorrer uma inversão do fluxo no sistema, que é chamada de osmose reversa, como pode ser visto na Figura 40. Assim, a Figura 41 retrata como ocorre a filtragem

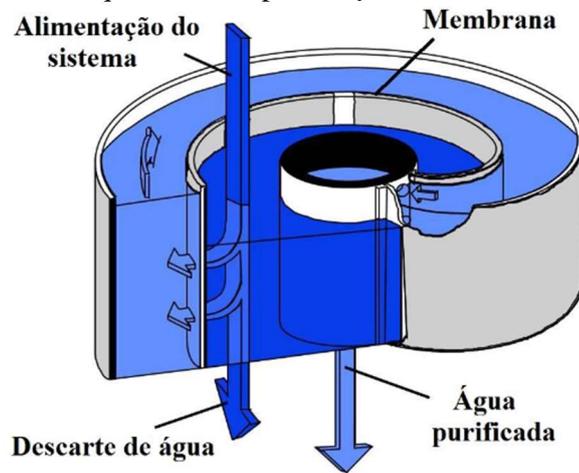
da água, através da membrana de osmose reversa em um equipamento comercial (SOUZA, 2018).

Figura 40 – Osmose reversa - o solvente passa do meio mais concentrado para o menos concentrado



Fonte: (FERREIRA, 2022)

Figura 41 – Desenho esquemático da purificação com membrana de osmose reversa



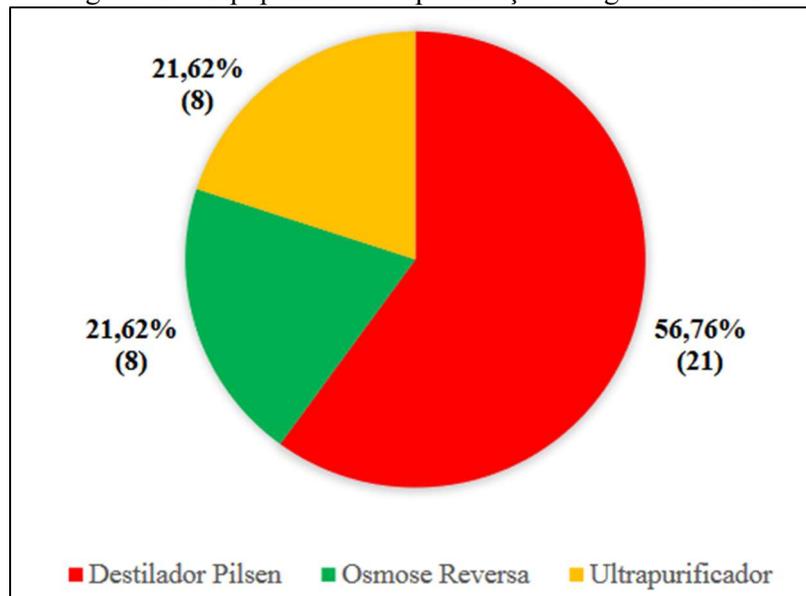
Fonte: (SOUZA, 2018)

Contudo, antes de chegar à membrana de osmose reversa, a água passa por estágios filtrantes para conter partículas e remover o cloro, pois esses componentes usualmente são danosos à membrana.

Alguns autores compararam os custos de aquisição, operação e manutenção dos equipamentos de osmose reversa em relação os destiladores de água tipo Pilsen e chegaram à conclusão técnica de que o retorno financeiro no investimento em água purificada por osmose reversa poderia ocorrer entre 7 a 12 meses, observando-se apenas o tempo de substituição dos

filtros e da membrana, definidos pelos fabricantes, o baixo consumo de energia e a diminuição do desperdício de água (SANT'ANNA; ANDRADE; MARCELINO, 2015). Apesar disso, na prática, a quantidade de destiladores de água tipo Pilsen em operação continua alta em muitas instituições. Por exemplo, Souza (2018), em um estudo produzido na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), constatou que havia quase três vezes mais destiladores de água tipo Pilsen do que purificadores de osmose reversa naquela IFES (Figura 42).

Figura 42 – Equipamentos de purificação de água na UFGD



Fonte: (SOUZA, 2018)

Podem ser apresentadas algumas hipóteses para descrever essa realidade:

- a. O sistema de osmose reversa demanda água minimamente tratada, a qual é proveniente das concessionárias. Caso ocorram mudanças nas características dessa água, os filtros podem saturar mais rapidamente ou a membrana de osmose reversa pode ser danificada. Além disso, se não houver limpeza contínua no sistema de abastecimento das edificações, podem ocorrer contaminações e, conseqüentemente, diminuição da vida útil dos componentes dos equipamentos de osmose reversa;
- b. De forma a evitar os possíveis problemas acima expostos, os laboratórios utilizam a água destilada como insumo para o sistema de osmose reversa;
- c. Visto que os equipamentos de OR estão sob a responsabilidades dos laboratórios, esbarra-se na burocracia e morosidade das licitações públicas para a compra de filtros e membranas de forma a manter os equipamentos funcionando, sendo que, não compete aos usuários conhecer ou executar o processo de compras;

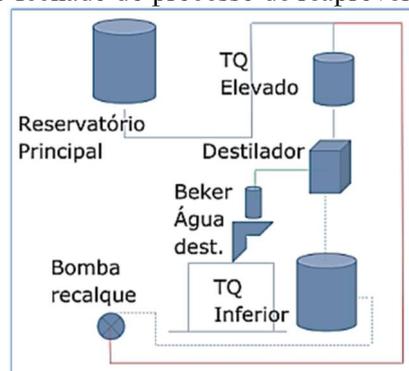
- d. A instituição não provê recursos em seu orçamento e não se responsabiliza pela manutenção desses equipamentos, ficando a cargo dos pesquisadores a substituição das peças saturadas ou danificadas.

Dado que os destiladores de água tipo Pilsen demandam pouca manutenção ou substituição de componentes (SANT'ANNA; ANDRADE; MARCELINO, 2015), além de continuarem funcionando por mais de 10 anos, como já visto nessa pesquisa, tornam-se alternativa conveniente para a produção de grande quantidade de água purificada nos laboratórios. Todavia, mesmo que sejam substituídos por equipamentos de OR, ainda que seja em menor quantidade, o desperdício de água continuará ocorrendo (Figura 41 – Desenho esquemático da purificação com membrana de osmose reversa). Devido a isso, para sanar totalmente esse problema, talvez, seja necessário adotar mais de uma solução.

7.3.2.2.3 Trabalhos da categoria C

Seis trabalhos apresentam a solução de utilizar um sistema fechado, no qual a água descartada retornaria para o destilador (Quadro 13). Nesse caso, o sistema, em geral, seria composto por dois reservatórios, um abaixo do destilador e outro acima do equipamento, sendo que uma bomba elevaria a água para o segundo reservatório. O primeiro reservatório poderia ser de baixo volume, mas o segundo precisaria ter maior capacidade para ajudar na refrigeração da água, antes de ser reutilizada no processo de destilação. A Figura 43 exemplifica esse tipo de solução para o problema do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen. É importante ressaltar que a construção desse sistema pode ser difícil de ser executada, pois é necessário instalar um suporte para o reservatório superior de grande volume acima do destilador, que, geralmente, é fixado próximo do teto. Além disso, como visto, essa é uma solução que deve ser individualizada, de forma que cada laboratório teria que construir seu próprio sistema.

Figura 43 – Circuito fechado do processo de reaproveitamento do destilador



Fonte: (ABREU *et al.*, 2016)

Quadro 13 – Trabalhos que sugerem a recirculação da água descartada para o próprio destilador

(ABREU <i>et al.</i> , 2016) Reutilização da água usada no processo de destilação	Apresenta um protótipo de um sistema fechado de reaproveitamento da água do destilador. Um tanque inferior recebe a água do destilador, uma bomba envia a água para um tanque superior que alimenta o destilador, esse tanque também está conectado ao tanque principal do prédio.
(CARLI <i>et al.</i> , 2013) Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior–Estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul	Sugere o desenvolvimento de um sistema de reúso de água para a recirculação da água no próprio destilador ou a instalação de um reservatório de água sob a bancada, afim de reaproveitá-la para a lavagem de utensílios e vidrarias.
(RONDON; JUNIOR; SILVA, 2017) Implantação de um sistema de reúso da água residual do aparelho destilador para laboratório de solos do IFMT	Sugere o reúso da água residual dos destiladores para realizar novas destilações por levar a água para o destilador, através de uma bomba de água e bateria de veículo automotor.
(SILVA, 2019) Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água no IFPB-Campus Cajazeiras	Propõe um sistema para a reutilização da água para o próprio destilador e para um tanque de cura dos corpos de prova, utilizando um reservatório de 500 litros de captação e uma bomba para direcionar a água para aquele reservatório.
(SIMÕES <i>et al.</i> , 2020) Potencial de reúso das águas de resfriamento de destiladores laboratoriais	Descreve a tentativa de armazenar a água em reservatório externo ou interno para lavagem de vidrarias, mas sem sucesso, pois o fluxo de água descartada é maior que o reúso. Assim, sugere um sistema de recirculação para o próprio destilador.
(VERGARA, 2012) Sistema de reaproveitamento de água dispensada no processo de destilação no laboratório J-12 Campus Medianeira	Descreve a instalação de um projeto, no qual um reservatório de vidro de 90 litros recebe a água do destilador e posteriormente, através de uma motobomba, é enviada para um segundo reservatório de 500 litros para a refrigeração da água, que fica dois metros acima do destilador para ser reutilizada pelo mesmo.

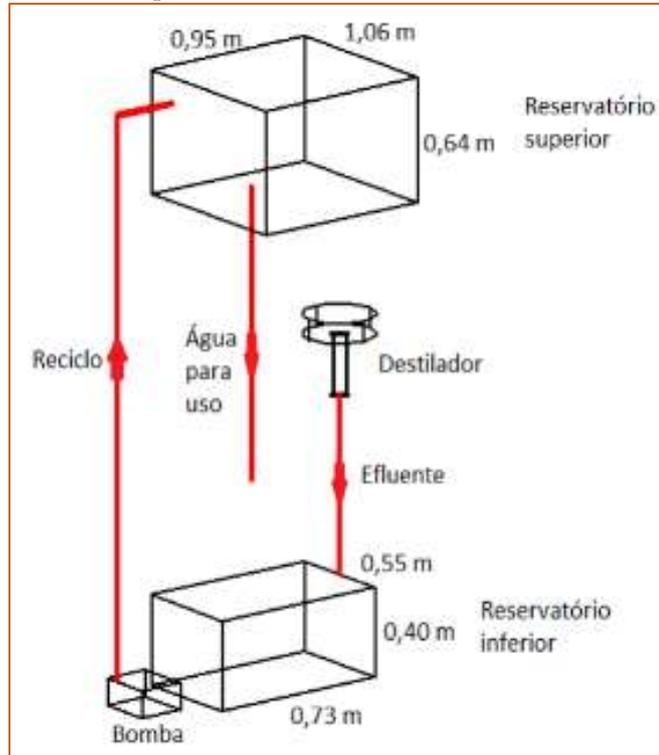
Fonte: Autor

7.3.2.2.4 Trabalhos da categoria D

Os autores elencados no Quadro 14 apresentam um sistema de reúso, semelhante ao anterior, no qual água é armazenada em reservatórios, instalados no solo, ou acima da pia ou externos ao prédio, para ser usada na lavagem das vidrarias dos laboratórios. As Figuras 44, 45,

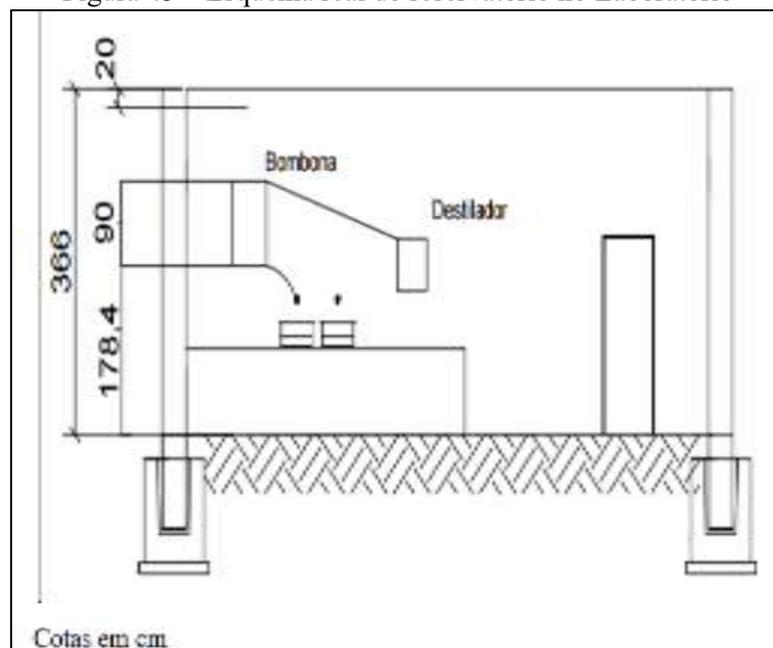
46 e 47 apresentam alguns dos esquemas propostos. No entanto, menos de 50% da água poderá ser aproveitada, pois a quantidade de água descartada é superior ao reuso, além do inconveniente de, geralmente, haver pouco espaço nos laboratórios para a instalação desse tipo de sistema (MORAES; MORAES, 2016).

Figura 44 – Croqui do sistema de reuso do efluente do destilador



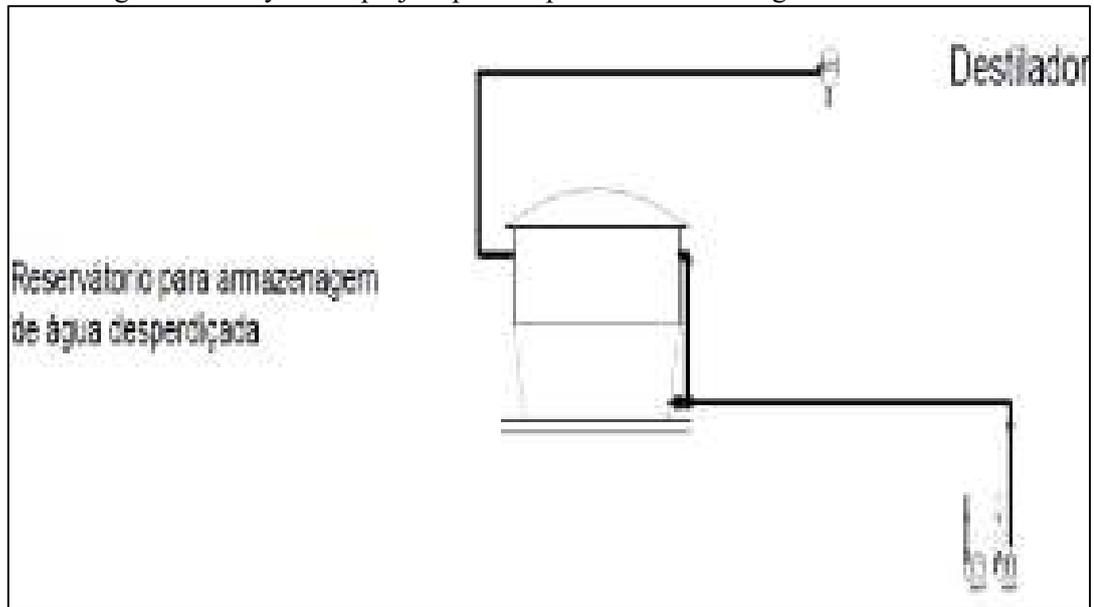
Fonte: (MORAES; MORAES, 2016)

Figura 45 – Esquema real do reservatório no Laboratório



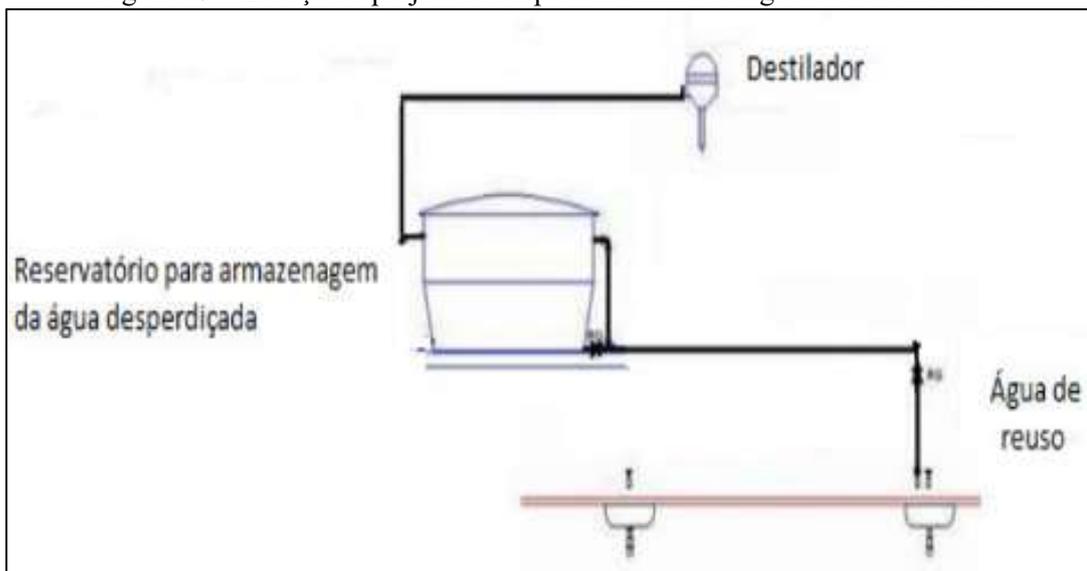
Fonte: (AGUIAR *et al.*, 2018)

Figura 46 – Layout do projeto para reaproveitamento de água de resfriamento



Fonte: (BONFIM et al., 2016)

Figura 47 – Esboço do projeto de reaproveitamento de água dos destiladores



Fonte: (MARCKMANN et al., 2012)

Quadro 14 – Trabalhos que apresentam projetos que redirecionam a água descartada para a lavagem de materiais dos laboratórios e outros usos

(AGUIAR <i>et al.</i> , 2018) água: técnica de reaproveitamento da água do destilador do laboratório de química da PUC Minas-Barreiro Reuso inteligente da	Propõe a instalação de um reservatório de 200 litros dentro do laboratório para a lavagem de vidrarias, o qual ficaria um pouco acima do destilador e teria uma saída na linha das torneiras da pia.
(BONFIM <i>et al.</i> , 2016) II-161-Reaproveitamento da água de refrigeração de destilador para lavagem de vidrarias em laboratório de análise química	O estudo foi realizado em um laboratório químico de uma empresa de alimentos, no qual o destilador funciona 24h/dia e 7 dias/semana. Propõe o armazenamento da água em um reservatório externo, retornando a água para as torneiras que se encontram próximas ao destilador.
(CARLI <i>et al.</i> , 2013) Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior–Estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul	Sugere a instalação de um reservatório de água sob a bancada, afim de reaproveitá-la para a lavagem de utensílios e vidrarias.
(GOMES, 2013) Uso eficiente de água em campus universitário: o caso da Universidade Federal de Campina Grande	Faz um levantamento do desperdício dos destiladores. Informa que dois laboratórios utilizavam um sistema de recirculação da água, mas estava desativado há dois anos. Sugere a elaboração de um projeto de armazenamento da água rejeitada para uma nova caixa d'água. Esta, por sua vez, deve ser utilizada para fins menos nobres, como descargas sanitárias, irrigação, limpeza das edificações, entre outros.
(MARCKMANN <i>et al.</i> , 2012) Propostas para redução de desperdícios ambientais numa Universidade Pública–Projeto de reutilização de água de destiladores no CT–Leamet	Descreve um projeto de coleta da água de um destilador, composto por um reservatório conectado a lavabos. Pelo esquema mostrado, infere-se que o sistema atua por gravidade, ou seja, o destilador precisa estar acima do reservatório, bem como, as pias abaixo desse. Afirma que utiliza cloro para evitar a proliferação de micro organismos.
(MEDEIROS; STORCK; VOLPATTO, 2017) Gestão da água de descarte de destiladores de água em laboratórios de uma IES	Propõe a aquisição de reservatórios externos para acúmulo de água descartada para futuro reuso no mesmo piso dos laboratórios ou em andares inferiores para não necessitar de bombas de recalque. Sugere reuso para lavagem de vidrarias, piso e rega de plantas.
(MORAES; MORAES, 2016) Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior: estudo de caso do sistema de destilação da Escola de Engenharia da UFFR	Sugere a instalação de dois reservatórios no laboratório, um inferior e outro superior, além de uma bomba para levar água ao reservatório superior, de forma a ser usada na pia de lavagem.
(NASCIMENTO; LUCENA; FREIRE, 2019) Reúso em laboratórios de análises	Descreve que parte da água descartada foi armazenada em um reservatório de 100 litros, mas que o mesmo é insuficiente, devido à

ambientais: desperdícios e custos da água residual de destiladores	grande quantidade de água desperdiçada. Sugere a instalação de um reservatório maior externo ao laboratório e que a água seja usada para lavagem de vidraria.
(PACHECO; CAMPOS, 2013) Proposta de implantação de um programa de uso racional de água no edifício das faculdades de farmácia e odontologia	Informa que um dos laboratórios implementou um sistema, no qual a água descartada pelo destilador é acessada em torneiras externas ao prédio, assim, sugere o reuso para irrigação de jardim.
(SILVA, 2019) Diretrizes para gerenciamento de água em laboratórios de uma instituição de ensino superior: estudo de caso em uma universidade no semiárido do Rio Grande do Norte	Sugere a coleta da água para um reservatório e reuso não potável, além do dimensionamento de um sistema hidráulico para utilização dessa água nas salas da edificação, banheiro e limpeza.

Fonte: Autor

7.3.2.2.5 Trabalhos da categoria E

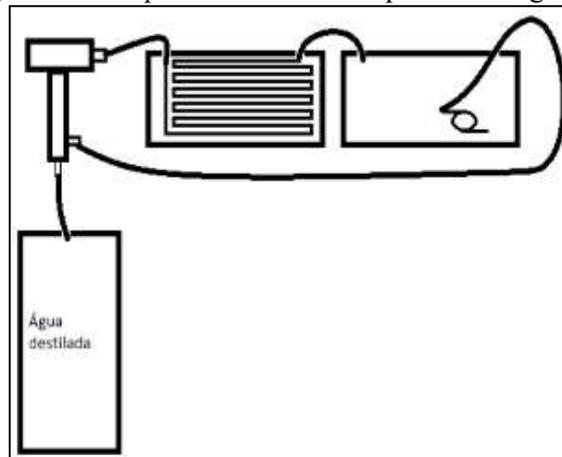
Outra forma de solucionar o problema do desperdício de água pelos destiladores é semelhante aos anteriores. A diferença diz respeito à introdução de algum dispositivo para resfriar a água antes de ser reciclada, pois, quanto menor a quantidade de água que entra no destilador, maior é a temperatura da água na saída, devido à troca de calor no destilador. Portanto é necessário que a água seja resfriada para retornar ao equipamento; caso contrário, será necessário desligar o equipamento. Conseqüentemente, diversos protótipos são descritos na literatura pesquisada.

Um dos projetos propõe a reciclagem da água dos destiladores com auxílio de um sistema fechado, por meio de dois recipientes, constituídos por uma caixa de isopor, equipada com uma serpentina e gelo para refrigerar a água que sai do destilador, e por uma bomba submersa que retorna a água para o equipamento de destilação (Figura 48) (MATOS; MEIRA; MATOS, 2015).

Da mesma forma, no Sri Lanka, Priyalal, Silva e Rajini, (2015) entendem que estabelecimentos de saúde que utilizam sistemas de destilação de água deveriam reaproveitar a água quente descartada, criando um sistema fechado, no qual a água passa por uma serpentina que está em contato com água gelada, sendo retornada para os destiladores, melhorando, dessa forma, a gestão do uso da água nessas organizações.

Percebe-se que essas soluções demandam espaço e precisam usar, constantemente, um material refrigerante. No primeiro caso é importante dispor de um equipamento que produz gelo, enquanto no segundo caso é preciso usar equipamento que mantenha a água gelada.

Figura 48 – Esquema de reciclo acoplado a refrigeração



Fonte: (MATOS; MEIRA; MATOS, 2015)

Rocha *et al.* (2015) descrevem o desenvolvimento de uma torre de refrigeração de baixo custo, utilizando materiais recicláveis, tais como, madeira, tubo de PVC, vidro e ventoinhas de plástico. A torre é composta de uma estrutura de madeira, planejada para comportar cinco calhas feitas de PVC, sendo uma coletora e as demais estágios de queda d'água, preenchidas com vidro estilhaçado, no qual a água é gotejada por um cano de PVC que serve como distribuidor da água. O resfriamento se dá por via de correntes de convecção, provocadas por dois suportes, constituídos cada um por oito *coolers* ligados a uma fonte de tensão (Figura 49). Assim, os autores sugerem devolver a água resfriada para o destilador, evitando o desperdício.

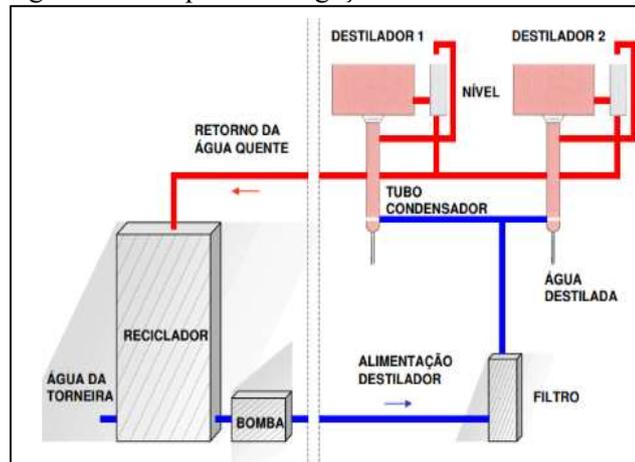
Figura 49 – Protótipo da torre de resfriamento



Fonte: (ROCHA *et al.*, 2015)

Por sua vez, Silva (2004) apresenta um esquema, no qual um reciclador executa a refrigeração da água para ser enviada de volta aos destiladores, conforme uma das proposições da SABESP para resolver o desperdício de água dos destiladores da Universidade de São Paulo (USP), mas não descreve como seria construída essa parte do projeto (Figura 50).

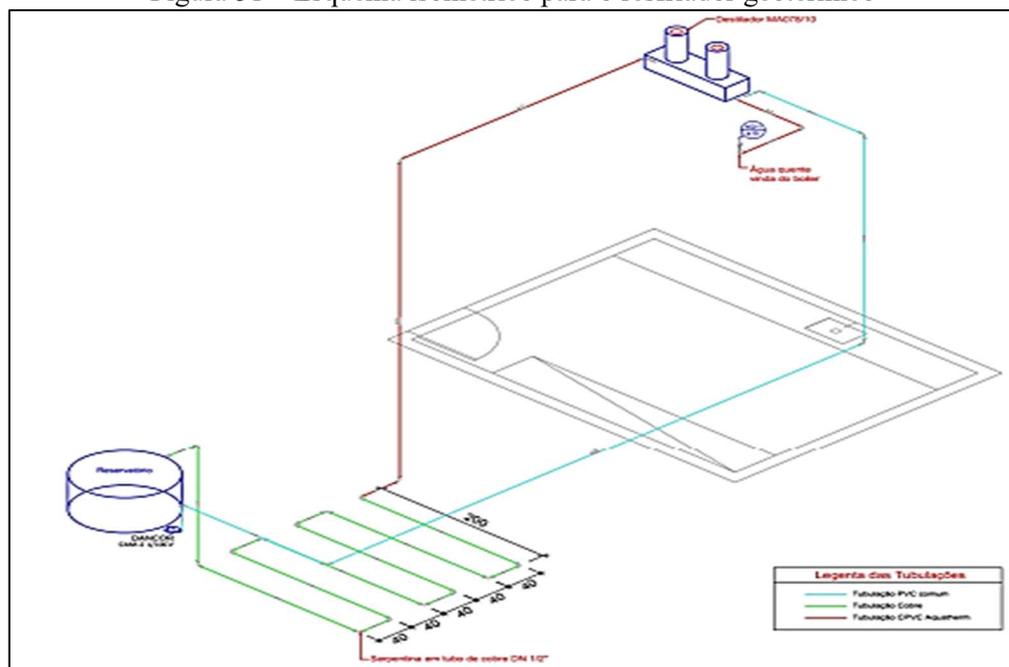
Figura 50 – Esquema de ligação Reciclador/Destilador



Fonte: (SILVA, 2004)

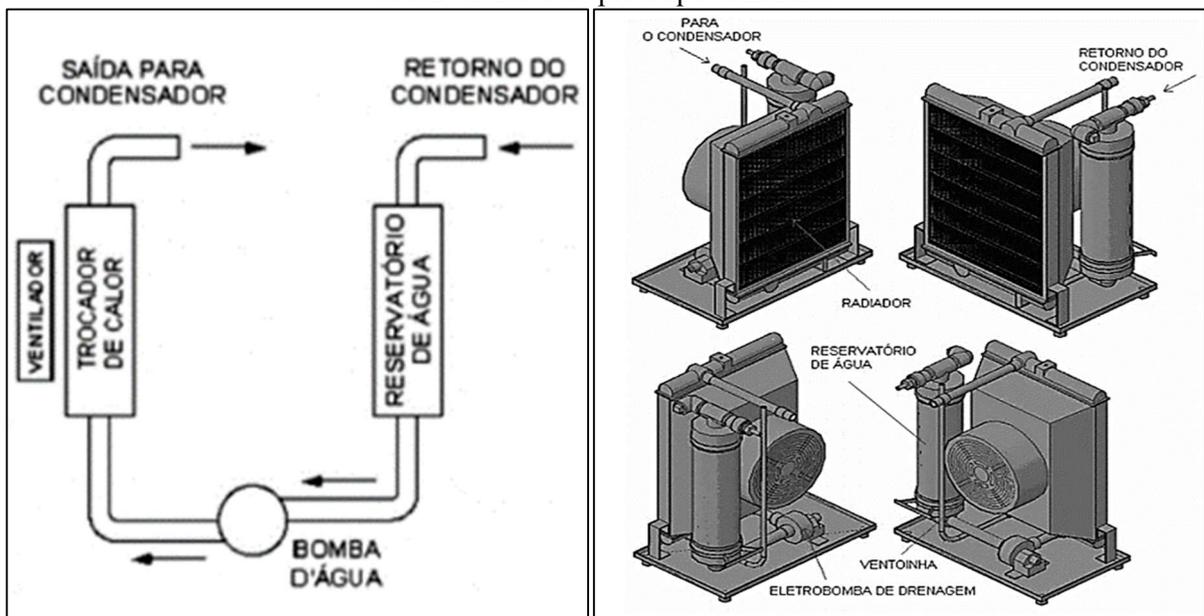
Por sua parte, Campos *et al.* (2019), descrevem um sistema de recirculação da água, implementado com duas melhorias. Primeiro, instalou um aquecedor solar com um tanque de 200 litros para pré-aquecer a água até 50 °C, antes de entrar no destilador, de forma a diminuir o consumo de energia. Segundo, instalou um sistema de refrigeração geotérmico, composto por uma serpentina com tubos de cobre de 15 mm e um tanque de armazenamento com uma bomba para recircular a água para o destilador (Figura 51). De acordo com os autores, alcançou-se uma redução no consumo energético de 31,2% e foi eliminado o desperdício de água. Contudo, a eficiência desse sistema depende de espaço externo aos laboratórios e da exposição à energia solar, além da disponibilidade de recursos para investir na captação solar.

Figura 51 – Esquema isométrico para o resfriador geotérmico

Fonte: (CAMPOS *et al.*, 2019)

Assirati, Pereira e Nunes (2011) apresentaram um protótipo de refrigeração acoplado ao destilador, no qual foram usados um radiador de carro, ventoinha, bomba de máquina de lavar e um pequeno reservatório de cano PVC de 4 polegadas para manter a água no sistema. O equipamento recebe a água do destilador, que passa pelo processo de refrigeração e devolve a água para o destilador (Figura 52). Os autores informaram que essa configuração pode ser usada com destiladores que consomem até 5.000W, equivalendo a um equipamento que produz cinco litros de água destilada por hora. Esse é um projeto bastante interessante, apesar de ser aplicável para apenas um equipamento e haver a necessidade de ser recalculado para destiladores de maior porte.

Figura 52 – Desenhos esquemáticos do princípio de funcionamento do sistema de refrigeração desenvolvido e do protótipo construído



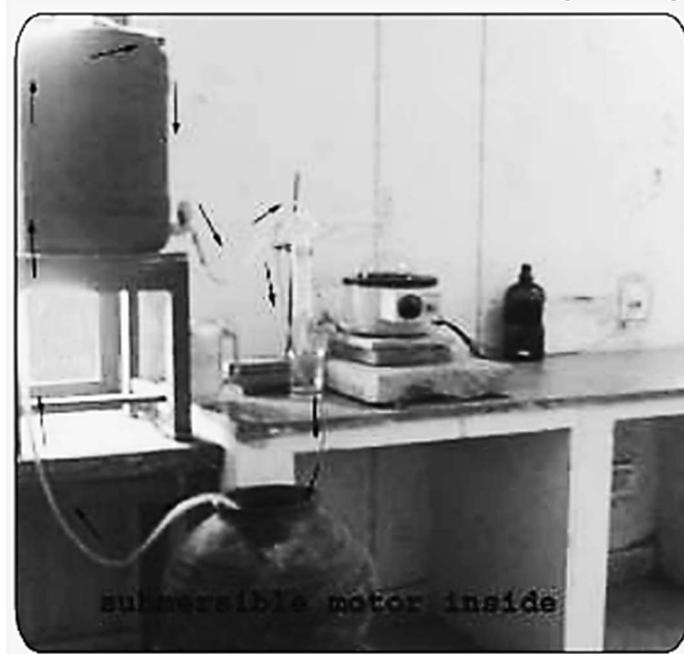
Fonte: (ASSIRATI; PEREIRA; NUNES, 2011)

Com o objetivo de refrigerar a água antes de devolvê-la ao destilador, Sharma (2007) desenvolveu uma técnica de resfriamento que envolveu a coleta de água do tubo de saída da unidade condensadora do destilador para um pote de barro de cerca de 50 litros de capacidade, colocado em um recipiente de cimento cheio de areia molhada. Uma vez que a água atinja $\frac{3}{4}$ da capacidade do pote de barro, ela é resfriada. Em seguida, é elevada a um tanque reservatório de cerca de 60 litros de capacidade, posicionado a uma altura de 1,2 metros do pote de barro, com a ajuda de um pequeno motor submersível colocado dentro dele. O sistema de elevação de água é automatizado por usar sensores de nível de água e dois relés em série. O resfriamento é mais eficaz se o tanque reservatório também for um pote de barro (Figura 53). Certamente, para ser usado no Brasil, o sistema precisaria de uma adaptação, além de ocupar bastante espaço nos

laboratórios, embora esse sistema não tenha sido desenvolvido para destiladores de água tipo Pilsen.

Destaca-se o esforço do autor para resolver o desperdício de água no processo de destilação em seu laboratório na Índia, o qual é o segundo país mais populoso do mundo, enfrentando grave escassez de água potável, e que “está caminhando para um “apocalipse da água” e vislumbra um futuro sombrio” (BIER, 2020, p. 3).

Figura 53 – Técnica automatizada de baixo custo de reciclagem de água de destilação



Fonte: (SHARMA, 2007)

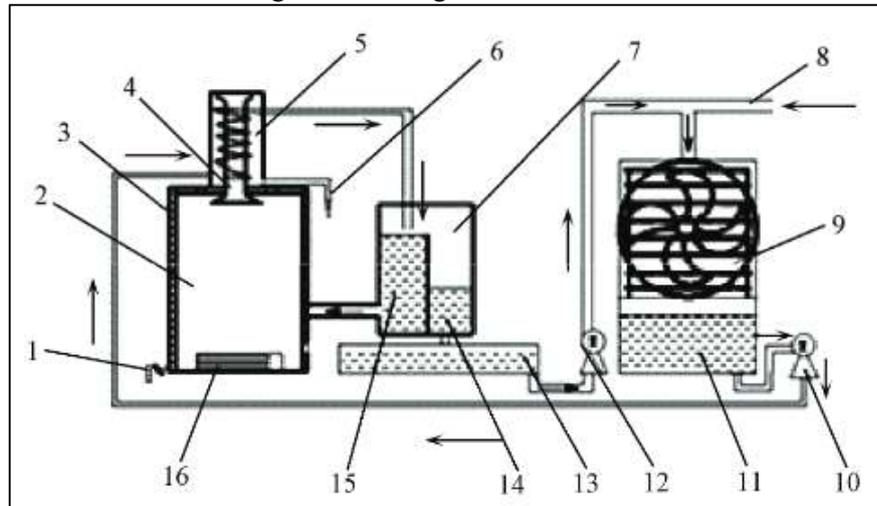
No artigo escrito originalmente em mandarim², Derong *et al.* (2016) descreveram um sistema de recirculação da água descartada pelo destilador, passando por um dispositivo de resfriamento composto por placa de resfriamento, ventilador, reservatório e estrutura de aço inoxidável 304, sendo que a placa de resfriamento é formada por persianas de liga de alumínio, tubos e gases. O sistema de resfriamento funciona da seguinte forma: uma bomba de água transporta a água quente, armazenada em um reservatório até a placa de resfriamento para misturar com uma pequena quantidade de água da torneira que está conectada à tubulação de abastecimento de água, e flui através de canos com furos uniformes até as persianas cobertas com gaze de camada única. Na gaze, a água é distribuída uniformemente, e uma pequena parte dessa água fica retida no contato entre a gaze e a persiana, o que é mais propício ao resfriamento. O ar quente gerado é descarregado por um respiro na parte traseira da caixa, sendo que a água,

² O Artigo foi traduzido para o português através do *Google Translator*.

após a dissipação de calor, flui para o segundo reservatório, sendo enviada ao condensador do destilador através de outra bomba de água (Figura 54 e Figura 55). O projeto, para ser usado no Brasil, precisaria ser adaptado para um destilador tipo Pilsen.

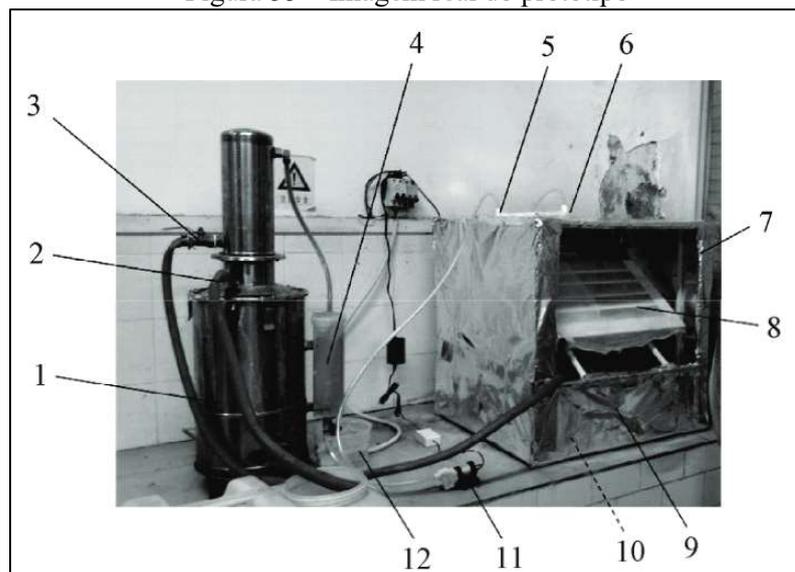
Esse é outro exemplo de empenho para conter o desperdício de água por destiladores em países com graves problemas hídricos. Por exemplo, no que se refere a China, “dois terços das 669 maiores cidades chinesas sofrem com a escassez de água” (GALL, 2012, p. 9).

Figura 54 – Diagrama da estrutura



1. Drainage valve 2. Evaporation pot 3. Vacuum insulation panels 4. Steam pipeline 5. Condenser 6. Distilled water outlet 7. First hilly watershed 8. Tap water pipe 9. Temperature reducing device 10. First water pump 11. Second hilly watershed 12. Second water pump 13. Third hilly watershed 14. Overflow pool 15. Return pool 16. Heater. Fonte: (DERONG *et al.*, 2016)

Figura 55 – Imagem real do protótipo



1. Distillation unit 2. Distilled water outlet 3. Cooling water inlet 4. First hilly watershed 5. Steam condensate inlet 6. Tap water pipe 7. Temperature reducing device 8. Cooling plate 9. Second hilly watershed 10. First water pump 11. Second water pump 12. Third hilly watershed. Fonte: (DERONG *et al.*, 2016)

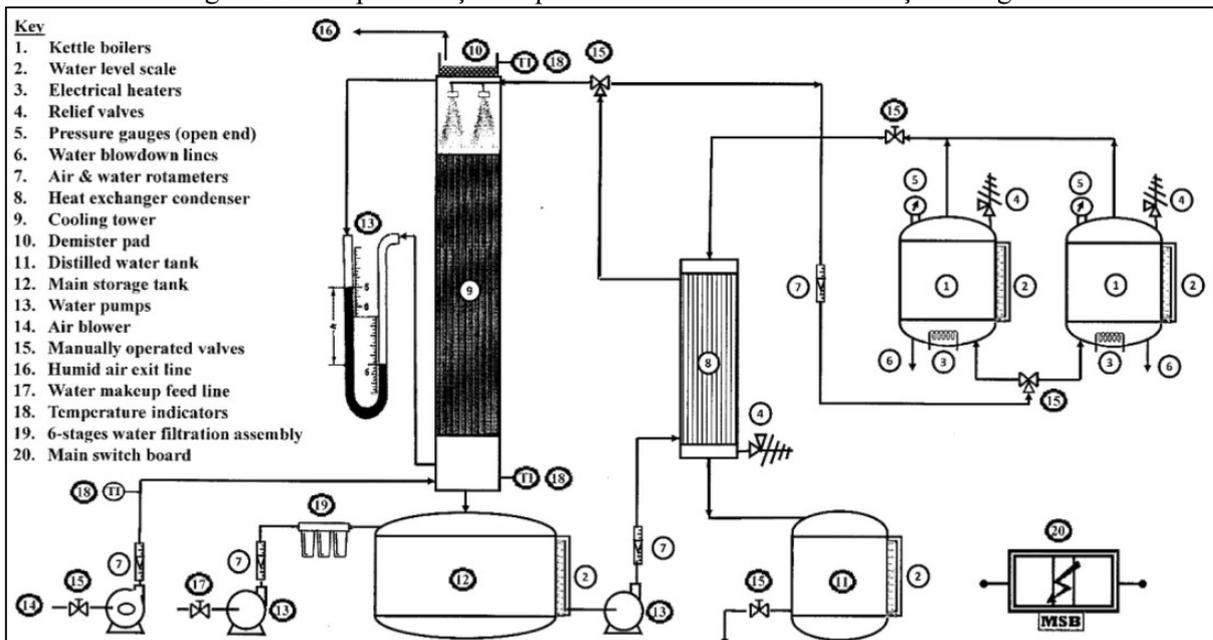
7.3.2.2.6 Trabalhos da categoria F

Outros projetos são semelhantes aos da categoria anterior. Contudo, não utilizam destiladores de água comerciais, mas desenvolvem um conjunto próprio de destilação de água e refrigeração, conectados em um circuito fechado. Devido a essa inovação, pode-se afirmar que são novos equipamentos para a destilação de água.

Abdelghany, Mustafa e Rajan (2020) apresentaram uma planta piloto de destilação de água que possui dois circuitos para a água descartada pelo condensador da seção de destilação. Assim, parte da água quente retorna para a caldeira e a outra é direcionada à torre de resfriamento integrada ao sistema, que resfria a água trocando calor diretamente com o ar ambiente. Uma vez resfriada, a água retorna ao condensador, num circuito fechado. O protótipo é capaz de produzir 30 litros de água destilada por hora, e, segundo os autores, tem uma eficiência de 92%, ou seja, apenas 8% da água de entrada é perdida no sistema. Sendo assim, uma linha de reposição de água é utilizada para compensar as perdas de água na torre de resfriamento. (Figura 56 e Figura 57).

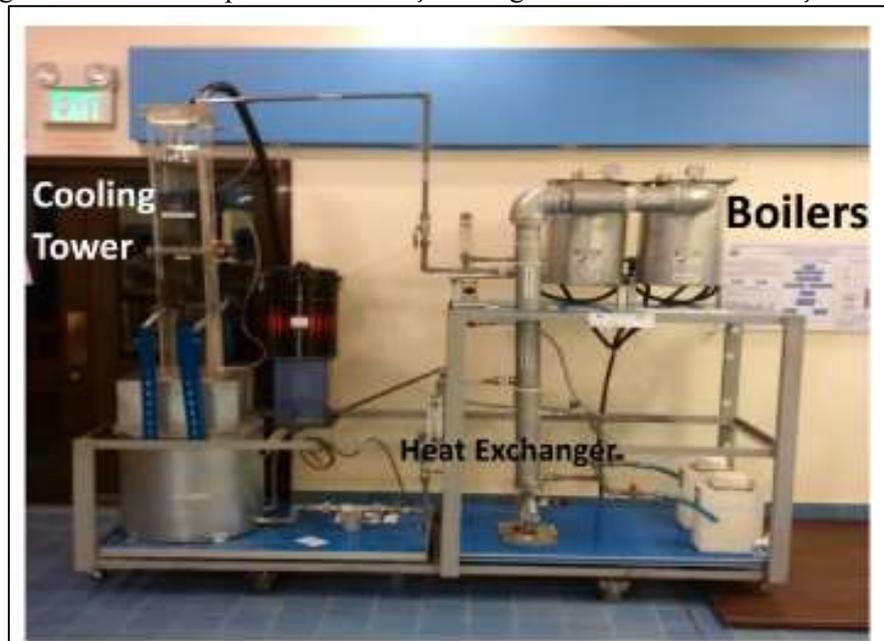
As preocupações dos pesquisadores egípcios para cessar com o desperdício de água dos destiladores é corroborada pela UNICEF (2021, p. 1) ao afirmar: “O Egito enfrenta um déficit anual de água de cerca de sete bilhões de metros cúbicos e o país pode ficar sem água até 2025.”

Figura 56 – Representação esquemática do sistema de destilação de água



Fonte: (ABDELGHANY; MUSTAFA; RAJAN, 2020)

Figura 57 – Unidade piloto de destilação de água com linha de circulação interna

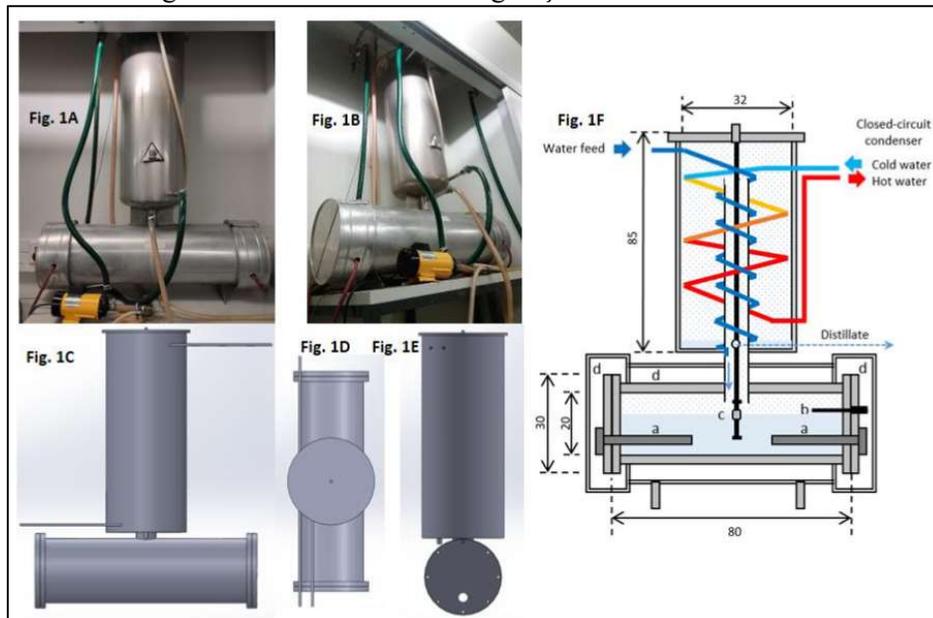


Fonte: (ABDELGHANY; MUSTAFA; RAJAN, 2020)

Um artigo originário da Universidade do Porto descreve um projeto de um dispositivo de destilação de água com condensador de circuito fechado. De acordo com os autores, o circuito de água quente, proveniente da etapa de destilação, faz a troca de calor com o tanque de água fresca que abastece o prédio. Assim, após resfriada, a água retorna ao condensador do equipamento de destilação. O sistema produz 10 litros de água destilada por hora, sendo utilizado para fins educacionais e como equipamento de utilidade departamental para produção e fornecimento de água destilada, abastecendo laboratórios de ensino e pesquisa (MATOS *et al.*, 2020). Ele integra conceitos de processos de separação, transferência de calor, controle e instrumentação e *design* industrial, mostrando como cada processo pode ser melhorado e tornado mais sustentável e ecológico. O resultado foi a redução do consumo de energia elétrica e da água de refrigeração, mantendo a qualidade da água destilada. O sistema pode ser visto nas Figuras 58 e 59.

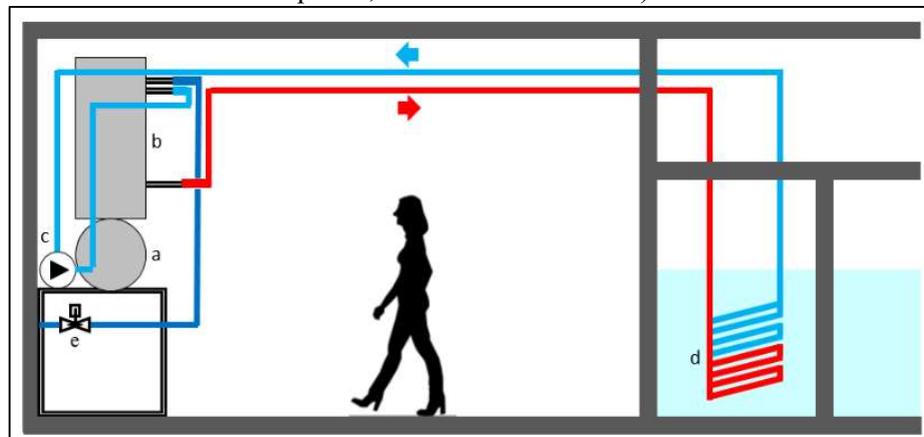
Com a implementação desse projeto, os autores e a Universidade do Porto contribuem para a economia de água em Portugal, pois, segundo previsões oficiais em 2022, “34% do país está em seca severa e 66% está em seca extrema, e que as previsões de chuva não irão inverter a situação” (OLIVEIRA; CARMO, 2022, p. 4).

Figura 58 – O sistema de refrigeração de circuito fechado



Actual photos of the reboiler and condenser (A and B); Solidworks project (C—front view; D—top view; E—lateral view); and the corresponding design with dimensions in centimeters (F): a. heating resistors; b. Pt100; c. floater sensor; d. rock-wool insulation space. Fonte: (MATOS et al., 2020)

Figura 59 – Representação do sistema de refrigeração em circuito fechado (vermelho – fluxo quente; azul claro – fluxo frio)



a. reboiler; b. condenser; c. magnetic drive centrifugal pump; d. refrigeration coil submerged in the freshwater storage tank; e. solenoid valve controlling water admission to the distillation unit (dark blue). Fonte: (MATOS et al., 2020)

7.3.2.2.7 Trabalhos da categoria G

A última categoria observada nessa pesquisa é concernente à solução para o desperdício da água rejeitada pelos destiladores de água tipo Pilsen, na qual a água é totalmente aproveitada, redirecionada e interligada com o sistema de abastecimento de água dos prédios, nos quais os destiladores estão instalados.

Conforme descrito por Martins (2011), o Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM), unidade técnico-científica da Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), localizado no campus universitário da Universidade Federal de Pernambuco, implantou em 2005 um sistema de reciclagem da água descartada por destiladores de água tipo Pilsen, construindo uma cisterna de 9 m³ que recebe a água de um destilador muito antigo que funcionava 8 h/dia útil, desperdiçando 6 m³ de água potável por dia. De acordo com o autor, a água da cisterna é posteriormente bombeada para os reservatórios superiores que abastecem o prédio, sendo normalmente consumida. Na Figura 60, pode ser vista a tubulação em PVC que coleta a água rejeitada pelo destilador e a transporta para a cisterna externa ao laboratório (Figura 61).

Figura 60 – Foto do destilador do CPqAM



Fonte: (MARTINS, 2011)

Figura 61 – Foto do sistema de reaproveitamento da água do destilador do CPqAM



Fonte: (MARTINS, 2011)

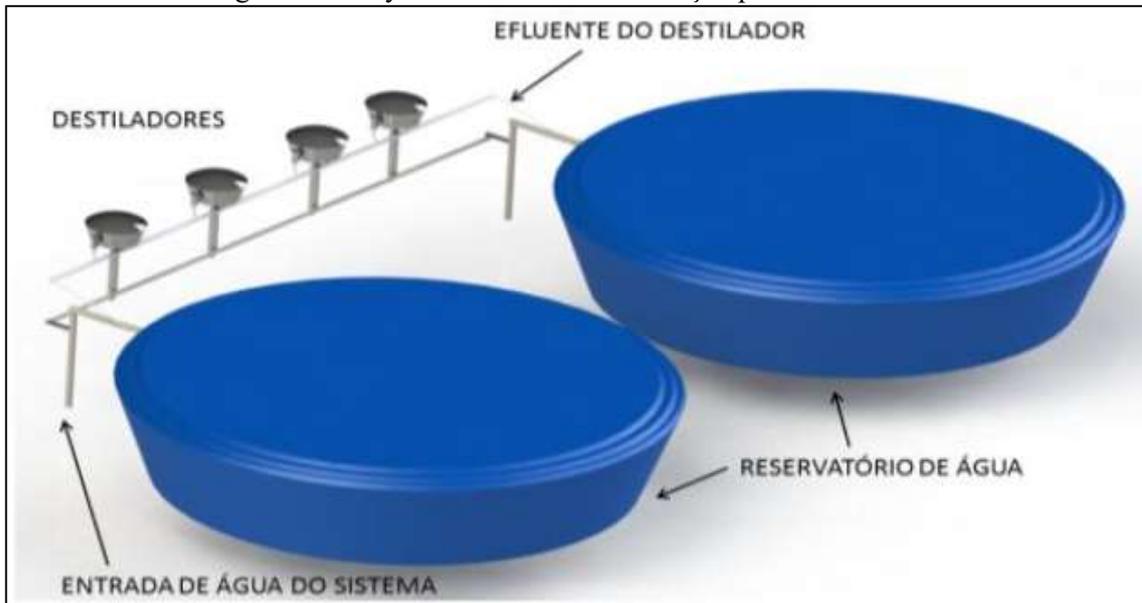
Pinto, Capri e Capri Neto (2015) apresentaram um projeto no qual todos os destiladores de água estão concentrados numa sala de destilação, sendo que as entradas de água desses equipamentos encontram-se conectadas a reservatórios externos de 15 mil litros, os quais podem estar localizados no mesmo andar e próximos dos destiladores. Os tanques são divididos em duas partes, sendo 85% do volume utilizado para a alimentação da rede hidráulica do edifício, que deve ficar abaixo do piso dos destiladores, e os outros 15% são reservados à recuperação da água descartada pelos destiladores, porquanto, os dois níveis são delimitados por boias (Figura 62). Sendo assim, o problema da refrigeração da água que é despejada pelos destiladores é resolvido nessa proporção de troca de calor entre água fresca e água quente reciclada. Os autores denominam o sistema como “Destilação Central por Fluxo Reverso”, pois, de acordo com a configuração do projeto, a circulação da água ocorre pela força da gravidade (Figura 63).

Figura 62 – Fluxograma de funcionamento do sistema



Fonte: (PINTO; CAPRI; CAPRI NETO, 2015)

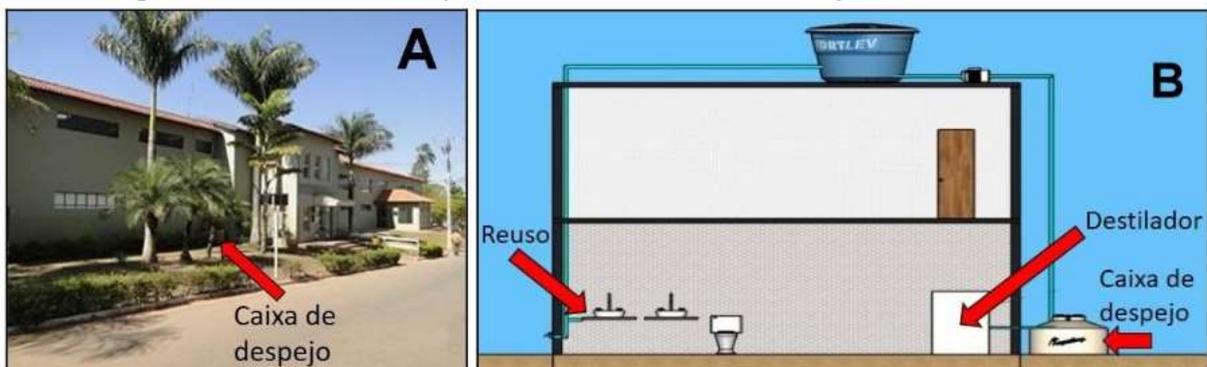
Figura 63 – Layout do sistema de destilação por fluxo reverso



Fonte: (PINTO; CAPRI; CAPRI NETO, 2015)

Semelhantemente, Morais *et al.* (2021) descrevem a instalação de um sistema de reuso no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus Bambuí*, no qual um reservatório externo recolhe a água descartada pelo destilador de água tipo Pilsen e uma bomba de sucção eleva a água para o reservatório superior para uso diverso, exceto para os bebedouros, pois há um circuito de água diferenciado para essa finalidade (Figura 64). De acordo com os autores, um sistema de chaves-boia foi adaptado nas caixas de água superiores para que, na falta da água proveniente do destilador, seja utilizada a água de o abastecimento normal do IFMG.

Figura 64 – Local de instalação do reservatório inferior e croqui do sistema de reuso

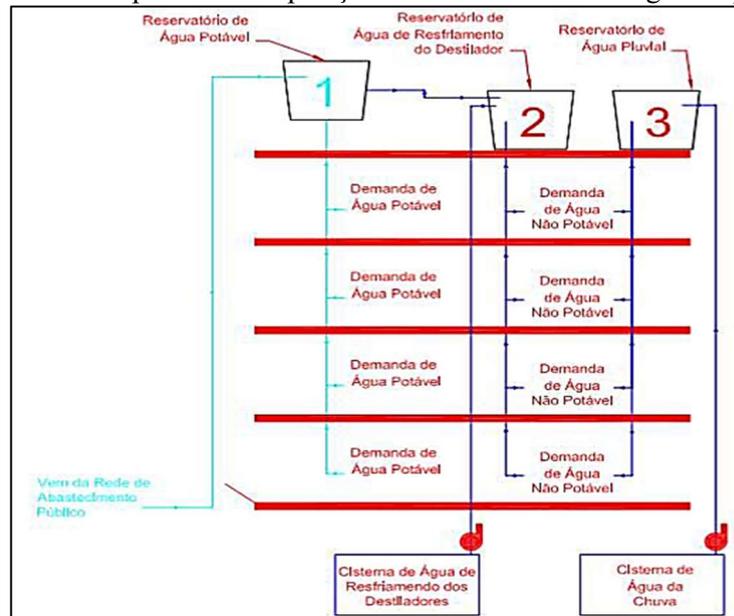


Fonte: (MORAIS *et al.*, 2021)

Outro projeto nessa modalidade de reaproveitamento da água rejeitada pelos destiladores é apresentado por Freitas (2010) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Segundo o autor, um estudo feito pela empresa Junior de Engenharia Sanitária e Ambiental (EJESAM) da instituição, comprova que a água descartada pelos destiladores de

água tipo Pilsen, devido à boa potabilidade, poderia ser captada e redirecionada para os reservatórios de abastecimento dos prédios. Assim, o autor informa que existe um sistema de reutilização para uso de água potável. Dessa forma, esse sistema capta a água dos destiladores para uma cisterna, que é bombeada para um reservatório superior e utilizada em sanitários, pias e bebedouros. Todavia, o autor verificou que a bomba é acionada por um sistema solar, que tem dificuldades de funcionamento em dias nublados, acarretando o desperdício da água. Por meio da Figura 65, o autor apresenta uma proposta de composição do abastecimento de água do prédio, na qual se observa o direcionamento da água de resfriamento dos destiladores para somente uso não potável.

Figura 65 – Proposta de composição do abastecimento de água do prédio



Fonte: (FREITAS, 2010)

Por sua vez, Oliveira, Antunes e Gomes (2019) descrevem a execução de um projeto na Universidade Federal do Rio de Janeiro, no qual a água do processo de resfriamento da destilação, antes descartada no esgoto, é totalmente reciclada como água potável, por meio de um sistema de coleta e bombeamento direto na rede de abastecimento do prédio do Centro de Ciências da Saúde, visto que não existem caixas d'água na edificação. De acordo com os autores, a unidade de coleta, nomeada como Unidade Autônoma de Captação e Bombeamento (UACB) (Figura 66), foi projetada e construída de forma a ocupar o menor espaço possível dentro dos laboratórios, sendo capaz de bombear até 1.800 litros de água/hora, podendo receber a água de quatro destiladores simultaneamente. Por isso sugerem a criação de salas de água, concentrando a destilação em um local, no qual a captação seria facilitada e economicamente mais viável. Foram montadas 30 UACB e conectadas a 39 destiladores de água tipo Pilsen,

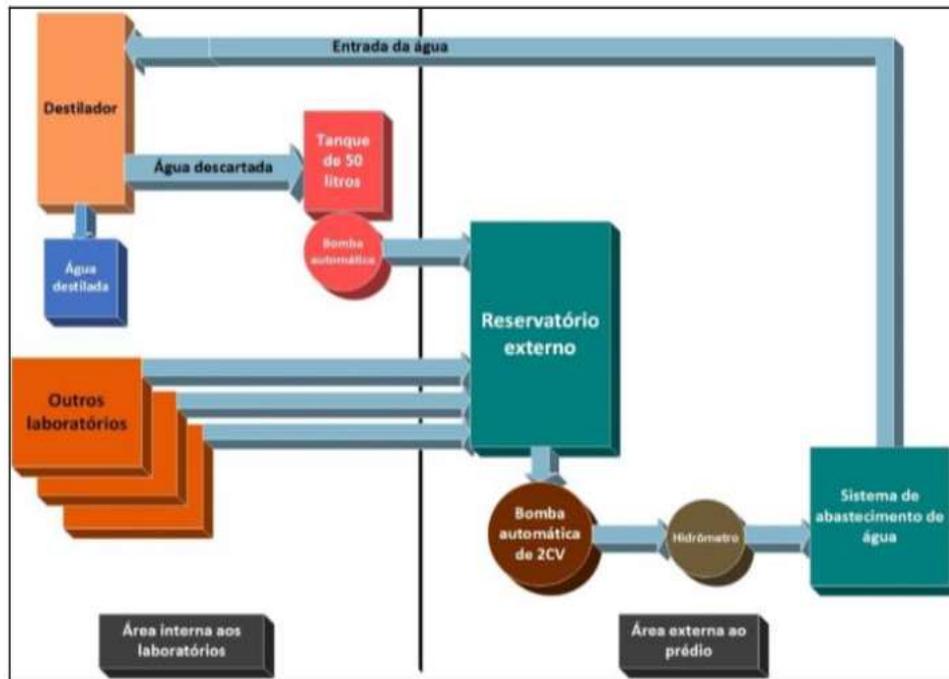
instalados em diversos locais no prédio de 120 mil m². Foi construída uma malha de tubulação de 1,5 km, interligando todas as UACB, de forma que a água chegasse aos dois reservatórios externos de 15 mil litros cada. Conforme informado pelos autores, no momento em que os reservatórios externos enchem, duas bombas centrífugas de 5 CV são acionadas automaticamente e entregam 13.500 litros de água/hora ao sistema de abastecimento de água do prédio (Figura 67). Os autores mostram que o sistema de reciclagem de água desperdiçada pelos destiladores captou 4.735.310 litros de água e obteve retorno econômico no valor de R\$ 94.426,50 até outubro de 2018 (Figura 68). Isso evidencia a viabilidade econômica e a replicabilidade do projeto.

Figura 66 – UACB conectada a um destilador



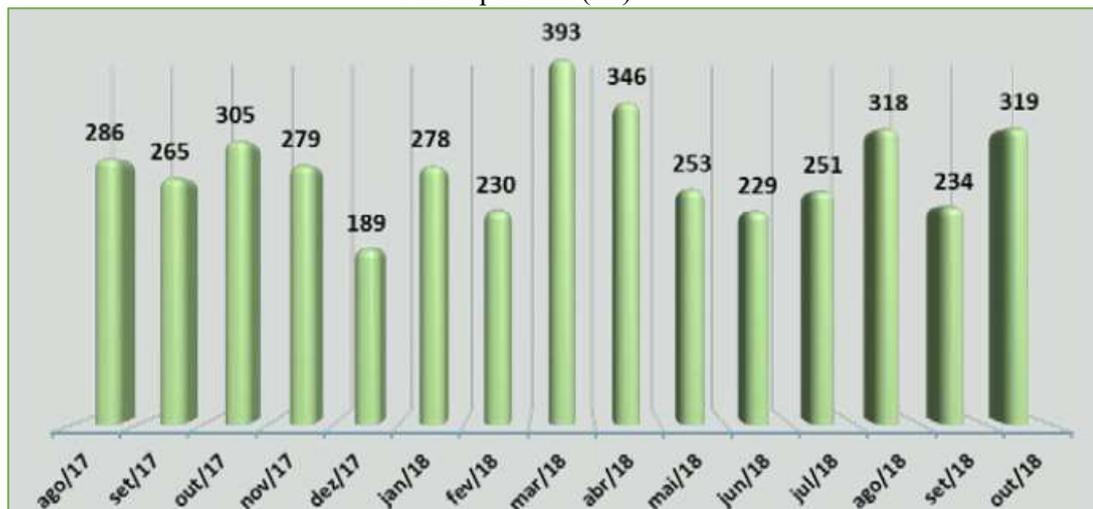
Fonte: (OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2019)

Figura 67 – Esquema do sistema de captação e reciclagem da água descartada pelos destiladores tipo Pilsen



Fonte: (OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2019)

Figura 68 – Captação do sistema de reciclagem de água descartada por destiladores tipo Pilsen por mês (m³)



Fonte: (OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2019)

É importante ressaltar que os projetos dessa categoria são ou únicos que aproveitam totalmente a característica potável da água descartada pelos destiladores de água tipo Pilsen sem nenhuma perda, reciclando-a e utilizando a água de uma forma mais nobre. Essas soluções vão ao encontro das ideias propugnadas pela ONU sobre o reaproveitamento da água, aplicando-se o conceito da economia circular, baseada na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia (MINISTÉRIO DO AMBIENTE, 2022), ou seja: “A economia circular valorizará a água na medida em que cada litro é reutilizado repetidamente,

fazendo com que a própria água quase se torne parte da infraestrutura e não um recurso consumível.” (UNITED NATIONS, 2021, p.5).

7.3.2.3 Soluções Viáveis

Apesar de todas as soluções terem o seu valor, podem ser estabelecidos alguns critérios para verificar os projetos que se coadunam com o objetivo de resolver totalmente o problema dos desperdícios de água dos destiladores tipo Pilsen. Em relação às dimensões da Gestão Ambiental, os projetos mostrados nessa pesquisa podem ser classificados como de abrangência local e com atores institucionais, os quais, de acordo com Barbieri (2007), no seu nível de atuação espacial contribuem para a solução dos problemas globais, sendo esse o sentido da expressão “pensar globalmente e agir localmente” (BARBIERI, 2007, p, 66) sendo portanto de importância capital. Os critérios de seleção podem ser baseados na eficiência e eficácia dos sistemas propostos. Assim, foi estabelecido peso 3 para o parâmetro I, de acordo com o foco principal, o qual é sanar o desperdício de água potável, sendo que o parâmetro II recebeu peso 1 e ao parâmetro III foi atribuído peso 2. Foi usada a escala numeral de 1 a 5 para definir o grau de aproximação dos projetos em relação aos critérios, sendo “1” o grau mais baixo e “5” o mais alto. Abaixo, segue a lista dos parâmetros:

- I. Total eliminação do desperdício de água potável;
- II. Menor uso de espaço nos laboratórios;
- III. Replicabilidade.

A partir dessas informações, construiu-se uma matriz de avaliação para auxiliar a hierarquização das categorias dos projetos, como pode ser visto no Quadro 15 (BACK *et al.*, 2008; BRITO, 2020). A Categoria A não foi incluída nessa análise porque não apresenta projetos concretos. Observa-se que a Categoria G obteve a melhor pontuação, visto que são projetos implementados em algumas universidades em grande escala e atendem a todos os critérios. A Categoria B ficou na segunda colocação e a Categoria E na terceira posição do ranqueamento, com 27 e 25 pontos respectivamente.

Quadro 15 – Matriz de avaliação para classificação das categorias dos projetos

Critérios	Peso (p _i)	Categorias dos projetos											
		B		C		D		E		F		G	
		Grau (g _i)	p _i g _{i1}	Grau (g _i)	p _i g _{i2}	Grau (g _i)	p _i g _{i3}	Grau (g _i)	p _i g _{i4}	Grau (g _i)	p _i g _{i5}	Grau (g _i)	p _i g _{i6}
I	p1 =3	4	12	5	15	3	9	5	15	5	15	5	15
II	P2 =1	5	5	1	1	1	1	4	4	3	3	5	5
III	P3 =2	5	10	2	4	2	4	3	6	2	4	5	10
Total de pontos (U_j)		27		20		14		25		22		30	
Fórmulas		$U_1 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i1}$		$U_2 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i2}$		$U_3 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i3}$		$U_4 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i4}$		$U_5 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i5}$		$U_6 = \sum_{i=1}^{n=3} p_i \cdot g_{i6}$	

Fonte: Autor

Ao se analisar as três categorias que mais pontuaram, pode-se identificar os projetos que as representem plenamente. Assim, o protótipo (Figura 52 – Desenhos esquemáticos do princípio de funcionamento do sistema de refrigeração desenvolvido e do protótipo construído) dos autores Assirati, Pereira e Nunes (2011) da Categoria E atende bem aos critérios de seleção. Enquanto isso os dispositivos que usam o sistema de osmose reversa, sugeridos por Fanton (2017) e Oliveira (2020), podem ser considerados os melhores equipamentos da Categoria B. No que concerne à Categoria G, todos os projetos são muito semelhantes e a maioria tende a utilizar a gravidade para captação da água e alguns também para a redistribuição, porém, isso pode ser inconveniente ou mesmo impossível de implementar em todos os diversos prédios existentes. Assim, o projeto descrito por Oliveira, Antunes e Gomes (2019) apresenta um *design* que pode ser aplicado em qualquer edificação por utilizar uma unidade de captação independente da gravidade (Figura 67 – Esquema do sistema de captação e reciclagem da água descartada pelos destiladores tipo Pilsen).

8 PRODUTO

Foi desenvolvida uma cartilha que mostra como deve ser feita a limpeza dos destiladores de água tipo Pilsen e alerta sobre a importância desse procedimento (Apêndice K - Cartilha para a limpeza de destiladores de água tipo Pilsen e apresentação de algumas soluções para sanar o desperdício de água desses equipamentos). Esse produto está baseado nas informações retiradas dos manuais dos fabricantes e nas respostas recebidas por meio do questionário à pergunta: “Como deve ser feita a limpeza e a manutenção preventiva de um destilador de água tipo Pilsen?” Esses dados foram compilados em uma tabela, a qual pode ser vista no Apêndice B -

Informações dos fabricantes sobre a manutenção dos destiladores. Sem o distanciamento das informações técnicas e com características mais amigáveis (atributo inovativo), diferentes da dureza de um manual técnico, a cartilha mostra a qualquer usuário como e o motivo de um destilador de água tipo Pilsen precisar ser limpo, implicando na melhoria do desempenho e do aumento da vida útil do equipamento. Além disso, a cartilha encoraja os leitores a se engajarem na implementação de soluções para acabar com desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen. De acordo com o Relatório de Grupo de Trabalho: Produção Técnica (CAPES, 2019), identifica-se esse produto como Manual/Protocolo e tecnológico, por possuir médio teor inovativo e constituir a solução de um problema previamente identificado e replicável. Essa cartilha ficará disponível para *download* e impressão no portal EduCAPES (<https://educapes.capes.gov.br/>), pois o objetivo é contribuir para as boas práticas na gestão dos equipamentos laboratoriais, visto que, com o passar do tempo, os manuais podem deixar de ser consultados e alguns não são muito esclarecedores.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embasada em três metodologias de pesquisa: questionário, pesquisa documental e revisão integrativa, esta pesquisa objetivou evidenciar que existem diversas soluções para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen que podem ser utilizadas principalmente no âmbito das instituições públicas no Brasil, mais particularmente, nas IES, pois, foi mostrado que são essas instituições as que mais compram esses equipamentos e, conseqüentemente, as que mais desperdiçam água na produção de água destilada.

As três pesquisas se interrelacionam e evidenciam que a comercialização e a utilização desses destiladores poderão perdurar por muitos anos à frente, com a contínua perda de bilhões de litros de água e milhões de reais. O agravamento desse quadro ocorre quando diversos pesquisadores atestam que esse é um desperdício de água tratada, como visto na revisão integrativa, somado ao fato de que em muitos lugares no globo terrestre grandes populações vivem em estresse hídrico e as mudanças climáticas já intensificam as crises hídricas em todos os continentes, as quais afetam não somente os ecossistemas, mas toda a cadeia socioeconômica, tendo como algumas de suas conseqüências o aumento da pobreza e a insegurança alimentar.

Além disso, a pesquisa documental, ao utilizar uma amostra da quantidade de destiladores de água tipo Pilsen adquiridos nos últimos 12 anos por instituições públicas brasileiras, evidenciou o colossal desperdício de água e de recursos financeiros ocorridos nesse

período, sendo que, o pior cenário estimado mostra valores preocupantes próximos dos 290 milhões de reais e 11 bilhões de litros de água, os quais poderiam ter suprido as necessidades básicas de água de 100 milhões de pessoas por pelo menos um dia, pois, segundo a ONU, um ser humano precisa minimamente de 110 litros de água/dia (FERREIRA, 2018). Essa pesquisa não somente corrobora todos os esforços de pesquisadores anteriores em chamar a atenção para esses fatos, mas, de uma forma cabal, explicita o descaso em geral das instituições para esse problema, por revelar números alarmantes ainda não vistos na literatura. Esses números são mais inquietantes, porque representam uma pequena fração de um conjunto possivelmente muito maior, pois, por exemplo, apenas 37,74% das Instituições de Ensino Superior públicas no país figuraram nessa pesquisa.

Outrossim, mostrou-se que a região Nordeste brasileira, que apresenta a maior escassez de água no país, impactando as vidas de milhões de pessoas, sedia um conjunto de instituições que mais desperdiçam água por meio dos destiladores de água tipo Pilsen, sendo, portanto, a região que deveria receber maior atenção para a solução desse problema.

Ademais, com o auxílio dos dados coletados, pode-se observar uma diminuta parte das implicações dos cortes nos recursos para investimentos em C&T por parte do governo federal brasileiro, sobretudo para aquisição de novos equipamentos. Logo, essa pesquisa contribui com o clamor das entidades científicas contra o enfraquecimento das Políticas de Gestão da Ciência, Tecnologia e Inovação, porque pode afetar a competitividade e o desenvolvimento do país, com consequências nefastas para o povo brasileiro (SBPC, 2019).

A revisão integrativa, efetivamente, responde a questão da pesquisa por comprovar e mostrar diversas formas para sanar o desperdício de água potável ocorrido por meio dos destiladores de água tipo Pilsen instalados nas instituições públicas brasileiras. Assim, esta pesquisa colabora para uma possível tomada de decisão por parte dos dirigentes das instituições para corrigir esse problema crônico, categorizando e elencando muitas das soluções pensadas, desenvolvidas e implementadas pelos pesquisadores de diversas universidades brasileiras e algumas estrangeiras, preocupados com esse tema.

É muito importante ressaltar que, independentemente da escolha de quaisquer projetos listados nesse trabalho ou outros que possam vir a existir, a solução do problema do desperdício da água dos destiladores de água tipo Pilsen não deve e não pode ser delegada para os pesquisadores, alunos, usuários ou técnicos de laboratórios. Essa responsabilidade é exclusiva das instituições públicas nas quais os equipamentos estão instalados, pois cabe-lhes pagar pelos consumos de água e energia. Outrossim, de acordo com o Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012 e a Instrução Normativa nº 10, de 12 de novembro de 2012, a Administração Pública deve

seguir os critérios estabelecidos para as práticas e promoção do desenvolvimento nacional sustentável, buscando de forma contínua a maior eficiência na utilização de recursos naturais, como água e energia, e implementando o Plano de Logística Sustentável (PLS) (BRASIL, 2012a, b).

Da mesma forma, a Ciência, os cientistas e pesquisadores não deveriam ser responsabilizados pelo desperdício de água dos equipamentos utilizados em laboratórios, haja vista que esses dispositivos não estão somente em instituições públicas de pesquisa e acadêmicas, mas também, em instituições militares, hospitais, farmacêuticas, entre tantas outras da iniciativa privada. Além disso, são os próprios cientistas que apontam o problema e pesquisam soluções, como visto nesta investigação.

Visto que este estudo ocorreu no auge da pandemia da COVID-19, não foi possível contatar as universidades ou os autores para verificar se os projetos foram implantados, quais dificuldades foram enfrentadas e se existiam dados sobre o desempenho a serem compartilhados; caso não tenham sido implementados, quais os motivos.

Em razão de que protótipos de novos equipamentos desenvolvidos para a destilação de água foram descritos nesse projeto, talvez, possam existir patentes inéditas de destiladores de água mais eficientes que ainda não foram comercializados e uma busca sobre esse assunto possa ser executada futuramente; no entanto, esse não era um dos objetivos nesse trabalho.

Dado que o objetivo da pesquisa era encontrar soluções para o desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen, não foram incluídos outros equipamentos que também descartam água em seus processos, tais como evaporador rotativo, extrator de lipídio, extrator de óleo essencial, deionizador de água, destilador de nitrogênio, sistema de refluxo. Sendo assim, seria importante realizar um possível estudo sobre a qualidade da água descartada por esses dispositivos e verificar se há condições técnicas de serem integrados em um sistema de reciclagem ou reuso.

Além disso, seria pertinente verificar a legislação vigente sobre reciclagem de água potável e o que poderia ser feito a respeito desse assunto para respaldar os projetos que utilizam essa tecnologia.

As mudanças climáticas e os eventos extremos já afetam a disponibilidade de água em escalas regionais e globais (IPCC, 2022), portanto a segurança hídrica e a gestão da água são prioridades mundiais. Logo é de grande importância estudar e controlar o desperdício de água, sejam de grandes ou de pequenos volumes, pois esses últimos podem se agravar com o passar do tempo ou, se multiplicados, alcançarem quantidades enormes de desperdícios.

BIBLIOGRAFIA

- ABDELGHANY, E. A. M.; MUSTAFA, I.; RAJAN, K. P. *Design, Installation, and Operation of a Heat-Integrated Distilled Water Pilot Plant with Internal Cooling Water Circulation Cycle*. **Water Conservation Science and Engineering**, [S. l.], v. 5, n. 3, p. 137–145, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41101-020-00089-3>. Acesso em: 5 nov. 2021.
- ABREU, L. L. C. *et al.* Reutilização da água usada no processo de destilação. **Revista META**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 323–329, 2016.
- ACS GOLD. **Manual dos Destiladores de Água Tipo Pilsen - AG-PWD**. [S. l.]: ACS GOLD, 2021.
- ADDAMS, L. *et al.* **Charting Our Water Future: Economic frameworks to inform decision-making**. Washington D.C: 2030 World Resources Group, 2009. Disponível em: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/dotcom/client_service/sustainability/pdfs/charting%20our%20water%20future/charting_our_water_future_full_report_.ashx. Acesso em: 29 out. 2020.
- AGESPISA. Tabela Vigente. 2021. **Águas e Esgotos do Piauí S.A.** Disponível em: <https://www.agespisa.com.br/site/pages/public/tarifas.jsf>. Acesso em: 1 ago. 2021.
- ÁGUAS CUIABÁ. Histórico das tarifas. 2021. **Iguá Saneamento**. Disponível em: <https://igua.com.br/cuiaba/informacoes-para-voce>. Acesso em: 1 ago. 2021.
- AGUIAR, M. B. de *et al.* Reuso inteligente da água: técnica de reaproveitamento da água do destilador do laboratório de química da PUC Minas-Barreiro. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 90–97, 2018.
- AIRES, C. F. **Framework para implementação de práticas ambientais em laboratórios químicos**. 2019. 140 f. Dissertação – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2019.
- ANA. A Água Nos Continentes e Principais Bacias. 2021a. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudos/publicacoes/imagens-livros/aaguanoscontinentesprincipaisbaciasatualizado2014.jpg>. Acesso em: 14 set. 2021.
- ANA. **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021b. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/asp/download.asp?codigo=151307&tipo_midia=2&IndexSrv=1&iUsuario=0&obra=90683&tipo=1&iBanner=0&iIdioma=0. Acesso em: 8 jun. 2022.
- ANA. Brasil tem cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta. 15 mar. 2019a. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-cerca-de-12-das-reservas-mundiais-de-a.2019-03-15.1088913117>. Acesso em: 12 out. 2020. (Brasil tem cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta, Por O Globo (RJ) — publicado 27/12/2010 23h00, última modificação 15/03/2019 09h31).

ANA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas (Brasil), 2019b. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view. Acesso em: 14 set. 2021.

ARAÚJO, M. M. A. de. **Estudo do potencial de reúso de águas residuárias de laboratórios de análises químicas em Instituições de Ensino Superior**. 2017. 149 f. Dissertação – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2017.

ARAÚJO, P. F. *et al.* (Org.). **O crescimento da agricultura paulista e as instituições de ensino, pesquisa e extensão numa perspectiva de longo prazo: relatório final do Projeto Contribuição da FAPESP à Agricultura do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP: FAPESP, 2003.

ASSIRATI, L.; PEREIRA, C. A.; NUNES, L. A. O. **Sistema de refrigeração cíclico para utilização em destilador térmico**. *Química Nova*. [S. l.]: SciELO Brasil, 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422011000200031&script=sci_arttext.

BACK, N. *et al.* **Projeto Integrado de Produtos: planejamento, concepção e modelagem**. 1. ed. Barueri, SP: Editora Manole Ltda, 2008.

BANGGOOD. JT YAZD Distiller 4500W/7500W 5L/10L Water Distilling Machine for Home. 2022. www.banggood.com. Disponível em: <https://www.banggood.com/JT-YAZD-Distiller-4500W-or-7500W-5L-or-10L-Water-Distilling-Machine-for-Home-p-1847649.html>. Acesso em: 3 jun. 2022.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Saraiva, 2007.

BIER, A. Futuro da Índia: o país mais populoso do mundo e sem água potável. 2020. **Instituto Humanitas Unisinos – IHU**. Disponível em: <https://www.ihu.unisinos.br/categorias/595384-futuro-da-india-o-pais-mais-populoso-do-mundo-e-sem-agua-potavel>. Acesso em: 13 set. 2022.

BONFIM, T. R. S. *et al.* II-161-Reaproveitamento da água de refrigeração de destilador para lavagem de vidrarias em laboratório de análise química. 2016. **XVII Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental [...]**. Florianópolis, SC: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. de A.; MACEDO, M. O Método da Revisão Integrativa nos Estudos Organizacionais. **Gestão e Sociedade**, [S. l.], v. 5, n. 11, p. 121–136, 2 dez. 2011. Disponível em: <https://www.gestoesociedade.org/gestoesociedade/article/view/1220>. Acesso em: 23 out. 2020.

BRAGAGNOLLO FILHO, R. *et al.* Identificação de parâmetros quali-quantitativos do sistema de abastecimento de água de campus da universidade federal de mato grosso do sul. 2011. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos [...]**. Maceió, AL: [s. n.], 2011.

BRASIL. **Cartilha Agenda Ambiental na Administração Pública**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilha_a3p_36.pdf. Acesso em: 15 set. 2021.

BRASIL. Casa Civil. DECRETO Nº 7.746, DE 5 DE JUNHO DE 2012. Regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. **D.O.U.**: 6 jun. 2012a. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/decreto/d7746.htm. Acesso em: 4 set. 2022.

BRASIL. Comprasnet. 2021a. **Portal de Compras do Governo Federal**. [Ministério da Economia]. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/sistemas/comprasnet-siasg>. Acesso em: 21 maio 2021.

BRASIL. ComprasNet - Consulta. 2021b. **Consulta de licitações**. [Ministério da Economia]. Disponível em: http://comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/ConsultaLicitacoes/ConsLicitacao_texto.asp. Acesso em: 21 maio 2021.

BRASIL. ComprasNet - consulta Ata. 2021c. **Portal de Compras Governamentais**. [Ministério da Economia]. Disponível em: <http://comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/livre/pregao/ata0.asp>. Acesso em: 24 maio 2021.

BRASIL. DECRETO Nº 9.980, DE 20 DE AGOSTO DE 2019. 9.980, DE 20 DE AGOSTO DE 2019. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções de Confiança da Secretaria de Governo da Presidência da República e remaneja cargos em comissão e funções de confiança. **Diário Oficial da União**: 20 ago. 2019. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9980.htm. Acesso em: 11 nov. 2020.

BRASIL. **Indicadores Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação 2021**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021d. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/indicadores/arquivos/Indicadores_CTI_2021.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

BRASIL. LEI FEDERAL Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**: 8 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19433.htm. Acesso em: 1 out. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. ANEXO XX DA PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017. **Diário Oficial da União**: p. 473, 28 set. 2017. Disponível em: http://portalsinan.saude.gov.br/images/documentos/Legislacoes/Portaria_Consolidacao_5_28_SETEMBRO_2017.pdf. Acesso em: 24 mar. 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 10, DE 12 DE NOVEMBRO DE 2012. Estabelece regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável de que trata o art. 16, do Decreto nº 7.746, de 5 de junho de 2012, e dá outras providências. **D.O.U.**: seção I, Brasília, DF, v. 220, p. 113, 12 nov. 2012b. Disponível em: <https://www.gov.br/compras/pt-br/aceso-a->

informacao/legislacao/instrucoes-normativas/instrucao-normativa-no-10-de-12-de-novembro-de-2012. Acesso em: 15 set. 2021.

BRASIL; MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO; INEP. **Censo da Educação Superior 2019 - Notas Estatísticas**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2019. Disponível em:

https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2020/Notas_Estatisticas_Censo_da_Educacao_Superior_2019.pdf. Acesso em: 4 ago. 2021.

BRITO, J. V. F. de. **Métodos para geração e priorização de requisitos e seleção de conceitos de projeto baseada em consenso estatístico: uma aplicação em robótica**. 2020. 211 f. Dissertação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/220471>. Acesso em: 2 set. 2022.

BRK AMBIENTAL. Estrutura Tarifária 2018 - Tocantins. 2020. Disponível em: <https://www.brkambiental.com.br/tocantins/servicos/estrutura-tarifaria?cidadeSlug=palmas>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAEMA. Evolução Tarifária. 2021. **Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão**. Disponível em: http://www.caema.ma.gov.br/portalcaema/index.php?option=com_content&view=article&id=1786. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAERD. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Águas e Esgotos do Estado de Rondônia**. Disponível em: <http://www.caerd-ro.com.br/estrutura-tarifaria.php>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAERN. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Águas e Esgoto do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <https://caern.com.br/#/tarifas>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAESA. Tarifas de água e esgoto. 2021. **Companhia de Águas e Esgotos do Amapá**. Disponível em: <https://caesa.portal.ap.gov.br/conteudo/servicos/tarifas>. Acesso em: 31 jul. 2021.

CAESB. Tarifas e Preços. 2021. **Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal**. Disponível em: <https://caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>. Acesso em: 31 jul. 2021.

CAGECE. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará**. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAGEPA. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Água e Esgotos da Paraíba**. Disponível em: <http://www.cagepa.pb.gov.br/outras-informacoes/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CAMARGO, D. R. D. **Os Conceitos de Sustentabilidade e de Desenvolvimento Sustentável na Produção Teórica em Educação Ambiental no Brasil: um estudo a partir de teses e dissertações**. 2016. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/144440>. Acesso em: 16 nov. 2020.

CAMPELO, J.; CAMPELO, R.; NOBRE, M. **Caracterização do consumo de água de uma Instituição de Ensino Superior no estado do Piauí. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC'2017**. Belém, PA: [s. n.], 2017. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2017/civil/51_cdc%3%A1duid.pdf.

CAMPOS, R. *et al.* Proposta para melhoria da eficiência hidroenergética de destilador. 2019. **V Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia 2019 - SIINTEC** [...]. Salvador/BA: [s. n.], 2019.

CAPES. **Relatório de Grupo de Trabalho: Produção técnica**. Brasília, DF: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/10062019-producao-tecnica-pdf/@@download/file/10062019_producao-tecnica.pdf. Acesso em: 13 nov. 2020.

CARLI, L. N. *et al.* Racionalização do Uso da Água em uma Instituição de Ensino Superior – Estudo de Caso da Universidade de Caxias do Sul. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 143-165–165, 5 ago. 2013. Disponível em: <http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/30>. Acesso em: 25 set. 2020.

CASAL. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Saneamento de Alagoas**. Disponível em: <https://www.casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CASAN. TARIFA PÚBLICA. 2021. **Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**. Disponível em: <https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/poder-publico#0>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CEDAE. ESTRUTURA TARIFÁRIA VIGENTE. 2021. **Companhia Estadual de Águas e Esgotos**. Disponível em: https://cedae.com.br/Portals/0/tarifas/ESTRUTURA_TARIFARIA_OUT_2019.pdf. Acesso em: 1 ago. 2021.

CESAN. Tarifas e preços. 2021. **Companhia Espírito-Santense de Saneamento**. Disponível em: <https://www.cesan.com.br/servicos/atendimento-e-informacoes/tarifas-e-precos/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CNA. Água no Planeta Terra. [s. d.]. **Conselho Nacional da Água**. Disponível em: <https://conselhonacionaldaagua.weebly.com/aacutegua-no-planeta-terra.html>. Acesso em: 12 out. 2020.

COMPESA. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia Pernambucana de Saneamento**. Disponível em: <https://lojavirtual.compesa.com.br:8443/gsan/exibirConsultarEstruturaTarifariaPortalAction.do>. Acesso em: 1 ago. 2021.

COPASA. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Saneamento de Minas Gerais**. Disponível em: <https://copasaportalprd.azurewebsites.net/Copasa.Portal/Services/faresAndPrices>. Acesso em: 1 ago. 2021.

CORSAN. Sistema Tarifário. 3 jul. 2017. **Companhia Riograndense de Saneamento**. Disponível em: <https://www.corsan.com.br/sistematarifario>. Acesso em: 1 ago. 2021.

COSAMA. Estrutura Tarifária. 2021. **Companhia de Saneamento do Amazonas**. Disponível em: <http://www.cosama.am.gov.br/estrutura-tarifaria/>. Acesso em: 1 ago. 2021.

COSANPA. Tarifas de água e esgoto. 2021. **Companhia de Saneamento do Pará**. Disponível em: http://www.cosanpa.pa.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Tarifas-Cosanpa-atual_dez2019-2.pdf. Acesso em: 31 jul. 2021.

CRESWELL, J. W.; ROCHA, L. de O. da; SILVA, M. I. da C. e. **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRISTÓFOLI. Destilador de água Cristófoli. [s. d.]. **Destilador de água Cristófoli**. Disponível em: <http://www.cristofoli.com/index.php?route=common/home>. Acesso em: 3 jun. 2022.

DE NEGRI, F. **Políticas públicas para ciência e tecnologia no Brasil: cenário e evolução recente**. Brasília – DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), nov. 2021. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10879/2/NT_92_Diset_Politicas_Publicas_Para_Ciencia.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

DERONG, L. *et al.* Design of circulating distilled water device and experiment on effect of cooling device. **Revista Chinesa de Engenharia Agrícola**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 64–70, 2016. Disponível em: <http://www.tcsae.org/nygxcb/article/abstract/20160210>. Acesso em: 8 nov. 2021.

DESO. Quadro Tarifário 2021. 2021. **Companhia de Saneamento de Sergipe**. Disponível em: <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/clientes/quadro-tarifario>. Acesso em: 2 ago. 2021.

EMBASA. Tarifas 2019. 2021. **Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A.** Disponível em: <http://www.embasa.ba.gov.br/index.php/servico/central-de-servicos/tarifas/2944-tarifas-2019>. Acesso em: 1 ago. 2021.

FANTON, A. R. **Uso eficiente da água em centros de material e esterilização de hospitais relacionados à saúde da mulher**. 2017. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, 2017.

FAVA-DE-MORAES, F. Universidade, inovação e impacto socioeconômico. **São Paulo em Perspectiva**, [S. l.], v. 14, p. 8–11, jul. 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/spp/a/4FY7bXQX6nthzbyXTJX7Cd/?lang=pt>. Acesso em: 17 set. 2022.

FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 550–563, 29 dez. 2016. Disponível em: <https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/1194>. Acesso em: 23 out. 2020.

FERREIRA, P. Água Invisível. 2018. **EBC**. Disponível em: https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-invisivel/?fbclid=IwAR1ZQJcOwJctZL7ufRck3J5JzEQ1NBHakF_GHtNDhgSAoEkoYi_xVSQiRzk. Acesso em: 16 set. 2022.

- FERREIRA, V. R. Osmose. 2022. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/osmose.htm>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- FREITAS, M. P. F. N. de. **Uso racional da água no departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC**. 2010. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Santa Catarina, 2010.
- GALL, N. Água na China. **Braudel Papers**, [S. l.], n. 47, p. 1–14, 2012. Disponível em: https://www.site.braudel.org.br/_files/ugd/115a29_d1ca0613cda44219bb52ba7ea79a5ddf.pdf. Acesso em: 13 set. 2022.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOMES, V. L. **Uso eficiente de água em campus universitário: o caso da Universidade Federal de Campina Grande**. 2013. 116 f. Dissertação – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2013.
- GONÇALVES, R. F. *et al.* **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.
- GONÇALVES, R. F. *et al.* **Uso racional da água em edificações**. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- HARZING, A. Publish or Perish. 2007. **Harzing.com**. Disponível em: <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>. Acesso em: 23 abr. 2022.
- HOEKSTRA, A. Y. *et al.* **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard**. London: Routledge, 2011.
- IPCC (Org.). **Climate change 2014: mitigation of climate change: Working Group III contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY: Cambridge University Press, 2014.
- IPCC. *Summary for Policymakers*. In: PÖRTNER, H. O. *et al.* (org.). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2022. p. 3–35. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6wg2/pdf/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf. Acesso em: 6 jun. 2022.
- IPCC. *Summary for Policymakers*. (V. Masson-Delmotte *et al.*, org.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press, 2021.
- ISO. ISO 3696:1987 - *Water for analytical laboratory use — Specification and test methods*. 2018. **International Organization for Standardization**. Disponível em: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/00/91/9169.html>. Acesso em: 3 jun. 2022.

LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2014.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Grupo Gen - Atlas, 2017. Disponível em: <https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=4979381>. Acesso em: 26 out. 2020.

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

LIMA, C. L. F. **Dimensionamento do desperdício mensal de água potável nos equipamentos de laboratórios da UFERSA, campus Mossoró**. 2020. 14 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Rio Grande do Norte, 2020.

LOPES, A. A. *et al.* **IX-019 - Estudo da viabilidade do reuso de água em uma instituição de ensino federal. XVII LUBESA - ABES**. Florianópolis, SC: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento32/TrabalhosCompletoPDF/IX-019.pdf>.

LORENZO, C. *et al.* Métodos de Purificação da Água para Laboratórios. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 15, n. 28, p. 1077–1092, 3 dez. 2018. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2018B/BIO/metodos2.pdf>. Acesso em: 24 set. 2020.

MARCKMANN, K. **Elaboração de proposta do Manual de Gestão Ambiental da UFRGS e estudo de caso de aplicação**. 2012. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2012.

MARCKMANN, K. *et al.* Propostas para redução de desperdícios ambientais numa Universidade Pública–Projeto de reutilização de água de destiladores no CT–Leamet. 25., 2012. **3º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente [...]**. Bento Gonçalves, RS: [s. n.], 2012. v. 25, p. 6.

MARCONI. Destilador de Água em Vidro MA078/10 - Marconi – Equipamentos para Laboratório. [s. d.]. Disponível em: <https://www.marconi.com.br/produto/114/destilador-de-agua-em-vidro>. Acesso em: 3 jun. 2022.

MARISCO, L. V. *et al.* Reúso de efluentes provenientes de aparelhos destiladores. **Revista CIATEC-UPF**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 37–47, 2014.

MARQUES, F. Em tempos de crise, ressurgem a cobrança pelo retorno do financiamento público de pesquisa sem levar em conta que a produção da ciência segue caminhos complexos e interligados. **Pesquisa FAPESP**, [S. l.], n. 246, p. 16–23, ago. 2016. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/folheie-a-edicao-246/>. Acesso em: 21 maio 2022.

MARTE CIENTÍFICA. **Manual do Usuário - Destilador de água pilsen - MB1004, MB1005, MB1010**. [S. l.]: Marte Científica, 2021.

MARTINS, E. S. P. R. *et al.* **Impacto das Mudanças do Clima e Projeções de Demanda Sobre o Processo de Alocação de Água em Duas Bacias do Nordeste Semiárido**. 1. ed.

Brasília: Banco Mundial, 2013(Água Brasil, 8). Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Documents/Impactos%20das%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20e%20estudo%20de%20de.pdf>. Acesso em: 29 set. 2020.

MARTINS, P. T. M. **Avaliação de sustentabilidade em edifícios: um estudo de indicadores de água e energia na unidade da FIOCRUZ Pernambuco**. 2011. 163 f. Dissertação - Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MATOS, S. C. de; MEIRA, P. R.; MATOS, R. A. de. Adaptação de uma unidade de destilação de água para reaproveitamento do fluido refrigerante interno com materiais de baixo custo. 2015. **XII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS** [...]. Poços de Caldas, MG: [s. n.], 2015. Disponível em: <http://www.meioambientepocos.com.br/anais/188.%20ADAPTA%C3%87%C3%83O%20DE%20UMA%20UNIDADE%20DE%20DESTILA%C3%87%C3%83O%20DE%20C3%81GUA%20PARA%20REAPROVEITAMENTO%20DO%20FLUIDO%20REFRIGERANTE%20INTERNO%20COM%20MATERIAIS%20DE%20BAIXO%20CUSTO.doc>.

MATOS, L. C. *et al.* Project and Implementation of an Educational Large-Scale Water Distillation Unit with a Closed-Circuit Condenser. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 32–39, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/8/3239>. Acesso em: 16 ago. 2021.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento, execução e análise**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9788535259643>. Acesso em: 28 maio 2021.

MEDEIROS, R. C.; STORCK, W. R.; VOLPATTO, F. **Gestão da água de descarte de destiladores de água em laboratórios de uma IES**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande/MS: IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2017. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/I-015.pdf>.

MEKONNEN, M. M.; HOEKSTRA, A. Y. *Four billion people facing severe water scarcity*. **Science Advances**, [S. l.], v. 2, n. 2, seq. Research Article, p. e1500323, 1 fev. 2016. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/2/2/e1500323>. Acesso em: 26 set. 2020.

MENDES, M. E. *et al.* A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, [S. l.], v. 47, n. 3, p. 217–223, jun. 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-24442011000300004&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 11 nov. 2020.

MINISTÉRIO DO AMBIENTE. Economia Circular - O que é a Economia Circular? 2022. **Portal ECO.NOMIA**. [República Portuguesa]. Disponível em: <https://eco.nomia.pt/pt/economia-circular/estrategias>. Acesso em: 17 set. 2022.

MODESTO, C. Águas poluídas aumentam doenças. 15 mar. 2019. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. [Página]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/aguas-poluadas-aumentam-doencas.2019-03-15.9801114141>. Acesso em: 12 out. 2020. (Águas poluídas aumentam doenças por Correio da Paraíba — publicado 11/03/2012 00h00, última modificação 15/03/2019 09h46).

MORAES, A. S. de; MORAES, A. de O. **Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior: estudo de caso do sistema de destilação da Escola de Engenharia da UFF**. 2016. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, 2016.

MORAIS, B. R. *et al.* Implantação e uso na Educação Ambiental de um sistema para reutilização da água de refrigeração de destilador. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 142–152, 2021.

NAÇÕES UNIDAS. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Água potável e saneamento. 2021. **As Nações Unidas no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 15 set. 2021.

NAÇÕES UNIDAS. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. 2020. **As Nações Unidas no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 19 nov. 2020.

NASCIMENTO, F. G. R. do; LUCENA, C. M. L.; FREIRE, L. L. Reúso em laboratórios de análises ambientais: desperdícios e custos da água residual de destiladores. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 578–594, 2019.

NETO, I. S. **Proposição de reaproveitamento das águas pluviais e das águas brancas de destiladores dos blocos dos laboratórios da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) Campus Pombal–PB**. 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016.

NOVA TÉCNICA. **Manual de Instruções - Destilador de água em inox NT 422 – NT – 425 – NT 426**. [S. l.]: NOVA TÉCNICA IND.COM. EQUIPAMENTOS PARA LABORATÓRIO LTDA, 2021.

OLIVEIRA, C. M.; CARMO, C. Portugal tem água para consumo humano “salvaguardada por um período de dois anos”. 21 jun. 2022. **TSF Rádio Notícias**. Disponível em: <https://www.tsf.pt/portugal/politica/portugal-tem-agua-para-consumo-humano-salvaguardada-por-um-periodo-de-dois-anos-14957159.html>. Acesso em: 13 set. 2022.

OLIVEIRA, A. S. de. **Subsídios para o gerenciamento da demanda de água em laboratórios de uma universidade fundamentados em análises de informações geográficas**. 2020. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2020.

OLIVEIRA, R. S. de; ANTUNES, J. C. O.; GOMES, L. O. P. S. IV-072 - Projeto de eficiência hídrica: reutilização de água descartada por destiladores. *In*: 30º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2019. **Anais do 30º Congresso ABES** [...]. Natal, RN: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2019. Disponível em: <https://abesnacional.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento45/TrabalhosCompletoPDF/IV-072.pdf>.

OLIVEIRA, W. M. M. de *et al.* IX-028 - Crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) utilizando água de condensação de aparelhos de ar condicionado e água de reuso oriunda de resfriamento de destiladores. 2015. **28º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental** [...]. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

ONU. *Agenda 21 - Chapter 18: Protection Of The Quality And Supply Of Freshwater Resources: Application Of Integrated Approaches To The Development, Management And Use Of Water Resources*. [S. l.]: United Nations, 1992. Disponível em: <http://www.un-documents.net/a21-18.htm>. Acesso em: 15 nov. 2020.

ONU. Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. set. 2015. **Nações Unidas no Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>, <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 10 nov. 2022.

ONU. *Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development*. [S. l.]: United Nations, 1988. Disponível em: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#>. Acesso em: 8 nov. 2020.

ONU NEWS. Um quarto das unidades de saúde carece de serviços básicos de água em todo o mundo. 3 abr. 2019. **ONU News**. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666821>. Acesso em: 12 out. 2020.

PACHECO, G. C. R.; CAMPOS, N. C. **Proposta de implantação de um programa de uso racional de água no edifício das faculdades de farmácia e odontologia**. 2013. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

PINTO, A. C.; CAPRI, M. da R.; CAPRI NETO, Â. Gestão de água no laboratório: recuperação da água descartada dos destiladores. 2015. **2º Congresso Internacional Gestão da Água e Monitoramento Ambiental [...]**. Aracaju - SE: [s. n.], 2015.

PIRES, A. *et al.* **Sumário para Tomadores de Decisão (STD) do Relatório Temático Água: biodiversidade, serviços ecossistêmicos e bem estar humano no Brasil**. 1. ed. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. Disponível em: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/978-65-00-00068-9>.

PRIYALAL, W. G. S. S.; SILVA, M. L. de; RAJINI, P. A. D. A Study on Water Management Strategies Practiced in Healthcare Facilities: A Literature Review. *In: 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL ENGINEERING AND CONSTRUCTION MANAGEMENT 2015*, 2015. Kandy, Sri Lanka: [s. n.], 2015. p. 138–145. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317492228_A_Study_on_Water_Management_Strategies_Practiced_in_Healthcare_Facilities_A_Literature_Review. Acesso em: 5 nov. 2021.

QUIMIS. Destilador de Água tipo Pilsen - Q341. [s. d.]. Disponível em: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/destilador-de-agua-tipo-pilsen>. Acesso em: 3 jun. 2022.

QUIMIS. **Manual de Instruções - Q341 - Destilador de água tipo Pilsen**. [S. l.]: Quimis Aparelhos Científicos LTDA, 2020.

RAINERI, R. Asset life and pricing the use of electricity transmission infrastructure in Chile. **Energy Policy**, [S. l.], v. 38, n. 1, p. 30–41, 1 jan. 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509006363>. Acesso em: 7 ago. 2021.

ROCHA, R. E. *et al.* Construção de um protótipo de uma torre de resfriamento para reaproveitamento do efluente dos destiladores de bancada. 2015. **Anais do VII SIMPROD** [...]. Sergipe: Departamento de Engenharia de Produção-Universidade Federal de Sergipe, 2015.

RODRIGUES, I. S. *et al.* Caracterização do condensado descartado em aparelhos de destilação na produção de água destilada. **8ª JICE- Jornada de Iniciação Científica e Extensão**, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/jice/8jice/paper/view/8543>.

RODRIGUES, M. C.; FREITAS, F. R. S. Avaliação do potencial de aproveitamento de efluentes dos destiladores em usos diversos. 2017. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará** [...]. Ceará: [s. n.], 2017. Disponível em: http://prpi.ifce.edu.br/nl/_lib/file/doc2193-Trabalho/Relat%F3rio.pdf.

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reuso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reuso no Brasil**. 2005. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-03112005-121928/>. Acesso em: 19 nov. 2020.

RONDON, H. A.; RIBEIRO JUNIOR, I.; SILVA, MARCEL RAMOS DA. **Implantação de um sistema de reuso da água residual do aparelho destilador para laboratório de solos do IFMT. 5º Encontro em Engenharia da Edificações e Ambiental**. [S. l.]: researchgate.net, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ilco-Ribeiro-Junior/publication/323969462_IMPLANTACAO_DE_UM_SISTEMA_DE_REUSO_DA_AGUA_RESIDUAL_DO_APARELHO_DESTILADOR_PARA_LABORATORIO_DE_SOL_OS_DO_IFMT/links/5ab54a77aca2722b97cacb1a/IMPLANTACAO-DE-UM-SISTEMA-DE-REUSO-DA-AGUA-RESIDUAL-DO-APARELHO-DESTILADOR-PARA-LABORATORIO-DE-SOLOS-DO-IFMT.pdf.

SABESP. tabela_vazamento.pdf. [s. d.]. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/tabela_vazamento.pdf. Acesso em: 12 out. 2020.

SABESP. Tarifas. 2021. **Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=183>. Acesso em: 1 ago. 2021.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.

SANEAGO. Tabela de tarifas. 2021. **Saneamento de Goiás S.A.** Disponível em: https://www.saneago.com.br/#!/tarifas/tarifas_agua_esgoto. Acesso em: 31 jul. 2021.

SANEPAR. NOSSAS TARIFAS. 2021. **Companhia de Saneamento do Paraná**. Disponível em: <https://site.sanepar.com.br/clientes/nossas-tarifas>. Acesso em: 1 ago. 2021.

SANESUL. ESTRUTURA TARIFÁRIA. 2021. **Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul**. Disponível em: <https://agencia.sanesul.ms.gov.br/Content/TARIFAS.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2021.

SANT'ANNA, F. S. P.; ANDRADE, M.; MARCELINO, I. P. **Proposta de Substituição de Destiladores de Água por Purificadores com Osmose Reversa**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. Disponível em: https://gestaoambiental.ufsc.br/files/2015/09/Substitui%C3%A7%C3%A3o_Destiladores_v30_09_15.pdf. Acesso em: 19 ago. 2022.

SBPC. **2019: A política brasileira de CT&I e as manifestações da comunidade científica**. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2019. Disponível em: http://portal.sbpcnet.org.br/wp-content/uploads/2019/12/cartilha_manifestos_SBPC_online.pdf. Acesso em: 15 maio 2022.

SHARMA, K. K. *A low cost automated recycling distillation techniquesaves gallons of water and gives better results*. **National Environmental Science Academy Newsletter**, [S. l.], Ajmer, Rajsthan, ed. 10, p. 4, 2007.

SILVA, G. S. da. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. 2004. 482 f. Dissertação – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-12042005-102420/>. Acesso em: 4 nov. 2021.

SILVA, J. O. da. **Diretrizes para gerenciamento de água em laboratórios de uma instituição de ensino superior: estudo de caso em uma universidade no semiárido do Rio Grande do Norte**. 2019. 117 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Rio Grande do Norte, 2019.

SILVA, K. B. da *et al.* Desperdício de água nas instalações prediais do Campus Universitário da UFCG em Pombal-PB: Medidas para conservação, aproveitamento e reúso. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 221–228, 2013.

SILVA, K. B. da. **Estudo sobre o desperdício de água no campus universitário da UFCG em Pombal-PB**. 2014. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, 2014.

SILVA, M. da *et al.* Reuso da água de refrigeração de destiladores para lavagem de vidrarias em laboratórios de ensino do IFMT Campus Cuiabá Bela Vista. 2012. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental [...]**. Goiânia, GO: [s. n.], 2012.

SILVA, J. **Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água no IFPB-Campus Cajazeiras**. 2019. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, PB, 2019.

SIMÕES, F. A. F. *et al.* Potencial de reúso das águas de resfriamento de destiladores laboratoriais. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 180–194, 2020.

SNIS. **Diagnóstico Temático Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral - Ano de referência 2020**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional - Secretaria Nacional de Saneamento, 2021. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

SOLAB. SL-71 - Destiladores de Água Tipo Pilsen 20 e 30 litros (Especial). [s. d.]. Solab. Disponível em: <https://www.solabcientifica.com.br/equipamentos/destiladores-agua/sl-71-destiladores-de-agua-tipo-pilsen-20-e-30-litros-especial>. Acesso em: 12 out. 2020.

SOLIDSTEEL. **Manual do usuário - Destilador de água tipo Pilsen SSDEST**. [S. l.]: Solidsteel, 2021.

SOUZA, E. de F. C. de. **Uso Racional de Água na Universidade Federal da Grande Dourados: Otimização do Processo de Destilação**. 2018. 86 f. Dissertação – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, 2018. Disponível em: https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-ADMINISTRACAO-PUBLICA/TCF_Everton%20Souza.pdf. Acesso em: 19 ago. 2022.

SOUZA, M. T. S. de; RIBEIRO, H. C. M. Sustentabilidade ambiental: uma meta-análise da produção brasileira em periódicos de administração. **Revista de Administração Contemporânea**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 368–396, jun. 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1415-65552013000300007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 16 nov. 2020.

SPLABOR. Imagem de destilador Pilsen. [s. d.]. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/08/IMAGEM-01.jpg>. Acesso em: 11 nov. 2020.

UNESCO (Org.). **The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving no One Behind**. Paris: UNESCO, 2019(The United Nations world water development report, 2019).

UNESCO. **United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change**. Paris: UNESCO, 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985.locale=en>. Acesso em: 16 out. 2020.

UNICEF. **Water Scarcity in Egypt, Growing Concerns, and Partnerships**. Egypt: United Nations Children's Fund, 2021. Disponível em: <https://www.unicef.org/egypt/media/7986/file/Water%20Scarcity%20in%20Egypt.pdf>. Acesso em: 13 set. 2022.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2020**. New York: United Nations Publications, 2020.

UNITED NATIONS. **The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water**. Paris: UNESCO, 2021. . Acesso em: 7 jun. 2022.

VERGARA, L. W. B. **Sistema de reaproveitamento de água dispensada no processo de destilação no laboratório J-12 Campus Medianeira**. 2012. 34 f. B.S. thesis – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Informações sobre a correta operação dos destiladores de água tipo Pilsen

Empresa	Respostas à questão "ii" retiradas dos manuais
<p>ACS GOLD (ACS GOLD, 2021)</p>	<p>Abrir a válvula de água da pia, esperar alguns minutos, até que a saída de água do nível libere a água; Pressionar a tecla “Verde” no painel de controle para começar o processo de destilação de água, a lâmpada piloto acenderá, caso usuário queira desligar o equipamento pressionar a tecla “Vermelha”.</p>
<p>MARTE CIENTÍFICA (MARTE CIENTÍFICA, 2021)</p>	<p>1. Abrir o registro de água e, durante o primeiro uso, aguardar aproximadamente dez minutos para que a cuba fique completamente cheia. 2. Com o cabo de alimentação conectado à rede elétrica, ligar a chave liga/ desliga, direcionando-a para cima (na direção da tampa do destilador). 3. Caso não haja água suficiente, a lâmpada não acenderá. Neste caso, desligar o equipamento e aguardar até que a cuba fique cheia, o que fará com que a lâmpada fique acesa. 4. Após quinze minutos em funcionamento, o equipamento começará a produzir água destilada. 5. Após trinta minutos em uso, diminuir lentamente o fluxo de água até que a tampa do destilador esteja morna, o que indica a temperatura ideal de trabalho. 6. Verificar rotineiramente se a temperatura do destilador na região próxima à saída de água destilada está igual à do ambiente. Caso haja aquecimento excessivo, verificar se não houve interrupção na vazão de entrada de água ou se o fluxo não está baixo demais.</p>
<p>NOVA TECNICA (NOVA TÉCNICA, 2021)</p>	<p>1- Verifique se todas as conexões estão corretas, tomando cuidado para que o esgoto não esteja obstruído. 2- Abra o registro da água até começar a ouvir o ruído característico (trompa de vácuo). 3- Antes de ligar a energia do equipamento, aguardar aproximadamente 20 minutos, para que a cuba fique cheia. (Não ligar antes deste período). 4- Ligue os disjuntores. 5- Ligue a chave liga/desliga. Se houver água suficiente, a lâmpada piloto acenderá. 6- Aguarde aproximadamente 10 minutos e começará a produzir água destilada. 7- Após 30 minutos, diminua lentamente o fluxo de água até notar que o destilado começa a ficar morno. Este é o limite mínimo de água necessário para o perfeito funcionamento.</p>
<p>QUIMIS (QUIMIS, 2020)</p>	<p>Após a manutenção e montagem do aparelho, abra o registro (torneira) de alimentação, inicialmente, para um preenchimento rápido, em seguida controle o fluxo da água, cuidando para que a mesma não transborde no nível; • Verifique se o nível da água está acima da resistência;</p>

- Acione o botão “liga” (só acionar este botão com água na caldeira acima da resistência);
 - A lâmpada piloto vermelha deverá acender, indicando que a resistência está ligada;
 - **Regule o fluxo da água de alimentação o suficiente para a condensação do vapor e para obter água destilada com uma temperatura próxima à ambiente. O dreno terá saída de água constante.**
 - Caso haja pouca vazão de entrada de água, o sistema desarmará e o aparelho desligará automaticamente.
 - Quando a água entrar em ebulição, inicia-se o processo de destilação, mantenha a vazão de água de alimentação.
- Atingindo o volume de água destilada necessária para o consumo, pressione a tecla “desliga”. No caso de falta d’água, ou no fechamento do registro da água de alimentação (torneira) o aparelho continuará funcionando e o automático atuará desligando a resistência.
- Entre o fechamento do registro da água de alimentação e o desligamento automático da resistência o tempo aproximado é de 2 minutos.**

**SOLIDSTEEL
(SOLIDSTEEL,
2021)**

Abrir o fluxo de água para encher a caldeira, regular a máxima vazão de água para manter a alimentação da caldeira (desde que não extravase pelo copinho lateral);
Posicionar a chave “A” para cima na posição ligado. **É normal que demore de 15 a 20 minutos para começar a sair água destilada.**

Fonte: Autor.

APÊNDICE B – Informações dos fabricantes sobre a manutenção dos destiladores de água tipo Pilsen

Empresa	Respostas da pergunta "c" mais informações do manual
ACS GOLD	Abrir a cuba e fazer a remoção das incrustações, além de limpar o equipamento com uma flanela úmida com sabão neutro e água morna.
CIENLAB	Limpeza interna (remoção de sólidos derivados da dureza da água) e externa pano com solução leve de detergente.
MARTE CIENTÍFICA	<p>Após algum tempo, devido à constante evaporação, haverá incrustações de sais na cuba e, por este motivo, recomendamos uma limpeza da cuba mensalmente.</p> <p>Para limpar o destilador, desligá-lo da rede elétrica, drenar toda água remanescente e efetuar a limpeza interna utilizando esponja macia com detergente, jamais usar objetos metálicos para tal tarefa. A parte interna da cuba pode ser limpa com auxílio de ácidos diluídos (acético, clorídrico, etc.) para eliminação das incrustações que possa ocorrer no fundo.</p> <p>Para limpeza externa, utilizar pano macio umedecido com silicone automotivo, o que pode ser feito regularmente; A parte externa pode ser limpa com pano úmido e detergente neutro. Se houver necessidade, pode utilizar polidores de metais para limpeza mais pesada (Silvo, saponáceo, etc.).</p> <p>Mangueiras, espigões, abraçadeiras e vedação da cuba podem ser substituídas sempre que necessário.</p>
NOVA TECNICA	<p>Após algum tempo de uso, devido à evaporação, ocorrerão incrustações de sais na caldeira. Poderá ser feito o escoamento da mesma e, logo após, limpeza com uma esponja. Evite usar objetos metálicos na limpeza.</p> <p>Externamente poderá ser limpo periodicamente com detergente neutro, aplicado e removido com pano macio e úmido. Semanalmente deve-se remover a tampa de cima, limpar com bucha tipo Scotch-Brite (pode-se usar um pouco de vinagre, evitando deixar resíduos) e, se necessário, remover a resistência, ao recoloca-la, passar veda rosca para evitar vazamentos. Com uso moderado, fazer a limpeza uma vez por semana.</p>
QUIMIS	<p>Em algumas localidades onde a água de alimentação é muito dura ou quando a alimentação é feita com água de poço, pode ocorrer a formação de precipitado branco (carbonato de cálcio) na caldeira. Para removê-la, leia o item abaixo.</p> <p>Para sanitização:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desligue o aparelho; • Feche a água de alimentação do sistema; • Drene toda a água da caldeira, retirando a mangueira do registro (torneira); • Feche todas as saídas de água, adicione uma solução de ácido acético 2%, 5% e no máximo 10% ou vinagre, quando a crosta ainda é pouca, deixe reagir por no máximo 30 minutos, não mais que isto, a frequência da limpeza é o cliente que vai determinar, após a primeira limpeza, a qual depende da dureza da água e o tempo de uso, que pode variar de 15 dias até 6 meses. • Com uma esponja macia (não abrasiva), esfregue levemente e enxágue com bastante água até retirar todos os vestígios do vinagre ou do ácido;

- Monte novamente o aparelho, nivele, espere encher a caldeira e ligue, desprezando os primeiros 3 litros de água destilada, ou mais, caso seja necessário;

OBS.: Caso o vinagre não consiga remover o carbonato de cálcio da caldeira lave o sistema com uma solução de ácido clorídrico 30%;

- Deixe em repouso por cerca de 5 minutos e enxágue com bastante água até retirar todo vestígio do ácido clorídrico;
- Acompanhe sempre a qualidade da água destilada produzida com condutivímetro Quimis (consulte com o departamento de vendas os modelos Q-795P ou Q795M ou A). Esse parâmetro indicará a qualidade físico-química da água;
- Se houver a formação de crosta é recomendado o uso do filtro abrandador Q383, para evitar a formação desse resíduo;
- Se houver muitos sólidos em suspensão é recomendado o uso do filtro Q381 (50 micras);
- Nos locais onde a água contém muito cloro é recomendado o uso do filtro de carvão Q382. Um filtro eliminador de crostas será colocado antes do Destilador, após (500 litros de água passado no modelo Q382-2) e (1500 litros de água passado no modelo Q382-3) sugerimos a limpeza deste filtro com cloreto de sódio.

OBS.: Os filtros só podem ser usados com pressão superior a 30 psi na torneira.

Atenção: a incrustação de carbonato de cálcio pode prejudicar a qualidade da água, queimar a resistência e danificar o aparelho. Faça a sanitização no aparelho de 15 em 15 dias, pois isso evita a formação de crosta na caldeira. Dependendo da quantidade dessa crosta, é impossível utilizar a caldeira novamente.

Fonte: Autor

APÊNDICE C – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Centro-Oeste (Estimativa 3)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	66	5.660	5.660	1.415	203.760	3.260.160	3.463.920	3.464	98.345,88
2010	176	10.840	16.500	4.125	594.000	9.504.000	10.098.000	10.098	286.697,37
2011	308	22.350	38.850	9.713	1.398.600	22.377.600	23.776.200	23.776	675.041,98
2012	212	17.960	56.810	14.203	2.045.160	32.722.560	34.767.720	34.768	987.107,72
2013	296	21.200	78.010	19.503	2.808.360	44.933.760	47.742.120	47.742	1.355.470,40
2014	24	3.140	81.150	20.288	2.921.400	46.742.400	49.663.800	49.664	1.410.029,78
2015	46	3.600	84.750	21.188	3.051.000	48.816.000	51.867.000	51.867	1.472.581,93
2016	103	8.300	93.050	23.263	3.349.800	53.596.800	56.946.600	56.947	1.616.799,39
2017	55	4.500	97.550	24.388	3.511.800	56.188.800	59.700.600	59.701	1.694.989,58
2018	49	4.120	101.670	25.418	3.660.120	58.561.920	62.222.040	62.222	1.766.577,05
2019	5	500	102.170	25.543	3.678.120	58.849.920	62.528.040	62.528	1.775.264,85
2020	31	6.000	108.170	27.043	3.894.120	62.305.920	66.200.040	66.200	1.879.518,44
Total	1371	108.170		216.085	31.116.240	497.859.840	528.976.080	528.976	15.018.424,38

Fonte: Autor

APÊNDICE D – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Nordeste (Estimativa 3)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	138	21.100	21.100	5.275	759.600	12.153.600	12.913.200	12.913	424.095,31
2010	120	17.090	38.190	9.548	1.374.840	21.997.440	23.372.280	23.372	767.592,42
2011	178	24.610	62.800	15.700	2.260.800	36.172.800	38.433.600	38.434	1.262.236,29
2012	456	61.140	123.940	30.985	4.461.840	71.389.440	75.851.280	75.851	2.491.107,74
2013	410	79.240	203.180	50.795	7.314.480	117.031.680	124.346.160	124.346	4.083.776,59
2014	222	41.520	244.700	61.175	8.809.200	140.947.200	149.756.400	149.756	4.918.299,69
2015	149	11.770	256.470	64.118	9.232.920	147.726.720	156.959.640	156.960	5.154.868,50
2016	123	19.650	276.120	69.030	9.940.320	159.045.120	168.985.440	168.985	5.549.819,82
2017	114	20.250	296.370	74.093	10.669.320	170.709.120	181.378.440	181.378	5.956.830,73
2018	146	19.050	315.420	78.855	11.355.120	181.681.920	193.037.040	193.037	6.339.722,47
2019	61	7.640	323.060	80.765	11.630.160	186.082.560	197.712.720	197.713	6.493.281,15
2020	47	5.050	328.110	82.028	11.811.960	188.991.360	200.803.320	200.803	6.594.782,64
Total	2164	328.110		622.365	89.620.560	1.433.928.960	1.523.549.520	1.523.550	50.036.413,34

Fonte: Autor

APÊNDICE E – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Sul (Estimativa 3)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	113	13.060	13.060	3.265	470.160	7.522.560	7.992.720	7.993	163.557,69
2010	77	11.180	24.240	6.060	872.640	13.962.240	14.834.880	14.835	303.571,09
2011	251	43.650	67.890	16.973	2.444.040	39.104.640	41.548.680	41.549	850.224,49
2012	116	17.440	85.330	21.333	3.071.880	49.150.080	52.221.960	52.222	1.068.635,37
2013	110	9.670	95.000	23.750	3.420.000	54.720.000	58.140.000	58.140	1.189.738,20
2014	89	12.910	107.910	26.978	3.884.760	62.156.160	66.040.920	66.041	1.351.417,36
2015	56	10.870	118.780	29.695	4.276.080	68.417.280	72.693.360	72.693	1.487.548,46
2016	84	16.820	135.600	33.900	4.881.600	78.105.600	82.987.200	82.987	1.698.194,74
2017	66	9.210	144.810	36.203	5.213.160	83.410.560	88.623.720	88.624	1.813.536,72
2018	57	4.260	149.070	37.268	5.366.520	85.864.320	91.230.840	91.231	1.866.887,09
2019	79	8.200	157.270	39.318	5.661.720	90.587.520	96.249.240	96.249	1.969.580,28
2020	68	11.500	168.770	42.193	6.075.720	97.211.520	103.287.240	103.287	2.113.601,22
Total	1166	168.770		316.933	45.638.280	730.212.480	775.850.760	775.851	15.876.492,72

Fonte: Autor

APÊNDICE F – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen da região Sudeste (Estimativa 3)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	102	12.970	12.970	3.243	466.920	7.470.720	7.937.640	7.938	201.124,95
2010	102	17.140	30.110	7.528	1.083.960	17.343.360	18.427.320	18.427	466.913,82
2011	90	15.020	45.130	11.283	1.624.680	25.994.880	27.619.560	27.620	699.827,99
2012	155	20.690	65.820	16.455	2.369.520	37.912.320	40.281.840	40.282	1.020.666,48
2013	130	17.480	83.300	20.825	2.998.800	47.980.800	50.979.600	50.980	1.291.727,71
2014	114	25.650	108.950	27.238	3.922.200	62.755.200	66.677.400	66.677	1.689.480,60
2015	24	5.450	114.400	28.600	4.118.400	65.894.400	70.012.800	70.013	1.773.993,39
2016	53	4.700	119.100	29.775	4.287.600	68.601.600	72.889.200	72.889	1.846.875,99
2017	45	11.200	130.300	32.575	4.690.800	75.052.800	79.743.600	79.744	2.020.553,66
2018	80	7.950	138.250	34.563	4.977.000	79.632.000	84.609.000	84.609	2.143.833,80
2019	52	7.430	145.680	36.420	5.244.480	83.911.680	89.156.160	89.156	2.259.050,33
2020	55	6.490	152.170	38.043	5.478.120	87.649.920	93.128.040	93.128	2.359.690,34
Total	1002	152.170		286.545	41.262.480	660.199.680	701.462.160	701.462	17.773.739,05

Fonte: Autor

APÊNDICE G – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 1)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m ³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	469	62160	62.160	15.540	1.118.880	8.951.040	10.069.920	10.070	269.672,46
2010	611	80650	142.810	35.703	2.570.580	20.564.640	23.135.220	23.135	619.561,19
2011	896	115330	258.140	64.535	4.646.520	37.172.160	41.818.680	41.819	1.119.904,25
2012	1.013	132720	390.860	97.715	7.035.480	56.283.840	63.319.320	63.319	1.695.691,39
2013	1.075	146590	537.450	134.363	9.674.100	77.392.800	87.066.900	87.067	2.331.651,58
2014	578	96380	633.830	158.458	11.408.940	91.271.520	102.680.460	102.680	2.749.782,72
2015	343	45590	679.420	169.855	12.229.560	97.836.480	110.066.040	110.066	2.947.568,55
2016	507	60550	739.970	184.993	13.319.460	106.555.680	119.875.140	119.875	3.210.256,25
2017	325	50530	790.500	197.625	14.229.000	113.832.000	128.061.000	128.061	3.429.473,58
2018	397	41430	831.930	207.983	14.974.740	119.797.920	134.772.660	134.773	3.609.211,83
2019	277	31310	863.240	215.810	15.538.320	124.306.560	139.844.880	139.845	3.745.045,89
2020	281	39500	902.740	225.685	16.249.320	129.994.560	146.243.880	146.244	3.916.411,11
Total	6.772	902.740		1.708.263	122.994.900	983.959.200	1.106.954.100	1.106.954	29.644.230,80

Fonte: Autor

APÊNDICE H – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 2)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m ³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	469	62160	62.160	15.540	1.118.880	13.426.560	14.545.440	14.545	389.526,88
2010	611	80650	142.810	35.703	2.570.580	30.846.960	33.417.540	33.418	894.921,72
2011	896	115330	258.140	64.535	4.646.520	55.758.240	60.404.760	60.405	1.617.639,47
2012	1.013	132720	390.860	97.715	7.035.480	84.425.760	91.461.240	91.461	2.449.332,01
2013	1.075	146590	537.450	134.363	9.674.100	116.089.200	125.763.300	125.763	3.367.941,17
2014	578	96380	633.830	158.458	11.408.940	136.907.280	148.316.220	148.316	3.971.908,37
2015	343	45590	679.420	169.855	12.229.560	146.754.720	158.984.280	158.984	4.257.599,02
2016	507	60550	739.970	184.993	13.319.460	159.833.520	173.152.980	173.153	4.637.036,80
2017	325	50530	790.500	197.625	14.229.000	170.748.000	184.977.000	184.977	4.953.684,06
2018	397	41430	831.930	207.983	14.974.740	179.696.880	194.671.620	194.672	5.213.305,98
2019	277	31310	863.240	215.810	15.538.320	186.459.840	201.998.160	201.998	5.409.510,72
2020	281	39500	902.740	225.685	16.249.320	194.991.840	211.241.160	211.241	5.657.038,26
Total	6.772	902.740		1.708.263	122.994.900	1.475.938.800	1.598.933.700	1.598.934	42.819.444,49

Fonte: Autor

APÊNDICE I – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 4)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m ³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	469	62160	62.160	15.540	2.983.680	71.608.320	74.592.000	74.592	1.997.573,76
2010	611	80650	142.810	35.703	6.854.880	164.517.120	171.372.000	171.372	4.589.342,16
2011	896	115330	258.140	64.535	12.390.720	297.377.280	309.768.000	309.768	8.295.587,04
2012	1.013	132720	390.860	97.715	18.761.280	450.270.720	469.032.000	469.032	12.560.676,96
2013	1.075	146590	537.450	134.363	25.797.600	619.142.400	644.940.000	644.940	17.271.493,20
2014	578	96380	633.830	158.458	30.423.840	730.172.160	760.596.000	760.596	20.368.760,88
2015	343	45590	679.420	169.855	32.612.160	782.691.840	815.304.000	815.304	21.833.841,12
2016	507	60550	739.970	184.993	35.518.560	852.445.440	887.964.000	887.964	23.779.675,92
2017	325	50530	790.500	197.625	37.944.000	910.656.000	948.600.000	948.600	25.403.508,00
2018	397	41430	831.930	207.983	39.932.640	958.383.360	998.316.000	998.316	26.734.902,48
2019	277	31310	863.240	215.810	41.435.520	994.452.480	1.035.888.000	1.035.888	27.741.080,64
2020	281	39500	902.740	225.685	43.331.520	1.039.956.480	1.083.288.000	1.083.288	29.010.452,64
Total	6.772	902.740		1.708.263	327.986.400	7.871.673.600	8.199.660.000	8.199.660	219.586.894,80

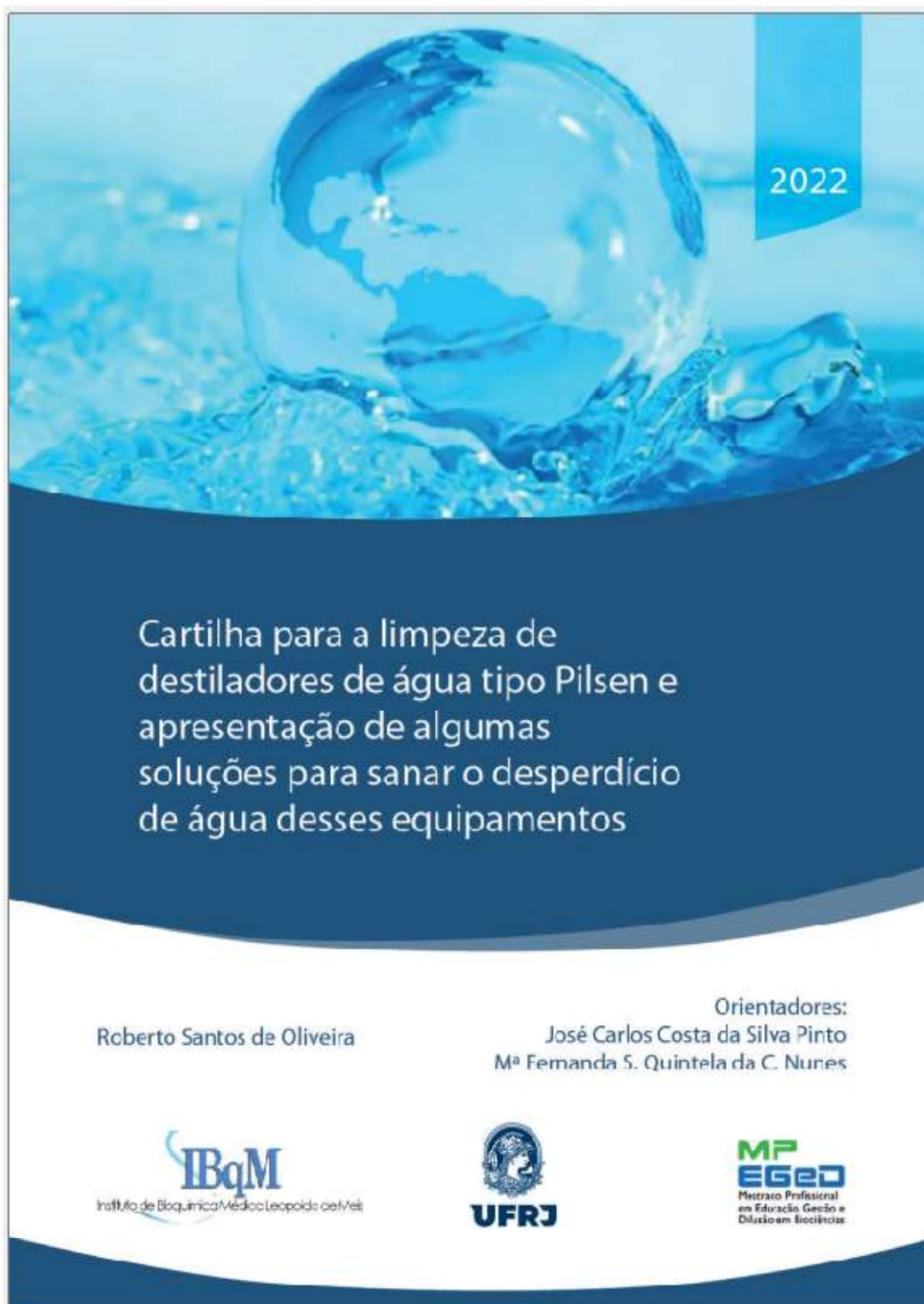
Fonte: Autor

APÊNDICE J – Cálculo do desperdício dos destiladores de água tipo Pilsen - Brasil (Estimativa 5)

Ano	Quantidade de Destiladores comprados	Consumo (L/h)	Consumo acumulado ao longo dos anos (L/h)	Desperdício Inicial de 15 min. (L)	Desperdício Inicial de 15 min./ano (L)	Desperdício/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (L)	Soma dos desperdícios/ano (m ³)	Desperdício total/ano (R\$)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
2009	469	62160	62.160	15.540	2.983.680	95.477.760	98.461.440	98.461	2.636.797,36
2010	611	80650	142.810	35.703	6.854.880	219.356.160	226.211.040	226.211	6.057.931,65
2011	896	115330	258.140	64.535	12.390.720	396.503.040	408.893.760	408.894	10.950.174,89
2012	1.013	132720	390.860	97.715	18.761.280	600.360.960	619.122.240	619.122	16.580.093,59
2013	1.075	146590	537.450	134.363	25.797.600	825.523.200	851.320.800	851.321	22.798.371,02
2014	578	96380	633.830	158.458	30.423.840	973.562.880	1.003.986.720	1.003.987	26.886.764,36
2015	343	45590	679.420	169.855	32.612.160	1.043.589.120	1.076.201.280	1.076.201	28.820.670,28
2016	507	60550	739.970	184.993	35.518.560	1.136.593.920	1.172.112.480	1.172.112	31.389.172,21
2017	325	50530	790.500	197.625	37.944.000	1.214.208.000	1.252.152.000	1.252.152	33.532.630,56
2018	397	41430	831.930	207.983	39.932.640	1.277.844.480	1.317.777.120	1.317.777	35.290.071,27
2019	277	31310	863.240	215.810	41.435.520	1.325.936.640	1.367.372.160	1.367.372	36.618.226,44
2020	281	39500	902.740	225.685	43.331.520	1.386.608.640	1.429.940.160	1.429.940	38.293.797,48
Total	6.772	902.740		1.708.263	327.986.400	10.495.564.800	10.823.551.200	10.823.551	289.854.701,14

Fonte: Autor

APÊNDICE K – Cartilha para a limpeza de destiladores de água tipo Pilsen e apresentação de algumas soluções para sanar o desperdício de água desses equipamentos





SUMÁRIO

1. Apresentação	3
2. Introdução	3
3. Esquema do funcionamento do destilador de água tipo Pilsen	4
4. Informações importantes sobre a operação dos destiladores	4
5. Limpeza do destilador	5
6. Projetos para resolver o problema do desperdício de água tratada por destiladores de água tipo Pilsen	9
7. Considerações finais	13
8. Bibliografia	14

1. Apresentação

Esta cartilha foi desenvolvida como produto do Trabalho de Conclusão de Mestrado, intitulado: “Gestão sustentável de recursos hídricos: soluções para o desperdício de água dos destiladores de água tipo Pilsen em instituições públicas no Brasil”, por meio do Mestrado Profissional em Educação, Gestão e Difusão em Biociências do Instituto de Bioquímica Médica Leopoldo de Meis da Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2022.

2. Introdução

Há fartas evidências na literatura, indicando que os destiladores de água tipo Pilsen (Figura 1) desperdiçam muita água potável no processo de destilação. Contudo, esses destiladores são de baixo custo de aquisição, em relação a outros dispositivos utilizados em laboratórios, e conseguem produzir água destilada classe 3, ou seja, abaixo de $5\mu\text{S}/\text{cm}$. Portanto, esses equipamentos suprem grande parte da demanda de água purificada para diversas atividades laboratoriais. Além disso, se bem utilizados, demandam pouco gasto com manutenção preventiva, podendo operar por anos sem danificar seus componentes. Consequentemente,

é provável que esses equipamentos continuem sendo usados por muito tempo ainda.

No entanto, com o uso, a eficiência dos destiladores diminui, aumentando ainda mais o desperdício de água. Visto que os destiladores ficam fixados próximos ao teto, é comum que não se execute a manutenção preventiva do aparelho. Assim, com o passar dos anos, dentro da caldeira vão se formando incrustações que dificultam o aquecimento da água, elevando os custos operacionais do equipamento e ambientais.



Fonte: (NOVA TÉCNICA, 2021; QUIMIS, 2021; SPLABOR, 2021)

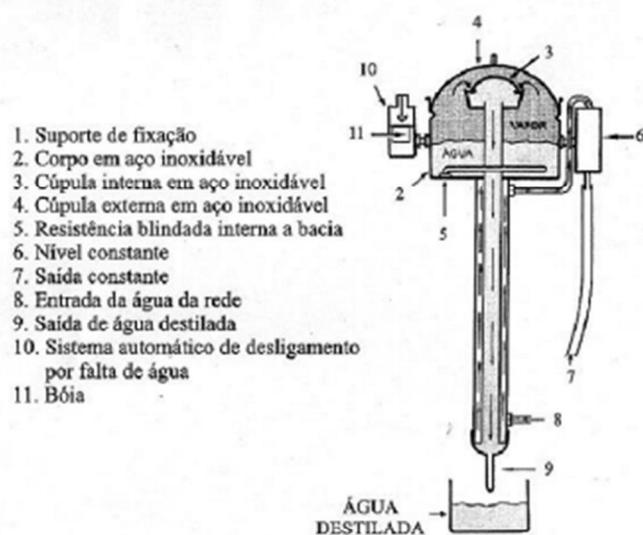
Figura 1 – Destiladores de água tipo Pilsen

A manutenção preventiva e a calibragem dos equipamentos utilizados em laboratórios fazem parte das boas práticas laboratoriais (BORBA *et al.*, 2010). Assim, os destiladores não podem ficar esquecidos. Muitas pessoas que utilizam água destilada não estão atentas à importância da limpeza desses dispositivos e muitas vezes os manuais nem existem mais, devido ao fechamento da fábrica ou por terem se perdido ao longo dos anos. Portanto, esta cartilha poderá servir como referência para ajudar nos procedimentos de operação e higienização do destilador.

3. Esquema do funcionamento do destilador de água tipo Pilsen

A Figura 2 mostra os componentes básicos e o fluxo de água em um destilador tipo Pilsen. Pode-se observar que a água percorre todo o corpo do equipamento, enche a cúpula e também serve para fazer a troca de calor, condensando a água destilada. Visto que a entrada de água do destilador está ligada à rede de abastecimento dos prédios, seria importante saber se há alta concentração de cloro na água ou se é muito dura, porque isso prejudica os compo-

entes do equipamento. Além disso, os fabricantes asseguram uma baixa condutividade da água destilada, desde que a água de abastecimento não passe de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para evitar esse problema, seria bom instalar um filtro abrandador/reductor de dureza antes da conexão com o destilador. Pode-se usar um condutivímetro para auxiliar na verificação da dureza da água de alimentação do destilador.



Fonte: Manual dos destiladores De Leo (DE LEO, 2021)

Figura 2 – Componentes de um destilador de água tipo Pilsen

4. Informações importantes sobre a operação dos destiladores

O registro da água que abastece o destilador deve ser aberto, de forma a encher a cúpula antes de se acionar o disjuntor elétrico do equipamento. Caso isso não aconteça, poderá ocorrer a queima da resistência. Geralmente os destiladores possuem um sistema de desligamento por falta de água ou por baixo nível na cuba. É, também, necessário regular o fluxo de água para evitar o transbordo. A produção de água destilada se iniciará 15 a 20 minutos após o aparelho ser ligado.

Visto que esses equipamentos podem desperdiçar de 10 a 70 litros de água tratada por cada litro de água destilada, dependendo do fabricante e da capacidade de produção (Tabela 1), muitos operadores procuram diminuir o

máximo possível o volume de água descartada, fechando o registro de entrada e deixando passar pouquíssima água; contudo, mesmo que isso possa aumentar a eficiência do destilador, devido à troca de calor no corpo do dispositivo, a água poderá ser despejada na pia com temperaturas entre 60 °C a 80 °C. Com o tempo, isso pode causar algum problema na tubulação de PVC do esgoto, uma vez que esse material, normalmente, deve ser utilizado com água fria. Além disso, os fabricantes recomendam que a temperatura da água descartada esteja próxima de 32 °C a 40 °C (água morna). Sendo assim, a regulagem do fluxo de água deve seguir o que é determinado pelo manual.

Tabela 1 – Produção e consumo de água de alguns modelos de destiladores de água tipo Pilsen

Empresa	Modelo	Produção (l/h)	Consumo (l/h)
(ACS GOLD, 2021)	PWD-02	2	20 ¹
	PWD-05	5	50
	PWD-10	10	100
	PWD-20	20	200
	PWD-30	30	300
(MARTE CIENTÍFICA, 2021)	MB1004	2	140 ²
	MB1005	05	350
	MB1010	10	700
(QUIMIS, 2020)	Q341-12	2	120 ³
	Q341-22	2	120
	Q341-25	5	200 - 240
	Q341-210	10	240 - 480

Fonte: Autor

Esta Cartilha não tem por objetivo descrever a forma como os destiladores de água tipo Pilsen devem ser instalados. Portanto, su-

gere-se, que cada usuário busque essa informação nos manuais dos fabricantes, os quais são entregues junto com os equipamentos.

1 Muitos fabricantes, quando informam o valor do consumo de água do destilador, utilizam o padrão de 10 litros descartados por litro destilado, contudo, na prática esse valor pode ser bem maior, haja vista que os destiladores de água tipo Pilsen são muito semelhantes na estrutura de montagem e operação.

2 Esse valor de descarte é mais realista.

3 Esse valor de descarte é mais realista.

5. Limpeza do destilador

As partes externas dos destiladores podem ser limpas utilizando-se uma flanela úmida com sabão neutro e água morna ou solução leve de detergente neutro, ou pano macio umedecido com silicone automotivo (ACS GOLD, 2021; MARTE CIENTÍFICA, 2021; NOVA TÉCNICA, 2021).



Fonte: (MORAES; MORAES, 2016)

Figura 3 - Interior do destilador antes da higienização

Após algum tempo de uso, incrustações de sais começarão a aparecer nas paredes da caldeira e na resistência (Figura 3). Os piores casos são os depósitos de carbonato de cálcio (precipitado branco). A Figura 4 mostra um destilador com as paredes internas da cuba danificadas por completa falta de manutenção.



Fonte: Autor

Figura 4 - Interior do destilador sem limpeza por muitos anos

De forma a se evitar que o aparelho diminua sua eficiência ou seja arruinado, os fabricantes sugerem que a limpeza seja executada, semanalmente, quinzenalmente ou mensalmente, dependendo da frequência de uso e da dureza da água (MARTE CIENTÍFICA, 2021; NOVA TÉCNICA, 2021; QUIMIS, 2020).

Não esqueça de usar os Equipamentos de Proteção Individual (EPI), ou seja, óculos, jaleco e luvas, quando for executar a higienização do destilador de água tipo Pilsen. Isso também faz parte das boas práticas laboratoriais.

Para proceder a limpeza interna (MARTE CIENTÍFICA, 2021; NOVA TÉCNICA, 2021; QUIMIS, 2020; SPLABOR, 2018):

- Desconecte o aparelho da rede elétrica;
- Drene a água remanescente da caldeira, retirando a mangueira do registro;
- Se for necessário, retire o equipamento do suporte para se executar a limpeza na caldeira;

- d. Abra a tampa da cuba.
- e. Jamais utilize objetos metálicos para a raspagem das incrustações;
- f. Inicie a limpeza da cuba utilizando esponja macia e detergente neutro;
- g. Caso não consiga retirar toda a crosta, feche todas as saídas de água e adicione uma solução de ácido acético, clorídrico ou sulfâmico diluído em 2%, 5% e no máximo 10% m/v;
- h. Deixe reagindo por no máximo 30 minutos, se a crosta não for espessa;
- i. Use uma esponja não abrasiva para esfregar levemente a cuba;
- j. Se for preciso, retire a resistência, mas não esqueça de utilizar veda rosca na recolocação para evitar vazamentos;
- k. Pode-se usar também uma solução com 50% de vinagre branco e 50% de água, cobrindo toda a câmara de ebulição;
- l. Agite suavemente para que todo o resíduo entre em contato com o vinagre e deixe a solução fazer efeito por 12 horas;
- m. Enxágue com bastante água até retirar todos os vestígios do ácido ou vinagre;
- n. Monte novamente o aparelho, espere encher a caldeira e ligue, desprezando os primeiros 3 litros de água destilada, ou mais, caso seja necessário;

A figura 5 apresenta um destilador com crostas de bicarbonato de cálcio.



Fonte: (SPLABOR, 2018)

Figura 5 – Destilador com depósito de bicarbonato de cálcio

A Figura 6 mostra o destilador de água tipo Pilsen da Figura 3 após a limpeza. Na sequência, as Tabelas 2 e 3 expõem dados sobre o desempenho de destiladores de água tipo Pilsen, que comprovam a importância da limpeza do equipamento para a melhoria de sua eficiência e a diminuição do desperdício de água.



Fonte: (MORAES, MORAES, 2016)

Figura 6 – Destilador após a limpeza

Tabela 2 - Dados médios coletados antes da higienização do destilador

Vazão (L/h)		
Entrada	Água Destilada	Efluente
330,9	3,6	327,3
280,6	3,7	276,9
193,4	3,9	189,5
148,0	4,0	144,0
142,5	4,0	138,5

Fonte: (Adaptado de MORAES; MORAES, 2016)

Tabela 3 - Dados médios coletados depois da higienização do destilador

Vazão (L/h)		
Entrada	Água Destilada	Efluente
331,7	4,4	327,3
281,4	4,5	276,9
261,7	4,5	257,1
184,6	4,6	180,0
113,8	4,7	109,1

Fonte: (Adaptado de MORAES; MORAES, 2016)

6. Projetos para resolver o problema do desperdício de água tratada por destiladores de água tipo Pilsen

Todos os pesquisadores, técnicos de laboratório e alunos que usam destiladores de água tipo Pilsen conhecem o problema de desperdício de água desses equipamentos, mas, normalmente, convivem com isso por décadas. A pesquisa que originou esse produto evidenciou, com auxílio de um conjunto amostral de 6.772 equipamentos, que as instituições públicas brasileiras que utilizam destiladores de água tipo Pilsen, em um período de 12 anos, de acordo com a pior estimativa empírica de operação dos dispositivos, desperdiçaram próximo de 11 bilhões de litros de água potável e 290 milhões de reais, os quais poderiam ter suprido as necessidades básicas de água de 100 milhões de pessoas por pelo menos um dia, pois, segundo a ONU, um ser humano precisa minimamente

de 110 litros de água/dia (FERREIRA, 2018). Deve ser observado que isso ocorre, principalmente, nas universidades e institutos federais. Contudo, diante da escassez de água, do estresse hídrico e das mudanças climáticas que estão afetando bilhões de pessoas em todo o planeta, essa passividade não é mais aceitável.

Foi mostrado nesse estudo que existem projetos desenvolvidos e implementados em algumas instituições que podem resolver esse desperdício de água potável. Assim, foram estabelecidos os seguintes critérios para selecionar as melhores soluções:

- i. Total eliminação do desperdício de água potável;

- ii. Menor uso de espaço nos laboratórios;
- iii. Replicabilidade.

Em seguida, serão apresentadas as 3 soluções encontradas na revisão integrativa, por ordem da maior para a menor pontuação, classificadas segundo uma matriz de avaliação montada de acordo com os critérios acima mencionados.

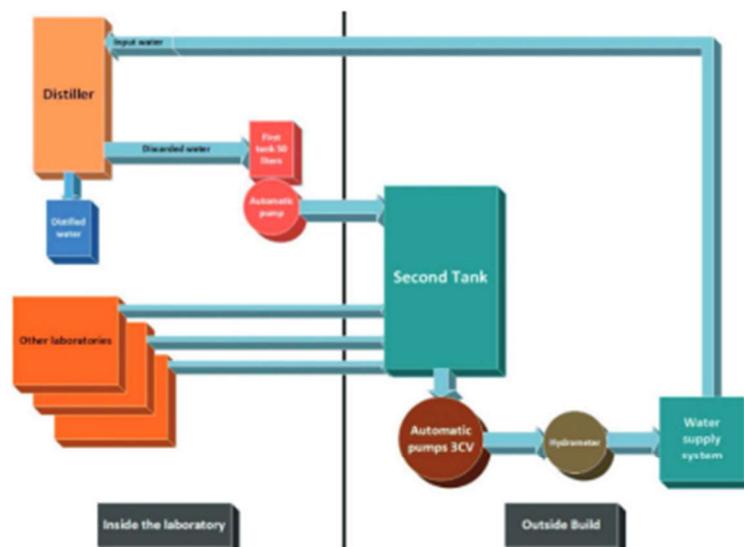
Os autores Oliveira, Antunes e Gomes (2020) descrevem a execução de um projeto na Universidade Federal do Rio de Janeiro, no qual a água do resfriamento da destilação, antes descartada no esgoto, é 100% e reciclada como água potável, por meio de um sistema de coleta

e bombeamento direto na rede de abastecimento do prédio do Centro de Ciências da Saúde, utilizando uma unidade de captação que pode ser conectada a 4 destiladores. Ademais, o sistema é totalmente automatizado e sem contato humano. Além disso, o projeto está funcionando desde 2017 e já reciclou próximo de 10 milhões de litros de água, com um retorno econômico na casa dos 250 mil reais. A Figura 6 mostra a unidade de coleta, chamada de Unidade Autônoma de Captação e Bombeamento (UACB), conectada a um destilador em um laboratório de pesquisa, e a Figura 7 apresenta o esquema do sistema de captação e reutilização da água descartada pelos destiladores. Pode-se observar que é um sistema muito simples.



Fonte: (OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2020)

Figura 6 – Unidade de captação conectada a um destilador



Fonte: (OLIVEIRA; ANTUNES; GOMES, 2020)

Figura 7 – Esquema do sistema de captação e reutilização da água descartada pelos destiladores

Por sua vez, Fanton (2017) e Oliveira (2020) defendem projetos que substituam os destiladores de água tipo Pilsen por equipamentos de Osmose Reversa, podendo ser essa uma boa solução. No entanto, não resolve totalmente o desperdício de água, de forma que, para acabar com o esbanjamento de água, talvez fos-

se necessária a união de duas soluções. Outra questão é que manutenção do sistema de Osmose Reversa é mais dispendiosa, o que pode ser parcialmente compensado pelo fato de que esses equipamentos consomem menos energia do que os destiladores.



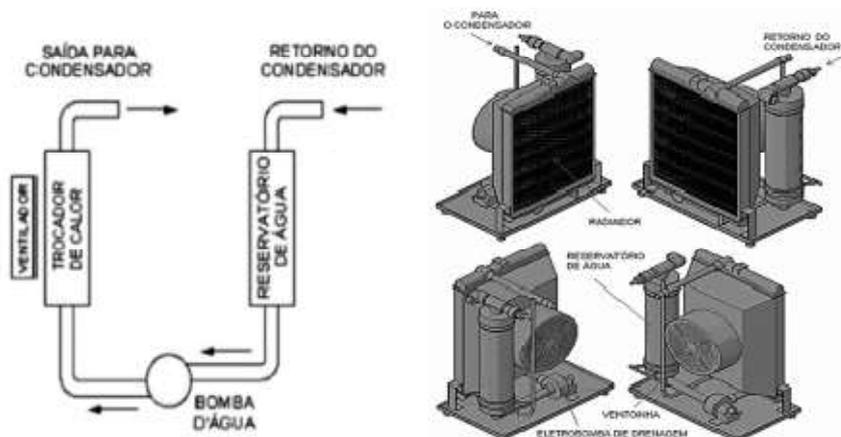
- Filtro de PP de 5 micras
- Filtro de PP de 1 micra
- Filtro de carvão ativado
- Membrana de osmose reversa
- Resina mista de troca iônica
- Filtro microbiológico 0,45/0,22 micra
- Produção máxima – 12 l/h
- Descarte médio – 30 l/h

Fonte: (MARTE CIENTÍFICA, 2022)

Figura 8 – equipamento de osmose reversa com seis estágios

O terceiro projeto foi apresentado por Assirati, Pereira e Nunes (2011), na forma de um protótipo de refrigeração acoplado ao destilador. Os autores informam que foram usados um radiador de carro, ventoinha, bomba de máquina de lavar e um pequeno reservatório de cano PVC de 4 polegadas para manter a água no sistema. O equipamento recebe a água do destilador, que passa pelo processo de refrige-

ração e devolve a água para o destilador (Figura 8). Informam que essa configuração pode ser usada com destiladores que consomem até 5.000 W, equivalendo a um equipamento que produz 5 litros de água destilada por hora. Esse é um projeto bastante interessante, apesar de ser aplicável para apenas um equipamento e haver a necessidade de ser recalculado para destiladores de maior porte.



Fonte: (ASSIRATI, PEREIRA E NUNES, 2011)

Figura 8 - Desenhos esquemáticos do princípio de funcionamento do sistema de refrigeração des envolvido e do protótipo construído

7. Considerações finais

Caso o leitor tenha interesse em conhecer mais profundamente algum desses projetos, sugerimos que acesse os artigos ou entre em contato com os autores (assirati@usp.br; roberto@ccsdecania.ufrj.br). Se desejar saber mais sobre as outras possíveis soluções, recomendamos que acesse a pesquisa integrativa referente ao nosso estudo.

Esperamos que essas informações possam auxiliar os leitores que atuam em laboratórios em todo país, bem como sejam encorajados a se engajarem na implementação de soluções para resolver definitivamente o problema do desper-

dício de água dos equipamentos laboratoriais.

De qualquer forma, é importante esclarecer que as ações para a correção desse problema, embora possam partir de iniciativas individualizadas, precisam ser discutidas com a direção das instituições, de maneira que se tenha uma visão global e a solução seja abrangente. Isso é necessário porque os projetos demandam revisão ou manutenção periodicamente; portanto, a instituição precisa, obrigatoriamente, assumir a sua parcela de responsabilidade socioeconômica e ambiental.

8. Bibliografia

- ACS GOLD. **Manual dos Destiladores de Água Tipo Pilsen - AG-PWD**. [S. l.]: ACS GOLD, 2021.
- ASSIRATI, L.; PEREIRA, C. A.; NUNES, L. A. O. Sistema de refrigeração cíclico para utilização em destilador térmico. **Química Nova**, [S. l.], v. 34, n. 2, p. 344–345, 2011. Disponível em: <http://static.sites.sbq.org.br/quimicanova.sbq.org.br/pdf/00a-sumario34-2.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- BORBA, C. de M. *et al.* Biossegurança e boas práticas laboratoriais. In: MOLINARO, E. M.; CAPUTO, L. F. G.; AMENDOEIRA, M. R. R. (org.). **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV, 2010. v. 1, p. 21–66. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/ficic/13406>. Acesso em: 21 set. 2022.
- DE LEO. **Manual do Usuário - Destiladores DA2 e DA5**. [S. l.]: De Leo - Equipamentos Laboratoriais, 2021.
- FANTON, A. R. **Uso eficiente da água em centros de material e esterilização de hospitais relacionados à saúde da mulher**. 2017. 124 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, 2017.
- FERREIRA, P. **Água Invisível**. 2018. EBC. Disponível em: https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-invisivel/?fbclid=IwAR1ZQJcQwJCiZL7ufRek3J5JzEQ1NBHAKf_GHtNDhgSAoEkoYi_xVsqiRzk. Acesso em: 16 set. 2022.
- MARTE CIENTÍFICA. **Manual do Usuário - Destilador de água pilsen - MB1004, MB1005, MB1010**. [S. l.]: Marte Científica, 2021.
- MARTE CIENTÍFICA. **OSMOSE REVERSA PURIMARTE ORM-16F**. 2022. Marte Científica - Produtos. Disponível em: <https://www.marte.com.br/produtos/osmose-reversa-purimarte-orm-16f/>. Acesso em: 1 out. 2022.
- MORAES, A. S. de; MORAES, A. de O. **Racionalização do uso de água em instituições de ensino superior: estudo de caso do sistema de destilação da Escola de Engenharia da UFF**. 2016. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Fluminense, Niterói - RJ, 2016.
- NOVA TÉCNICA. **Manual de Instruções - Destilador de água em inox NT 422 – NT – 425 – NT 426**. [S. l.]: NOVA TÉCNICA IND.COM. EQUIPAMENTOS PARA LABORATÓRIO LTDA, 2021.
- OLIVEIRA, A. S. de. **Subsídios para o gerenciamento da demanda de água em laboratórios de uma universidade fundamentados em análises de informações geográficas**. 2020. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2020.
- OLIVEIRA, R. S. de; ANTUNES, J. C. O.; GOMES, L. O. P. S. Projeto de eficiência hídrica: reutilização de água descartada por destiladores. **Demanda essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4**. Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020. p. 293–304. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook>. Acesso em: 28 set. 2020.
- QUIMIS. **Destilador de Água tipo Pilsen - Q341**. 2021. **Equipamentos para pesquisa científica**. Disponível em: <https://www.quimis.com.br/produtos/detalhes/destilador-de-agua-tipo-pilsen>. Acesso em: 28 set. 2022.
- QUIMIS. **Manual de Instruções - Q341 - Destilador de água tipo Pilsen**. [S. l.]: Quimis Aparelhos Científicos LTDA, 2020.

SPLABOR. Destilador de água - Como limpar esse equipamento de laboratório?

2018. **Blog SPLABOR**. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/blog/destilador-2/como-obter-a-melhor-agua-destilada-saiba-mais/>. Acesso em: 28 set. 2022.

SPLABOR. Destilador de Água tipo Pilsen – Rendimento 10 Litros / Hora – Modelo SP10L. 2021. **Equipamentos de laboratórios**. Disponível em: <https://www.splabor.com.br/produto/destilador-de-agua-tipo-pilsen-rendimento-10-litros-hora-modelo-sp10l-splabor/>. Acesso em: 28 set. 2022.