



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia

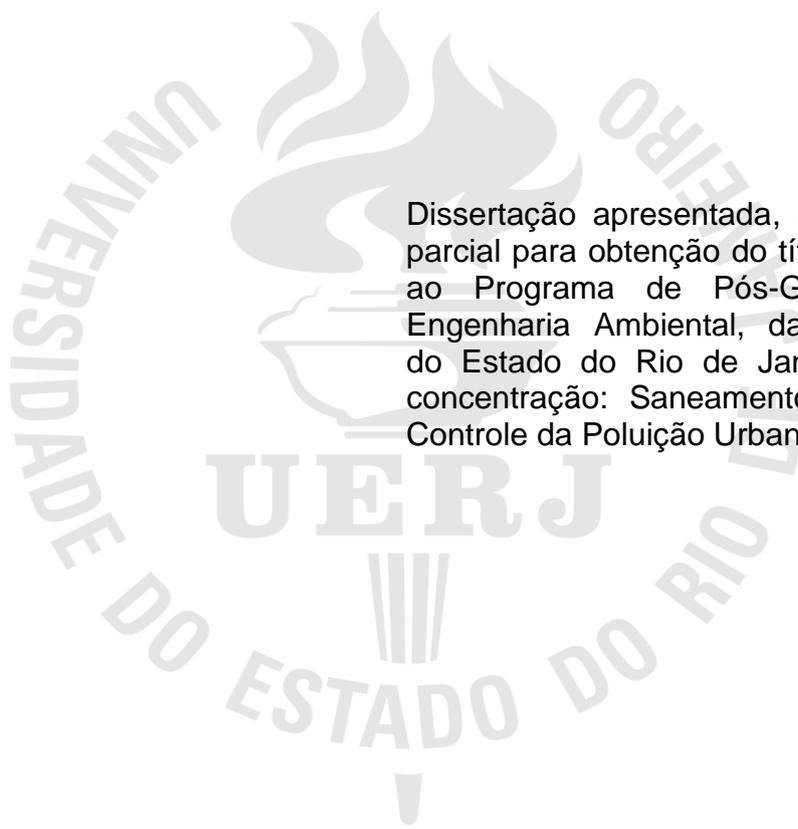
Thayane Pires Alves de Moura

**Análise crítica dos principais dispositivos legais e institucionais
disponíveis no Brasil para reúso de águas cinza com fins não
potáveis**

Rio de Janeiro
2021

Thayane Pires Alves de Moura

**Análise crítica dos principais dispositivos legais e institucionais disponíveis
no Brasil para reúso de águas cinza com fins não potáveis**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alena Torres Netto

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Rosane Cristina de Andrade

Rio de Janeiro

2021

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

M929 Moura, Thayane Pires Alves de.
Análise crítica dos principais dispositivos legais e institucionais disponíveis no Brasil para reúso de águas cinza com fins não potáveis / Thayane Pires Alves de Moura. – 2021. 106f.

Orientadora: Alena Torres Netto.
Coorientadora: Rosane Cristina de Andrade.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Água - Reuso - Teses. 3. Esgotos - Teses. 4. Água - Poluição - Teses. 5. Direito ambiental - Teses. I. Torres Netto, Alena. II. Andrade, Rosane Cristina de. III. Universidade do Estado do Rio. IV. Título.

CDU 628.1.034

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Thayane Pires Alves de Moura.

Assinatura

11/08/2021

Data

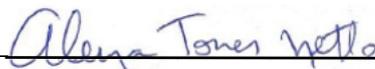
Thayane Pires Alves de Moura

**Análise crítica dos principais dispositivos legais e institucionais disponíveis
no Brasil para reúso de águas cinza com fins não potáveis**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

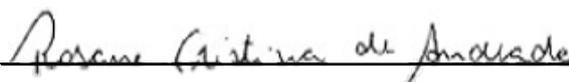
Aprovado em: 05 de maio de 2021.

Banca Examinadora:



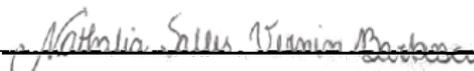
Profª. Drª. Alena Torres Netto (Orientadora)

Faculdade de Engenharia – UERJ



Profª. Drª. Rosane Cristina de Andrade (Coorientadora)

Faculdade de Engenharia – UERJ



Profª. Drª. Nathalia Salles Vernin Barbosa

Faculdade de Engenharia – UERJ



Profª. Drª. Tatiana Santos Barroso

Universidade Federal do Espírito Santo - CCENS

Rio de Janeiro

2021

DEDICATÓRIA

Porque DELE, e por meio DELE, e para ELE são todas as coisas.

A ELE, pois, a glória eternamente. Amém!

Rm 11.36

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, que no momento mais difícil de continuidade desse mestrado me lembrou que eu não precisava temer, mas somente crer, porque Ele traz à existência aquilo que não existe e que melhor é o fim de todas as coisas do que o seu princípio.

À Neide Pires e Gilberto Pires, pelo suporte em momentos de dificuldade, pela preocupação com a minha saúde e bem-estar e pelo apoio incondicional durante todo o processo.

A Gilberto Alves (*in memoriam*) que, mesmo não estando mais aqui, construiu com muita dificuldade um caminho para que eu chegasse até aqui. Você sempre será uma referência inigualável de que é possível mudar sua própria condição com muito esforço, dedicação e estudos, independentemente de cor, origem e a realidade que nos cerca.

A Paulo Garcia, pelo suporte emocional sem igual e que me deu forças para continuar. Sem você, a travessia seria bem mais difícil e quase insuportável. Obrigada por ser, antes de tudo, muito mais que meu amigo.

A Ademir Fontana que, como sempre, foi muito mais que um ex-chefe, mas um amigo verdadeiro. Você fez muito além de somente me orientar, mas procurou mergulhar nesse desafio comigo, quando precisei. Sempre serei grata por tudo que você fez e faz por mim.

A André Ferreira, um dos melhores amigos que a vida me trouxe. Difícil encontrar pessoas que torcem tanto pelas nossas conquistas e crescimento, como você torce por mim. Sempre serei grata por tudo que você sempre foi e representou para mim.

À Bruna Menezes e Carolina Sanches, pela preocupação e apoio, até mesmo financeiro, para que eu concluísse essa etapa. Obrigada pelo suporte e por todas as vezes em que me escutaram e fizeram de tudo para me animar, além de buscar soluções junto comigo.

À Luísa Leal e Daniela Vilela, por sempre me escutarem, apoiarem e oferecerem ajuda procurando sempre o meu melhor. Sou muito grata pela graduação ter me apresentado vocês. Vocês são luz na minha vida (e um pouco de risadas, também).

À Andreia Mendonça, grande amiga que fiz nesse processo e que se preocupou comigo quando percebeu que eu precisava de ajuda. Parou tudo, só para me escutar e me dar apoio, procurando me acalmar e buscar soluções. Saiba que isso terá valor eterno para mim.

À Giovana Bastos e Lauana Ramos, que me escutaram e procuraram me ajudar como podiam, sem me julgar. Vocês moram no meu coração e é sempre um prazer ter o privilégio de conviver com estagiárias como vocês. Vocês vão longe e espero sempre poder participar do crescimento de vocês.

Aos Professores Marcelo Obraczka e Alfredo Akira, por terem me dado todo suporte e por terem realmente me escutado, excedendo as obrigações profissionais, quando precisei de apoio e tive que tomar algumas decisões durante esse processo. Sem a atuação de vocês, essa conclusão não chegaria.

Às Professoras Alena Netto e Rosane Andrade, que toparam esse desafio que já se encontrava saturado. Não tenho palavras para agradecer todo incentivo, apoio, todas as vezes em que procuraram me animar e dizer exatamente o contrário de tudo de ruim que ouvi antes. Vocês ajudaram a cicatrizar um pouco de tudo que estava dentro de mim e me fizeram acreditar novamente na educação por amor.

RESUMO

MOURA, T. P. A. *Análise crítica dos principais dispositivos legais e institucionais disponíveis no Brasil para reúso de águas cinza com fins não potáveis*. 2021. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

A grave crise hídrica que afeta atualmente diversas regiões do Brasil, tanto em relação à quantidade de água disponível quanto em termos de qualidade da água, destaca a urgência de ações para atender com segurança as demandas hídricas atuais e futuras. Nesse contexto, o reúso de águas, em especial o reúso de águas cinza, que representa 50-70% dos esgotos domésticos se apresenta como necessário para garantia do atendimento dessas necessidades. Contudo, o Brasil carece de legislações específicas nas três esferas administrativas para o reúso de águas. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi realizar um levantamento das legislações vigentes para o reúso de águas cinza com fins não potáveis no Brasil, analisando-as criticamente. Para tanto, foi realizado levantamento bibliográfico entre maio/2019 e abril/2021 de trabalhos científicos, documentos públicos, normas e legislações estaduais e municipais. Foram encontradas 12 publicações principais, entre normas técnicas, documentos públicos e legislações, que tratam do reúso de águas cinza a nível federal, estadual e municipal. Dessas, apenas 5 estabelecem parâmetros de qualidade para uso não potável do efluente tratado. Cabe ressaltar que, até o momento, o Brasil não dispõe de uma legislação federal que estabeleça diretrizes para o reúso de águas cinza. A publicação que estabeleceu os parâmetros mais restritivos foi o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005). O parâmetro mais restritivo encontrado foi para Coliformes Termotolerantes, exigido como “ausente” na Classe 1 de águas de reúso do Manual SINDUSCON (2005), na Lei Municipal de Niterói nº 2.856/2011, na Lei Municipal de Londrina nº 11.552/2012 e na Lei Municipal de Belo Horizonte nº 10.840/2015. Parâmetros muito restritivos, principalmente quando adota-se padrões potáveis para fins não potáveis dificultam, podendo até mesmo impossibilitar, a implantação do sistema de reúso de águas cinza. O Sistema Bioágua Familiar (Semiárido brasileiro) e o Edifício Residencial Royal Blue (Vitória - ES) foram os principais casos de sucesso na implantação do reúso de águas cinza identificados no presente estudo. Tratando-se de um futuro muito breve, é possível afirmar que, sem a prática do reúso de águas, é impossível garantir a segurança hídrica da população e do meio ambiente. Uma vez que a água participa de uma ciclagem natural, não há possibilidade do surgimento de uma água totalmente limpa em determinada região onde a mesma já foi utilizada, podendo atingir níveis de saturação do recurso, quando a velocidade de poluição se sobrepuser a de recuperação e autodepuração do corpo hídrico. Logo, quanto maior o volume de efluentes tratados e reutilizados, menor a captação de água dos mananciais e menor a poluição dos recursos hídricos pelo lançamento de efluentes.

Palavras-chave: Escassez de água; Recursos hídricos; Legislação Ambiental; Reúso urbano.

ABSTRACT

MOURA, T. P. A. *Critical analysis of the main legal and institutional instruments available in Brazil about graywater reuse for non-potable purposes*. 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

The serious hydric crisis currently affecting several regions of Brazil, in terms of both quantity and quality of available water, emphasizes the very urgency of actions to safely meet current and future water demands. In this context, the reuse of water, particularly the reuse of graywater, which represents 50-70% of the domestic sewage, is demanded in order to ensure that such needs are met. However, Brazil has a shortage of specific water reuse laws in all three administrative spheres. Hence, the goal of the present study was to gather the current legislation on graywater reuse for non-potable purposes in Brazil, analyzing them critically. For such task, a bibliographical survey, between May/2019 and April/2021, on scientific papers, public documents, norms and state and municipal laws, was accomplished. Were found 12 main publications, amongst technical standards, public documents and laws. All related to graywater reuse at federal, state and municipal level. Of these, only 4 establish quality parameters for non-potable usage of treated effluent. It is noteworthy that, so far, Brazil does not have a federal law which establishes the guidelines for graywater reuse. The publication that settled the most restrictive parameters was the Manual for Water Conservation and Reuse in Buildings (SINDUSCON, 2005). The most restrictive parameter found was the one about Thermotolerant Coliforms, required as "absent" on the SINDUSCON Manual's (2005) class 1 of reuse waters, on the Municipal Law of Niterói No. 2.856/2011 and in the Municipal Law of Belo Horizonte No. 10.840/2015. Very restrictive parameters, especially when potable standards are adopted for non-potable purposes, make the implementation of a graywater reuse system difficult, or even impossible. The Bioágua Family System (Brazilian Semiarid) and the Royal Blue Residential Building (Vitória-ES) were the main successful cases in the implementation of graywater reuse identified in this study. In a proximate future, it's possible to assert that, without the practice of water reuse, it shall be impossible to guarantee the water security of the population and the environment. Since water participates in a natural and cyclic process, there is no possibility of an entirely clean water in a certain region where it has already been used, and this resource might reach saturation levels when the pollution speed exceeds the recovery and self-depuration of the waterbody. Therefore, the higher the volume of treated and reused effluents, the lower the water uptake from springs and water resources pollution by the discharge of effluents.

Keywords: Water scarcity; Water resources; Environmental legislation; Urban reuse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Total de água retirada (A) e total de água consumida (B) no Brasil, por setor, no ano de 2018.	20
Figura 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras.....	28
Figura 3 - Potencial de reúso dos efluentes urbanos por Região Geográfica do Brasil.	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de serviço ecossistêmico e seus respectivos serviços ecossistêmicos hidrológicos.....	19
Quadro 2 - Benefícios do investimento em água e saneamento, por setor.....	22
Quadro 3 - Principais legislações brasileiras sobre recursos hídricos e saneamento.	37
Quadro 4 – Tipos de efluentes domésticos.....	40
Quadro 5 – Descrição das categorias do reúso de águas e suas subdivisões.	43
Quadro 6 - Legislações e documentos brasileiros sobre reúso de águas (Continua).	53
Quadro 6 - Legislações e documentos brasileiros sobre reúso de águas (Continuação).....	54
Quadro 7 - Cuidados recomendados na prática do reúso de águas cinza.....	56
Quadro 8 – Usos recomendados e não recomendados para o reúso de águas cinza.	56
Quadro 9 – Legislações, normas e documentos brasileiros sobre reúso de águas cinza.....	67
Quadro 10 - Aspectos e consequências da falta de legislação nacional para o reúso de águas cinza.	68
Quadro 11 - Definições de fontes para as águas cinza nas edificações e finalidades de uso entre as legislações, normas e documentos analisados.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking mundial de nível de estresse hídrico (2019) e precipitação anual (2016). Destaque para o Brasil.....	24
Tabela 2 - Disponibilidade hídrica (2011) e consumo de água (2010) por região político-administrativa do Brasil.....	25
Tabela 3 - Ranking brasileiro de nível de estresse hídrico (2019).....	26
Tabela 4 - Classificação da disponibilidade hídrica per capita dos estados da Federação.	27
Tabela 5 - Composição dos tipos de efluentes domésticos.....	41
Tabela 6 - Diferentes abordagens para categorias e objetivos/aplicações do reúso de águas.	44
Tabela 7 - Parâmetros listados no Manual SINDUSCON (2005), nas Leis Municipais nº 2.856/2011, 11.552/2012 e 10.840/2015 e na NBR 16.783/2019.	73
Tabela 8 - Classes de águas de reúso de águas cinza, finalidades de uso, parâmetros e tratamentos nas publicações encontradas.	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Col. fecais	Coliformes fecais
Col. totais	Coliformes totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinza
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
EUA	Estados Unidos da América
FIOCRUZ	Fundação Oswaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	<i>International Energy Agency</i>
L	Litro
MBAS	<i>Methylene Blue Active Substances</i>
MG	Minas Gerais
mg	Miligrama
mL	Mililitro
NMP	Número Mais Provável
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Units</i>
OD	Oxigênio dissolvido

ONU	Organização das Nações Unidas
PE	Pernambuco
pH	Potencial hidrogeniônico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PRO-ÁGUAS	Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações
PURAE	Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações
RJ	Rio de Janeiro
RPD	Reúso Potável Direto
RPI	Reúso Potável Indireto
RPINP	Reúso Potável Indireto Não Planejado
RPIP	Reúso Potável Indireto Planejado
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SP	São Paulo
ST	Sólidos totais
Turb.	Turbidez
UFC	Unidades Formadoras de Colônia
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
uH	Unidade Hazen
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 OBJETIVOS	16
1.1 Objetivo geral	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2 METODOLOGIA	17
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	18
3.1 A importância da conservação da água	18
3.2 Disponibilidade hídrica no Brasil.....	23
3.2.1 Escassez hídrica	29
3.2.2 Histórico da legislação sobre água e saneamento no Brasil	33
3.3 O reúso de águas	38
3.3.1 Tipos de reúso de águas	42
3.3.2 Panorama mundial para o uso racional e reúso de águas	45
3.3.3 O reúso de águas no Brasil	49
3.3.3.1 Legislações para o reúso de águas no Brasil.....	52
3.3.4 O reúso de águas cinza.....	55
3.3.5 Cenário mundial para o reúso de águas cinza	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 Principais legislações, normas e documentos sobre reúso de águas cinza	65
4.1.1 Análise e comparação das legislações, normas e documentos sobre reúso de águas cinza.....	69
4.2 Exemplos de sucesso na implantação do reúso de águas cinza no Brasil ..	81
4.2.1 Sistema Bioágua Familiar: reúso de águas cinza na agricultura	81
4.2.2 Edifício Residencial Royal Blue: reúso urbano de águas cinza	82
4.3 O reúso de águas cinza no Rio de Janeiro	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	87

INTRODUÇÃO

A grave crise hídrica que afeta atualmente diversas regiões do Brasil, tanto em relação à quantidade de água disponível quanto em termos de qualidade da água, destaca a urgência de ações para atender com segurança as demandas hídricas atuais e futuras. Como agravante desse cenário, há a ocupação desordenada e a industrialização/urbanização crescentes, intensificando os processos de contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos de água doce, tornando estes impróprios para consumo humano. Dessa forma, a sociedade tem sido exposta, frequentemente, a situações de vulnerabilidade ambiental (REANI; SEGALLA, 2006; SANTOS, OLIVEIRA e SILVA, 2018).

Em média, cerca de 260.000 m³ s⁻¹ de água escoam pelos corpos hídricos brasileiros e o país detém aproximadamente 12% da disponibilidade de água doce do mundo, números que caracterizam o recurso natural como abundante no território brasileiro (ANA, 2017; LEITE et al., 2019). Essa abundância com relação à disponibilidade de recursos hídricos desestimula a sua preservação e a adoção de políticas públicas para medidas sustentáveis e conscientes do seu uso, além de provocar uma falsa sensação de recurso ilimitado (FIGUEIREDO; FIGUEIREDO; FERMENTÃO, 2015; SILVA et al., 2017).

Essa falsa sensação de recurso hídrico ilimitado no Brasil pode ser compreendida ao se considerar a extensão territorial continental do país. Esse extenso território promove grande variabilidade climática e distintos ecossistemas, possuindo desde regiões semiáridas a regiões com grande oferta de recursos hídricos, como a Amazônia (ANA, 2010).

No Brasil, de acordo com o relatório “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019” da Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA, 2019a), 24,4% da retirada de água é para abastecimento urbano, a segunda maior captação do país, atrás apenas da irrigação, responsável por 49,8% do total da água retirada. O relatório aponta que a demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento de, aproximadamente, 80% no total de água captada nas últimas duas décadas e que a previsão é que essa captação aumente 26% até 2030.

Devido a essa demanda crescente por recursos hídricos e aos cenários de escassez vivenciados, é imprescindível a adoção de medidas e políticas que

estimulem a preservação dos recursos hídricos e a diversificação da matriz hídrica brasileira. De acordo com a ANA (2019b), o reúso de água tem sido incentivado no Brasil pela necessidade de melhoria na disponibilidade hídrica, sobretudo no Nordeste e nas grandes regiões metropolitanas brasileiras.

Contudo, a regulamentação sobre o reúso de água ainda demanda aprimoramento para diferentes modalidades, como para fins urbanos, industriais, aquicultura, além de políticas públicas que institucionalizem e fomentem práticas de uso racional e de reúso de águas. No meio urbano, edifícios residenciais, comerciais e prédios públicos são grandes consumidores de água e, conseqüentemente, grandes geradores de águas residuais (SHAIKH; AHAMMED; KRISHNAN, 2019; RACEK, 2020). De acordo com Shaikh, Ahammed e Krishnan (2019), a aplicação de medidas sustentáveis nas edificações, como o reúso para fins não potáveis, é uma das opções e, dentre os tipos de reúso disponíveis, o reúso de águas cinza encontrou apelo mundial por ser menos poluída em comparação às demais águas residuais municipais.

As águas cinza são produto do consumo urbano em edificações, representando cerca de 50-70% dos esgotos domésticos (LEAL et al., 2007; FOUNTOULAKIS et al., 2016). As águas cinza são efluentes oriundos de lavanderias, chuveiro, banheira, pias e, alguns autores, como Fiori, Fernandes e Pizzo (2006), Freitas (2018) e Dantas et al. (2019) incluem também os efluentes de cozinha.

O interesse no reúso de águas cinza também tem sido observado, mais recentemente, em escalas menores e locais, como dentro das residências, bairros ou comunidades, o chamado sistema descentralizado. Nesse tipo de sistema, o tratamento é comumente realizado em edificações unifamiliares e com sistemas simplificados, distinguindo-se dos sistemas centralizados municipais, que são as grandes Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) públicas. O reúso de águas cinza é adequado para sistemas descentralizados devido à menor carga orgânica e de patógenos, além da vazão consistente (SHAIKH; AHAMMED; KRISHNAN, 2019).

Entretanto, para uma avaliação efetiva das potencialidades do uso racional e reúso de água, é importante, primeiro, identificar as dificuldades, peculiaridades e competências de sua implementação. Os impactos positivos e negativos gerados devem ser evidenciados, bem como promover uma discussão dos aspectos legais que podem influenciar essa prática.

O Brasil carece de legislações específicas a nível local, estadual e federal para o reúso de água, sobretudo para fins não potáveis. Essa é uma questão antiga e duramente criticada por diversos autores, pois obriga a adoção dos padrões de potabilidade estabelecidos, encarecendo os projetos para sistemas de reúso de águas cinza com fins não potáveis, além de dificultar a adoção da prática pela ausência de modelo a ser seguido (RAPOPORT, 2004; FERNANDES, 2006; PAES et al., 2010; BRANDÃO et al., 2019; GONÇALVES; KELLER; FRANCI, 2019; OLIVEIRA; ALVES, 2020).

Diante do exposto, o presente estudo justifica-se ao considerar o reúso de águas cinza, para fins não potáveis, um importante instrumento para melhoria da gestão de recursos hídricos no Brasil e que necessita de maior atenção na questão da regulamentação e incentivo governamental da prática no país.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo geral

Realizar um levantamento das legislações vigentes para o reúso de águas cinza com fins não potáveis no Brasil, analisando-as criticamente.

1.2 Objetivos específicos

- Enumerar as principais leis e regulamentações da esfera federal para o reúso de águas cinza com fins não potáveis;
- Analisar o nível de restrição da legislação brasileira para o reúso de águas cinza com fins não potáveis;
- Analisar as oportunidades de melhoria das legislações brasileiras vigentes para o reúso de águas cinza com fins não potáveis;
- Analisar se existem casos bem sucedidos na implementação do reúso de águas cinza com fins não potáveis;
- Analisar o contexto da realidade do Estado do Rio de Janeiro para o reúso de águas cinza.

2 METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo foi fundamentada em pesquisa bibliográfica e documental, conforme definido por Botelho e Cruz (2013). O processo de pesquisa e seleção de legislações e demais documentos governamentais para subsídio dos resultados e discussão foi realizada de junho de 2020 a abril de 2021 através das páginas eletrônicas “Leis Municipais”, “Leis Estaduais” e dos trabalhos de Rezende (2016), Romano (2020) e Moura et al. (2020). Não foram utilizados sites das Assembleias Legislativas estaduais por ter sido identificada a desatualização com relação à vigência das legislações.

O indexador utilizado ao longo de toda a pesquisa bibliográfica foi o *Google Scholar* (Google Acadêmico), por questões de acessibilidade em qualquer equipamento. Foram selecionados trabalhos em língua portuguesa, inglesa e espanhola, incluindo estudos experimentais e não-experimentais.

Foi dada preferência à utilização de artigos científicos e capítulos de livros, contudo, nos estudos de caso de outros países e na busca de legislações brasileiras, também foram utilizados trabalhos do tipo monografias, dissertações, teses e trabalhos apresentados em congressos e eventos. Também foram levantadas legislações, normas e documentos governamentais, bem como reportagens que trouxessem informações atualizadas sobre as legislações publicadas no Brasil.

Destaca-se que não foram considerados Projetos de Lei, por tratarem-se de documentos submetidos à votação e, dessa forma, passíveis de não serem aprovados. Outro filtro estabelecido para seleção das legislações e demais publicações que compuseram os resultados foi a descrição do texto delinear com clareza ações voltadas ao reúso de águas cinza ou servidas em edificações, cerne do presente trabalho.

A pesquisa foi realizada a partir das palavras-chave relacionadas a: *funções e serviços ecossistêmicos da água; disponibilidade hídrica; mudanças climáticas e a água; saneamento no Brasil; gestão dos recursos hídricos no Brasil; reúso; reúso de água; águas cinza; águas servidas; water reuse; graywater reuse; reutilización del aguas grises.*

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 A importância da conservação da água

A água é, sabidamente, um elemento essencial para a sobrevivência dos seres vivos e desempenha funções que afetam direta e indiretamente a saúde e a qualidade de vida do homem e dos ecossistemas. Processos naturais e estruturais dos ecossistemas, como o ciclo da água, são capazes de prover benefícios e serviços, denominados funções ecossistêmicas. Já os bens e serviços que são prestados direta ou indiretamente ao homem são chamados serviços ecossistêmicos (DE GROOT, 1987; COSTANZA et al., 1997; DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002).

Esse recurso natural é capaz de prestar quatro funções ecossistêmicas: (1) de provisão: os produtos que o homem obtém diretamente da natureza; (2) de regulação: aqueles obtidos da regulação feita no ambiente pelos ecossistemas e/ou seres vivos; (3) culturais: provenientes do contato da população com a natureza, contribuindo para a cultura e as relações sociais; e (4) de habitat/suporte: aqueles que promovem as condições ideais para que os demais serviços (provisão, regulação e culturais) possam ser disponibilizados para a sociedade de forma indireta (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002; OLIVEIRA; ARAÚJO; COSTA, 2015; GAUDERETO et al., 2018). Os serviços prestados pela água, de acordo com De Groot, Wilson e Boumans (2002) estão apresentados resumidamente no Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos de serviço ecossistêmico e seus respectivos serviços ecossistêmicos hidrológicos.

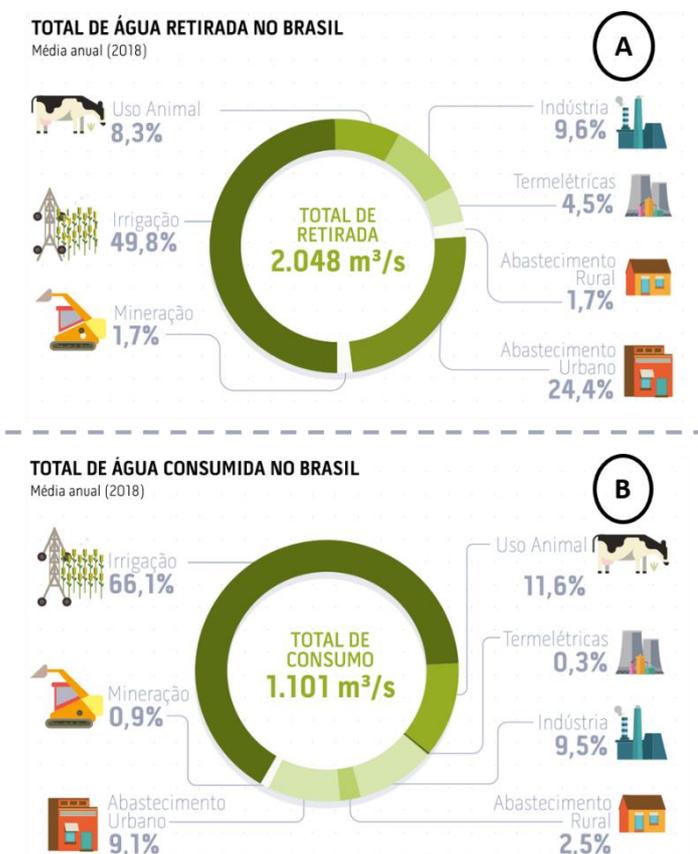
Tipo de serviço ecossistêmico	Serviços prestados pela água
<i>Função de provisão</i>	Energia; Cuidados de saúde; Produtos farmacêuticos; Insumo químico.
<i>Função de regulação</i>	Manutenção do clima; Irrigação natural; Fornecimento para uso consuntivo; Meio para transporte natural.
<i>Funções culturais</i>	Recreação; Turismo; Apreciação estética da paisagem; Valor artístico (uso em livros, filmes, pinturas etc.); Uso em fins religiosos e históricos; Pesquisa científica;
<i>Função de hábitat/suporte</i>	Manutenção da diversidade biológica e genética; Manutenção de espécies; Aquicultura.

Fonte: DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002 (adaptado).

Todavia, a garantia dos serviços ecossistêmicos hidrológicos e da preservação da água encontra-se ameaçada pelo consumo exacerbado e sem o adequado planejamento. A importância da disponibilidade de água passou a ser discutida considerando a possibilidade de conflitos por água, como exposto por Campos e Fracalanza (2010). As autoras esclarecem que, em uma situação de escassez, especialmente em virtude da redução da qualidade da água, são observados conflitos relacionados à apropriação do recurso, ou seja, a quem ele pertence, e embates entre limites territoriais e limites hidrográficos passam a fazer parte da discussão.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, em 2018, a agricultura, o abastecimento urbano e as indústrias responderam pelas três maiores porcentagens de retirada de água no Brasil (ANA, 2019a). Entretanto, ao observar os setores sob a perspectiva do consumo de água, ou seja, da quantidade de água que efetivamente foi utilizada, as porcentagens mudam. O abastecimento urbano, que na retirada de água ocupava o segundo lugar, passa a ocupar a quarta posição (Figura 1).

Figura 1 - Total de água retirada (A) e total de água consumida (B) no Brasil, por setor, no ano de 2018.



Fonte: ANA, 2019a (adaptado).

Conforme a Figura 1, de um lado, 24,4% da água retirada no Brasil é direcionada para o abastecimento urbano; de outro, da água consumida no Brasil, apenas 9,1% é utilizada neste setor. Esses números demonstram os índices de perdas nos sistemas de distribuição, que atingiram 39,2% no Brasil e 37,9% no Estado do Rio de Janeiro em 2019, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2020a). Trazendo para as porcentagens de perdas atuais, uma redução para 28% desse prejuízo no estado já seria suficiente para atender a um milhão e meio de pessoas (BRITTO; FORMIGA-JOHNSON; CARNEIRO, 2016).

Tão importante quanto a garantia da quantidade é a garantia da qualidade da água fornecida e consumida pela população. Água de má qualidade, por falta de saneamento, afeta diretamente a saúde e causa doenças infecciosas e parasitárias como Amebíase, Cólera, Diarreia, Esquistossomose, Hepatite A e Leptospirose (FIOCRUZ, 2020).

Diante do cenário recente de pandemia da Covid-19, a questão do saneamento básico voltou a ser pauta de discussão da sociedade e da comunidade científica, considerando que uma das principais medidas recomendadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para prevenção do contágio pelo vírus é lavar as mãos frequentemente. Dessa forma, populações que vivem em situações precárias de saneamento e abastecimento de água são diretamente afetadas pelo novo Coronavírus, conhecido como SARS-CoV-2 (CAPODEFERRO; SMIDERLE, 2020; EKUMAH et al., 2020; MUSHI; SHAO, 2020; OLIVEIRA, 2020, UFMG, 2020).

Além dos problemas associados a doenças, há ainda os contaminantes orgânicos e inorgânicos, como os disruptores endócrinos, capazes de provocar disfunções endócrinas e perturbação hormonal em seres saudáveis. Esse grupo de contaminantes é formado por substâncias como fármacos, pesticidas, hormônios e toxinas. Muitos deles não são biodegradáveis ou passíveis de remoção pelos sistemas de tratamento de esgoto, incluindo alguns sistemas de tratamento avançado, o que leva a incertezas quanto aos seus efeitos a longo prazo e representa um desafio para as políticas públicas de saneamento ambiental (HESPANHOL, 2015; CRUZ e MIERZWA, 2020).

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2019) explicita que três entre cada dez pessoas não têm acesso à água potável, seis entre cada dez pessoas não têm acesso a serviços de saneamento gerenciados de forma segura e uma em cada nove pessoas pratica a defecação ao ar livre. Um estudo realizado em 2014 pela ONU-Água e amplamente divulgado pelo mundo listou os principais benefícios do investimento em água e saneamento básico (Quadro 2) (ONU, 2014).

Quadro 2 - Benefícios do investimento em água e saneamento, por setor.

Saúde	<ul style="list-style-type: none"> • Milhões de crianças são salvas da mortalidade prematura, de doenças relacionadas à desnutrição e de doenças evitáveis transmitidas pela água; • Melhor saúde materna e cuidados para recém-nascidos; • Adultos, de modo geral, vivem com maior e mais saudável expectativa de vida; • Um seguro e contínuo abastecimento de água e esgoto poderia reduzir significativamente as doenças por diarreia em até 70%.
Qualidade de vida	<ul style="list-style-type: none"> • Economia de tempo procurando, carregando e utilizando água de instalações distantes ou inseguras; • Melhoria da frequência e conclusão escolar, especialmente para meninas; • Menos dias perdidos em casa, na escola ou trabalho devido a doenças evitáveis; • Maior conforto, privacidade e segurança, especialmente para mulheres, crianças, idosos e pessoas deficientes; • Maior senso de dignidade e bem-estar para todos.
Economia	<ul style="list-style-type: none"> • Ganho geral estimado de 1,5% do PIB global e retorno de US\$ 4,3 para cada dólar investido em serviços de água e saneamento devido aos custos reduzidos de cuidados de saúde para indivíduos e sociedade; • Maior produtividade e envolvimento no local de trabalho devido ao melhor acesso às instalações, especialmente na força de trabalho feminina; • Oportunidade para crescimento de novas indústrias, como infraestrutura, descarte e uso de resíduos humanos e abastecimento de materiais.
Meio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da poluição dos recursos hídricos e da terra. Impacto positivo no interior e na pesca costeira. Ecossistemas aquáticos mais amplos e terras mais valiosas; • Potencial para reutilização de nutrientes, como lodo fecal para fertilizante ou geração de biogás; • Oportunidades para expandir o turismo devido a um ambiente mais limpo e com menores riscos para a saúde.

Fonte: ONU, 2014 (adaptado).

Compreendida a importância da garantia da preservação da quantidade e da qualidade da água, a seguir serão apresentados dados que ilustram o cenário brasileiro e mundial diante dos desafios inerentes à proteção desse recurso. Os tópicos irão demonstrar a atual situação da disponibilidade hídrica no Brasil e no mundo, os efeitos das mudanças climáticas na escassez hídrica e as políticas públicas brasileiras e internacionais para a manutenção da água, principalmente voltadas ao reúso de águas residuárias.

3.2 Disponibilidade hídrica no Brasil

Comparado a países árabes, que dispõem em média de apenas 736 m³ de recursos hídricos renováveis por pessoa, o Brasil encontra-se em uma posição bastante favorável em relação à disponibilidade hídrica: 35.000 m³ por pessoa ano⁻¹ (RAYIS, 2018; ONU, 2019). Hoje existem diversas instituições, frentes e organizações que realizam importantes ações e pesquisas sobre a disponibilidade hídrica no mundo. Um deles é o projeto *Aqueduct* do *World Resources Institute* (WRI), que disponibiliza não só bases de dados constantemente atualizadas sobre a situação hídrica global, como também ferramentas que permitem, por meio de indicadores específicos, visualizar e comparar esses dados.

Uma dessas ferramentas traz o ranking global do nível de estresse hídrico nos países e internamente a eles, a partir da porcentagem do total anual de fluxo disponível em relação ao total anual de retirada de água para uso agrícola, doméstico e industrial. O nível de estresse hídrico de um país é indicado por uma pontuação que, quanto mais alta for, maior é a competição por água entre os usuários (GASSERT et al., 2013).

O Brasil, conforme o *Aqueduct 3.0* (WRI, 2019), ocupa a posição de número 112 do ranking sobre o nível de estresse hídrico dentre 150 países analisados pela ferramenta. A Tabela 1 traz as dez piores posições mundiais e a posição de países vizinhos ao Brasil, possibilitando a construção de um panorama comparativo sobre a situação do Brasil no mundo e na América do Sul. Além dos dados disponibilizados pelo WRI, foi incluído na tabela o índice de precipitação registrado pelo Banco Mundial (2020) em 2016, objetivando demonstrar que o nível de estresse hídrico não está associado somente ao índice pluviométrico, mas a outros fatores que também podem influenciar na disponibilidade do recurso.

Tabela 1 - Ranking mundial de nível de estresse hídrico (2019) e precipitação anual (2016). Destaque para o Brasil.

Posição	País	Score	Nível de estresse	Precipitação (mm ano ⁻¹)	Continente	Região	População (milhão)
1	Catar	4,97	Extremamente alto (>80%)	65	Ásia	Oriente Médio	2.743.901
2	Israel	4,82	Extremamente alto (>80%)	268	Ásia	Oriente Médio	8.583.916
3	Líbano	4,82	Extremamente alto (>80%)	586	Ásia	Oriente Médio	6.065.922
4	Irã	4,57	Extremamente alto (>80%)	223	Ásia	Oriente Médio	82.820.766
5	Jordânia	4,56	Extremamente alto (>80%)	113	Ásia	Oriente Médio	10.697.712
6	Líbia	4,55	Extremamente alto (>80%)	45	África	Norte da África	6.569.864
7	Kuwait	4,43	Extremamente alto (>80%)	114	Ásia	Oriente Médio	4.248.974
8	Arábia Saudita	4,35	Extremamente alto (>80%)	74	Ásia	Oriente Médio	34.140.662
9	Eritreia	4,33	Extremamente alto (>80%)	285	África	África Subsaariana	5.309.659
10	Emirados Árabes	4,26	Extremamente alto (>80%)	65	Ásia	Oriente Médio	9.682.088
18	Chile	3,98	Alto (40-80%)	647	América do Sul	América Latina	18.336.653
24	México	3,86	Alto (40-80%)	725	América do Sul	América Latina	132.328.035
112	Brasil	0,78	Baixo (<10%)	1742	América do Sul	América Latina	190.755.799
118	Colômbia	0,65	Baixo (<10%)	2630	América do Sul	América Latina	49.849.818
150	Paraguai	0,01	Baixo (<10%)	1087	América do Sul	América Latina	6.981.981

Fonte: WRI, 2019; BANCO MUNDIAL, 2020.

Contudo, esse cenário de conforto em relação à quantidade de água no Brasil existe quando em comparação a outros países mas, internamente, esse conforto não se reflete nas diferentes regiões do país. Devido ao seu extenso território, a distribuição natural dos recursos hídricos ocorre de forma desigual pelas regiões político-administrativas brasileiras. O país possui tanto regiões semiáridas, com total anual de chuva menor que 500 mm, a regiões como a Amazônia, onde há grande oferta de recursos hídricos e total anual de chuva superior a 3.000 mm (ANA, 2010).

Além disso, a distribuição populacional não é proporcional à disponibilidade de recursos hídricos local. Embora a região Norte possua a maior oferta de água do Brasil devido à Região Hidrográfica Amazônica, onde está localizado o Rio Amazonas, que ocupa o status de maior rio do mundo em volume e extensão, essa

região possui uma das menores demandas. Por outro lado, as regiões Nordeste e Sudeste possuem as maiores demandas por água e menores disponibilidades hídricas (ANA, 2019a; IBGE, 2020).

A distribuição regional dos recursos hídricos e o respectivo consumo de água em cada região político-administrativa do Brasil estão ilustrados na Tabela 2, elaborada com dados de Tonello (2011) e Libânio (2010).

Tabela 2 - Disponibilidade hídrica (2011) e consumo de água (2010) por região político-administrativa do Brasil.

Região	Disponibilidade de água	Consumo de água
Norte	68,5%	2%
Centro-Oeste	15,7%	4%
Sul	6,5%	31%
Sudeste	6,0%	44%
Nordeste	3,3%	19%

Fonte: LIBÂNIO, 2010; TONELLO, 2011.

Com relação ao estresse e disponibilidade hídrica nos estados brasileiros, a Tabela 3 apresenta o ranking dos estados brasileiros de acordo com dados do WRI (2019) e o número de habitantes em cada estado conforme o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A situação hídrica dos estados também pode ser categorizada segundo a oferta anual de água por habitante, baseando-se no que foi definido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2002). A Tabela 4 demonstra os dados de disponibilidade hídrica per capita, bem como a categorização dos estados segundo a UNEP (2002), formulada de acordo com informações extraídas de Palini Junior (2008) e Libânio (2010).

Tabela 3 - Ranking brasileiro de nível de estresse hídrico (2019).

Posição	Estado	Escore	Nível	População (milhão)
1	Distrito Federal	2,19	Médio - Alto (20-40%)	2.570.160
2	Ceará	1,83	Baixo - Médio (10-20%)	8.452.381
3	Paraíba	1,65	Baixo - Médio (10-20%)	3.766.528
4	Rio de Janeiro	1,61	Baixo - Médio (10-20%)	15.989.929
5	Pernambuco	1,44	Baixo - Médio (10-20%)	8.796.448
6	Rio Grande do Norte	1,37	Baixo - Médio (10-20%)	3.168.027
7	Alagoas	1,20	Baixo - Médio (10-20%)	3.120.494
8	Espírito Santo	1,12	Baixo - Médio (10-20%)	3.514.952
9	Sergipe	1,09	Baixo - Médio (10-20%)	2.068.017
10	São Paulo	1,09	Baixo - Médio (10-20%)	41.262.199
11	Bahia	0,80	Baixo (<10%)	14.016.906
12	Piauí	0,69	Baixo (<10%)	3.118.360
13	Minas Gerais	0,51	Baixo (<10%)	19.597.330
14	Tocantins	0,43	Baixo (<10%)	1.383.445
15	Rio Grande do Sul	0,37	Baixo (<10%)	10.693.929
16	Goiás	0,37	Baixo (<10%)	6.003.788
17	Paraná	0,27	Baixo (<10%)	10.444.526
18	Santa Catarina	0,17	Baixo (<10%)	6.248.436
19	Pará	0,16	Baixo (<10%)	7.581.051
20	Mato Grosso do Sul	0,13	Baixo (<10%)	2.449.024
21	Maranhão	0,04	Baixo (<10%)	6.574.789
22	Rondônia	0,00	Baixo (<10%)	1.562.409
23	Mato Grosso	0,00	Baixo (<10%)	3.035.122
24	Amazonas	0,00	Baixo (<10%)	3.483.985
25	Roraima	0,00	Baixo (<10%)	450.479
26	Acre	0,00	Baixo (<10%)	733.559
27	Amapá	0,00	Baixo (<10%)	669.526

Fonte: WRI, 2019; IBGE, 2010.

Tabela 4 - Classificação da disponibilidade hídrica per capita dos estados da Federação.

Situação	Estado	Disponibilidade hídrica per capita [m³ (hab ano)⁻¹]
Abundância >20.000 m ³ (hab ano) ⁻¹	Roraima	1.747.010
	Amazonas	878.929
	Amapá	678.929
	Acre	369.305
	Mato Grosso	258.242
	Pará	217.058
	Tocantins	137.666
	Rondônia	132.818
	Goiás	39.185
	Mato Grosso do Sul	39.185
	Rio Grande do Sul	20.798
Muito rico >10.000 m ³ (hab ano) ⁻¹	Maranhão	17.184
	Santa Catarina	13.662
	Paraná	13.431
	Minas Gerais	12.325
Rico >5.000 m ³ (hab ano) ⁻¹	Piauí	9.608
	Espírito Santo	7.235
Situação correta >2.500 m ³ (hab ano) ⁻¹	Bahia	3.028
	São Paulo	2.913
Pobre <2.500 m ³ (hab ano) ⁻¹	Ceará	2.436
	Rio de Janeiro	2.315
	Rio Grande do Norte	1.781
	Distrito Federal	1.752
	Alagoas	1.751
	Sergipe	1.743
Situação crítica <1.500 m ³ (hab ano) ⁻¹	Paraíba	1.437
	Pernambuco	1.320

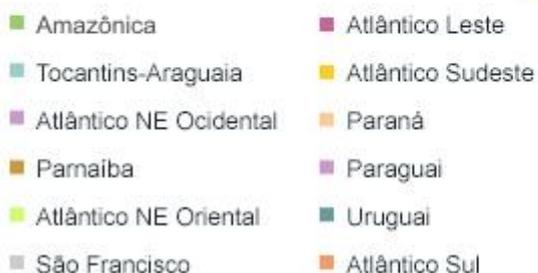
Fonte: PALINI JUNIOR, 2008; LIBÂNIO, 2010.

Diante dos dados expostos, é possível compreender porque episódios de seca são vivenciados pela população brasileira em diversos locais, como no Estado de Alagoas, que teve Situação de Emergência devido à seca reconhecida em cerca de quarenta municípios no ano de 2018, de acordo com a ANA (2019a). No caso do Brasil, o desafio para o abastecimento urbano incide no fato da população estar concentrada justamente nas regiões de menor oferta de água.

De modo geral, a maior parte da população brasileira (45% da população urbana) está concentrada nas regiões litorâneas, porém, as Regiões Hidrográficas do Atlântico (Leste, Nordeste Ocidental, Nordeste Oriental, Sudeste e Sul), juntas, dispõem de apenas 3% da disponibilidade hídrica (ANA, 2019a). As divisões das Regiões Hidrográficas pelo território brasileiro podem ser observadas na Figura 2.

Figura 2 - Regiões Hidrográficas brasileiras.

As 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras



Fonte: ANA, 2020a (adaptado).

3.2.1 Escassez hídrica

A escassez hídrica é um problema de caráter mundial, podendo ocorrer de forma natural ou em decorrência da ação humana. Para esse segundo fator, a escassez de água está relacionada ao aumento da população, à redução da qualidade dos recursos hídricos disponíveis devido à poluição e às mudanças climáticas, que vêm reduzindo as taxas de precipitação (OLIVEIRA, 2007; MASHHADI ALI; SHAFIEE; BERGLUND, 2016; JAYASWAL; SAHU; GURJAR, 2017).

De acordo com estudos realizados por Hejazi et al. (2013), a demanda por água pode aumentar significativamente devido ao aumento populacional e da renda per capita. Os autores projetaram um aumento de 437 km³ ano⁻¹ em 2005 para 2000 km³ ano⁻¹ em 2100, a depender das práticas para gestão de recursos hídricos que forem adotadas ao longo dos anos.

Segundo dados da ONU (2019) mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam um elevado estresse hídrico. O documento cita ainda que aproximadamente 4 bilhões de pessoas experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano, problema que continuará a aumentar à medida que a demanda por água e os efeitos das mudanças climáticas se intensificarem.

No caso do Brasil, os danos humanos reconhecidos pela Defesa Civil devido às secas cresceram nos últimos anos. Em 2018, 5 milhões de pessoas a mais foram afetadas por eventos de seca, comparado ao ano de 2017. Ademais, cerca de 43 milhões de pessoas foram afetadas por secas ou estiagens no país em 2018, o que representa quase 30 vezes mais que o efeito das cheias. Os efeitos da seca no país geraram uma despesa de mais de R\$ 680 milhões na Operação Carro-Pipa do governo federal no ano de 2018 (ANA, 2019a).

A região do Semiárido brasileiro é reconhecidamente uma das mais afetadas com relação à escassez hídrica e abrange parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Devido às condições geoambientais e características climáticas naturais, como baixos e irregulares índices de precipitação, temperaturas elevadas durante todo o ano, baixa capacidade de armazenamento de água no solo, entre outros fatores, a

região possui hidrografia frágil, não sustentando rios caudalosos e perenes (IBGE, 2017; ANA, 2019a).

Para agravar essa realidade, a região do Semiárido também é caracterizada pela falta de acesso ao abastecimento público de água, existindo famílias que demoram entre quatro e cinco horas para buscar água na fonte mais próxima (NOGUEIRA, 2017). Essa situação pode ser agravada ao considerar as projeções de Tanajura, Genz e Araújo (2010), que especularam que entre 2070 e 2100 haverá uma redução entre 20 e 60% na precipitação anual para o Semiárido brasileiro. Marengo et al. (2011) citam que a ausência de sistemas eficientes de armazenamento de água é um intensificador dos problemas sociais vividos no Semiárido.

Problemas com a gestão e escassez dos recursos hídricos não são exclusividade do Semiárido, sendo vivenciados também no meio urbano e nas grandes metrópoles brasileiras. Os grandes centros urbanos são as áreas que mais geram pressão sobre os corpos hídricos. Medidas como canalização dos corpos d'água, lançamento de efluentes sem tratamento em corpos hídricos, desmatamento em áreas de mananciais e impermeabilização em áreas de especial interesse para recarga de aquíferos foram adotadas para a implementação das cidades, resultando nos desequilíbrios hídricos vivenciados atualmente (SERAPHIM, 2018).

À medida que a cidade se urbaniza, de forma geral, ocorrem os seguintes impactos: (a) aumento das vazões, devido ao aumento da capacidade de escoamento em função da canalização e da impermeabilização; (b) aumento da sedimentação (assoreamento) devido à desproteção das superfícies e produção de resíduos sólidos; e (c) deterioração da qualidade das águas através da poluição pela precipitação dos poluentes do ar, lavagem das superfícies urbanas, transporte de materiais sólidos e ligações clandestinas de água pluvial e esgoto. Somados a esses impactos, estão aqueles inerentes à desorganização da implantação da infraestrutura urbana (TUCCI, 1997; 2003; 2008).

As mudanças climáticas também vêm provocando episódios imprevisíveis e prejudiciais de variações na disponibilidade de água em todo o mundo. Marengo (2008) cita que apenas em 2007 cerca de 117 milhões de pessoas foram afetadas por aproximadamente 300 desastres naturais, incluindo secas devastadoras vivenciadas pela China e pela África e inundações na Ásia, que geraram um prejuízo total de US\$ 15 bilhões.

Em 2018, Flörke, Schneider e McDonald (2018), realizaram um levantamento dos dados de fontes de água de 482 das maiores cidades do mundo. Os autores identificaram que o número de cidades afetadas pelo déficit de águas superficiais aumentará cerca de 27,6% até 2050, em virtude das mudanças climáticas e da urbanização. Segundo as projeções do estudo, entre 440,5 e 673,3 milhões de pessoas viverão em cidades com déficit na oferta de água superficial até 2050.

No caso do Brasil, mais especificamente na região Nordeste, nos últimos 40 anos, devido à emissão de gases do efeito estufa e à urbanização crescente, os termômetros registraram um aumento de mais de 3°C em cidades como Vitória de Santo Antão (PE), ao passo que o restante do planeta teve sua temperatura aumentada em 0,4°C. Aumentos de temperatura no planeta, independente da alteração no regime de chuvas, já seriam suficientes para aumentar a evaporação dos lagos, açudes, reservatórios e também aumentar a evapotranspiração das plantas. Condições tão severas criam um ambiente expulsivo, aumentando as taxas de migração para as grandes cidades (MARENGO et al., 2011; NOGUEIRA, 2017).

Entretanto, os efeitos das mudanças climáticas não são exclusivos da região Nordeste e têm sido vivenciados também em outras regiões do país, inclusive nas grandes metrópoles. Em 2014, o Sudeste sofreu com as mudanças climáticas e teve as taxas de chuva inferiores à média histórica para a região brasileira. O resultado foi uma das maiores estiagens já vivenciadas no Sudeste, desde a “crise do apagão” (entre 2001 e 2002), que culminou com vazões nos Sistemas Cantareira e Paraíba do Sul inferiores à média histórica e com uma severa crise hídrica na cidade de São Paulo (MARENGO et al., 2015).

Em 2015, o Estado do Espírito Santo viveu a pior crise hídrica da história quando as reservas do sistema de abastecimento de água potável da Região Metropolitana da Grande Vitória não foram suficientes para atender à demanda populacional. Sendo assim, foi necessário publicar a Resolução AGERH Nº 005 de 02 de outubro de 2015, que decretou o Cenário de Alerta frente ao prolongamento da escassez hídrica, e a Resolução AGERH Nº 006 de 02 de outubro de 2015, que priorizou o abastecimento humano e animal e estabeleceu uma série de restrições ao uso da água. O racionamento de água foi decretado em nove localidades do estado (ESPÍRITO SANTO, 2015).

A Cidade de Brasília, localizada na Região Centro-Oeste do país, também conviveu com o racionamento de água em razão da baixa pluviosidade. No ano de

2017, o terceiro maior centro urbano brasileiro teve o primeiro racionamento de água de sua história desencadeado pela maior crise hídrica ocorrida na região até aquele momento. A população chegou a conviver semanalmente com pelo menos 24 horas consecutivas de racionamento de água (BATISTA; MOURA, 2019).

No caso de grandes metrópoles urbanizadas, além de períodos de seca em decorrência da alteração dos regimes de chuva, há também o risco de chuvas intensas. Pode parecer paradoxal, mas as chuvas intensas podem influenciar na escassez hídrica a médio e longo prazo uma vez que o grande volume de água causa erosão das margens de rios frequentemente desprotegidos pela ausência de mata ciliar, o que aumenta o assoreamento (RIBEIRO, 2008).

Com o assoreamento, dois efeitos principais podem ser observados: (1) aumento dos índices de alagamentos, tendo em vista que os corpos d'água se tornam mais rasos; e (2) possibilidade de aterramento total do rio devido à deposição dos sedimentos. Conseqüentemente, episódios de racionamento de água e poluição são observados (ALVES et al., 2020).

Diante dessa previsão de cenários de escassez hídrica em virtude das mudanças climáticas, alguns setores, como o de energia hidrelétrica seriam severamente afetados. Turner et al. (2017) estimaram, para regiões secas, a necessidade de investimento aproximado de um trilhão de dólares, ainda nesse século, para compensar o dano no setor de geração de energia hidrelétrica devido às mudanças climáticas.

Países como Irã, Estados Unidos, Austrália e Peru estão incluindo outras técnicas, como a dessalinização e o reúso, para diversificação da sua matriz hídrica frente às ameaças impostas pelas mudanças climáticas e os desastres naturais (GUDE, 2017; VÁZQUEZ-ROWE; KAHHAT; LORENZO-TOJA, 2017; KARIMI; KARAMI; KESHAVARZ, 2018). A Austrália, por exemplo, é um dos países mais populosos e secos do mundo e tem enfrentado diversos riscos devido aos efeitos das mudanças climáticas, como baixa precipitação, incêndios florestais e inundações (GUDE, 2017).

Segundo Ghernaout (2018), a nível mundial, a reutilização da água tem sido altamente recomendada como estratégia ambiental, tecnológica e econômica para enfrentamento das alterações na quantidade e qualidade da água devido ao crescimento populacional, às mudanças climáticas, à poluição e às mudanças no uso da terra. Comparativamente à dessalinização, o reúso tem atraído mais

interesse por questões econômicas. Sistemas descentralizados, onde são utilizadas estruturas alternativas menores, são ainda mais incentivados, por representarem uma maior resiliência e mitigação de potenciais crises humanitárias (VÁZQUEZ-ROWE; KAHHAT; LORENZO-TOJA, 2017).

3.2.2 Histórico da legislação sobre água e saneamento no Brasil

A questão da disponibilidade hídrica no Brasil é algo destacado desde os primórdios do descobrimento do país pelos portugueses. O primeiro relato do Brasil de que se tem notícia, a Carta de Pero Vaz de Caminha ao rei dom Manuel, já comentava a aparente fartura das águas do novo mundo. Entretanto, logo em 1552, os portugueses começaram a expor, documentalmente, as secas do Nordeste. Desde então, há conhecimento de processos migratórios devido à estiagem da região. Em 1877, o Nordeste viveu a seca mais dramática que se tem notícia, responsável por vitimar quase metade da população do sertão nordestino da época (BRASIL, 2014).

Ainda assim, foi somente em 1934 que surgiu a primeira legislação brasileira específica para o regramento sobre o uso das águas brasileiras, o Decreto Federal nº 24.643 de 10 de julho de 1934, também conhecido como Código de Águas. Esse decreto afirmou que, até então, o uso das águas no Brasil era regido por uma legislação obsoleta, em desarmonia com as necessidades e interesses da coletividade do país (BRASIL, 1934). Contudo, o maior enfoque do Código de Águas foi sobre a energia hidrelétrica e o aproveitamento industrial das águas.

Levou mais de 40 anos para o tema da água ser revisto em lei. Em 1997, foi publicada a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, popularmente conhecida como Lei das Águas. Os principais feitos dessa lei foram o estabelecimento da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e o estabelecimento dos instrumentos para a gestão dos recursos hídricos no território brasileiro (BRASIL, 1997).

Diferente do revogado Código de Águas, que centralizava as decisões no setor elétrico, a atual Lei das Águas tem significativo caráter descentralizador: inclui

os estados, os usuários e a sociedade civil nas decisões a respeito do gerenciamento dos corpos hídricos de interesse de cada parte. Devido a isso, é considerada moderna. Ademais, a prioridade passou a ser o abastecimento urbano e a dessedentação animal em casos de escassez hídrica e a bacia hidrográfica foi definida como unidade territorial para implementação da PNRH (ANA, 2020b).

Embora a Política Nacional de Recursos Hídricos incentive a gestão descentralizada dos recursos hídricos, essa ainda não é uma realidade para o país. Quando a gestão da bacia hidrográfica é concentrada apenas no governo, os gestores ficam impossibilitados de se aproximar dos reais problemas que ocorrem na região da bacia. Ao incluir os agricultores e a população local, por exemplo, é possível conhecer as necessidades pontuais da bacia hidrográfica (ANA, 2013).

Antes da promulgação da Lei das Águas, cabe destacar que foi publicada a Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986. Essa resolução representou um importante marco a respeito do planejamento sobre o uso dos corpos hídricos, uma vez que estabeleceu as classes de enquadramento dos corpos d'água e os padrões mínimos de qualidade dos efluentes antes do lançamento (BRASIL, 1986).

A Resolução CONAMA nº 20/1986 teve os seus artigos 26 a 34 revogados pela Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000, com o objetivo de revisar os critérios de balneabilidade em águas brasileiras (BRASIL, 2000), e depois foi totalmente revogada pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, que criou duas novas classes para as águas salinas e salobras (BRASIL, 2005). Atualmente, a regulamentação em vigor é a Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, que complementou e alterou as condições e padrões de lançamento de efluentes antes discutidos na CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2011).

Com relação ao saneamento básico, embora em 1723 já existissem os primeiros aquedutos do país, hoje conhecidos como Arcos da Lapa (RJ), mesmo as casas mais sofisticadas não possuíam sanitários. Assim, a responsabilidade pelo transporte dos dejetos até os rios era dos escravos, através dos chamados tigres: recipientes com ou sem tampa que acondicionavam os excrementos. Essa prática era alvo de diversas denúncias em jornais devido ao desconforto generalizado e odor provocados e se tornou ainda mais polêmica após a abolição da escravatura, em 1888, pois não havia mais pessoas para realizar esse transporte. Diante do cenário insalubre, epidemias de cólera e tifo ressurgiram entre 1830 e 1840 (SANTOS, 2007; RIBEIRO; ROOKE, 2010).

Porém, somente no início do século seguinte que as primeiras proposições de planejamento urbanístico e saneamento foram levantadas pelo engenheiro Francisco Rodrigues Saturnino de Brito, considerado o Patrono da Engenharia Sanitária e Ambiental no Brasil. O engenheiro foi responsável por realizar obras como os canais de drenagem de Santos (1907) e o sistema de esgotamento sanitário na área central de Recife. Saturnino de Brito também foi responsável por propor o sistema separador absoluto para o Brasil, isto é, de um lado, a rede pluvial e, do outro, a rede de esgotamento sanitário, adotado nos citados canais de drenagem da cidade de Santos (SANTOS, 2007; RIBEIRO; ROOKE, 2010; BRITTO; QUINTSLR, 2020).

Mesmo diante dos problemas pela falta de saneamento básico vivenciados desde o século XVIII, a primeira Lei de Saneamento Básico foi publicada há, apenas, quatorze anos atrás, em 5 de janeiro de 2007, quando foi promulgada a Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007). Não à toa, essa lei representa um marco regulatório para a questão do saneamento no Brasil e tem como um de seus princípios a universalização, progressiva, do acesso ao saneamento nos domicílios ocupados.

Alguns dos princípios fundamentais da lei também são a gestão integrada e descentralizada, a titularidade dos serviços de saneamento pertencente ao município, o controle das perdas de água tratada, o estímulo à racionalização do seu consumo pelos usuários, o reúso de efluentes sanitários e o aproveitamento das águas de chuva. É interessante também ressaltar que a lei define que saneamento básico não se trata somente do tratamento de esgoto, mas também da coleta de resíduos sólidos, do abastecimento de água e da drenagem/manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020b).

Recentemente, o marco legal do saneamento básico foi alterado pela Lei Federal nº 14.026 de 15 de julho de 2020, denominado “novo marco legal do saneamento básico”. Essa nova lei não revoga a lei anterior de saneamento básico, mas a atualiza em alguns pontos, objetivando aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no Brasil e ampliar a universalização do acesso à população em 99% com abastecimento de água potável e 90% com tratamento de esgoto até 2033, podendo o prazo ser estendido até 2040.

Dentre as principais alterações da nova lei estão a previsão de mecanismos privados para prestação dos serviços públicos de saneamento e a atribuição à ANA

da competência de editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. Essa nova atribuição resultou na alteração do nome “Agência Nacional de Águas” para “Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico” (BRASIL, 2020c).

É importante ressaltar que o novo marco legal do saneamento básico é fonte de diversas discussões. Segundo Gonçalves e Silva (2020), a destinação à ANA da competência de regular o abastecimento de água e o tratamento de esgoto representa um retrocesso, pois centraliza na autarquia esse controle, gestão contrária à descentralização prevista na Lei Federal nº 11.445/2007. Por outro lado, Sion (2020) considera a atribuição da competência à ANA uma forma de fortalecimento das agências reguladoras.

Um ponto em comum de discussão entre Gonçalves e Silva (2020) e Sion (2020) a respeito da participação da ANA prevista na nova lei é a necessidade de reestruturação da Agência para atender às novas demandas de matéria. Os autores também apresentaram como ponto de discussão a fragilização da autonomia dos municípios a respeito do saneamento. Contudo, Sion (2020) considerou que, ainda que as pluralidades e especificidades locais devam ser preservadas, estas não devem se sobrepor às necessidades básicas da Federação, como o saneamento.

Duras críticas também foram tecidas a respeito da privatização dos serviços de saneamento básico. Gonçalves e Silva (2020) explicitam que o setor privado possui interesse de oferecer os serviços somente às grandes cidades e às regiões mais abastadas. Ademais, segundo as autoras, a privatização representa uma iminente ameaça de aumento das tarifas.

O risco da falta de acesso ao saneamento em pequenas cidades, regiões rurais e periféricas devido à privatização também foi exposto por Sion (2020). Entretanto, o autor afirma que a nova lei prevê regionalizações da prestação dos serviços, o que amplia o acesso de pequenas cidades, porém não expôs seu julgamento a respeito do acesso em regiões rurais e periféricas. Sion (2020) também alega que o prestador deve ser remunerado com vistas a garantir a própria e adequada/ininterrupta sustentabilidade da prestação do serviço, sendo mandatória a cobrança de tarifas pela prestação do serviço e estando prevista no Art. 4º-A, §8º, da nova lei a preocupação do legislador com a população de baixa renda.

O Quadro 3 apresenta um histórico das legislações citadas, com o seu ano de publicação e um resumo das principais características.

Quadro 3 - Principais legislações brasileiras sobre recursos hídricos e saneamento.

Legislação	Ano	Principais aspectos
Decreto Federal nº 24.643 (Código de Águas)	1934	Primeira legislação brasileira. Informa sobre os tipos de usos, da propriedade e o uso da água. Voltada à geração de energia hidrelétrica.
CONAMA nº 20	1986	Primeira a classificar os corpos d'água e a estabelecer padrões mínimos dos efluentes antes do lançamento em corpos hídricos.
Lei Federal nº 9.433 (Lei das Águas)	1997	Atual Política Nacional de Recursos Hídricos. Considerada moderna, incentiva a gestão descentralizada dos recursos hídricos. O foco não é mais a geração de energia, mas o abastecimento humano e animal.
CONAMA nº 274	2000	Altera os artigos 26 a 34 da CONAMA nº 20/1986 com o objetivo de revisar os critérios de balneabilidade.
CONAMA nº 357	2005	Cria duas novas classes para as águas salinas e salobras e revoga a Resolução CONAMA nº 20/1986.
Lei Federal nº 11.445 (Lei de Saneamento Básico)	2007	Primeira legislação sobre saneamento básico no Brasil. Alguns dos princípios fundamentais da lei são a gestão integrada e descentralizada e a titularidade dos serviços de saneamento pertencente ao município.
CONAMA nº 430	2011	Complementa e altera condições e padrões de lançamento de efluentes estabelecidos na CONAMA nº 357/2005.
Lei Federal nº 14.026	2020	Novo marco legal do saneamento básico. Destina à ANA a competência de regulamentar o saneamento e incentiva a prestação dos serviços de saneamento pelo setor privado.

Fonte: O autor, 2021.

3.3 O reúso de águas

O reúso começou a ser pensado como alternativa no Brasil quando as plantações de cana-de-açúcar passaram a reutilizar o efluente originário das destilarias de álcool, conhecido como vinhaça, para a irrigação. Em 1993, o setor industrial iniciou a implantação de medidas estruturais contra a escassez de água e quatro fábricas do Polo Industrial de Cubatão (SP) incluíram os efluentes reutilizados nas torres de refrigeração do processo produtivo (LEITE, 2003).

O reúso é o processo de utilização da água, tratada ou não, mais de uma vez, para a mesma ou para outra finalidade. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, de forma planejada ou não. No reúso, as águas residuais ou efluentes de um processo são utilizados como *input* do mesmo ou de outro processo ou atividade (ANA, 2018a; SILVA, 2018).

Por outro lado, Brega Filho e Mancuso (2003) diferenciam o “reúso” da “reciclagem” de águas ao considerarem que, na reciclagem, a água é utilizada para o mesmo uso original e antes de ser descarregada em outro sistema ou ponto de lançamento. Para os autores, no reúso, o efluente é utilizado para finalidade diferente do uso original e descarregado para utilização por outros usuários, em outros pontos ou sistemas.

Cabe destacar que, de acordo com a finalidade da água reciclada, não devem ser utilizados efluentes de fontes industriais para reduzir o risco sanitário pela presença de contaminantes químicos. A qualidade do efluente utilizado e a finalidade são determinantes para o nível de tratamento a ser aplicado (podendo ser processos físicos, biológicos e/ou físico-químicos), os critérios de segurança hídrica e os custos relacionados. As possibilidades e formas potenciais de reaproveitamento dependem das características, condições e fatores locais, como políticas públicas, projetos institucionais e disponibilidade de água (BREGA FILHO; MANCUSO, 2003; SINDUSCON, 2005; ALMEIDA, 2011).

Mierzwa e Hespanhol (2005) citam o reúso da água como elemento essencial para garantia da continuidade das atividades humanas, frente ao cenário de escassez dos recursos hídricos, trazendo outro elemento como essencial: a racionalização do uso da água. Os autores esclarecem que a criação de estratégias como a racionalização e o reúso da água são importantes devido ao cenário de

escassez presente no território brasileiro não apenas em áreas de climatologia desfavorável, mas também em regiões urbanizadas, como as principais metrópoles.

O uso da água no Brasil é ineficiente devido às perdas nos sistemas de distribuição e aos desperdícios ao utilizar água potável para fins menos nobres, como rega de gramados esportivos públicos ou privados, resfriamento de torres industriais, lavagem de pisos e em descargas sanitárias. Sendo assim, o reúso de águas, incluindo o reúso de águas cinza, se apresenta como solução adequada e viável para redução do estresse hídrico e sobrecarga dos mananciais (REBOUÇAS, 2003; CARVALHO et al., 2014; ANA, 2018b).

No Brasil, os efluentes domésticos são classificados em quatro grandes grupos categorizados por cores, baseado em Otterpohl, Braun e Oldenburg (2002): águas amarelas, águas cinza (que podem ser subdivididas em água cinza clara e água cinza escura), águas marrons e águas negras. A separação dos sistemas de acordo com o tipo de efluente gerado permite a economia de espaço, a redução de custos e aumenta a eficiência e o reaproveitamento, pois cada tipo de efluente possui recursos e problemas que são melhor aproveitados e solucionados quando tratados separadamente (BRASIL, 2018a). A descrição de cada tipo de efluente, de acordo com Brasil (2018a), encontra-se no Quadro 4.

Quadro 4 – Tipos de efluentes domésticos.

Água amarela	Água cinza		Água marrom	Água negra
<p>Produzida no mictório com descarga. Contém água e urina. A urina não apresenta grandes riscos à saúde, podendo ser encaminhada para sistemas de infiltração no solo ou fertirrigação.</p>	<p>Todos os efluentes da casa, exceto o da bacia sanitária. Existem diferenças na composição da água cinza, de acordo com a sua origem.</p>		<p>Produzida na bacia sanitária com separação de urina. Mesma composição da água negra, mas sem urina.</p>	<p>Produzida na bacia sanitária com descarga. Contém fezes, urina, água, produtos químicos e, eventualmente, papel higiênico. É a menor porção do esgoto doméstico, mas tem o maior potencial de poluição e contaminação. Por isso, se deve evitar misturá-la à água cinza, para não aumentar o volume de esgoto contaminado a ser tratado. Pode ser subdividida em água marrom e água amarela, por meio de sistemas de separação de urina.</p>
	Água cinza escura	Água cinza clara		
	<p>Contém mais materiais orgânicos e gorduras do que o restante da água cinza. Inclui os efluentes da pia da cozinha.</p>	<p>É o restante da água cinza, exceto a da pia da cozinha.</p>		

Fonte: BRASIL, 2018a (adaptado).

De acordo com o tipo de efluente, diferentes elementos fazem parte da sua composição (Tabela 5).

Tabela 5 - Composição dos tipos de efluentes domésticos.

Efluentes e interfaces		Água	Gordura	Sólidos	Produtos químicos	Sabão	Fezes	Urina	Matéria orgânica	Patógenos	Fibras ou cabelo	Nutrientes
Água negra	Bacia sanitária sem separação de urina	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
Água marrom	Bacia sanitária com separação de urina	✓		✓	✓		✓		✓	✓		✓
Água amarela	Mictório com descarga	✓						✓				✓
Água cinza	Pia da cozinha	✓	✓	✓	✓	✓			✓			✓
	Chuveiro	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	Lavatório	✓	✓		✓	✓			✓		✓	
	Lavanderia	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓	

Fonte: BRASIL, 2018a (adaptado).

3.3.1 Tipos de reúso de águas

O reúso de águas pode ser classificado em duas grandes categorias: reúso potável e reúso não potável, que são subdivididas de acordo com a finalidade e o planejamento do reúso da água. Ainda que não haja, atualmente, consenso acadêmico em relação à determinação dessas subdivisões, autores como Hespanhol (2008), Angelakis et al. (2018), Oliveira, Andrade e Broetto (2019) e CETESB (2021) trazem importantes contribuições, cujos pontos de convergência permitem descrições gerais não só das categorias “reúso potável” e “reúso não potável”, como também de suas subdivisões (Quadro 5).

Por outro lado, há também convergências e, principalmente, divergências nas abordagens dos autores acerca da finalidade e dos objetivos/aplicações do efluente tratado, que podem ser observadas na Tabela 6.

Quadro 5 – Descrição das categorias do reúso de águas e suas subdivisões.

Reúso Potável Direto (RPD) <i>Angelakis et al. (2018) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>		
Águas residuárias recuperadas após tratamento avançado, que podem ser introduzidas em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), em um reservatório de mistura à montante da ETA ou diretamente no sistema de distribuição.		
Reúso Potável Indireto (RPI) <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>		
Águas residuárias que, após tratamento, são lançadas em corpos hídricos (superficiais ou subterrâneos) para diluição e purificação natural. Posteriormente, as águas do manancial, juntamente com as águas residuárias lançadas, são captadas à jusante do ponto de lançamento para serem tratadas e finalmente utilizadas para fins potáveis.		
Reúso Potável Indireto Planejado (RPIP) <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019) e CETESB (2021)</i>	Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP) – “de fato” <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>	
Águas residuárias que, após tratamento, são descarregadas de forma planejada nos corpos d’água para serem utilizadas à jusante. Há controle sobre eventuais descargas que ocorrem no caminho e que devem atender, também, aos requisitos de qualidade do reúso objetivado.	Águas residuárias cujos lançamento e captação nos corpos hídricos ocorrem de forma não intencional e não controlada.	
Reúso não potável <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>		
Águas residuárias com diversas possibilidades de uso, nível de tratamento de acordo com o objetivo da destinação do efluente e classificação conforme a finalidade do uso.		
Fins agrícolas <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019) e CETESB (2021)</i>	Fins domésticos <i>Angelakis et al. (2018) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>	Fins recreacionais <i>Hespanhol (2008), Angelakis et al. (2018) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>
Irrigação de cultivos e plantas não alimentícias – pastagens, forrações etc. –, com uso de nutrientes naturais do efluente (fertirrigação). Aplicável para dessedentação de animais. Subproduto: recarga de aquíferos.	Rega de jardins, descargas sanitárias, lavagem de pisos, combate a incêndio, lavagem de veículos, controle de poeiras, limpeza de tubulações e galerias e sistemas decorativos aquáticos – chafarizes, fontes e espelhos d’água.	Atividades que envolvem contato mínimo com a água – pesca, canoagem, prática de esqui aquático etc. Natação e vadeação conforme requisitos legais sobre contato corporal e ingestão incidental de água. Também, irrigação de paisagens, campos, jardins de rodovias, uso em lagos ornamentais etc. Subproduto: recarga de aquíferos.
Fins industriais <i>Angelakis et al. (2018) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>	Manutenção de vazões <i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>	Fins de aquicultura <i>Hespanhol (2008) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>
Águas reutilizadas para refrigeração, uso em caldeiras ou inserção dentro ou fora do processo produtivo.	Preservação da vazão mínima de estiagem e adequada diluição de eventuais cargas poluidoras. Reúso enquadrado na utilização planejada de efluentes tratados.	Criação de peixes e plantas aquáticas para obtenção de alimento e/ou energia.
Recarga de aquíferos subterrâneos <i>Hespanhol (2008), Angelakis et al. (2018) e Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>		
Recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, realizada de forma direta, com a injeção sob pressão, ou de forma indireta, por meio da utilização de águas superficiais que receberam descargas de efluentes tratados à montante. Aplicável, também, para prevenção à intrusão salina em aquíferos costeiros.		

Fonte: O autor, 2021.

Tabela 6 - Diferentes abordagens para categorias e objetivos/aplicações do reúso de águas.

Finalidade	Categoria	Autor(es)		
		<i>Hespanhol (2015)</i>	<i>Angelakis et al. (2018)</i>	<i>Oliveira, Andrade e Broetto (2019)</i>
Objetivo/Aplicação				
Reúso potável	Reúso Potável Direto (RPD)	Aumento no abastecimento de água potável.	Aumento no abastecimento de água potável.	Aumento no abastecimento de água potável.
	Reúso Potável Indireto Planejado (RPIP)	Adição a corpos hídricos receptores, com diluição dos efluentes.	Aumento no abastecimento de água potável.	Adição aos corpos hídricos mananciais.
	Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP)	Adição aos corpos hídricos mananciais.	Adição aos corpos hídricos mananciais.	Adição aos corpos hídricos mananciais.
Reúso não potável	Fins Agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação de colheitas; • Recarga subterrânea; • Dessedentação de animais. 	Irrigação de colheitas e estufas.	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação de colheitas e pastagens; • Recarga subterrânea; • Dessedentação de animais.
	Fins Industriais	<ul style="list-style-type: none"> • Refrigeração; • Águas de processo; • Utilização em caldeiras; • Geração de energia; • Descarga sanitária; • Construção civil; • Combate a incêndio; • Rega de área verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Refrigeração; • Uso em caldeiras; • Processo produtivo; • Água de alta qualidade para fabricação de eletrônicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Refrigeração; • Águas de processo; • Utilização em caldeiras.
	Fins Recreacionais	<ul style="list-style-type: none"> • Pesca; • Canoagem; • Esqui aquático; • Natação; • Vadeação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lagos e lagoas; • Produção de neve para esqui; • Derretimento de neve nas cidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte e parques; • Uso em lagos ornamentais; • Recarga de aquíferos como subproduto.
	Fins Domésticos	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação de parques, jardins, campos de esportes, vegetação de avenidas e rodovias; • Lavagem de pisos e praças; • Descargas sanitárias; • Combate a incêndio; • Lavagem de veículos; • Controle de poeiras; • Limpeza de tubulações e galerias; • Sistemas decorativos aquáticos; • Construção civil. 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Rega de jardins; • Descargas sanitárias; • Utilização em grandes edifícios.
	Manutenção de Vazões	-	-	Manutenção de vazões de cursos de água.
Fins de Aquicultura	Criação de peixes e plantas aquáticas.	-	Criação de peixes e plantas aquáticas.	
Recarga de Aquíferos	Recarga de aquíferos subterrâneos.	<ul style="list-style-type: none"> • Recarga de aquíferos subterrâneos; • Barreira de intrusão da água do mar. 	Recarga de aquíferos subterrâneos.	
Irrigação de Paisagens	-	Irrigação de parques, jardins de rodovias e campos de golfe.	-	

Fonte: O autor, 2021.

3.3.2 Panorama mundial para o uso racional e reúso de águas

Para enfrentamento dos problemas com o uso e a gestão inadequados dos recursos hídricos, os países vêm adotando medidas econômicas, administrativas e participativas em seus territórios. Mecanismos como cobrança das taxas de água de acordo com o número de animais no pasto, como aplicado no Quênia, programas de educação pública sobre a água e os potenciais usos dos efluentes, como os dos Estados Unidos, e a implantação de políticas administrativas para investimento em tecnologias de tratamento de águas residuais nas indústrias, como realizado na Índia, são alguns exemplos (ABREU; ARAÚJO, 2018).

Em países onde há grande necessidade da prática do reúso devido à escassez hídrica ou a outros fatores, comumente o reúso é aplicado sem nenhuma restrição. Já em países em desenvolvimento, percebe-se que as legislações são pouco restritivas ou até mesmo inexistentes, o oposto do que ocorre em países desenvolvidos, onde as legislações costumam estar bem estabelecidas e são extremamente restritivas visando garantir a saúde dos usuários e operadores dos sistemas (SILVA; SANTOS; SANTOS, 2016).

Em locais com políticas públicas mais avançadas para a gestão hídrica, observa-se a prática do reúso desde os sistemas de distribuição, onde existem as chamadas redes duplas de água, e não como uma solução “fim-de-tubo” ou utilizada pontualmente. Esse tipo de sistema distribui, separadamente, efluente tratado ou água de menor qualidade (por exemplo, águas subterrâneas, que possuem maior turbidez) para fins não potáveis (uso em descargas sanitárias e irrigação de áreas urbanas) e água de qualidade para fins potáveis. Embora pareça algo moderno e avançado, a prática é datada do Império Romano e diversas cidades como Fort Collins (EUA), Fukuoka (Japão) e Hanói (Vietnã) já utilizam esse tipo de sistema há anos (OKUN, 1997; HESPANHOL, 2002; NGUYEN; HAN, 2014; COLE et al., 2018; RASOULKHANI et al., 2019).

Outro investimento estrutural fruto de políticas administrativas e que endossa o reúso é a existência dos sistemas descentralizados para tratamento de águas residuais. Os sistemas de tratamento são divididos em dois extremos de tratamento: os sistemas descentralizados, associados a edificações unifamiliares, e os grandes sistemas centralizados, que são as grandes Estações de Tratamento de Esgoto. A

descentralização do tratamento de esgotos ocorre quando a coleta, tratamento e disposição/reutilização são realizados próximos à fonte de geração e consumo da água tratada. Em países em desenvolvimento, os sistemas centralizados não existem ou apresentam-se deficientes. Devido a isso, os sistemas descentralizados oferecem uma solução colaborativa para a sustentabilidade hídrica (PETER-VARBANETS et al., 2009; SUBTIL; SANCHEZ; CAVALHERO, 2016; TONETTI et al., 2018; MESQUITA et al., 2021).

O custo em manter o sistema centralizado, onde as águas residuais são encaminhadas para pontos remotos de tratamento, além da falta de sistemas duplos de distribuição, são frequentemente proibitivos ao reúso de águas, pois tornam a prática não econômica. Os sistemas descentralizados são vantajosos ao promoverem uma grande economia financeira e energética na construção, operação e manutenção do sistema, pois evita longos transportes. Entretanto, uma das principais desvantagens do sistema descentralizado é a impossibilidade de obter distintos níveis de qualidade de água, impedimento para requerimentos de água de reúso e despejo específicos, considerando que são sistemas mais simplificados (COHIM; KIPERSTOK, 2007; SUBTIL; SANCHEZ; CAVALHERO, 2016).

Embora existam sistemas integrados desde a década de 80, como o instalado na Cidade de Upland – Califórnia (EUA), para abastecimento do Campo de Golfe local, a prática não é plenamente difundida e carece de legislações regulamentadoras, inclusive no Brasil (GIKAS; TCHOBANOGLOUS, 2009; ANGELAKIS et al., 2018; MESQUITA et al., 2021). Dessa forma, autores como Angelakis et al. (2018) preveem um futuro urbanizado onde será feito um maior uso de sistemas de gestão de efluentes descentralizados, sendo a gestão integrada (sistemas centralizados + sistemas descentralizados) uma das três grandes tendências para o reúso de águas e superação dos déficits de esgotamento sanitário.

Devido ao contexto hídrico em que se encontram, alguns países criaram políticas sólidas para incentivo do reúso de águas. Um exemplo é Cingapura, uma ilha que enfrentou severas crises de racionamento de água devido à poluição por esgoto dos seus rios, períodos de estiagem e crescimento populacional que aumentou cerca de cinco vezes a demanda por água. Além disso, a localização geográfica desprivilegiada (cerca de 30% do seu território fica a apenas 5 m acima do nível do mar), somada ao sistema de drenagem ineficiente, colaboravam para a

ocorrência de inundações. Dessa forma, os tomadores de decisão da ilha posicionaram a água como um desafio existencial à Cingapura (NG, 2018).

Em Cingapura, Li e Bergen (2018) identificaram quatro fontes para abastecimento de água: (1) precipitação local (fonte prioritária); (2) águas residuais recuperadas; (3) água dessalinizada; e (4) água importada (fonte gradualmente eliminada). Ng (2018) explica que de forma antecipada aos demais países, na década de 90, Cingapura investiu em recursos e pesquisas tecnológicas para tornar toda a sua água residuária novamente potável. Sendo assim, no início dos anos 2000, a ilha adotou a *NEWater* – água reciclada de altíssima qualidade – como estratégia hídrica e que hoje é capaz de suprir cerca de 40% das demandas diárias.

De acordo com Kog (2020), a *NEWater* é utilizada para uso potável indireto e para uso não potável direto. Para uso não potável direto, a *NEWater* é direcionada por meio de uma rede de tubulação dedicada a consumidores de alta demanda, como fábricas, indústrias petroquímicas e de geração de energia, bem como torres de resfriamento de ar condicionado de prédios públicos e comerciais.

Outro exemplo é Israel, um dos países que mais sofre com o estresse hídrico no mundo. Aproximadamente 70% da chuva é perdida por evapotranspiração, cerca de 25% infiltra-se nas águas subterrâneas e apenas 5% escoam na superfície. Ademais, o clima semiárido na maior parte do país e o fato de parte de sua localização estar situada no deserto de Negev contribuem para que o enfrentamento a vários anos de seca não seja algo incomum no território israelense (MARIN et al., 2017).

Considerando a necessidade de Israel promover medidas alternativas para abastecimento de água, em 2005, um conjunto preliminar de normas de reutilização de águas residuais foi publicado contendo 38 parâmetros de qualidade da água. Esse conjunto de normas é conhecido localmente como “Inbar”, em referência ao presidente do comitê interministerial e Ministro de Proteção Ambiental à época, Yossi Inbar, que supervisionou a revisão padrão (INBAR, 2007; LIPCHIN; ALBRECHT, 2017).

O Ministério da Proteção Ambiental de Israel e o Ministério da Saúde adotaram esses padrões em 2007. A política exigiu que as estações de tratamento de águas residuais novas (instaladas após adoção governamental da política) fossem capazes de produzir águas residuais a um nível que permita irrigação ou descarga nos corpos hídricos, enquanto as estações de tratamento de águas

residuais existentes deveriam ser melhoradas para atender aos novos padrões (LIPCHIN; ALBRECHT, 2017).

Hoje o país reutiliza 93,8% dos seus efluentes e destina mais de 87% dessas águas residuárias à agricultura, o que representa cerca de metade da água total utilizada pelos agricultores. Israel é o país líder no reúso de água tratada do Oriente Médio e, devido ao tratamento avançado dos seus efluentes, o uso agrícola dos efluentes tratados é irrestrito (MARIN et al., 2017; MIZYED; MAYS, 2020).

No continente europeu, devido a sua localização na Península Ibérica (região tomada em grande parte pelo clima mediterrânico), à proximidade da região de anticiclones dos Açores e a uma gestão ineficaz dos recursos hídricos, a Espanha vivenciou uma significativa seca em seu território durante a primeira metade da década de 1990. O episódio levou a um aumento no número de estudos e pesquisas sobre as suas causas e consequências, além de compelir o governo espanhol a adotar novas medidas para gestão dos seus recursos hídricos (GIL; CANTOS; AMORÓS, 1999; AMORÓS, 2004).

Como uma das respostas ao enfrentamento das secas, a Espanha consolidou um aparato regulatório e administrativo para o reúso de águas bem estruturado, e hoje lidera a prática na Europa. Desde 2007, o país tem publicado o Decreto Real 1620, que estabeleceu um regime jurídico de reutilização de água e fomentou a prática no país (MELGAREJO-MORENO; LÓPEZ-ORTIZ, 2016; SOUZA; PASOLD, 2019).

O principal uso de água de reúso na Espanha é para a agricultura, que representa cerca de 75% do total de reutilização. A água recuperada também é utilizada para fins industriais (refrigeração de equipamentos), urbanos (jardins e serviços de limpeza), recreativos (campos de golfe) e ambientais (recarga de aquíferos), o que representa uma grande economia do recurso hídrico para fins não potáveis (AZNAR-CRESPO; ALEDO; MELGAREJO, 2019).

Por outro lado, no continente europeu, a República Tcheca possui uma demanda específica por água menor que os demais países da Europa Ocidental. Devido a isso, no país não é vislumbrada a necessidade de buscar fontes alternativas de água, pois a abundância de recursos têm sido suficientes para suprimento da população nos últimos anos (RACLAVSKÝ et al., 2013; RACEK, 2020).

Na território tcheco, os sistemas de águas de reúso são utilizados em residências de famílias ou em jardins coloniais, onde a água de reúso é coletada e destinada à irrigação de áreas verdes. A água cinza tratada, conhecida no país como água branca, é utilizada na descarga sanitária, irrigação e para outros usos. Contudo, a prática do reúso é apenas esporádica (RACEK, 2020).

Racek (2020) explica que a prática do reúso de águas na República Tcheca, inclusive águas cinza, esbarra em aspectos técnicos e econômicos, além da rejeição da opinião pública sobre a utilização de águas de reúso tratada. O país também lida com a falta de regulamentação direta para o reúso de águas.

3.3.3 O reúso de águas no Brasil

Embora o reúso de águas seja uma fonte hídrica alternativa, a prática ainda é incipiente no Brasil e há pouca experiência com relação ao reúso planejado e institucionalizado. Ademais, há escassez de informação à população e uma carência de políticas públicas sobre essa temática (ALMEIDA, 2011; OLIVEIRA; ANDRADE; BROETTO, 2019).

No Brasil, o Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP) é praticado extensivamente (HESPANHOL, 2015; BRASIL, 2017). No Estado do Rio de Janeiro, por exemplo, esse tipo de reúso é realizado ao lançar efluentes sem tratamento à montante do ponto de captação localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (SOTERO-MARTINS, 2020).

A prática do Reúso Potável Indireto Não Planejado, embora amplamente difundida no país, não é recomendada. Esse tipo de prática é considerado prejudicial para o meio ambiente e para a saúde pública de usuários de sistemas de distribuição de água tratada através de sistemas convencionais (HESPANHOL, 2015; CRUZ; MIERZWA, 2020).

Diante desse contexto, a discussão da prática do reúso no Brasil vem sendo impulsionada, visando melhoria na disponibilidade hídrica no país, principalmente no Nordeste. Em 2017 foi concluído o “Projeto Reúso”, fruto da parceria entre o Ministério das Cidades, a ANA, o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério da Integração, com o objetivo de oferecer subsídios para a instituição do reúso como

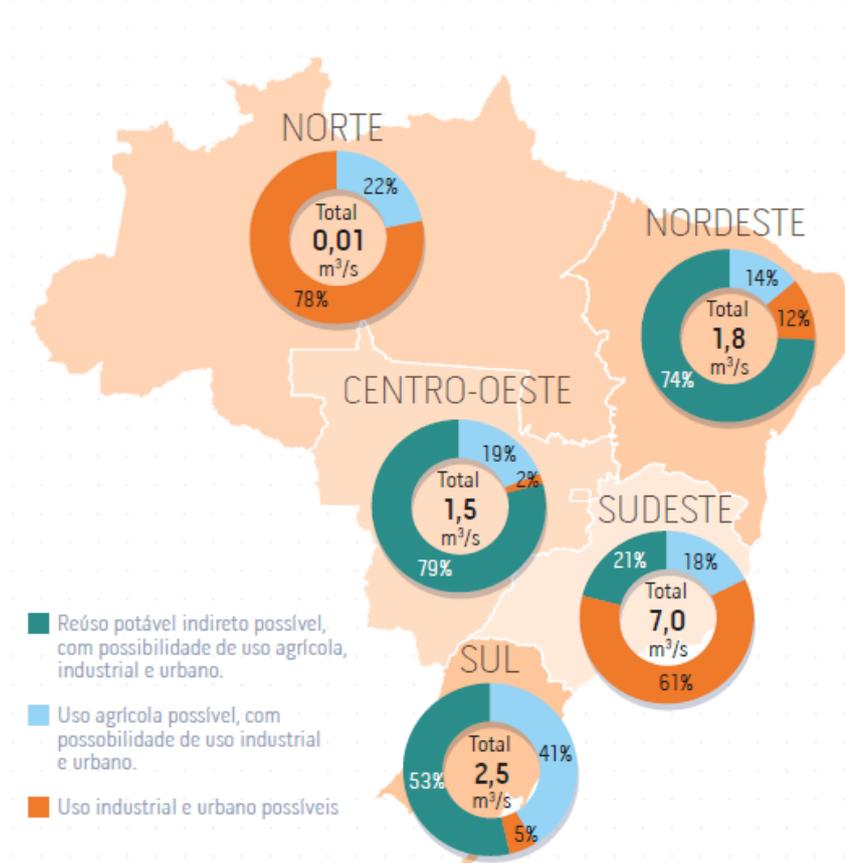
uma política de Estado pelo Governo Federal. A meta proposta pelo projeto para o reúso não potável direto é de cerca de $13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ até 2030, diante dos quase $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ estimados em 2017. O alcance da meta representaria 4% do total de água reusada mundialmente, colocando o país em posição de destaque nesse quesito (ANA, 2018b).

O “Projeto Reúso” gerou como resultado seis relatórios contendo um plano de trabalho com descrição das atividades e tarefas; um esboço da realidade nacional e internacional em relação ao reúso; a definição de padrões de qualidade para o reúso com base em parâmetros internacionais; um levantamento das potencialidades de reúso no Brasil; um levantamento e análise dos possíveis modelos de financiamento para o reúso; e a proposta de um plano de ações para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil (BRASIL, 2018b).

O Ministério das Cidades (BRASIL, 2018c) realizou um levantamento da estimativa do potencial de reúso a curto e médio prazo no Brasil (5 a 10 anos), considerando somente o efluente urbano. Com base nesses dados, a ANA (2018b) gerou seu próprio mapa, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Potencial de reúso dos efluentes urbanos por Região Geográfica do Brasil.

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE REUSO NO CURTO E MÉDIO PRAZO
por Região Geográfica, considerando somente efluente urbano



Fonte: ANA, 2018b.

O Ministério das Cidades constatou que cerca de 50% do potencial de reúso foi identificado no Sudeste, principalmente associado ao reúso industrial. Nessa estimativa, também foi constatado que o país possui um potencial para reúso entre 10 e 15 m³ s⁻¹, comparado à capacidade atual. O total estimado de investimentos para atingir 10 m³ s⁻¹ até 2030 ficou estimado entre 4 e 6 bilhões de reais, correspondendo a uma média entre 300 e 500 milhões de reais por ano, de 2018 até 2030. A longo prazo, espera-se o alcance de cerca de 175 m³ s⁻¹ de reutilização de águas (ANA, 2018b).

Além disso, foi constatado que o potencial de reúso irá crescer juntamente com o crescimento populacional, principalmente nas áreas urbanizadas que dispõem de recursos hídricos limitados. Nesses locais, haverá melhoria nos níveis de coleta e tratamento de esgoto e na habilidade das partes interessadas em lidar com os obstáculos levantados através do “Projeto Reúso” (BRASIL, 2018c).

3.3.3.1 Legislações para o reúso de águas no Brasil

No Brasil, ainda não há uma legislação nacional que estabeleça parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de qualidade para os efluentes destinados ao reúso, mas somente documentos norteadores. Em âmbitos estadual e municipal são observadas algumas legislações que estabelecem esses padrões de qualidade dos efluentes tratados, bem como os critérios recomendados. A falta de uma legislação federal para o reúso de águas cria insegurança jurídica nas partes interessadas em aderir à prática, além de não fomentar a criação de legislações federais voltadas, especificamente, às diversas categorias de reúso.

O Quadro 6 apresenta um histórico das legislações e documentos nacionais, estaduais e municipais encontrados, em ordem de data de publicação, incluindo a abrangência e se estabelece parâmetros de qualidade para os efluentes, além de um breve resumo das principais características. Destaca-se que existem mais publicações vigentes no Brasil acerca do reúso de águas, mas abaixo serão apresentadas as principais, distribuídas entre os estados e municípios brasileiros, bem como resoluções e documentos nacionais, dando preferência ao reúso de efluentes, em detrimento do reaproveitamento de águas pluviais.

Quadro 6 - Legislações e documentos brasileiros sobre reúso de águas (Continua).

Legislação	Local	Data	Âmbito	Estabelece parâmetros	Principais aspectos
Decreto nº 48.138	São Paulo	07 out. 2003	Estadual	Não	Torna obrigatória a lavagem somente com água de reúso de áreas externas de edificações. Considerou os índices pluviométricos abaixo das médias históricas dos últimos 70 anos, à época, para criação do Decreto.
Lei nº 6.259	Vitória	23 dez. 2004	Municipal	Não	Lei voltada a áreas públicas. Torna obrigatória a utilização de água de reúso não potável, oriunda das ETE, para lavagem de pisos e irrigação de paisagens.
Resolução nº 54 do CNRH	Brasil	28 nov. 2005	Nacional	Não	Define critérios gerais a serem observados para a prática do reúso direto não potável.
PROSAB	Brasil	2006	Nacional	Sim	Compilado de trabalhos de pesquisa na área de reúso. Utilizado como um norteador para a prática no país.
Lei nº 6.616	Caxias do Sul	05 dez. 2006	Municipal	Não	Institui o Programa Municipal de Conservação, Reuso e Uso Racional da Água.
Resolução nº 75 do CONERH	Bahia	29 jul. 2010	Estadual	Sim	Estabelece procedimentos e alguns parâmetros para o reúso direto não potável para uso agrícola e florestal.
Resolução nº 121 do CNRH	Brasil	16 dez. 2010	Nacional	Não	Trata do reúso direto não potável discutido na Resolução Nº 54/2005, mas voltado para uso agrícola e florestal.
Lei nº 4.026	Aracaju	28 abr. 2011	Municipal	Não	Cria o programa de reúso de água em postos de gasolina e lava-rápidos.
Lei nº 6.034	Rio de Janeiro	08 set. 2011	Estadual	Não	Obriga postos de combustíveis, lava-rápidos, transportadoras e empresas de ônibus urbanos intermunicipais e interestaduais a instalarem equipamentos de tratamento e reutilização da água usada na lavagem de veículos.
Lei nº 7.590	Alagoas	25 mar. 2014	Estadual	Não	Institui o Programa de Conservação e Uso da Água nas Edificações Públicas e Privadas e define aplicações para a água de reúso.
Resolução Conjunta SVDS/SMS nº 9	Campinas	04 ago. 2014	Municipal	Sim	Define as finalidades, aplicações e critérios para o reúso direto não potável de efluentes oriundos das ETE de sistemas públicos.
Lei nº 16.160	São Paulo	13 abr. 2015	Municipal	Não	Cria o Programa de Reúso de Água em Postos de Serviços e Abastecimento de Veículos, tornando obrigatório o reúso dos efluentes da lavagem de veículos, após tratamento.
Lei nº 16.174	São Paulo	22 abr. 2015	Municipal	Não	Incentiva o reúso e define finalidades para a água proveniente do polimento de ETE, águas pluviais, drenagem subterrânea e rebaixamento do lençol freático.

Quadro 7 - Legislações e documentos brasileiros sobre reúso de águas (Continuação).

Lei nº 8.959	Vitória	02 jun. 2016	Municipal	Não	Cria o programa de reúso de água em postos de serviços, abastecimento de veículos e lava-rápidos.
Lei nº 16.033	Ceará	22 jun. 2016	Estadual	Não	Define as finalidades para a água de reúso (fins não potáveis) e os critérios para a reutilização de águas residuárias.
Lei nº 7.424	Rio de Janeiro	24 ago. 2016	Estadual	Não	Obriga a utilização de água de reúso com fins não potáveis pela Administração Pública estadual, bem como empresas com participação do estado fluminense.
Resolução COEMA nº 02	Ceará	02 fev. 2017	Estadual	Sim	Define padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos. Estabelece modalidades de reúso e parâmetros específicos a serem seguidos.
Lei nº 7.599	Rio de Janeiro	24 mai. 2017	Estadual	Não	Obriga a instalação de sistemas de reúso de águas em indústrias com número de funcionários ≥ 100 .
Lei nº 5.890	Distrito Federal	12 jun. 2017	Distrital	Não	Estabelece diretrizes para as políticas públicas de reúso da água, bem como as finalidades de uso das águas de reúso.
INTERÁGUAS	Brasil	25 ago. 2017	Nacional	Sim	Ainda não aprovada, trata-se de uma proposta para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil. Adota padrões de qualidade internacionais.
Lei nº 10.799	Mato Grosso	09 jan. 2019	Estadual	Não	Obriga a instalação de sistemas de conservação e uso racional da água em edifícios públicos.
Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01	São Paulo	13 fev. 2020	Estadual	Sim	Atualiza a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01/2017. Trata exclusivamente do reúso direto não potável para fins urbanos das águas provenientes das ETE, definindo suas aplicações e estabelecendo parâmetros de qualidade.
Decreto nº 47.403	Rio de Janeiro	15 dez. 2020	Estadual	Não	Dispõe sobre a Política de Reúso de Água para Fins não Potáveis, bem como as finalidades e diretrizes para reúso do efluente.

Fonte: O autor, 2021.

3.3.4 O reúso de águas cinza

De acordo com Fiori, Fernandes e Pizzo (2006), as águas cinza são as águas residuárias provenientes de lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Edificações públicas, comerciais e industriais também podem produzir águas cinza, entretanto, a maior geração se dá, principalmente, em residências, por possuir maior incidência e periodicidade (FERNANDES; CAVALCANTE; BATISTA, 2019).

Raclavský et al. (2013) explicam que águas cinza relativamente limpas são produzidas em hotéis, escolas, restaurantes, pousadas e outras instalações públicas. De acordo com Racek (2020), esses locais possuem altos níveis de demanda por água produzindo, conseqüentemente, quantidades relativamente grandes de águas cinza. O autor ainda destaca as lavanderias que, além de grandes geradoras de águas cinza, são grandes consumidoras do efluente tratado.

Segundo May (2009), as características físicas, químicas e microbiológicas das águas cinza variam de acordo com a qualidade da água de abastecimento, o material que compõe as tubulações das redes de distribuição, o transporte de substâncias químicas, os processos biológicos e as atividades exercidas na residência, além do comportamento do usuário. Fatores como número de moradores, faixa etária, saúde, estilo de vida e condições financeiras também influenciam na qualidade das águas cinza geradas (NSW HEALTH, 2008). De modo geral, as águas cinza contêm água, matéria orgânica, produtos químicos, gorduras, sabão, fibras e cabelos (BRASIL, 2018a).

Conforme citado por Leal et al. (2007), as águas cinza correspondem a, aproximadamente, 50-70% do esgoto doméstico. Cerca de 30% das águas cinza correspondem à fração orgânica e, de 9-20%, são nutrientes. Segundo Boyjoo et al. (2013), as águas cinza podem representar entre 41-91% do total de água consumida em uma residência, a depender do país.

Por ser um efluente menos contaminado, diversos autores consideram as águas cinza uma boa fonte para o reúso de águas. Além disso, por haver uma pequena variação na vazão da geração durante todo o ano, o potencial do seu reúso das águas cinza é maior, comparado ao reúso de outros tipos de efluentes (HESPANHOL, 2008; FOUNTOULAKIS et al., 2016). Tal afirmativa pode ser

entendida ao se pensar no reúso industrial que, embora deva ser cada vez mais incentivado, está sujeito à demanda produtiva e evolução tecnológica dos equipamentos.

Algumas observações são recomendadas por Alves et al. (2016) para a prática do reúso de águas cinza (Quadro 7). Além disso, os autores também listaram usos recomendados e não recomendados para as águas cinza (Quadro 8).

Quadro 8 - Cuidados recomendados na prática do reúso de águas cinza.

O que observar antes do reúso de águas cinza	
Verificar a possível presença de corantes para não manchar pisos, paredes, veículos e roupas	Verificar a presença de gorduras, restos de sabão, amaciante e alvejante que possam manchar ou aderir à pintura de veículos
Verificar a presença de partículas que possam aderir a superfícies porosas	Verificar a presença de restos de alvejante com cloro que possa prejudicar o desenvolvimento de plantas

Fonte: ALVES et al., 2016 (adaptado).

Quadro 9 – Usos recomendados e não recomendados para o reúso de águas cinza.

Usos recomendados para as águas cinza			
Descargas sanitárias	Limpeza de pisos	Regas de jardins e gramados	Rega de árvores e arbustos
Limpeza de veículos	Limpeza de paredes	Reutilização na máquina de lavar roupas para tecidos mais grosseiros, como panos de chão	
Usos não recomendados para as águas cinza			
Beber	Tomar banho	Ter contato direto com a pele	Dar banho em animais
Irrigar plantas, caso haja resíduos de cloro no efluente	Irrigar hortas e frutas consumidas crus ou que fiquem rentes ao chão	Irrigar tubérculos e raízes tuberosas (cenoura, inhame, mandioca, beterraba, batata etc.)	Irrigar jardins e gramados utilizados para a prática de esportes ou recreação onde ocorrerá contato da superfície molhada do gramado diretamente com o corpo

Fonte: ALVES et al., 2016 (adaptado).

De acordo com Maimon e Gross (2018), os benefícios potenciais do reúso de águas cinza são amplos, variando desde benefícios diretos para o usuário até benefícios em larga escala para todo o setor hídrico. De acordo com os autores, o benefício mais importante para usuários de águas cinza é encontrado onde há baixa disponibilidade de água, pois a poupança do recurso hídrico permite a sustentação

da agricultura (familiar ou em larga escala) mesmo em períodos de seca. Além disso, observa-se benefícios em locais onde há abundância do recurso, pois a economia financeira de água reflete nas taxas pagas pelos usuários.

Segundo Alcoforado e Silva (2017), o reúso de águas cinza gera vantagens imediatas, como o aumento da disponibilidade de água potável, a utilização de menos energia e produtos químicos – devido ao menor grau de contaminação – e a economia para o tratamento do esgoto doméstico, uma vez que o volume final dos efluentes é reduzido. O aumento da disponibilidade de água potável ocorre através da redução do seu consumo, uma vez que a água cinza é destinada a usos menos nobres, como irrigação de jardins, descargas sanitárias, lavagem de carros e calçadas.

O reúso de águas cinza promove uma redução proporcional nas vazões de esgoto sanitário produzido na edificação, reduzindo o porte das estações de tratamento públicas (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010; GUERRA, 2016). Essa economia (mensal ou anual) no tratamento de esgotos das concessionárias responsáveis pelo tratamento de esgotos e abastecimento de água potável é refletida nas contas de energia elétrica e de água da população, de acordo com Reis, Costa e Alves (2018).

No entanto, é fundamental salientar que a alteração na matriz hídrica exige um trabalho em conjunto e bem estruturado entre sociedade e Administração Pública. A diminuição de vazão de entrada nas ETE de concessionárias públicas pode causar problemas de deposição de sedimentos devido à redução da capacidade de autolimpeza dos condutos, consequência do menor fluxo de passagem de efluentes, exigindo uma frequência maior de manutenção dos sistemas (GALVÃO et al., 2019).

Conforme Reis e Andrade Sobrinho (2016), através do reúso de águas cinza, há uma redução no consumo energético e dos recursos naturais. Há economia nos processos de captação, tratamento e transporte de água e esgoto, reduzindo a sobrecarga nas redes de abastecimento público de água, esgoto e drenagem pluvial, reduzindo também o risco de inundações, quando em conjunto com o reúso de águas pluviais. Carvalho et al. (2018) também citaram a redução de enchentes como vantagem do reúso de águas cinza. Os autores explicaram que a prática evita que um maior volume de água escoe pela superfície impermeabilizada, reduzindo as chances de enchentes e inundações.

Na ocorrência de falta de água devido às mudanças climáticas como seca e calor, Cavalcanti, Alvim e Alves (2019) explicam que o reúso de águas cinza apresenta-se como solução para o ambiente construído das cidades. Com relação às condições climáticas, ainda cabe destacar que o reúso de águas cinza é vantajoso por não depender do regime pluviométrico (OLIVEIRA; ALVES, 2020).

Reis e Andrade Sobrinho (2016) ainda descrevem que há benefício ambiental e retorno ecológico imediato com o reúso de águas cinza. Ademais, de acordo com os autores, o reúso de águas cinza promove uma maior eficiência global quando comparado a sistemas economizadores de água e reaproveitamento de águas de chuva, pois envolve a redução do consumo de água nos outros dois sistemas. Contudo, o mesmo não ocorre em locais onde há pouca oferta de água cinza, onde sistemas economizadores de água e reaproveitamento de águas de chuva tornam-se mais econômicos (FASOLA et al., 2011).

O reúso de águas cinza não é vantajoso, tornando-se até inviável, em locais onde há pouca demanda no consumo de água cinza. Mota, Manzares e Silva (2006) identificaram que em residências onde o consumo mensal é menor que 24 m³ de água, o reúso de águas cinza é inviável, em função dos custos de implantação, mesmo o sistema gerando uma economia mensal. Também é importante observar que o volume de coleta de águas cinza para reciclagem deve ser equivalente ao volume demandado para uso e espaço disponível e, quanto maior a demanda por água cinza, menor o tempo de retorno do valor investido, o chamado *payback* (NIRENBERG; REIS, 2010; ALVES et al., 2016).

Além disso, devido à grande variabilidade de elementos que podem compor as águas cinza, tratamentos distintos devem ser empregados, de acordo com essa composição. Por isso, é imprescindível que os operadores dos sistemas de reúso de águas cinza conheçam detalhadamente a composição do seu efluente.

O Código de Práticas para o Reúso de Águas Cinza da Austrália (AUSTRÁLIA, 2015) explica que, ainda que considerada menos patogênica, as águas cinza possuem potencial de contaminação. Microrganismos como bactérias, protozoários, vírus e parasitas podem estar presentes em concentrações suficientemente altas. Esse nível pode ser reduzido evitando contato humano com o efluente ou tratando-o com o nível de qualidade adequado ao uso pretendido.

Austrália (2015) também explica que o fato das águas cinza poderem conter óleos, gorduras, detergentes, sabonetes, nutrientes, sais, partículas de cabelo,

alimentos e fiapos pode afetar a operação adequada dos sistemas, considerando que eles são projetados para terem um tempo de vida útil longo. Se não houver o correto gerenciamento desses efluentes, pode ocorrer o entupimento das tubulações, além de degradar a estrutura do solo pela presença de sais, inclusive reduzindo a sua capacidade de retenção de água, nos casos em que o efluente é aplicado para irrigação.

SINDUSCON (2005) também explica que aspectos como: teor de matéria orgânica (representado pela DBO) que, se elevado, pode gerar sabor e odor; elevado teor de surfactantes (representados pelas MBAS), que podem ocasionar a formação de espumas e odor decorrente de sua decomposição; e alta concentração de nitrato, que pela sua toxicidade pode causar metahemoglobinemia infantil – uma doença letal – são alguns exemplos de parâmetros que devem ser observados nas águas cinza.

Além disso, a possível presença de enxofre nas águas cinza leva à redução de sulfatos e sulfetos, quando em ambientes anaeróbicos (por exemplo, em reservatórios), o que promove a liberação de gás sulfídrico, gerando mau odor (D'AGOSTIN; BECEGATO; BAUM, 2017). Logo, as experiências com o uso de sistemas mal planejados têm demonstrado gerar consequências como saturação do solo pela presença de sais, geração de odores e entupimentos, gerando problemas financeiros e de tempo devido à necessidade constante de manutenção (AUSTRÁLIA, 2015).

Os sistemas de reúso de águas cinza precisam de planejamento prévio desde o seu projeto até a sua operação. Sistemas maiores, obrigatoriamente, precisam estar incluídos na fase de projeto da edificação, pois é inviável a realização de reformas para adaptação e inclusão do sistema, tendo em vista que, para a prática, é necessário que existam redes duplas que separam as águas cinza dos demais efluentes domésticos (SANT'ANA; BOEGER; MONTEIRO, 2013).

No caso de sistemas simplificados, como em residências, algumas observações são importantes na operação. Por exemplo, a remoção de compostos nitrogenados e fosfatados não é economicamente acessível, sendo necessário utilizar produtos com concentrações menores desses compostos, além de reduzir a quantidade de detergente utilizado. Ademais, se o sistema é projetado para funcionar manualmente, como no caso de águas cinza de máquinas de lavar roupas, torna-se dependente da atenção do usuário para retirada do efluente nas fases

corretas de lavagem (PAES et al., 2010; SANT'ANA; BOEGER; MONTEIRO, 2013; REIS; ANDRADE SOBRINHO, 2016).

O preconceito com relação ao reúso de águas cinza também é um problema observado e muito discutido (ARAÚJO; RODRIGUES; NUNES, 2008; SILVA et al., 2010; COSTA et al., 2018). Costa et al. (2018) explicam que o preconceito ocorre em virtude do desconhecimento ou desconfiança da sociedade quanto à origem e à qualidade da água de reúso, ainda que esta atenda a todos os parâmetros de potabilidade após o tratamento. Essa barreira social torna-se um entrave à difusão da técnica no Brasil.

3.3.5 Cenário mundial para o reúso de águas cinza

Não por acaso, alguns países possuem a prática do reúso de águas cinza instituída de forma avançada em seus territórios. De acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA, 2016), a retirada de água para abastecimento urbano responde pela segunda maior porcentagem no mundo. Quanto ao consumo efetivo, o uso urbano ocupa a terceira posição mundial. A Agência estima que a retirada de água para abastecimento urbano irá aumentar em 17% até 2040. Reutilizar águas cinza é a alternativa mais adequada com relação aos efluentes domésticos, devido ao seu grande volume e menor concentração de poluentes, comparadas às águas amarelas e marrons (SHI; WANG; JIANG, 2018).

Vuppaladadiyam et al. (2018) explicam que as principais barreiras para a implementação do reúso de águas cinza a nível mundial são: (1) administrativas e não tecnológicas, como restrições financeiras, institucionais e legais em quantidade e qualidade; e (2) restrições sociais e culturais, inclusive religiosas, que envolvem a percepção e aceitação do público acerca do efluente tratado.

O trabalho de revisão bibliográfica realizado por Oteng-Peprah, Acheampong e deVries (2018) identificou que a percepção da população de alguns países acerca do reúso de águas cinza é melhor quando a finalidade é o uso não potável. Os autores explicam que isso se deve principalmente à percepção de contaminação e a falta de confiança no nível de tratamento oferecido pelos sistemas de tratamento. Áreas que mais comumente sofrem com o estresse hídrico e que possuem

abastecimento de água inseguro também possuem maiores índices de apoio populacional.

Não há um padrão para a prática do reúso de águas cinza ao redor do mundo. Existem países que possuem a questão do reúso de águas cinza tão desenvolvida em seu território, que o sistema já é implantado desde os seus sistemas de distribuição, como o Japão. No território japonês, cidades como Tóquio e Fukuoka determinam a implantação de sistemas duplos de distribuição para edifícios com áreas maiores que 3.000 m² e/ou tubulações de distribuição de água com diâmetro maior que 50 mm (OGOSHI; SUZUKI; ASANO, 2001; MONTEIRO, 2020).

Desde 1951, os primeiros ensaios para o reúso planejado iniciaram no Japão com a finalidade de fornecer água de reúso proveniente de uma estação de tratamento para uma indústria de papel em Tóquio. Mas, somente em 1964, ano dos Jogos Olímpicos de Tóquio e após severas secas enfrentadas em diversos locais do Japão, é que foram desempenhados esforços para a prática do reaproveitamento de águas residuárias. Em 1997, cerca de 1.475 edifícios já forneciam águas cinza para reúso em descargas de prédios comerciais, complexos de apartamentos e para paisagismo (OGOSHI; SUZUKI; ASANO, 2001).

Observa-se que a prática do reúso, incluindo o reúso de águas cinza, também possui relação com a situação econômica do país. Embora enfrente severas crises hídricas e seja o país que mais sofre com o estresse hídrico no mundo, o Catar é financeiramente rico e possui alto padrão de vida devido às diversas jazidas de petróleo presentes em seu território. Diante desse cenário abastado, ainda que seja um tipo de tratamento caro, a principal fonte de abastecimento de água do Catar é a dessalinização (cerca 99% da água consumida no país). Com isso, o reúso de águas não é incentivado por meio de políticas públicas, inclusive não sendo bem visto pela população catariana (DARE et al., 2017; YOONUS; MANNAN; AL-GHAMDI, 2020).

O Catar possui uma expressiva infraestrutura de saneamento básico: o tratamento e o abastecimento de água potável são universais. No maior centro populacional da capital Doha, 95% das edificações estão conectadas à rede de tratamento. Entretanto, apenas 27% dos efluentes tratados no país são destinados ao reúso. Com relação às águas cinza, cerca de 67% dos efluentes tratados são distribuídos para a capital do país, sendo: 50% para irrigação de paisagens, 17%

para irrigação de culturas forrageiras e 21% é utilizado para recarga subterrânea e despejo no lago Abu-Nakhla (DARE et al., 2017; MANAWI et al., 2017).

O Catar não possui leis que apoiem explicitamente o reúso de águas cinza, apenas tem promulgada a Lei Nº 30/2002, que aborda os parâmetros de tratamento para águas residuais de modo geral. Devido ao alto nível de tratamento de água do país e à exigência da população local, os parâmetros estabelecidos na Lei Nº 30/2002 são muito restritivos e se tornam uma barreira à prática do reúso de águas cinza no território do Catar (CATAR, 2002; DARE et al., 2017; LAMBERT; LEE, 2018).

Outro país que possui suas particularidades acerca do reúso de águas cinza são os Estados Unidos da América (EUA). Apesar de possuir legislações para o reúso de águas cinza avançadas, os EUA não possuem uma regulação federal para a reutilização desse tipo de efluente. No país, a gestão e estabelecimento de parâmetros restritivos para o reúso de águas são realizados pelos estados. Cerca de trinta, dos cinquenta estados norte-americanos, possuem regulação própria para o reúso de águas cinza. A Califórnia foi o primeiro estado a implantar, em 1989, uma regulação específica voltada ao reúso de águas cinza, após enfrentamento de um período de seca (AL-ADHADH; AZIZ; ABBAS, 2019; MENDONÇA, 2019).

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 2012) tem publicado o documento denominado “Diretrizes para o reúso de água” que, dentre outras funções, recomendou determinados usos das águas de reúso e sugeriu alguns parâmetros de acordo com o tipo de tratamento recebido. De modo geral, a água de reúso para fins não potáveis não requer o mesmo tratamento para a água com fins potáveis (USEPA, 2012; AL-ADHADH; AZIZ; ABBAS, 2019; MENDONÇA, 2019).

Uma questão discutida há anos nos EUA é com relação às restrições legais específicas dos estados que acabam tornando o reúso de águas cinza muito caro e/ou complexo. No território californiano, por exemplo, com algumas poucas exceções, o reúso de águas cinza necessita de licenciamento e a prática encontra grandes impedimentos quando a finalidade é a irrigação subterrânea. Contudo, essa não é uma realidade em todos os estados. O Arizona, a título de exemplo, possui um regramento simples, não sendo necessário licenciamento – o que amplia a permissão da prática – e bastando para a sua legalidade o atendimento aos

parâmetros estabelecidos pelo estado para as águas cinza (YU et al., 2013; AL-ADHADH; AZIZ; ABBAS, 2019).

Analisando regionalmente, Otiniano (2018) explica que os países da América Latina estão realizando diversos estudos sobre o reúso de águas cinza, uma vez que, devido à situação socioeconômica das residências, há maior carência de água. No entanto, a prática do reúso de águas ainda é embrionária nos países latino-americanos, comparada a outras regiões do mundo, segundo Cantillo e Corpus (2018).

Na América do Sul, a Colômbia é o país mais avançado no tema do reúso de águas cinza e o abastecimento urbano é a segunda maior demanda de água do país (DÍAZ, 2017; QUISPE, 2018). O país possui um dos maiores projetos para tratamento e reúso urbano de águas da América do Sul, o Centro Empresarial Elemento. Localizado em Bogotá, o sistema possui área construída superior a 132.000 m² e garante uma economia de aproximadamente 45% no consumo de água potável por meio da coleta de águas de chuva e coleta e tratamento de águas cinza de chuveiros e lavatórios. Posteriormente, essas águas captadas são reinseridas no sistema para uso em descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza exterior (GRUPO CRISPA, 2015; DÍAZ, 2017).

De acordo com Díaz (2017), embora não possua legislação específica para o reúso de águas cinza, o governo colombiano está focado em incorporar novas estratégias para o uso responsável dos recursos hídricos, principalmente aquelas direcionadas às grandes cidades e às novas construções. Em consonância com esse objetivo, o governo colombiano publicou legislações como a Resolução 1207 de julho de 2014 pela qual foram adotadas disposições relacionadas com o uso de águas residuárias tratadas. Por meio da Resolução 1207 de 2014, foi previsto o reúso industrial em descargas sanitárias (COLÔMBIA, 2014).

Além disso, o governo colombiano publicou em 10 de julho de 2015 a Resolução 549 que estabeleceu parâmetros para as construções sustentáveis previstas no Decreto 1285 de 12 de junho de 2015. Nessa resolução, o Ministério da Habitação, Cidade e Território da Colômbia estabeleceu a economia mínima de 10% para os sistemas hidráulicos das edificações, a depender do clima local onde a construção está instalada (COLÔMBIA, 2015).

Após compreensão do cenário estrutural e legislativo da prática do reúso de águas cinza em outros países, a seguir serão apresentados dados que ilustrarão o panorama do país para o reúso desse tipo efluente doméstico.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados e discutidos os principais documentos, legislações e normas encontrados que versam sobre o reúso de águas cinza no Brasil. Também será realizada uma comparação, avaliando os níveis de restrição e as principais oportunidades de melhorias existentes. Os casos mais bem-sucedidos de reúso de águas cinza do país serão apresentados, bem como a realidade do Estado do Rio de Janeiro.

4.1 Principais legislações, normas e documentos sobre reúso de águas cinza

Foram selecionadas 12 publicações, entre leis, normas e documentos públicos, contemplando somente usos não potáveis para águas cinza/águas servidas de edificações. Dessas 11 seleções, somente 5 estabeleceram parâmetros para o efluente tratado, sendo: (1) um documento a nível nacional; (2) uma Lei Municipal de Niterói (RJ); (3) uma Lei Municipal de Londrina; (4) uma Lei Municipal de Belo Horizonte (MG); e (1) uma norma técnica nacional.

Contudo, destaca-se que essa norma técnica nacional e esse documento a nível nacional não têm poder legal por se tratarem somente de documentos norteadores. Logo, ainda não há uma legislação a nível nacional que estabeleça parâmetros de qualidade para os efluentes tratados de águas cinza.

Um ponto importante a se destacar é que, por ter sido a primeira publicação que estabeleceu parâmetros de qualidade para águas residuárias de acordo com a finalidade de uso, durante anos, a NBR 13.969 de 30 de outubro de 1997 foi um dos principais documentos utilizados como norteadores para projetos de reúso e até mesmo como base para legislações que tiveram o reúso como objetivo principal. A Lei Municipal de Niterói nº 2.856 de 26 de julho de 2011, por exemplo, cita em seu próprio texto que os parâmetros estabelecidos são com base na NBR 13.969/1997.

Porém, com a publicação recente da NBR 16.783 em 19 de novembro de 2019, a NBR 13.969/1997 tornou-se obsoleta para fins de reúso e a nova norma técnica assume esse papel. Isso ocorreu porque a nova norma técnica é voltada

exclusivamente para usos alternativos da água em edificações e, apesar de não estabelecer classes para as águas de reúso de acordo com o uso, ela estabelece parâmetros de qualidade para fins não potáveis a serem atendidos pelos operados do reúso urbano, seja de águas pluviais, águas cinza, águas negras ou esgoto sanitário.

O Quadro 9 apresenta um histórico das publicações citadas, em ordem de data de publicação, incluindo a abrangência e se estabelece parâmetros de qualidade para os efluentes, além de um breve resumo das principais características.

Quadro 10 – Legislações, normas e documentos brasileiros sobre reúso de águas cinza.

Legislação/ Norma/Documento	Local	Data	Âmbito	Estabelece parâmetros	Principais aspectos
Lei nº 10.785	Curitiba	18 set. 2003	Municipal	Não	Cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. Torna obrigatório o direcionamento das águas servidas a bacias sanitárias das edificações.
Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações SINDUSCON/ANA/FIESP	Brasil	Jun. 2005	Nacional	Sim	Considerado um dos principais norteadores do reúso de águas no país. Define classes de reúso, de acordo com a finalidade, e estabelece parâmetros.
Lei nº 14.018	São Paulo	28 jun. 2005	Municipal	Não	Institui o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e estimulou o reúso de águas servidas.
Lei nº 1.192	Manaus	31 dez. 2007	Municipal	Não	Cria o Programa de Tratamento e Uso Racional das Águas nas edificações – PRO-ÁGUAS. Define finalidades para as águas servidas.
Lei nº 10.506	Porto Alegre	05 ago. 2008	Municipal	Não	Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. Torna obrigatória a utilização de águas servidas em descargas e mictórios.
Lei nº 5.279	Rio de Janeiro	27 jun. 2011	Municipal	Não	Cria no Município do Rio de Janeiro o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações.
Lei nº 2.856	Niterói	26 jul. 2011	Municipal	Sim	Primeira legislação no Brasil a estabelecer em seu texto parâmetros para o reúso de águas cinza. Obriga o incentivo ao reúso de águas cinza das edificações com consumo de água $\geq 20\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Estende as obrigações da Lei nº 2.630/2009 que trata somente do reaproveitamento das águas pluviais e propõe parâmetros de qualidade pós-tratamento baseados na NBR 13.969/1997.
Lei nº 14.572	Pernambuco	27 dez. 2011	Estadual	Não	Estabelece normas para o uso racional e reaproveitamento das águas nas edificações.
Lei nº 11.552	Londrina	24 abr. 2012	Municipal	Sim	Dispõe sobre o reúso de águas cinza e águas servidas em edificações residenciais e comerciais.
Lei nº 10.840	Belo Horizonte	28 ago. 2015	Municipal	Sim	Dispõe sobre o reúso de águas cinza em edificações.
NBR 16.783	Brasil	19 nov. 2019	Nacional	Sim	Documento mais recente e o principal, a nível nacional, para reúso urbano com fins não potáveis. Estabelece fontes alternativas a serem utilizadas nas edificações. Segrega águas cinza claras de águas cinza escuras. Considerou as águas cinza juntamente com outras fontes alternativas de água em edificações (águas pluviais, rebaixamento de lençol e águas negras). Estabelece parâmetros atualizados e diretrizes gerais para projetos de reúso de águas cinza.
Lei nº 9.164	Rio de Janeiro	28 dez. 2020	Estadual	Não	Revoga a Lei Estadual nº 7.463/2016. Considera somente as águas cinza clara para reúso e cita a NBR 16.783/2019 como base para parâmetros de qualidade do reúso de águas cinza. Torna obrigatório o reúso de águas cinza claras em edificações com volume de consumo $\geq 20 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$.

Fonte: O autor, 2021.

A publicação da NBR 16.783/2019 representa uma marco para o reúso de águas cinza no Brasil, pois é a primeira norma técnica totalmente voltada a estabelecer parâmetros não potáveis para fontes alternativas de águas em edificações, como as águas de reúso. No entanto, é imperioso destacar cinco aspectos fundamentais que norteiam a falta de legislação federal própria para o reúso de águas cinza. Esses aspectos são apresentados e discutidos no Quadro 10.

Quadro 11 - Aspectos e consequências da falta de legislação nacional para o reúso de águas cinza.

Aspecto	Consequências
Desestímulo do interesse dos usuários pela implementação do sistema	Não há um modelo a ser seguido, gerando incertezas nas possíveis partes interessadas e a opção, quando a decisão é facultativa, de não implantar o sistema de reúso.
Exposição da população a riscos sanitários	Não há parâmetros físicos, químicos e biológicos a serem seguidos. Devido a isso, a adoção da prática de forma descuidada e sem critérios mínimos sujeita o operador e os usuários a doenças.
Estética não atrativa do efluente tratado	Não há parâmetros mínimos que influenciam no aspecto da água (turbidez, odor, sabor), tornando o efluente menos atrativo para ser bem aceito pela população.
Adoção de legislações internacionais como referência	Não refletem a realidade socioeconômica e ambiental nacional, bem como as particularidades do território brasileiro. Geralmente, torna o sistema oneroso, devido ao nível elevado e grandes restrições impostas para a qualidade do efluente tratado.
Desestímulo de estados e municípios	Não há entendimento das esferas estaduais e municipais que é necessária a sua organização para estabelecer uma diretriz própria, o que é fundamental, considerando a grande variabilidade que pode ocorrer na composição desse efluente de acordo com o local de geração.

Fonte: O autor, 2021.

Mesmo diante da necessidade de se estabelecer parâmetros para as águas cinza tratadas, é fundamental avaliar a finalidade de uso do efluente tratado. Isso porque, se adotado um nível de exigência muito elevado para uma finalidade que não exige um efluente de excelente qualidade, como usos não potáveis, o reúso é dificultado e não incentivado, pois irá tornar-se muito caro. Sendo assim, a seguir serão apresentados e discutidos as finalidades de uso e os parâmetros estabelecidos nas publicações encontradas, de acordo com o uso pretendido.

4.1.1 Análise e comparação das legislações, normas e documentos sobre reúso de águas cinza

Observa-se variações no que é considerado fonte de águas cinza e as finalidades de uso do efluente entre as legislações, normas e documentos analisados. No entanto, após a publicação da Lei nº 2.856/2011 na Cidade de Niterói, as Leis Municipais nº 11.552/2012 e nº 10.840/2015 dos municípios de Londrina e Belo Horizonte, respectivamente, consideraram os mesmos pontos de geração de efluentes em edificações como fontes de águas cinza. Portanto, há um indicativo de que a Lei publicada em 2011 no Município de Niterói foi tomada como referência por Londrina, quase um ano depois, e por Belo Horizonte, quatro anos depois.

Uma possível causa dessa ocorrência, é o fato do Município de Niterói ter sido o primeiro a publicar uma legislação com estabelecimento de padrões de qualidade, totalmente voltada ao reúso de águas cinza, no Brasil. A publicação da Lei nº 2.856/2011 ganhou tamanho destaque que, segundo Souza et al. (2016), recebeu em 2012 o Prêmio Greenvana Greenbelt, ocupando posição entre as dez melhores iniciativas públicas sustentáveis de 2011 no Brasil.

Ainda, destaca-se que o único documento que não estabelece nenhuma finalidade para o efluente de águas cinza é a Lei Municipal nº 14.018/2005 de São Paulo. Nem mesmo o Decreto Municipal nº 47.731 de 28 de setembro de 2006, que regulamenta a Lei Municipal nº 14.018/2005, determina finalidades para o reúso de águas cinza, mas somente determina usos não potáveis para águas de reúso de Estações de Tratamento de Esgoto.

Outro ponto a se destacar é a semelhança entre as fontes de águas cinza e as finalidades de aplicação, presente na NBR 16.783/2019 e na Lei Estadual do Rio de Janeiro nº 9.164/2020. Com exceção das fontes de águas cinza escuras presentes na NBR 16.783/2019 (pias de cozinha e máquinas de lavar louças), excluídas da Lei nº 9.164/2020, todas as demais fontes se repetem na lei estadual de 2020. As aplicações para o efluente tratado de águas cinza também são idênticas entre as publicações. Essa semelhança ilustra com maior clareza que, de fato, a

norma técnica foi utilizada como referência para redação da nova lei, conforme indicado ao longo de todo o seu texto.

Uma finalidade de aplicação em comum encontrada em todas as publicações que estabelecem um uso para as águas cinza é a utilização em descargas sanitárias. A depender do local e costumes dos habitantes, as descargas sanitárias costumam estar entre o primeiro e o segundo maior consumo em edificações comerciais e em residências, podendo corresponder a 49,8% do consumo de água potável do local, principalmente tratando-se de bacias sanitárias com válvulas. Além disso, dependendo da fonte, não necessita de elevados graus de tratamento. Por exemplo, sendo a fonte de águas cinza os chuveiros, um tratamento simples como filtração e desinfecção tornaria o efluente sanitariamente seguro para uso em bacias sanitárias (ILHA; GONÇALVES; OLIVEIRA JÚNIOR, 2002; FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006; BARRETO, 2008; MARINOSKI et al., 2014; DURANTE; MOREIRA; STIZ, 2017; TOTUGUI, 2020).

Uma comparação entre as fontes de águas cinza e as finalidades de uso nas publicações encontradas está apresentada no Quadro 11.

Quadro 12 - Definições de fontes para as águas cinza nas edificações e finalidades de uso entre as legislações, normas e documentos analisados.

Legislação/ Norma/Documento	Local	Data	Âmbito	Fontes	Finalidade de aplicação
Lei nº 10.785	Curitiba	18 set. 2003	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques • Máquinas de lavar • Chuveiros • Banheiras 	Descargas sanitárias
Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações SINDUSCON/ANA/FIESP	Brasil	Jun. 2005	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Banheiras • Chuveiros • Lavatórios • Máquinas de lavar roupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas sanitárias • Lavagem de pisos • Lavagem de veículos
Lei nº 14.018	São Paulo	28 jun. 2005	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques • Máquinas de lavar • Chuveiro • Banheira 	-
Lei nº 1.192	Manaus	31 dez. 2007	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Lavadores • Chuveiros • Lavanderias 	<ul style="list-style-type: none"> • Rega de vegetação, exceto hortas • Descarga em vasos sanitários • Combate a incêndios • Recarga de lençol freático
Lei n 10.506	Porto Alegre	05 ago. 2008	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques • Pias • Máquinas de lavar • Bidês • Chuveiros • Banheiras • Outros equipamentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas de vasos sanitários • Mictórios
Lei nº 5.279	Rio de Janeiro	27 jun. 2011	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Tanques • Máquinas de lavar • Chuveiro • Banheira 	Descargas sanitárias
Lei nº 2.856	Niterói	26 jul. 2011	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros • Banheiras • Lavatórios • Tanques • Máquinas de lavar roupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios • Escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias
Lei nº 11.552	Londrina	24 abr. 2012	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros • Banheiras • Lavatórios • Tanques • Máquinas de lavar roupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios • Escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias
Lei nº 14.572	Pernambuco	27 dez. 2011	Estadual	<ul style="list-style-type: none"> • Lavatórios • Chuveiros • Lavanderias 	<ul style="list-style-type: none"> • Rega de vegetação • Descarga sanitária • Lavagem de calçadas • Combate a incêndios
Lei nº 10.840	Belo Horizonte	28 ago. 2015	Municipal	<ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros • Banheiras • Lavatórios • Tanques • Máquinas de lavar roupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios • Escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias
NBR 16.783	Brasil	19 nov. 2019	Nacional	<ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros • Banheiras • Lavatórios • Tanques • Máquinas de lavar roupas • Pia de cozinha • Máquina de lavar louça 	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas sanitárias e mictórios • Lavagem de pisos • Lavagem de veículos • Irrigação com fins paisagísticos • Uso ornamental • Sistemas de resfriamento • Arrefecimento de telhados
Lei nº 9.164	Rio de Janeiro	28 dez. 2020	Estadual	<ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros • Banheiras • Lavatórios • Tanques • Máquinas de lavar roupa 	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas sanitárias e mictórios • Lavagem de pátios e escadarias • Lavagem de veículos • Uso ornamental • Irrigação para fins paisagísticos • Sistemas de resfriamento • Arrefecimento de telhados

Fonte: O autor, 2021.

Com relação à quantidade de parâmetros de qualidade observados nos documentos encontrados, nota-se que o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005) é o que apresenta o maior número de parâmetros, 36 no total. Os parâmetros das Leis Municipais 2.856/2011, 11.552/2012 e 10.840/2015 são idênticos quali e quantitativamente sendo, ao todo, 8 parâmetros. De todas as publicações, a NBR 16.783/2019 é a que estabelece o menor número de parâmetros. A norma técnica permite a escolha entre a análise de sólidos dissolvidos totais ou a análise de condutividade elétrica não sendo necessário, dessa forma, realizar a análise dos dois parâmetros. Diante disso, a norma totaliza 7 parâmetros de qualidade. O detalhamento de todos os parâmetros listados nas publicações pode ser visualizado na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros listados no Manual SINDUSCON (2005), nas Leis Municipais nº 2.856/2011, 11.552/2012 e 10.840/2015 e na NBR 16.783/2019.

Manual de Cons. e Reúso da Água em Edificações (2005)	Lei nº 2.856/2011	Lei nº 11.552/2012	Lei nº 10.840/2015	NBR 16.783/2019
Alcalinidade	Cloro residual	Cloro residual	Cloro residual	Carbono Orgânico Total
Alumínio	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Coliformes Termotolerantes	Cloro residual livre
Amônia	Coliformes totais	Coliformes totais	Coliformes totais	Coliformes Termotolerantes (<i>E. coli</i>)
Bicarbonato	Cor	Cor	Cor	Condutividade elétrica
Boro	Oxigênio dissolvido	Oxigênio dissolvido	Oxigênio dissolvido	DBO
Cálcio	pH	pH	pH	pH
Cloretos	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos dissolvidos totais	Sólidos dissolvidos totais
Cloro residual	Turbidez	Turbidez	Turbidez	Turbidez
Coliformes fecais				
Coliformes totais				
Compostos orgânicos voláteis				
Cor				
DBO				
DQO				
Dureza				
Ferro				
Fósforo				
Fósforo total				
Magnésio				
Manganês				
MBAS				
Nitrato				
Nitrito				
Nitrogênio amoniacal				
Nitrogênio total				
Odor e aparência				
Óleos e graxas				
Oxigênio dissolvido				
pH				
Salinidade				
Sílica				
Sódio				
Sólido dissolvido total				
Sólido suspenso total				
Sulfato				
Turbidez				

Fonte: O autor, 2021.

Diferentemente das leis e da norma técnica, o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005) dividiu as águas de reúso em classes, de acordo com a finalidade de uso pretendido. Após o estabelecimento das classes, foram definidos os parâmetros a serem atendidos. Todavia, o Manual SINDUSCON (2005) não estabeleceu nenhum tipo de tratamento em seu texto, assim como a NBR 16.783/2019.

Entretanto, ao contrário do Manual SINDUSCON (2005), é notória na ausência de definição de tratamentos da NBR 16.783/2019 a preocupação em garantir a liberdade de escolha da melhor tecnologia de tratamento, uma vez que a norma técnica considerou fatores que têm capacidade de influenciar diretamente o sistema de reúso, como: características da fonte alternativa; usos não potáveis pretendidos; vazões de projeto; área técnica disponível; e as condições para uso, operação e manutenção do sistema. Esse posicionamento em relação à tecnologia de tratamento aumenta a viabilidade da implantação e operação do sistema.

Por outro lado, as leis descrevem, de forma genérica, que as águas cinza deverão atender aos parâmetros exigidos após passarem por “sistemas de tratamento próprio para receberem os produtos químicos adequados para a eliminação dos poluentes, desinfecção e polimento”. Nota-se que não foi realizada nas legislações uma categorização de tratamentos e uma descrição e avaliação mais aprofundadas para nortear a instalação e operação dos possíveis sistemas de reúso de águas cinza nos locais de publicação dessas leis.

A descrição genérica e, ao mesmo tempo, citando a etapa de polimento no tratamento de água não permite ao interessado em implantar um sistema de reúso de águas cinza a adoção de um sistema mais econômico e que atenda aos parâmetros exigidos. Ademais, não foram previstos, em nenhuma das duas legislações, incentivos fiscais necessários ao sucesso de qualquer política pública uma vez que influenciam diretamente o momento de tomada de decisão de qualquer cidadão (VALENTE; JESUS, 2020).

Uma comparação entre os parâmetros de qualidade e o tipo de tratamento exigido em cada publicação pode ser observada na Tabela 8. Destaca-se que foram utilizados somente padrões em comum em todas as publicações e estritamente relacionados às águas cinza. Dessa forma, os demais parâmetros citados no Manual

de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005) e na NBR 16.783/2019 não foram considerados.

É importante evidenciar que, desde 12 de janeiro de 2011, após a publicação da Resolução RDC nº 12, a denominação “Coliformes Fecais” e “Coliformes Termotolerantes” (subgrupo do qual as bactérias *E. coli* fazem parte) passou a ser equivalente. Dessa forma, a nomenclatura “Coliformes Fecais”, encontrada no Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005), e “Coliformes Termotolerantes”, encontrada nas duas legislações, foram equiparadas e comparadas de forma igualitária.

Tabela 8 - Classes de águas de reúso de águas cinza, finalidades de uso, parâmetros e tratamentos nas publicações encontradas.

Legislação/ Documento/ Norma	Local	Classe	Uso	Parâmetros								
				Turb. (NTU)	Cor (uH)	Col. termotolerantes (NMP 100 mL ⁻¹)	Col. totais (NMP 100 mL ⁻¹)	ST (mg L ⁻¹)	pH	Cloro residual (mg L ⁻¹)	OD	Tratamento
Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (2005)	Brasil	1	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas sanitárias • Lavagem de pisos • Usos ornamentais • Lavagem de roupas • Lavagem de veículos 	≤2	≤10	Não detectáveis	-	≤500	6,0-9,0	Deteção da forma combinada	-	-
		2	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de agregados • Preparação de concreto • Compactação do solo • Controle de poeira 	-	-	≤1000	-	30	6,0-9,0	-	-	
		3	<ul style="list-style-type: none"> • Irrigação de áreas verdes • Rega de jardins 	<5	<30	≤200	-	<20	6,0-9,0	-	-	
		4	Torres de resfriamento	-	-	2,2	2,2	500-1000	5,0-8,3	-	-	
Lei nº 2.856/2011	Niterói	-	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios e escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias 	<5	≤15	Ausência	Ausência	<200	6,0-9,0	0,5-2,0	>2,0	Desinfecção e polimento
Lei nº 11.552/2012	Londrina	-	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios e escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias 	<5	≤15	Ausência	Ausência	<200	6,0-9,0	0,5-2,0	>2,0	Desinfecção e polimento
Lei nº 10.840/2015	Belo Horizonte	-	<ul style="list-style-type: none"> • Lavagem de pátios e escadarias • Jardinagem • Descargas sanitárias 	<5	≤15	Ausência	Ausência	<200	6,0-9,0	0,5-2,0	>2,0	Desinfecção e polimento
NBR 16.783/2019	Brasil	-	<ul style="list-style-type: none"> • Descargas sanitárias e mictórios • Lavagem de pátios e escadarias • Lavagem de veículos • Uso ornamental • Irrigação para fins paisagísticos • Sistemas de resfriamento • Arrefecimento de telhados 	≤5	-	≤200	-	≤2000	6,0-9,0	0,5-2,0	-	-

Turb. = Turbidez; Col. Fecais = Coliformes fecais; Col. Totais = Coliformes totais; ST = Sólidos dissolvidos totais; OD = Oxigênio dissolvido.

Fonte: O autor, 2021.

Analisando os padrões de cada publicação, é possível notar que os limites estabelecidos nos parâmetros das duas legislações são iguais. Além disso, de modo geral, as águas de reúso de Classe 1 do Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005) possuem os parâmetros mais restritivos. Ressalta-se que o próprio manual afirma que adotou os valores mais restritivos para o estabelecimento dos parâmetros nas águas de reúso de Classe 1, ao levar em consideração a exposição do público, usuários e operários que operam, manuseiam ou tenham algum contato com os sistemas de distribuição de água reciclada.

O documento estabelece para a Classe 1 turbidez ≤ 2 NTU enquanto o valor < 5 NTU foi estabelecido nas duas legislações e na NBR 16.783/2019. O limite para o parâmetro cor estabelecido no documento também é mais restritivo, comparado às outras publicações: ≤ 10 UH *versus* o valor ≤ 15 UH das legislações. A NBR 16.783/2019 não estabeleceu nenhum limite para o parâmetro *cor*.

No entanto, a cor da água, juntamente com a turbidez, são parâmetros diretamente relacionados com os padrões estéticos do recurso hídrico. Sendo assim, considerando que a aceitação dos usuários está entre os principais limitantes ao reúso de águas no Brasil e no mundo, esse parâmetro é de especial importância para o sucesso da implantação do sistema do reúso de águas cinza (CUBA; MANZANO, 2014; VUPPALADADIYAM et al., 2018).

Mesmo sendo considerada a publicação com parâmetros mais restritivos, o parâmetro sólidos totais (ST) das Classes 1 e 4 do Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005) é o menos restritivo, quando comparado à norma técnica, às legislações e às Classes 2 e 3 do próprio manual. Ainda sobre os sólidos totais do Manual da SINDUSCON (2005), chama a atenção o limite de 20 mg L^{-1} estabelecido para a água de Classe 3, destinada à irrigação de áreas verdes e jardins.

O documento explica que, nessa finalidade das águas de reúso, as maiores preocupações estão concentradas na saúde pública, na vegetação e no lado estético. Um ambiente irrigado com água com alto teor de sólidos pode reduzir a saúde das plantas do local, restringindo a sua beleza cênica. A constante deposição de sólidos nas plantas reduz a capacidade de penetração da luz, além de atrapalhar os processos de trocas gasosas realizados pelos estômatos, afetando diretamente o crescimento e metabolismo dos vegetais. Além disso, dependendo da quantidade de

sólidos presente na água, o entupimento dos gotejadores dos sistemas de irrigação pode ser provocado, exigindo gastos frequentes com manutenção (MEDEIROS, 2003; MONTE; PEREIRA; BARRANCO, 2019).

Outro parâmetro que interfere diretamente na saúde ambiental é o Oxigênio dissolvido (OD). O oxigênio dissolvido é o principal indicativo da capacidade de autodepuração da água pois, quanto menor a quantidade de oxigênio dissolvido na água, menor a capacidade de decomposição de alguns contaminantes realizada por microrganismos, tendo em vista que poucos deles conseguem sobreviver em um meio com escassez de oxigênio (MENDONÇA; GONÇALVES; RIGUE, 2020). Considerando que é previsto nas duas legislações o lançamento dos rejeitos provenientes do tratamento dos efluentes diretamente no sistema de esgotamento público, o oxigênio dissolvido tem um importante papel na sustentabilidade do sistema de tratamento de efluentes.

Ainda, destaca-se o papel do cloro na qualidade dos efluentes de águas cinza, exigido nas quatro publicações, ainda que com nomenclaturas distintas. O parâmetro cloro residual possui papel fundamental uma vez que é associado à capacidade residual de desinfecção do sistema, inibindo o crescimento da matéria orgânica, caso ocorra novamente a contaminação ao longo do sistema de distribuição (SILVA et al., 2009; SILVA, 2020). Devido a sua capacidade de desinfecção químico-corrosiva, a sua presença é essencial do início ao fim do sistema de distribuição e a sua ausência favorece o surgimento e colonização de microrganismos patogênicos.

O cloro residual corresponde à soma do cloro livre e do cloro combinado, esse segundo com potencial de desinfecção até 200 vezes menor que o primeiro. Sendo assim, a detecção de cloro residual combinado não é um bom indicativo, sendo necessária a adição de mais cloro à água para aumento do teor de cloro residual livre, que ocorre após oxidação das cloraminas presentes no cloro residual combinado. Contudo, se excedido o limite de $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, características como “sabor e odor de cloro” são conferidas à água, podendo também provocar problemas de saúde ao usuário, como irritação na pele, olhos e nas vias respiratórias (GUIMARÃES, 2010; CIRNE et al., 2015).

Nota-se que para o parâmetro pH foram adotados padrões de potabilidade sugeridos na Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017 do

Ministério da Saúde (pH 6,0-9,5), responsável por estabelecer padrões potáveis de qualidade da água para consumo humano. Porém, esse é um parâmetro essencial para o equilíbrio químico de processos naturais e daqueles conduzidos na operação do sistema. Não apresenta risco sanitário, mas é responsável por determinar o grau de acidez ou basicidade de um meio. Sendo assim, um pH em desequilíbrio pode provocar problemas como corrosão das tubulações, reduzindo a vida útil do sistema, além de atrapalhar os processos químicos para tratamento do efluente (MACIEL, 2019; SAMPAIO et al., 2019).

Para o parâmetro coliformes também foram adotados padrões de potabilidade, sendo considerado o mais restritivo e limitante nas publicações, de modo geral. Em três legislações, é exigido ausência e, nas águas de Classe 1 do Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005), a sua presença deve ser “Não detectável”. Porém, questiona-se se é necessária a inexistência de coliformes para as finalidades de uso previstas nas publicações, todos não potáveis: uso em descargas sanitárias, lavagem de pisos e escadarias, usos ornamentais, lavagem de roupas, lavagem de veículos e jardinagem. Ainda, questiona-se o limite de 200 Coliformes Termotolerantes NMP em 100 mL⁻¹ exigido na NBR 16.783/2019.

As publicações adotam o padrão “Ausência em 100 mL”, também presente na Portaria de Consolidação nº 05/2017 do Ministério da Saúde. Outra legislação brasileira que estabelece limites de coliformes é a Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000 que institui padrões de balneabilidade para corpos hídricos brasileiros, incluindo a balneabilidade em praias.

Essa resolução considera satisfatória a água para recreação de contato primário com até 1.000 Coliformes Termotolerantes ou 800 *E. coli* NMP 100 mL⁻¹, sendo considerada imprópria apenas acima de 2.500 Coliformes Termotolerantes ou 2.000 *E. coli* NMP 100 mL⁻¹. Essa recreação permite o contato direto do usuário com a água através do nado, esqui aquático ou mergulho. Acrescenta-se a essa comparação, os padrões de balneabilidade exigidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), que recomendou valores até 500 UFC 100 mL⁻¹ de *E. coli*.

Todas as finalidades citadas de recreação de contato primário sujeitam o usuário à ingestão involuntária da água utilizada na recreação. Sendo assim, contatos a partir da lavagem ou irrigação são ainda menos inseguros que os de

recreação, considerando que esse ocorrerá somente com as extremidades do corpo (mãos e pés). Com relação à mesma restrição para bacias sanitárias, pode-se acrescentar que o simples tratamento com cloração e monitoramento do cloro residual – exigido em todas as publicações – são capazes de garantir a segurança sanitária de vasos sanitários e mictórios que, naturalmente, são mais propícios à proliferação de microrganismos (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2011).

Ainda, destaca-se a exposição humana constante a bactérias. De acordo com Gerba (2012), os celulares podem conter até dez vezes mais bactérias que os vasos sanitários devido à limpeza frequente dos toaletes, mas inconstante dos aparelhos de telefone celular. Assim sendo, a exposição humana indireta através das bacias sanitárias a níveis de coliformes acima do proposto nas publicações não exporia o usuário a insegurança sanitária, desde que respeitados os limites da CONAMA nº 274/2000.

Contudo, considerando que as datas de publicação das legislações dos municípios de Niterói e Belo Horizonte são anteriores à recente NBR 16.783/2019, compreende-se que não havia um norteamento à época (anos de 2011 e 2015), sendo adotado um padrão potável para o parâmetro Coliformes Termotolerantes. Portanto, considerando o caráter de lei das publicações vigentes nos municípios de Niterói e Belo Horizonte, o que torna o seu atendimento obrigatório, é necessária uma revisão das atuais legislações vigentes objetivando tornar a prática do reúso de águas cinza mais acessível.

A NBR 16.783/2019, por tratar-se de um documento recente, já considerou discussões que foram construídas ao longo dos anos (FERNANDES, 2006; PAES et al., 2010; ARAÚJO, 2019). A norma trata-se de um documento moderno e equilibrado, projetado considerando as características e possíveis limitações existentes no extenso território brasileiro. Sendo assim, pode ser considerada um bom direcionamento para as futuras legislações a serem publicadas no Brasil, como recentemente foi considerado no texto da Lei Estadual nº 9.164 de 28 de dezembro de 2020 no Rio de Janeiro. Contudo, restrições como a aqui exposta acerca dos limites de Coliformes Termotolerantes devem ser consideradas nessa construção, uma vez que a norma técnica adota um limite para Coliformes Termotolerantes cerca de doze vezes mais restritivo que a legislação de balneabilidade brasileira.

4.2 Exemplos de sucesso na implantação do reúso de águas cinza no Brasil

Ao longo da pesquisa foi possível identificar que a prática do reúso de águas cinza ainda encontra-se em fase inicial no Brasil. Sendo assim, não há muitos exemplos relevantes e conhecidos do reúso de águas cinza no território brasileiro. Ainda assim, abaixo serão apresentados dois casos de sucesso encontrados para o reúso de águas cinza.

4.2.1 Sistema Bioágua Familiar: reúso de águas cinza na agricultura

No Semiárido brasileiro foi implantado o chamado Sistema Bioágua Familiar, que utiliza águas cinza das residências para produção de alimentos. O sistema é fruto da união entre o Projeto Dom Hélder Câmara (Ministério do Desenvolvimento Agrário e Fundo Internacional para Desenvolvimento da Agricultura), a ONG ATOS e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), que firmaram uma parceria com três famílias agricultoras do Rio Grande do Norte. Devido aos problemas de falta de água, comuns na região, frequentemente os agricultores lançavam água cinza *in natura* nas copas das plantações, causando problemas de poluição. Dessa forma, o projeto objetivou produzir água de reúso tratada para garantir segurança alimentar e redução da poluição ambiental (SANTIAGO; JALFIM, 2018; SILVA et al., 2018).

O sistema consiste na filtração de partículas sólidas presentes nas águas cinza de chuveiros, lavatórios, pias de cozinha e máquinas de lavar e posterior tratamento biológico por biodegradação, realizada por microrganismos e minhocas. Em seguida, a água é encaminhada para um tanque de armazenamento com capacidade de 1.767 L para ser direcionada a um sistema de irrigação por gotejamento de hortaliças, frutas, plantas medicinais e folhas verdes para alimentação de animais. Os primeiros sistemas foram projetados com capacidade de vazão de saída de $1,06 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, possibilitando a irrigação de uma área total de 246 m^2 (SANTIAGO et al., 2015; SANTIAGO; JALFIM, 2018).

Após o sucesso na implantação do sistema, em 2013, o projeto ganhou o patrocínio do Programa Petrobras Socioambiental, o que possibilitou a sua difusão para mais 20 comunidades rurais e assentamentos da reforma agrária de oito municípios do Rio Grande do Norte. Na segunda fase do projeto (2013 a 2015), o sistema passou a atender 200 famílias e, atualmente, encontra-se instalado na região semiárida dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia (SANTIAGO et al., 2015; SANTIAGO; JALFIM, 2018; SANTOS; OLIVEIRA; ALBUQUERQUE, 2019).

4.2.2 Edifício Residencial Royal Blue: reúso urbano de águas cinza

Com sistema de reúso de águas cinza de 27 m² de área total, o Edifício Residencial Royal Blue trata-se de um residencial de luxo localizado na Praia do Canto, em Vitória (ES), com 8.427,03 m² de área construída. O empreendimento é dotado de 15 pavimentos e 30 apartamentos, obra da construtora Lorenge (GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010; BELISARIO, 2014).

O sistema de reúso de águas cinza possui capacidade de produção de 144 L (hab dia)⁻¹ e o efluente tratado é destinado a descargas sanitárias, utilização em áreas externas, limpezas, banheiros da área de lazer e na irrigação de jardins, correspondendo a cerca de 22% do total de água consumida na edificação. Embora o edifício possua boa capacidade de produção de água cinza tratada, apenas 36% da água tratada é utilizada. Esse consumo poderia ser ampliado, caso novas finalidades fossem dadas aos efluentes de águas cinza (BELISARIO, 2014; GONÇALVES; SIMÕES; WANKE, 2010; GONÇALVES; KELLER; FRANCI, 2019).

O sistema de reúso de águas cinza é complexo e bem projetado, com tubulações separadas, uma para passagem de águas negras e outra para passagem de águas cinza. É composto, resumidamente, por sistema de filtração de sólidos, reatores anaeróbios, filtro biológico e desinfecção por cloração. O sistema de reúso de águas cinza do Edifício Residencial Royal Blue foi projetado, ainda, para o seu abastecimento ser revertido para água potável, no caso da falta de água de reúso (BELISARIO, 2014).

4.3 O reúso de águas cinza no Rio de Janeiro

A capital do Rio de Janeiro foi o primeiro município a publicar uma lei relacionada ao reaproveitamento de águas em edificações, inclusive o reúso de águas cinza. Em 27 de junho de 2011, foi promulgada a Lei nº 5.279, criando o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Embora pioneira no assunto, a publicação dessa legislação não resultou em grandes mudanças com relação ao reúso de águas cinza, pois não se tem muitos registros de trabalhos na área de reúso de águas cinza desenvolvidos no município.

Por outro lado, o Município de Niterói, pertencente à Região Metropolitana do Rio de Janeiro, foi precursor, a nível nacional, com relação ao estabelecimento de parâmetros para o reúso de águas cinza em publicação com efeito legal. O município promulgou, em 26 de julho de 2011, a Lei nº 2.856, que tornou obrigatório o reúso de águas cinza em edificações que tenham consumo de água superior a 20 m³ dia⁻¹. A lei estabeleceu os padrões a serem seguidos para as águas cinza, com base na NBR 13.969/1997 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, mas com alterações e adaptações de acordo com critérios estabelecidos pelo próprio município.

Cabe ressaltar que o Município de Niterói previu em seu arcabouço legal a parametrização da reciclagem de efluentes de águas cinza antes mesmo do estado. A Lei Estadual nº 7.463, recentemente revogada pela Lei Estadual nº 9.164 de 28 de dezembro de 2020, foi publicada em 18 de outubro de 2016 pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, ou seja, cinco anos depois. A lei estadual regulamentou os procedimentos para armazenamento de águas pluviais e águas cinza, visando o reaproveitamento e o retardo da descarga na rede pública.

Ao revogar a Lei Estadual nº 7.463/2016, uma alteração interessante e que indica o início de uma mudança de conscientização ocorreu nos objetivos direcionados ao reúso de águas cinza. Antes, notava-se uma preocupação voltada à questão das enchentes, evidente no Art. 3º dessa lei: “Art. 3º - Os reservatórios de águas cinzas serão de retardo, destinados ao acúmulo de águas cinzas e posterior descarga na rede pública de águas pluviais.”.

No texto da atual legislação, a Lei Estadual nº 9.164/2020 define que o objetivo do reúso de águas cinza claras é a promoção da preservação ambiental dos recursos hídricos, conforme Art. 2º:

Art. 2º As edificações multifamiliares, Shoppings Centers, hospitais ou as edificações públicas, a serem projetadas ou construídas em perímetros urbanos, a partir da data de publicação desta Lei, que tenham áreas impermeabilizadas, coberturas, telhados lajes e pisos, igual ou superior a 360 (trezentos e sessenta) metros quadrados, deverão ser dotadas de reservatório de águas pluviais e cinza clara, bem como **reciclar as águas cinza dos imóveis promovendo a preservação ambiental dos recursos hídricos**. (Grifo nosso)

Aos poucos, nota-se uma evolução no reúso de águas cinza no Rio de Janeiro, iniciada pela publicação da Lei Estadual nº 5.279/2011 na capital, até a recente publicação de uma nova lei estadual que não só atualiza os parâmetros de qualidade do efluente tratado de águas cinza, como altera o foco do reúso de águas cinza para a preservação ambiental, a Lei Estadual nº 9.164/2020. Essa evolução e atualização são necessárias para, a médio e longo prazo, se estabelecer um novo paradigma para a matriz hídrica do Rio de Janeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo, foi possível identificar que o reúso de águas cinza no Brasil ainda é incipiente. Foram encontradas 12 publicações principais, entre normas técnicas, documentos públicos e legislações, que tratam do reúso de águas cinza a nível federal, estadual e municipal. Dessas 12 publicações, apenas 5 estabelecem parâmetros de qualidade para uso não potável do efluente tratado. Nenhuma das 4 publicações corresponde a uma lei federal, o que limita e não incentiva a prática do reúso de águas cinza nas esferas governamentais estaduais e municipais e em âmbito civil.

A publicação que estabelece os maiores índices de restrição, de forma geral, é o Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações (SINDUSCON, 2005). O principal parâmetro restritivo identificado foi de *Coliformes Termotolerantes*, determinados como “ausentes” na Lei Municipal de Niterói nº 2.856/2011, na Lei Municipal de Londrina nº 11.552/2012 e na Lei Municipal de Belo Horizonte nº 10.840/2015 e nas águas de Classe 1 do Manual SINDUSCON (2005). Os três documentos adotam padrões potáveis para o parâmetro Coliformes Termotolerantes, mesmo a finalidade de aplicação sendo usos não potáveis. O parâmetro Coliformes Termotolerantes também foi considerado restritivo na NBR 16.783/2019, uma vez que apresenta-se menor que os limites de balneabilidade estabelecidos na legislação brasileira.

Parâmetros muito restritivos dificultam, podendo até mesmo impossibilitar, a implantação do sistema de reúso de águas cinza, principalmente quando influenciados por fatores como características da fonte alternativa, usos não potáveis pretendidos, vazões de projeto, área técnica disponível e as condições para uso, operação e manutenção do sistema. Se adotados parâmetros muito elevados, como os potáveis, para finalidades que não exigem um efluente de excelente qualidade, como usos não potáveis, o reúso é dificultado e não incentivado, pois irá tornar-se muito caro.

Por ser uma iniciativa embrionária, poucos casos de sucesso na implantação do reúso de águas cinza foram identificados ao longo da pesquisa. Entretanto, dois casos se sobressaíram: o Sistema Bioágua Familiar, voltado ao reúso agrícola das

águas cinza e o Edifício Residencial Royal Blue, destinado ao reúso urbano das águas cinza. Embora, no caso do Rio de Janeiro, não tenha sido identificado nenhum estudo de caso relevante, uma mudança de paradigma e conscientização acerca da preservação dos recursos hídricos é notada a partir da publicação da Lei Estadual nº 9.164/2020.

Tratando-se de um futuro muito breve, é possível afirmar que, sem a prática do reúso de águas, a garantia da segurança hídrica da população e do meio ambiente torna-se ameaçada. A adoção do reúso como forma de gestão da água é necessária frente à realidade do esgotamento da disponibilidade de mananciais para abastecimento público. Esse cenário pode atingir níveis de saturação do recurso, quando a velocidade de poluição se sobrepuser a de recuperação e autodepuração do corpo hídrico. Logo, quanto maior o volume de efluentes tratados e reutilizados, menor a captação de água dos mananciais e menor a poluição dos recursos hídricos pelo lançamento de efluentes.

REFERÊNCIAS

ABREU, I. M.; ARAÚJO, J. C. Panorama mundial de estratégias para convivência com eventos de secas. *Cadernos Camilliani*, v. 15, p. 100-116, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos*: Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos, v. 3. Brasília: ANA, 2013. 126 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Atlas Brasil: abastecimento urbano de águas: panorama nacional*. Vol. 1. Brasília: ANA; Engecorps/Cobrape, 2010. 72 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017*: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 177 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2019*: informe anual. Brasília: ANA, 2019a. 110 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018*: informe anual. Brasília: ANA, 2018b. 88 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Contas econômicas ambientais da água no Brasil 2013–2015*. Brasília: ANA, 2018a. 45 p. Relatório Técnico.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Divisões hidrográficas do Brasil*. 2020a. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copy_of_divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 08 out. 2020 às 20h e 29min.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Política Nacional de Recursos Hídricos*. 2020b. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>>. Acesso em: 08 out. 2020 às 21h e 03min.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. *Reúso d'água: ação da ANA para implantar plano da bacia Piancó-Piranhas-Açu resulta em quatro plantas no RN e PB*. 2019b. Disponível em: <[https://www.ana.gov.br/noticias/reuso-d2019agua-acao-da-ana-para-implantar-plano-da-bacia-pianco-piranhas-acu-resulta-em-quatro-plantas-no-rn-e-pb#:~:text=A%20meta%20proposta%20para%20o,m%C2%B3%2Fs%20estimados%20em%202017.&text=No%20m%C3%A9dio%20prazo%20\(5%20a,comparando%20%C3%A0%20capacidade%20instalada%20atual](https://www.ana.gov.br/noticias/reuso-d2019agua-acao-da-ana-para-implantar-plano-da-bacia-pianco-piranhas-acu-resulta-em-quatro-plantas-no-rn-e-pb#:~:text=A%20meta%20proposta%20para%20o,m%C2%B3%2Fs%20estimados%20em%202017.&text=No%20m%C3%A9dio%20prazo%20(5%20a,comparando%20%C3%A0%20capacidade%20instalada%20atual)>. Acesso em: 08 out. 2020 às 19h

e 53 min.

AL-ADHADH, A. R.; AZIZ, H. Y.; ABBAS, B. J. Reviewing the Advantages and Disadvantages of reusing the Greywater. *IOSR - Journal of Mechanical and Civil Engineering*, v. 16, p. 78-82, 2019.

ALAGOAS. Governo do Estado do Alagoas. *Lei Nº 7.590 de 25 de Março de 2014*. Alagoas, 2014.

ALCOFORADO, C. G.; SILVA, R. F. Sistema de tratamento de esgoto doméstico em condomínio horizontal e reúso de águas cinzas. *Revista CIENTEC*, v. 9, p. 85- 99, 2017.

ALMEIDA, R. G. Aspectos legais para a água de reúso. *Vértices*, v. 13, p. 31-43, 2011.

ALVES, L. C. et al. Degradação do rio Paraíba do Sul no Município de Três Rios: causas e consequências. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*, v. 14, p. 248-259, 2020.

ALVES, M. C. et al. *Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar*. São Paulo: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2016. 32 p. Relatório Técnico.

AMORÓS, A. M. R. *Sequías y abastecimientos de agua potable en España*. Boletín de la A. G. E, n. 36. 2004. p. 137-181. Relatório técnico.

ANGELAKIS, A. N. et al. Water reuse: from ancient to modern times and the future. *Frontiers in Environmental Science*, v. 6, p. 1-17, 2018.

ARACAJU. Câmara Municipal de Aracaju. *Lei nº 4.026 de 28 de abril de 2011*. Aracaju, 2011.

ARAÚJO, B. M. *Avaliação da qualidade da água de reuso gerada a partir de efluentes domésticos tratados a nível secundário e submetidos a um filtro terciário e reator UV*. 2019. 61 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

ARAÚJO, E. P.; RODRIGUES, R. P.; NUNES, R. O gerenciamento da demanda de água é o caminho para propiciar a sua preservação. *Universitas: Arquitetura e Comunicação Social*, v. 5, p. 1-10, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 13.969: tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. *NBR 16.783: uso de fontes alternativas de água não potável em edificações*. Rio de Janeiro, 2019.

AUSTRÁLIA. Departamento de Saúde. *Code of Practice for the Reuse of Greywater in Western Australia 2010*. Canberra: Department of Health, 2015. 59 p. Relatório Técnico.

AZNAR-CRESPO, P.; ALEDO, A.; MELGAREJO, J. *Percepción social e implementación de la reutilización de aguas regeneradas por parte de comunidades de regantes*. In: CONGRESO NACIONAL DEL AGUA 2019: INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD, 2019, Alicante: Universidad de Alicante, 2019. 17 p.

BAHIA. Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CONERH. *Resolução nº 75 de 29 de julho de 2010*. Salvador, 2010.

BANCO MUNDIAL. *Country*. 2020. Disponível em: <<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>>. Acesso em: 25 out. 2020 às 18h e 56min.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. *Ambiente Construído*, v. 8, p. 23-40, 2008.

BATISTA, R. A.; MOURA, D. O. Análise Crítica da Narrativa da série de reportagens “Brasília na seca: um ano sem água”. *Revista Comunicando*, v. 8, p. 105-129, 2019.

BELISARIO, G, Z. *Comparação de balanços hídricos de diferentes edificações multifamiliares de alto padrão no bairro da Praia do Canto, Vitória (ES)*. 2014. 84 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

BELO HORIZONTE. Câmara Municipal de Belo Horizonte. *Lei Nº 10.840 de 28 de Agosto de 2015*. Belo Horizonte, 2015.

BOTELHO, J.; CRUZ, V. *Metodologia Científica*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

BOYJOO, Y. et al. A review of greywater characteristics and treatment processes – a review. *Water Science & Technology*, v. 67, p. 1403-1424, 2013.

BRANDÃO, A. S. et al. Estudo de caso: uso de água recuperada na construção civil. *Revista DAE*, v. 67, p. 34-46, 2019.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. *CataloSan: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos*. Campo Grande: UFMS, 2018a. 52 p. Relatório Técnico.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria de Consolidação nº 05 de 28 de setembro de 2017*. Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001*. Brasília, 2001.

BRASIL. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. *Elaboração de proposta do plano de ação para instituir uma política de reúso de efluente sanitário tratado no Brasil*: Produto III – Critérios de Qualidade de Água. Brasília: CH2M, 2017. 575 p. Relatório Técnico.

BRASIL. Ministério das Cidades e Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. *Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil*: Produto VII – Resumo Executivo. São Paulo: CH2M, 2018c. 32 p. Relatório Técnico.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Projeto Reúso*. 2018b. Disponível em: <<https://antigo.mdr.gov.br/saneamento/projeto-interaguas/projeto-reuso>>. Acesso em: 16 mai. 2021 às 16h e 33min.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. *Resolução nº 121 de 16 de dezembro de 2010*. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. *Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005*. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986*. Brasília, 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011*. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000*. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. *Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005*. Brasília, 2005.

BRASIL. Presidência da República – Casa Civil. *Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934*. Brasília, 1934.

BRASIL. Presidência da República – Casa Civil. *Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007*. Brasília, 2007.

BRASIL. Presidência da República – Casa Civil. *Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020*. Brasília, 2020c.

BRASIL. Presidência da República – Casa Civil. *Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997*. Brasília, 1997.

BRASIL. Sede ancestral: relatos da seca desde o século 16. *Em discussão! Os principais debates do Senado Federal*, Brasília, dez. 2014. Escassez de água, ano 5, nº 23, p. 17.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. *Legislação*.

2020b. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 25 out. 2020 às 02h e 28min.

BRASIL. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. N. 25. Brasília: SNS/MDR, 2020a. 183 p. Relatório Técnico.

BREGA FILHO, D; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Org.) *Reúso de Água*. Barueri: Manole, 2003. Cap. 2, p. 21-36.

BRITTO, A. L. N. P.; QUINTSLR, S. Políticas e programas para esgotamento sanitário na metrópole do Rio de Janeiro: um olhar na perspectiva das desigualdades ambientais. *Cadernos Metrópole*, v. 22, p. 435-456, 2020.

BRITTO, A. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; CARNEIRO, P. R. F. Abastecimento público e escassez hidrossocial na metrópole do Rio de Janeiro. *Ambiente & Sociedade*, v. 19, p. 185-208, 2016.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. *Resolução Conjunta SVDS/SMS nº 09/2014*. Campinas, 2014.

CAMPOS, V. N. O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. *Ambiente & Sociedade*, v. 13, p. 365-382, 2010.

CANTILLO, S. P.; CORPUS, W. Diseño e implementación de un filtro para tratamiento de aguas grises en la aplicación de un sistema de riego para una huerta casera en San Andrés Islas, Colombia. *Revista Loginn*, v. 2, p. 15-24, 2018.

CAPODEFERRO, M. W.; SMIDERLE, J. J. A resposta do setor de saneamento no Brasil à COVID-19. *Revista de Administração Pública*, v. 54, p. 1.022-1.036, 2020.

CARVALHO, N. L. et al. Reutilização de águas residuárias. *REMOA*, v. 14, p. 3164 – 3171, 2014.

CARVALHO, S. T. et al. Aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas no ambiente doméstico. In: ANDRADE, D. F. et al. (Org.). *Gestão Ambiental*, v. 2. Belo Horizonte: Poisson, 2018. Cap. 14, p. 108-117.

CATAR. *Executive By-Law for The Environment Protection Law, Issued vide the Decree Law No. 30 for the Year 2002*. 2002.

CAVALCANTI, C. K. C.; ALVIM, A. A. B.; ALVES, K. D. *Mudanças climáticas como fator potencializador de vulnerabilidade em assentamento precário: caso de São Paulo*. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EM URBANISMO, 11., 2019, Barcelona/Santiago de Chile: SIIU, 2019. p. 1-17.

CAXIAS DO SUL. Prefeitura de Caxias do Sul. *Lei Nº 6.616 de 05 de Dezembro de*

2006. Caxias do Sul, 2006.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. *Resolução COEMA nº 02 de 02 de fevereiro de 2017*. Fortaleza, 2017.

CIRNE, J. R. R. et al. *Influência do Cloro Residual na Qualidade da Água dos Reservatórios que Abastecem o Campus I da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., Rio de Janeiro, 2015. p. 1-6.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. *Uso de água cinza para fins não potáveis: um critério racional para definição da qualidade*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 1-14.

COLE, J. et al. Centralized and decentralized strategies for dual water supply: case study. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 144, 2018.

COLÔMBIA. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Resolución 1207 de 25 de julio de 2014*. Bogotá, 2014.

COLÔMBIA. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. *Resolución número 549 de 10 julio de 2015*. Bogotá, 2015.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. *Águas interiores*. 2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua/>>. Acesso em: 09 mai. 2021 às 13h e 42min.

COSTA, L. S. et al. Avaliação de um equipamento protótipo para tratamento de águas cinzas com fins não potáveis. *Revista Internacional de Ciências*, v. 8, p. 149-167, 2018.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, p. 253-260, 1997.

CRUZ, N.; MIERZWA, J. C. Saúde pública e inovações tecnológicas para abastecimento público. *Saúde e Sociedade*, v. 29, p. 1-8, 2020.

CUBA, R. M. F.; MANZANO, D. P. Avaliação técnica e econômica do reúso de águas cinzas em aparelhos sanitários. *Colloquium Exactarum*, v. 6, p.72 –83, 2014.

CURITIBA. Câmara Municipal de Curitiba. *Lei Nº 10785 de 18 de setembro de 2003*. Curitiba, 2003.

D'AGOSTIN, A.; BECEGATO, V. A.; BAUM, C. A. Revisão sobre técnicas e tratamentos de águas para reúso doméstico. *Geoambiente On-Line*, n. 28, p. 18-32, 2017.

DANTAS, P. R. Reúso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. *Revista Verde*, v. 14, p. 62-68, 2019.

DARE, A. E. et al. Opportunities and Challenges for Treated Wastewater Reuse in the West Bank, Tunisia and Qatar. *Transactions of the ASABE*, v. 60, p. 1563-1574, 2017.

DE GROOT, R. S. Environmental Functions as a Unifying Concept for Ecology and Economics. *The Environmentalist*, v. 7, p. 105-109, 1987.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, v. 41, p. 393-408, 2002.

DÍAZ, A.G. *Optimización del recurso hídrico en nuevas construcciones para vivienda a través de la reutilización de aguas grises*. 2017. 208 f. Dissertação (Mestrado em Construção) – Universidade Nacional da Colômbia, Bogotá, 2017.

DURANTE, L. C.; MOREIRA, J. V. R.; STIZ, W. O. Consumo de água e equipamentos hidrossanitários eficientes em unidades de saúde. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 5, p. 105-121, 2017.

EKUMAH et al. Disparate on-site access to water, sanitation, and food storage heighten the risk of COVID-19 spread in Sub-Saharan Africa. *Environmental Research*, v. 189, p. 1-12, 2020.

ESPÍRITO SANTO. Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH. *Resolução AGERH 005/2015*. Vitória, 2015.

ESPÍRITO SANTO. Agência Estadual de Recursos Hídricos – AGERH. *Resolução AGERH 006/2015*. Vitória, 2015.

FASOLA, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. *Ambiente Construído*, v. 11, p. 65-78, 2011.

FERNANDES, C. B.; CAVALCANTE, F. L.; BATISTA, R. O. *Desinfecção Solar de Efluentes Sanitários*. Natal: IFRN, 2019. 100 p.

FERNANDES, V. M. C. *Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos*. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 2., 2006, Passo Fundo. p. 2-17.

FIGUEIREDO, C. A. P.; FIGUEIREDO, E. L.; FERMENTÃO, C. A. G. R. A crise da água potável no Brasil: direito fundamental “vida” em perigo. *Revista de Estudos Jurídicos*, v. 2, p. 8-34, 2015.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. *Ambiente Construído*, v. 6, p. 19-30, 2006.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. *Tratamento e utilização de esgotos sanitários: Projeto PROSAB*. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427 p. Relatório Técnico.

FLÖRKE, M.; SCHNEIDER, C.; MCDONALD, R. I. Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability*, v. 1, p. 51-58, 2018.

FOUNTOULAKIS, M. S. et al. Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. *Science of the Total Environment*, v. 551-552, p. 706-711, 2016.

FREITAS, A. L. S. *Reúso de água cinza residencial e proposta de tratamento*. 2018. 36 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2018.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ – FIOCRUZ. *Glossário de Doenças Relacionadas à Água*. 2020. Disponível em: <<https://www.aguabrasil.icict.fiocruz.br/index.php?pag=doe>>. Acesso em: 23 out. 2020 às 17h e 34min.

GALVÃO, C. W. et al. *Reúso da Água em Edificações Urbanas e Seus impactos na Hidráulica do Sistema Público de Esgotamento Sanitário*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 23., 2019, Foz do Iguaçu: ABRHidro, 2019. p. 1-2.

GASSERT, F. et al. *Aqueduct Global Maps 2.0*. Washington: World Resources Institute, 2013. 20 p. Relatório Técnico.

GAUDERETO, G. L. et al. Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. *Ambiente & Sociedade*, v. 21, p. 1-20, 2018.

GERBA, C. *Why your cellphone has more germs than a toilet*. 2012. Disponível em: <<https://cals.arizona.edu/news/why-your-cellphone-has-more-germs-toilet>>. Acesso em: 16 mai. 2021 às 20h e 32 min.

GHERNAOUT, D. Increasing trends towards drinking water reclamation from treated wastewater. *World Journal of Applied Chemistry*, v. 3, p. 1-9, 2018.

GIKAS, P.; TCHOBANOGLOUS, G. The role of satellite and decentralized strategies in water resources management. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 144-152, 2009.

GIL, A. M.; CANTOS, J. O.; AMORÓS, A. M. R. *Diferentes percepciones de la sequía en España: adaptación, catastrofismo e intentos de corrección*. Universidad de Alicante, 1999.

GONÇALVES, L. S.; SILVA, C. R. Pandemia de Covid-19: sobre o direito de lavar as

mãos e o "novo" marco regulatório de saneamento básico. *Foz*, v. 3, p. 70-91, 2020.

GONÇALVES, R. F.; KELLER, R. P.; FRANCI, T. K. Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil. *Revista DAE*, v. 67, p. 75-89, 2019.

GONÇALVES, R. F.; SIMÕES, G. M. S.; WANKE, R. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas – estudo de caso em Vitória (ES) e Macaé (RJ). *Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica*, v. 3, p. 120-131, 2010.

GRUPO CRISPA. *Elemento*. 2020. Disponível em: <<https://www.grupocrispa.com.co/proyecto/elemento/1010>>. Acesso em: 08 out. 2020 às 22h e 05min.

GUDE, V. G. Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 16, p. 591-609, 2017.

GUERRA, B. B. Uso da água como fonte renovável em edificações. *Revista de Arquitetura IMED*, v. 5, p. 4-9, 2016.

GUIMARÃES, R. M. *Ocorrência de cloro residual combinado no sistema de distribuição de água de Campina Grande (PB)*. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.

HEJAZI, M. et al. Scenarios of global municipal water-use demand projections over the 21st century. *Hydrological Sciences Journal*, v. 58, p. 518-538, 2013.

HESPANHOL, I. Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. *Revista USP*, n. 106, p. 79-94, 2015.

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados*, v. 63, p. 131-158, 2008.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, O. B. Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos. *Ambiente Construído*, v. 2, p. 47-61, 2002.

INBAR, Y. New standards for treated wastewater reuse in Israel. In: Zaid, M. K. (Org.). *Wastewater Reuse – Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security*. Londres: Springer Netherlands, 2007. p. 291-296.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Rio Amazonas*. 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca->

catalogo.html?id=440452&view=detalhes#:~:text=Notas%3A%20O%20Rio%20Amazonas%2C%20localizado,do%20Par%C3%A1%20com%20o%20Amap%C3%A1.>. Acesso em: 08 out. 2020 às 22h.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Semiárido Brasileiro: o que é*. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 11 nov. 2020 às 16h e 54min.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Tabela 1286 – População e Distribuição da população pelas Grandes Regiões e Unidades da Federação nos Censos Demográficos: Variável – População (Pessoas): Ano - 2010*. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1286#resultado>>. Acesso em: 24 out. 2020 às 17h e 28min.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. *Water Energy Nexus*. In: *WORLD ENERGY OUTLOOK, 2016. Excerpt from...* Paris: OECD/IEA, 2016.

JAYASWAL, K.; SAHU, V.; GURJAR, B. R. *Water Pollution, Human Health and Remediation*. In: _____. *Water Remediation*, Heidelberg: Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2017. Cap. 2, p. 11-27.

KARIMI, V.; KARAMI, E.; KESHAVARZ, M. *Climate change and agriculture: Impacts and adaptive responses in Iran*. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 17, p. 1-15, 2018.

KOG, Y. C. *Water reclamation and reuse in Singapore*. *Journal of Environmental Engineering*, v. 146, p. 1-8, 2020.

LAMBERT, L. A.; LEE, J. *Nudging greywater acceptability in a Muslim country: comparisons of different greywater reuse framings in Qatar*. *Environmental Science and Policy*, v. 89, p. 93–99, 2018.

LEAL, L. H. et al. *Characterisation and biological treatment of greywater*. *Water Science & Technology*, v. 56, p. 193-200, 2007.

LEITE, A. M. F. *Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos*. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

LEITE, M. A. et al. 2019. *Usos múltiplos da água*. In: DORNFELD, C. B.; TALAMONI, A. C. B.; QUEIROZ, T. V. (Org.). *O Jogo digital na sala de aula - ÁGUA, AÇÃO E REFLEXÃO: elaboração de jogo digital para a Educação Básica*. Ilha Solteira: Unesp, 2019. Cap. 4, p. 44-57.

LI, L.; BERGEN, J. M. *Green infrastructure for sustainable urban water management: practices of five forerunner cities*. *Cities*, v. 74, p. 126-133, 2018.

LIBÂNIO, M. *Introdução*. In: _____. *Fundamentos de Qualidade e Tratamento de*

Água. 3. ed. Campinas: Editora Átomo, 2010. Cap. 1, p. 15-18.

LIPCHIN, C.; ALBRECHT, T. A watershed-based approach to mitigating transboundary wastewater conflicts between Israel and the palestinian authority: the Besor-Hebron-Be'er Sheva watershed. In: CAHAN, J. A. (Org.). *Water Security in the Middle East: essays in scientific and social cooperation*. Londres: Anthem Press, 2017. Cap. 4, p. 93-124.

LONDRINA. Câmara Municipal de Londrina. *Lei Nº 11.552 de 24 de Abril de 2012*. Londrina, 2012.

MACIEL, J. R. F. *Influência da água no processo de corrosão em tubulações de ETAs e redes de distribuição*. 2019. 73 f. Monografia (Bacharelado em Química) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

MAIMON, A.; GROSS, A. Greywater: limitations and perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v.2, p. 1-6, 2018.

MANAUS. Prefeitura Municipal de Manaus. *Lei Nº 1.192 de 31 de dezembro de 2007*. Manaus, 2007.

MANAWI, Y. et al. Evaluation of the current state and perspective of wastewater treatment and reuse in Qatar. *Desalination and Water Treatment*, v. 71, p. 1-11, 2017.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, n. 106, p. 31-44, 2015.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. In: GALVÃO, C. A. et al. (Org.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: INSA - Instituto Nacional do Semiárido, 2011. Cap. 13, p. 383-422.

MARIN, P. et al. *Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries*. Washington: World Bank Group, 2017. 56 p. Relatório Técnico.

MARINOSKI, A. K. et al. *Usos finais de água em habitações de interesse social no sul do Brasil*. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 15., Maceió: ENTAC, 2014. p. 2720-2729.

MASHHADI ALI, A.; SHAFIEE, M. E.; BERGLUND, E. Z. Agent-based modeling to simulate the dynamics of urban watersupply: Climate, population growth, and water shortages. *Sustainable Cities and Society*, v. 28, p. 420-434, 2016.

MAY, S. *Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações*. 2009. 223 f. Tese (Doutorado em Engenharia) –

Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MEDEIROS, M. S. *Poluição ambiental por exposição à poeira de gesso: impactos na saúde da população*. 2003. 200 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2003.

MELGAREJO-MORENO, J.; LÓPEZ-ORTIZ, M. I. Depuración y reutilización de aguas en España. *Agua y Territorio*, n. 8, p. 22-35, 2016.

MENDONÇA, J. K. A.; GONÇALVES, D. F.; RIGUE, F. M. Experimento para determinação semiquantitativa de oxigênio dissolvido em água doce. *Revista Sítio Novo Palmas*, v. 4, p. 53-61, 2020.

MENDONÇA, K. P. L. *Tratamento de Águas cinza provenientes de lavanderias visando reúso*. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Do Tocantins Campus, Palmas, 2019.

MESQUITA, T. C. R. et al. Gestão descentralizada de soluções de esgotamento sanitário no Brasil: aspectos conceituais, normativos e alternativas tecnológicas. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 56, p. 46-66, 2021.

MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I. *Água na indústria: uso racional e reúso*. In: _____. São Paulo: Oficina de Textos. 143 p. 2005.

MIZYED, N.; MAYS, D. C. *Reuse of treated wastewater: from technical innovation to legitimization*. In: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2020, Henderson: ASCE, 2020. p. 16-30.

MONTE, B. R.; PEREIRA, J. R.; BARRANCO, J. F. A. A agricultura irrigada na região do Semiárido legal mineiro: um estudo sobre os avanços e impactos ambientais. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, v. 4, p. 222-248, 2019.

MONTEIRO, V. P. *O reúso de águas cinzas: uma revisão de literaturas sobre a viabilidade ecológica nos contextos de agricultura, residências e indústrias*. 2020. 19 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unievangélica campus Ceres, Ceres, 2020.

MOTA, M. B. R.; MANZARES, M. D.; SILVA, R. A. L. Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 2, p. 25-29, 2006.

MOURA, P. G. et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, p. 791-808, 2020.

MUSHI, V.; SHAO, M. Tailoring of the ongoing water, sanitation and hygiene interventions for prevention and control of COVID-19. *Tropical Medicine and Health*, v. 48, p. 1-3, 2020.

NG, P. J. H. Singapore: transforming water scarcity into a virtue. In: BISWAS, A. K.; TORTAJADA, C.; ROHNER, P. (Org.). *Assessing Global Water Megatrends*. Londres: Springer Singapore, 2018. Cap. 10, p. 179-186.

NGUYEN, D. C.; HAN, M. Y. Design of dual water supply system using rainwater and groundwater at arsenic contaminated area in Vietnam. *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, v. 63, p. 578-585, 2014.

NIRENBERG, L. P.; REIS, R. P. A. Avaliação do desempenho de sistema de reuso de água de uma edificação unifamiliar em Goiânia-GO. *REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 1, p. 1-13, 2010.

NITERÓI. Prefeitura Municipal de Niterói. *LEI N° 2856/2011*. Niterói, 2011.

NOGUEIRA, D. Segurança hídrica, adaptação e gênero: o caso das cisternas para captação de água de chuva no semiárido brasileiro. *Sustentabilidade em Debate*, v. 8, p. 22-36, 2017.

NSW HEALTH. *NSW guidelines for greywater reuse in sewerred, single household residential premises*. Sidney: NSW, 2008. 52 p. Relatório Técnico.

OGOSHI, M.; SUZUKI, Y.; ASANO, T. Water reuse in Japan. *Water Science and Technology*, v. 43, p. 17-23, 2001.

OKUN, D. A. Distributing reclaimed water through dual systems. *Journal AWWA*, v. 89, p. 52-64, 1997.

OLIVEIRA, A. M.; ARAÚJO, W. S.; COSTA, D. F. S. C. Serviços ecossistêmicos prestados por reservatórios no semiárido do Brasil. *Revista do CERES*, v. 1, p. 36-43, 2015.

OLIVEIRA, D. P. F.; ANDRADE, T. C. O.; BROETTO, F. Água Residuária: Usos e Legislação. In: ZABOTTO, A. R. (Org.). *Estudos sobre impactos ambientais: Uma abordagem contemporânea*. Botucatu: FEPAF, 2019. Cap. 2, p. 11-19.

OLIVEIRA, K. *Saneamento básico precário facilita proliferação da covid-19 no Brasil*. 2020. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/saneamento-basico-precario-facilita-proliferao-de-covid-19-no-brasil/>>. Acesso em 15 jan. 2021 às 09h e 21min.

OLIVEIRA, L. G. S. *Soluções para uma gestão adequada de bacias hidrográficas e de sistemas aquíferos, em cenários de escassez hídrica extrema*. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

OLIVEIRA, L. M.; ALVES, L. A. Estudo sobre modalidades de reaproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas para uso residencial. *Revista Boletim do Gerenciamento*, n. 13, p. 10-20, 2020.

OLIVEIRA, L. O. V.; GONÇALVES, R. F. *Avaliação da qualidade microbiológica da*

água cinza para reúso em descarga sanitária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 26., Porto Alegre, 2011. p. 1-8.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities*. Genebra: UN-Water, 2014. 108 p. Relatório Técnico.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: não deixar ninguém para trás*. Resumo Executivo. Genebra: UN-Water, 2019. 12 p. Relatório Técnico.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. *WHO recommendations on scientific, analytical and epidemiological developments relevant to the parameters for bathing water quality in the Bathing Water Directive (2006/7/EC): recommendations*. Genebra: WHO, 2018. Relatório Técnico.

OTENG-PEPRAH, M.; ACHEAMPONG, M. A.; DEVRIES, N. K. Greywater Characteristics, Treatment Systems, Reuse Strategies and User Perception - a Review. *Water, Air & Soil Pollution*, v. 229, p. 229-255, 2018.

OTINIANO, J. L. E. L. *Revisión sistemática de estudios realizados sobre reutilización de aguas grises tratadas en viviendas*. 2018. 18 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, 2018.

OTTERPOHL, R.; BRAUN, U.; OLDENBURG, M. *Innovative technologies for decentralised wastewater management in urban and peri-urban áreas*. In: SPECIALISED CONFERENCE ON SMALL WATER AND WASTEWATER TREATMENT SYSTEMS, 5., 2002, Istambul: IWA, 2002. p. 27-36.

PAES, R. P. et al. Aplicação de Tecnologias de Conservação do Uso da Água Através do Reuso - Estudo de Caso Cuiabá, MT. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, p. 97-107, 2010.

PALINI JUNIOR, L. *Perdas físicas de água em sistemas de abastecimento: método de diagnóstico, controle e redução através de Sistema de Informações Geográficas*. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PERNAMBUCO. Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco. *Lei Nº 14.572 de 27 de Dezembro de 2011*. Pernambuco, 2011.

PETER-VARBANETS, M. et al. Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Water Research*, v. 43, p. 245-265, 2009.

PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. *LEI Nº 10.506 de 5 de agosto de 2008*. Porto Alegre, 2008.

QUISPE, P. P. *Reutilización de aguas grises domesticas ante la insuficiencia de*

água potável em edifícios multifamiliares - Lima. 2018, 108 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidad Peruana los Andes, Lima, 2018.

RACEK, J. GrayWater reuse in urban areas. In: ZELÉNÁKOVÁ, M.; HLAVÍNEK, P.; NEGM, A. M. (Org.). *Management of Water Quality and Quantity*. Berlim: Springer International Publishing, 2020. Cap. 8, p. 195-217.

RACLAVSKÝ, J. et al. Greywater and rainwater management in buildings. *Advanced Materials Research*, v. 649, p. 195-198, 2013.

RACLAVSKÝ, J. et al. Greywater and rainwater management in buildings. *Advanced Materials Research*, v. 649, p. 195-199, 2013.

RAPOPORT, B. *Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial*. 2004. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004.

RASOULKHANI, K. et al. Resilience-based infrastructure planning and asset management: study of dual and singular water distribution infrastructure performance using a simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, v. 48, p. 1-12, 2019.

RAYIS, M. W. A. *Avaliação da viabilidade do reúso de água para recarga de aquíferos na Região Metropolitana de São Paulo*. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

REANI, R. T.; SEGALLA, R. *A situação do esgotamento sanitário na ocupação periférica de baixa renda em áreas de mananciais: consequências ambientais no meio urbano*. In: ENCONTRO DA ANPPAS, 3., 2006, Brasília. p. 1-14.

REBOUÇAS, A. C. *Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez*. *Bahia Análise & Dados*, v. 13, p. 341-345, 2003.

REIS, F. M. P.; COSTA, T. V. B.; ALVES, F. Reúso de águas cinzas em habitações populares no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Revista Petra*, v. 4, p. 1-22, 2018.

REIS, M. C. P.; ANDRADE SOBRINHO, R. *Análise da eficiência do investimento em sistemas para redução do consumo de água em residência de padrão popular*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 10., 2016, Belém: SBCMAC, 2016. p. 1-7.

REZENDE, A. T. *Reúso urbano de água para fins não potáveis no Brasil*. 2016. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. *Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública*. 2010. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Especialização em Análise Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. *Parcerias Estratégicas*, n. 27, p. 297-321, 2008.

RIO DE JANEIRO. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. *Lei nº 7463 de 18 de outubro de 2016*. Rio de Janeiro, 2016.

RIO DE JANEIRO. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. *Lei Nº 6.034 de 07 de Setembro de 2011*. Rio de Janeiro, 2011.

RIO DE JANEIRO. Câmara Municipal do Rio de Janeiro. *Lei nº 5.279 de 27 de junho de 2011*. Rio de Janeiro, 2011.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado do Rio de Janeiro. *Decreto nº 47.403 de 15 de dezembro de 2020*. Rio de Janeiro, 2020.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado do Rio de Janeiro. *Lei nº 9.164 de 28 de dezembro 2020*. Rio de Janeiro, 2020.

ROMANO, L. S. *Reúso de água: proposta normativa para implementação de política para fins não potáveis no Estado do Rio de Janeiro*. 2020. 163 f. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia e Ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

SAMPAIO, C. A. P. et al. *Análise técnica de água de fontes rurais*. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, v. 24, p. 213-217, 2019.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. *Aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 1: reduções no consumo de água*. *Água & Sociedade*, n. 10, p. 77-84, 2013.

SANTIAGO, F.; JALFIM, F. O Sistema Bioágua Familiar. In: CTA. (Org.). *Capitalização de experiências: lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasi*, v. 2. Wageningen, CTA, 2018. Cap. 5, p. 22-27.

SANTOS, K. M. S.; OLIVEIRA, M. F.; ALBUQUERQUE, T. M. A. *Reúso de água como alternativa de gestão de oferta*. In: ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE, 12., 2019, Aracaju, 2019. p. 1-5.

SANTOS, M. A. *Nos tempos dos tigres: o indesejável transporte dos dejetos no Recife oitocentista*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA, 26., 2007, São Leopoldo: ANPUH, 2007. p. 1-7.

SANTOS, T. M. M.; OLIVEIRA, J. L. S.; SILVA, E. Vulnerabilidade hídrica no Nordeste brasileiro: entre a urbanização e a Educação Ambiental. *Revista Eletrônica*

do Mestrado em Educação Ambiental, v. 35, p. 184-199, 2018.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo. *Decreto Nº 48.138 de 07 de Outubro de 2003*. São Paulo, 2003.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. *Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01 de 13 de fevereiro de 2020*. São Paulo, 2020.

SÃO PAULO. Prefeitura de São Paulo. *Lei Nº 16.160 de 13 de Abril de 2015*. São Paulo, 2015.

SÃO PAULO. Prefeitura de São Paulo. *Lei Nº 16.174 de 22 de Abril de 2015*. São Paulo, 2015.

SÃO PAULO. Secretaria do Governo Municipal. *Lei nº 14.018 de 28 de junho de 2005*. São Paulo, 2005.

SERAPHIM, A. P. A. C. C. *Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas a urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Paranoá – DF*. 2018. 207 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SHAIKH, I. N.; AHAMMED, M. M.; KRISHNAN, M P. S. Graywater treatment and reuse. In: GALANAKIS, C.; AGRAFIOTI, E. (Org.). *Sustainable Water and Wastewater Processing*. Amsterdã: Elsevier, 2019. Cap. 2, p. 19-54.

SHI, K. W. et al. Quantitative microbial risk assessment of Greywater on-site reuse. *Science of the Total Environment*, v. 635, p. 1507-1519, 2018.

SILVA, A. B. et al. Análise microbiológica da água utilizada para consumo nas escolas de Esperança, Paraíba. *Revista Principia*, n. 37, p. 11-17, 2017.

SILVA, A. H. *Relação entre parâmetros de qualidade da água e a concentração de cloro residual livre em um setor de abastecimento de água em Ponta Grossa – PR*. 2020. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.

SILVA, E. A. A. et al. *Eficiência do Sistema Bioágua no Tratamento de Águas Cinzas*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DOS ENGENHEIROS SEM FRONTEIRAS, 5., 2018, Natal: 2018. p. 1-8.

SILVA, K. C.; SANTOS, R. A.; SANTOS, A. S. P. *Estudo sobre a atual situação do reuso de águas servidas tratadas no Brasil e no mundo*. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17., 2016, Florianópolis: ABES, 2016. p. 1-19.

SILVA, L. M. et al. Ocorrência de um surto de hepatite A em três bairros do município de Vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo

humano. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 14, p. 2163-2167, 2009.

SILVA, M. F. Tipos de água, uso e importância: um estudo teórico sobre os caminhos para a conscientização e sensibilização. *RGSN - Revista Gestão, Sustentabilidade e Negócios*, v. 6, p. 165-188, 2018.

SILVA, W. M. et al. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, p. 1-15, 2010.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE SÃO PAULO - SINDUSCON. *Manual de Conservação e Reúso de Água em Edificações*. São Paulo: SINDUSCON, 2005. Relatório Técnico.

SION, A. O. Necessidade de investimentos em infraestrutura para universalização do Saneamento Básico no combate a pandemias: uma análise do enfrentamento à COVID-19 à luz do novo Marco Legal do Saneamento Básico. *Revista Ciências Jurídicas e Sociais – IURJ*, v. 1, p. 111-141, 2020.

SOTERO-MARTINS, A. et al. *Caracterização dos períodos de crise e pós-crise hídrica da água bruta da Bacia do Guandu através de parâmetros de qualidade*. Rio de Janeiro, 2020.

SOUZA, F. T. et al. *Experiências em ecossocioeconomia: uma abordagem em mineração de dados*. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 12., 2016, Rio de Janeiro. p. 1-22.

SOUZA, M. C. S. A.; PASOLD, C. L. La reutilización del agua en el ámbito de la economía circular y sostenibilidad. *Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política*, v. 10, p. 155-172, 2019.

SUBTIL, E. L.; SANCHEZ, A. A.; CAVALHERO, A. *Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto e reúso de água*. Santo André: UFABC, 2016.

TANAJURA, C. A. S.; GENZ, F.; ARAÚJO, H. A. Mudanças climáticas e recursos hídricos na Bahia: validação da simulação do clima presente do HADRM3P e comparação com os cenários A2 e B2 para 2070-2100. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, p. 345-358, 2010.

TONELLO, K. C. Água: conceitos, dinâmica e distribuição. In: _____. *Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil: conceitos, legislações e aplicações*. São Carlos: Editora UFSCar Virtual, 2011. Cap. 1, p. 15-21.

TONETTI, A. L. et al. Panorama atual e desafios do esgotamento sanitário em comunidades isoladas no Brasil. In: _____. *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções*. Campinas: Biblioteca UNICAMP, 2018. Cap. 2, p. 29-42.

TOTUGUI, N. *Diagnóstico do uso de água em bloco comercial do Distrito Federal*. 2020. 192 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de

Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. In: REBOUÇAS, A.; BRAGA, B.; TUNIDSI, J. G. (Org.). *Água Doce*. São Paulo: Escrituras, 1997. Cap. 14, p. 20-35.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, p. 97-112, 2008.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. *Ciência e Cultura*, v. 55, p. 36-37, 2003.

TURNER, S. W. D. et al. Climate impacts on hydropower and consequences for electricity supply investment needs. *Energy*, v. 141, p. 2081-2090, 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. *Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives*. Londres: Earthscan Publications Ltd, 2002. 466 p. Relatório Técnico.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG. *Falta de acesso ao saneamento básico expõe brasileiros a doenças*. 2020. Disponível em: <<https://www.medicina.ufmg.br/falta-de-acesso-ao-saneamento-basico-expoe-brasileiros-a-doencas/>>. Acesso em: 15 jan. 2021 às 10h e 56min.

VALENTE, L. P.; JESUS, N. N. Incentivos Fiscais de ICMS para Redistribuição de Alimentos para Entidades Benéficas. *Revista Tributária e de Finanças Públicas*, v. 144, p. 133-156, 2020.

VÁZQUEZ-ROWE, I.; KAHHAT, R.; LORENZO-TOJA, Y. Natural disasters and climate change call for the urgent decentralization of urban water systems. *Science of the Total Environment*, v. 605-606, p. 246-250, 2017.

VITÓRIA. Câmara Municipal de Vitória. *Lei nº 6.259 de 23 de dezembro de 2004*. Vitória, 2004.

VITÓRIA. Câmara Municipal de Vitória. *Lei nº 8.959 de 02 de junho de 2016*. Vitória, 2016.

VUPPALADADIYAM, A, K. et al. A review on greywater reuse: quality, risks, barriers and global scenarios. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, v. 18, p. 77-99, 2018.

WORLD RESOURCES INSTITUTE – WRI. *Country rankings*. 2019. Disponível em: <<https://www.wri.org/applications/aqueduct/country-rankings/>>. Acesso em: 20 out. 2020 às 03h e 48min.

YOONUS, H.; MANNAN, M.; AL-GHAMDI, S. G. *Environmental performance of building integrated grey water reuse systems: life cycle assessment perspective*. In: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2020, Henderson: World Environmental and Water Resources Congress 2020, 2020.

YU, Z. L. T. Critical review: regulatory incentives and impediments for onsite

graywater reuse in the United States. *Water Environment Research*, v. 85, p. 650-662, 2013.