

Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil

Water reuse: a sustainable alternative for Brazil

Priscila Gonçalves Moura^{1*} , Felipe Nicolau Aranha¹ ,
Natasha Berendonk Handam¹ , Luis Eduardo Martin² , Maria José Salles¹ ,
Elvira Carvajal³ , Rodrigo Jardim⁴ , Adriana Sotero-Martins¹ 

RESUMO

As motivações para a busca de soluções e alternativas que podem diminuir o estresse hídrico são evidentemente importantes. Mesmo que renováveis, os recursos hídricos de qualidade e potabilidade são escassos. Como alternativa, o reúso pode ajudar a diminuir o uso de águas potáveis para atividades que não necessitam de potabilidade. Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre água de reúso a partir da definição de alternativa sustentável e racional para o uso da água. Realizou-se um levantamento bibliográfico do período de julho a dezembro de 2017 nas bases de dados Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MedLine), Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), Embase e Institute for Scientific Information (ISI). Com a revisão bibliográfica foi possível identificar que o tema "reúso" vem sendo debatido para a gestão, a padronização e os riscos associados à utilização. No Brasil, não há uma legislação a nível nacional que regule o uso e determine os padrões de qualidade da água de reúso. No entanto, nas quatro regiões brasileiras foi observado que há sete estados com legislações e normas sobre o tema. Legislações internacionais apresentam uma relação abrangente de parâmetros que podem ser utilizados no debate para a legislação brasileira. Trabalhos produzidos pela comunidade acadêmica fundamentam os riscos sobre esse tipo de água. Publicações científicas sobre água de reúso devem ser estimuladas, assim como legislações mais detalhadas descrevendo os tipos de água de reúso, assim como os padrões de riscos relacionados.

Palavras-chave: água de reúso; água residuária; legislação; qualidade da água.

ABSTRACT

The motivations for seeking solutions and alternatives that can reduce water stress is clearly important. Even though renewable, water resources of quality and potability are scarce. As an alternative, reuse can help reduce the use of drinking water for activities that do not require drinking. The objective was to carry out a review of the literature on reuse water based on the definition of a sustainable and rational alternative for water use. A bibliographical survey was carried out from July to December 2017 in the MedLine, Lilacs, Embase, and ISI databases. The bibliographic review showed that the reused topic has been discussed with notes to the management, standardization, and risks associated with its use. There is no national Brazilian legislation that regulates the use and quality standards of reuse water. However, in the four Brazilian regions, the literature points to only seven Brazilian states with legislation and norms on the subject. International legislations present a comprehensive list of parameters that can be used in the discussion of Brazilian national legislation. Works have been produced by the academic community, basing the risks of this type of water. Scientific publications on reuse water should be encouraged, as well as more detailed legislation describing the types of reuse water and related risk patterns.

Keywords: reuse water; wastewater; legislation; water quality.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é uma problemática de regiões áridas, semiáridas e de outras regiões com recursos hídricos sazonalmente abundantes, mas insuficientes para satisfazer demandas elevadas de consumo (HESPANHOL, 2002). A utilização da água de reúso segura possibilita

que a oferta de água potável seja destinada para fins essenciais, e a de água de reúso, para outros fins, tais como atividades agrícolas, irrigação paisagística e limpeza urbana (PINTO *et al.*, 2014).

Lavrador Filho (1987) descreve que a água de reúso é o "aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma

¹Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

²Fundação Nacional de Saúde – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

³Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

⁴Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz – Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

*Autora correspondente: priscila.moura.gema@gmail.com

Recebido: 22/11/2018 – Aceito: 10/01/2020 – Reg. ABES: 20180201

atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”. A PROLAGOS (2015) cita que a água de reúso é o produto de uma técnica de refinamento do esgoto tratado e polido. Barros *et al.* (2015) definem que água de reúso é a reutilização de águas provenientes de efluentes tratados.

A água de reúso é o produto de um esgoto tratado e polido. Em algumas situações, o esgoto passa pelas etapas de tratamento nas estações de tratamento de esgoto (ETEs) e, posteriormente, pelas etapas de tratamento de água de reúso (ETAR) (PROLAGOS, 2015). Tecnologias alternativas visando ao tratamento e ao refinamento de água de esgoto vêm sendo levantadas como proposta para uso de fins potáveis.

Tratamentos como a adsorção em carvão ativado, a oxidação com ozônio, dióxido de cloro e peróxido de hidrogênio, a separação por membranas (microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), a eletrolise reversa, a troca iônica, a destilação e a precipitação química são as principais tecnologias no que se refere ao tratamento das águas residuárias para reúso (MANCUSO; SANTOS, 2013; MIERZWA; HESPANHOL, 2005; TCHOBANOGLOUS; BURTON; STENSEL, 2003).

Contudo, há incertezas científicas entorno da destinação dessa água, pois micropoluentes podem persistir a processos de tratamento pelo grande volume de água de reúso tratada diariamente (SCARPA *et al.*, 2011).

O reúso da água, até o momento, possui duas modalidades: água de reúso e água reciclada. A denominação “água de reúso” confunde-se, no popular, com o aproveitamento de águas pluviais (água reciclada). O aproveitamento da água pluvial pode ser um instrumento muito importante para a gestão dos recursos hídricos. Contudo, não deve ser considerada água de reúso, pois após passar pelo ciclo hidrológico natural, essa água captada terá sua primeira utilização (FERNANDES, 2006).

Quanto à classificação, a Organização Mundial de Saúde — OMS (*World Health Organization* — WHO, 1973) define que a água de reúso pode ser classificada como reúso indireto (planejado e não planejado), reúso direto e reciclagem interna. No entanto, vários autores se empenham nessa discussão sobre a definição (LAVRADOR FILHO, 1987; WESTERHOFF, 1984). A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nº 13.969/97 (ABNT, 1997) classifica quanto à forma de aproveitamento como reúso local, reúso direto planejado e reúso indireto (planejado e não planejado).

No Brasil, a água de reúso está sendo aplicada em diversas atividades não potáveis, como na agricultura, na irrigação paisagística, na limpeza urbana, na lavagem de veículos e em sanitários nos *shopping centers*. Em 2014, foram retomadas as discussões no Sudeste sobre a utilização da água de reúso por conta da crise de abastecimento no Sistema Cantareira em São Paulo, provocada pela estiagem de chuvas,

já que havia a possibilidade de tornar a água de reúso distribuível para o consumo humano (MARENGO *et al.*, 2005).

Contudo, essa medida pode representar riscos à saúde pública no Brasil. Não há legislações específicas e padrões reguladores no país para dar suporte a esse instrumento de gestão ambiental, que garantam a qualidade e a segurança na utilização da água de reúso para contato primário, muito menos para o consumo humano. Nesse cenário, pesquisas, discussões e debates são necessários para definir a utilização da água de reúso e os critérios de segurança, sejam para fins potáveis, sejam para fins não potáveis, acreditando que em um cenário de escassez hídrica extrema esse recurso possa ser utilizado como estratégia.

Nesse sentido, o presente artigo teve como objetivo contribuir para a discussão sobre a legislação de água de reúso no Brasil, no que se refere a parâmetros de qualidade e uso seguro, em comparação com as legislações internacionais e nacionais vigentes, posto que não existe definição jurídica brasileira nacional até o momento.

METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se como descritivo, com fonte de dados documentais. Buscando pela coleta de dados mais ampla possível, optou-se pela pesquisa de informações em três bases de dados eletrônicas: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Web of Science* e *Scopus*, sem intervalo de ano publicado.

Além disso, foram consultadas normatizações e padronizações, datadas até dezembro de 2017, sobre a utilização de água de reúso: nacionais brasileiras (níveis federal, estadual e municipal) e internacionais (países dos seis continentes do mundo). Utilizou-se também a base de dados do Google para encontrar reportagens e documentos sobre o assunto.

O levantamento de informações aconteceu durante os meses de julho a dezembro de 2017. Utilizaram-se os descritores na língua portuguesa “água de reúso” e “reúso de água cinza”, tendo como sinônimo “uso de águas residuais”. Os descritores equivalentes na língua inglesa foram “wastewater use”, “water reuse” e “greywater reuse”.

Para os critérios de elegibilidade utilizados para inclusão dos artigos, foram adotados: publicações nos últimos dez anos, documentos escritos nas línguas portuguesa e inglesa, artigos indexados e originais, artigos e documentos que abordam legislações e normas, publicações em anais de congressos, monografias, teses e dissertações.

Os critérios de exclusão foram: documentos que não atenderam aos critérios de elegibilidade e que continham os termos e as palavras-chave na língua portuguesa “água de chuva” e “água reciclada”, tendo como sinônimo “água pluvial”, e a busca na língua inglesa equivalente (“rainwater” e “water recycling”, respectivamente).

Dentro da temática do reúso foi observado, nos artigos escolhidos, o risco para saúde, métodos e tecnologias de tratamento, tipos de uso,

gestão, padrões e legislações, estudo de casos, discussão sobre as possibilidades do uso e a percepção da sociedade sobre o tema. Ao todo, foram identificados 4.802 artigos, dos quais 674 foram excluídos por serem duplicata. Após avaliação dos títulos dos artigos, 3.305 foram excluídos, e a partir da leitura dos resumos dos 103 artigos restantes, 19 foram selecionados para a avaliação completa dos textos e 10 para compor o Quadro 1 de síntese.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção científica relacionada com o tema “água de reúso”

O tema “reúso de água” é datado desde a década de 1960, porém somente após os anos 2000 que o assunto teve maior relevância no meio científico. O aumento das publicações científicas pode ser explicado em

Quadro 1 – Lista de artigos selecionados para análise.

Estudo (Autor, ano)	Tipo	Título	Síntese
Hespanhol, 2008	Artigo	“Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos”	A discussão inerente aos tipos de uso de água de reúso, os riscos e conflitos associados, além da importância de inserir o tema no planejamento. O autor ressalta a preocupação com a falta d'água crônica nas regiões metropolitanas e nas regiões áridas do país, e como a mudança do paradigma na gestão das águas poderia melhorar o cenário.
Al-Hamaiedeh, 2010	Artigo	“The impact of Greywater Reuse in Irrigation on Public Health and Safety”	O estudo avaliou o risco para a saúde na utilização de águas cinzas para a irrigação de jardins residenciais na Jordânia. Casos de diarreia em períodos antes e após a introdução de águas cinzas foram comparados. Analisaram-se a quantidade de <i>E. coli</i> e as concentrações de metais pesados em amostras de águas cinzas e solo. O autor verificou que os casos de diarreia para os dois períodos analisados foram semelhantes, e foi observada a presença de metais pesados nos solos analisados.
Ghunmi <i>et al.</i> , 2011	Artigo	“Grey Water Treatment Systems: A Review”	A revisão examinou as características das águas cinzas, os padrões de reúso, os usos, a tecnologia, a performance e o custo. Os processos de tratamento de águas cinzas não são efetivos, alguns não são compatíveis com os padrões existentes. As legislações e os padrões foram criticamente avaliados e classificados de acordo com os diferentes usos. Para melhor eficiência energética, o processo indicado é o anaeróbio.
Leverenz, Tchobanoglous, e Asano, 2011	Artigo	“Direct potable reuse: a future imperative”	O uso direto do reúso é um caminho possível para a gestão dos recursos hídricos, sendo o centro da discussão do artigo. O processo de purificação dos efluentes nos dias atuais tem custo elevado, porém a crescente escassez de água tornará o reúso direto uma realidade. Com isso, há necessidade de monitoramento para controle do melhor procedimento, tornando o reúso um recurso acessível e seguro.
Jiménez-Cisneros, 2014	Capítulo de livro	“Water Reuse and Recycling”	O capítulo aborda os reúsos planejado e não planejado em interesse aos países desenvolvidos e não desenvolvidos. Dentro da discussão, são abordadas as práticas e as técnicas, os riscos e as formas de controle e o potencial de expansão. Há também estudos de casos, em que são descritos os locais, a tecnologia e os usos atuais. O documento traz uma importante definição de água de reúso e água reciclada, a saber: • Água de reúso: utilização de efluentes tratados ou não tratados, dando um uso diferente daquele que o originou, ou seja, envolve mudança de uso. • Água reciclada: utilização de efluentes tratados ou não tratados, dando o mesmo uso daquele que o originou, ou seja, não envolve mudança de uso.
Drewes and Horstmeyer, 2015	Artigo	“Recent Developments in Potable Water Reuse”	O texto apresenta o desenvolvimento do reúso potável e aborda questões técnicas, como tecnologia e gestão. Nele, há a discussão da importância do monitoramento da água e os possíveis riscos à saúde e ao meio ambiente, além de expor o gasto energético por tecnologia de tratamento.
Bakare, Mtsweni e Rathilal, 2015	Artigo	“A pilot study into public attitudes and perceptions towards greywater reuse in a low cost housing development in Durban, South Africa”	O artigo teve como objetivo verificar a percepção e a aceitação de um grupo de pessoas de 19 a 60 anos acerca do reúso de águas cinzas. O trabalho demonstrou que há alto grau de aceitação, ou seja, a comunidade consegue perceber que a utilização de águas cinzas para certas atividades ajuda a preservar a água e melhorar sua disponibilidade.
Bizari e Cardoso, 2016	Artigo	“Reuse water and urban horticulture: alliance towards more sustainable cities”	No trabalho, foi avaliada de forma crítica a possibilidade de utilização de água de reúso na floricultura, na horticultura e no paisagismo urbano e periurbano. Os autores expõem que essa aplicação pode ajudar na geração de trabalho, trazendo benefícios à sociedade. Além disso, o trabalho aborda o risco de contaminação por patógenos contidos nessa água, daí a necessidade de se procurar a melhor prática.

Continua...

Quadro 1 – Continuação.

Estudo (Autor, ano)	Tipo	Título	Síntese
Mujeriego, Gullón e Lobato, 2017	Artigo	"Incidental potable water reuse in a Catalanian basin: living downstream"	O estudo apresentou o uso acidental de água de reúso no rio Llobregat, Catalonha, Espanha. O uso não previsto ocorreu em razão do descarregamento de efluentes tratados no corpo d'água, fazendo com que as captações a jusante utilizassem água de reúso indireto não planejado.
Castilho e Oliveira, 2018	Artigo	"Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais"	Há falta de normativas técnicas, diretrizes ou legislações que possam ajudar os projetistas e executores a implantar sistemas independentes de água não potável em edifícios residenciais. Em razão disso, o artigo teve como objetivo a aplicação da metodologia de Avaliação Durante Operação como ferramenta de auxílio para implantações dos sistemas de água não potável. Os autores concluíram que as informações legais disponíveis para dar suporte a projetos de instalação de sistemas de água não potável são insuficientes, trazendo risco à saúde do usuário em razão da não garantia da qualidade da água.

razão do consenso mundial sobre a problemática da escassez de água potável no planeta. Além disso, eventos mundiais sobre meio ambiente ocorridos nas décadas passadas, como Eco 92, Agenda 21, entre outros, também trataram sobre o tema (BUCHMANN; PROCHNOW, 2016).

A Agenda 21, documento produzido pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 com o objetivo de enfrentar os desafios ambientais do século XXI, também dedicou importância especial ao reúso, recomendando aos países participantes a implementação de políticas de gestão dirigidas para o uso e reciclagem de efluentes, integrando proteção da saúde pública de grupos de risco com práticas ambientais adequadas (HESPANHOL, 2002).

A produção científica vem crescendo tanto em quantidade quanto em qualidade. Nota-se que novas técnicas e tecnologias, análises de custos, métodos de monitoramento e gerenciamento dos recursos hídricos foram estudados e aplicados (ABOURACHED; ENGLISH; LIU, 2016; AL-ALI; FILION, 2015).

A síntese dos dez artigos selecionados neste estudo, de maior relevância sobre o tema nos últimos dez anos, aponta a disponibilidade hídrica não uniforme nos contextos geográfico e temporal e as baixas disponibilidades hídricas por pressão de demanda em áreas populosas como os indicadores dos graves problemas relacionados ao uso de água (Quadro 1). Percebe-se que a destinação ou o possível uso não é mais uma preocupação central: as discussões se basearam na gestão, na padronização da qualidade da água e nos riscos associados à utilização.

Autores como Mujeriego, Gullón e Lobato (2017) e Bizari e Cardoso (2016) argumentam que a gestão dos recursos hídricos é de suma importância, pois definirá o papel da água de reúso dentro do sistema. Além da gestão, deve-se considerar a aceitação por parte da população, visto que uma má imagem do recurso pode criar mitos e

paradigmas que dificultam a adesão da sociedade ao tema (BAKARE; MTSWENI; RATHILAL, 2015; HESPANHOL, 2008).

Entretanto, mesmo que se tenha uma excelente gestão e *marketing* da água de reúso, deve-se atentar quanto à segurança na utilização desse recurso. Os riscos associados ao uso devem ser mapeados e considerados em cada aplicação. Todos os autores listados no Quadro 1 destacam a importância da avaliação dos riscos.

A inexistência de padronização na qualidade da água de reúso para diferentes usos provoca insegurança por parte dos projetistas e executores para sua aplicação no Brasil (CASTILHO; OLIVEIRA, 2018). Em virtude disso, existe grande relevância em abranger a discussão acerca das normativas e legislações a respeito da água de reúso no Brasil. O país tem potencial para se tornar referência na temática, posto que é uma nação cujo maior poder econômico é a agricultura, detendo de grande potencial hídrico a ser preservado e com grande pressão de demanda por recursos hídricos no meio urbano. O debate sobre a percepção e a mudança de paradigma para tornar a água de reúso uma realidade para ajudar na gestão dos recursos hídricos é de suma importância, visto que se torna mais essencial a busca por soluções à medida que o crescimento populacional não cessa.

Classificação ou tipos de reúso no Brasil

Destacaram-se duas propostas de classificação da água de reúso no Brasil: a descrita na ABNT nº 13.969, de 1997 (ABNT, 1997), e a legislação estadual do Ceará nº 16.033, de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016). A ABNT nº 13.969, de 1997 (ABNT, 1997), que é a única norma de abrangência nacional, classifica a água de reúso, quanto à forma de aproveitamento, como:

- Reúso local: esgoto de origem doméstica ou com características similares tratadas deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, descargas de vasos sanitários, manutenção paisagística dos lagos e canais,

pastagens, entre outros. O tipo de reúso pode abranger desde a simples recirculação de água de enxágue da máquina de lavagem, com ou sem tratamento aos vasos sanitários, até uma remoção em alto nível de poluentes para lavagens de carros;

- Reúso direto: efluentes depois de tratados são encaminhados diretamente para o local do reúso de forma planejada;
- Reúso indireto: efluentes (tratados ou não tratados) são descartados nos corpos superficiais ou subterrâneos. Esses efluentes podem ser captados na jusante de forma planejada ou não planejada e estão sujeitos às ações naturais do ciclo hidrológico (depuração e autodepuração).

A legislação estadual do Ceará nº 16.033, de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016), que é o estado com a legislação regional mais atualizada, classifica a água de reúso como:

- Reúso interno: uso interno de água de reúso proveniente de atividades realizadas no próprio empreendimento;
- Reúso externo: uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por prestadores de serviços de saneamento básico ou terceiros, cujas características permitam sua utilização.

Neste trabalho, propôs-se uma classificação mais atualizada, que considere a origem da água de reúso, a saber:

- Reúso local ou interno: proveniente de águas cinzas a partir de reúso residencial (casa ou prédio) e reúso de novos empreendimentos comerciais ou não — considerando que, segundo Fiori, Fernandes e Pizzo (2005), as águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, dos chuveiros, dos tanques e das máquinas de lavar roupa e louça;
- Reúso externo: proveniente de águas negras (esgoto bruto) a partir de ETEs e que passam, na sequência, por ETAR — considerando que, segundo Gonçalves (2009), as águas negras são efluentes provenientes dos vasos sanitários, contendo, basicamente, fezes, urina e papel higiênico, ou de dispositivos separadores de fezes e urina, tendo em sua composição grandes quantidades de matéria fecal e papel higiênico, o que justifica a elevada carga orgânica e a presença de sólidos em suspensão, em grande parte sedimentáveis;
- Reúso industrial: proveniente de águas a partir de atividades industriais do próprio empreendimento (reúso direto interno) ou a partir de reúso externo.
- Riscos associados diante das modalidades de tipos de água de reúso

Autores como Lee *et al.* (2008) e Harwood *et al.* (2005) descrevem as incertezas da qualidade sanitária da água de reúso, que se relacionam a riscos associados à saúde mesmo por contato primário a coliformes, parasitas e vírus, os quais são encontrados em abundância

nas águas residuais e uma parte se perpetua nas diferentes etapas de tratamento dos efluentes.

A qualidade da água de reúso deve ser considerada de acordo com a sua origem:

- Reúso local: água de reúso de origem local, da qual se espera carga orgânica menor quando proveniente de águas cinzas. Se usada de forma direta no domicílio, oferecerá menor risco à saúde. Como exemplos, pode-se citar o uso da água proveniente da lavagem de roupas para a limpeza de quintais e a utilização de águas cinzas para a rega de plantas (neste caso, necessita-se de um tratamento prévio visando à retirada de detergentes);
- Reúso externo: considerando água de reúso a partir de ETEs, a carga orgânica é altíssima, sendo recomendados parâmetros de qualidade mais restritivos. Apesar do avanço das tecnologias de obtenção da água de reúso, micropoluentes podem persistir às etapas de tratamento em razão do grande volume de água tratada diariamente (SCARPA *et al.*, 2011) e da própria resistência dos microrganismos a essas metodologias — entre eles, microrganismos não cultiváveis como vírus, bacteroides, metanobactérias e outros indicadores de poluição por fontes humanas (MOURA, 2016). Destaca-se a preocupação com viroses humano específicas, como o adenovírus (LEE *et al.*, 2008; HARWOOD *et al.*, 2005), pois esses patógenos têm sido detectados mesmo quando os indicadores de bactérias cultiváveis (*Escherichia coli*) não excedem os padrões recomendados e até na ausência dessas por metodologias tradicionais de cultivo (JIANG; WANG; REEVES, 2001; LIPP; FARRAH; ROSE, 2001). Com isso, esse tipo de água de reúso oferece risco pelo contato primário e ao ambiente, caso não sejam avaliadas rigorosamente a qualidade e a segurança de seu uso;
- Reúso industrial: categoria em que se deve considerar o tipo de resíduo original que levou ao processo final de reúso industrial tratado. Nesse caso, necessita-se assegurar que não haverá risco de contaminação ao trabalhador que o manipula ou ser utilizado em áreas restritas onde não há contato humano. Os padrões de qualidade devem atender às necessidades da produção industrial e ao risco de contato à saúde humana e ambiental.

Nas modalidades “reúso direto” e “reúso indireto” é preciso levar em consideração a destinação do resíduo sempre com padrões que não ofereçam riscos. O reúso indireto é uma modalidade adotada por alguns países, por exemplo, os Estados Unidos — no estado do Texas, utiliza-se o reúso tratado para abastecimento de mananciais e recarga de aquíferos. A água de reúso é encaminhada para o subsolo e para os aquíferos da região para ser diluída pelo abastecimento natural de águas. Essa medida reabastece os mananciais em estado de seca e renova os ecossistemas aquáticos. Especialistas estimam que, após um período de 2 anos, a água é novamente captada para o abastecimento humano (SCHWARTZ, 2015).

Riscos associados à presença de poluentes químicos e microbiológicos

Os riscos associados a elementos presentes na água de reúso também podem ocorrer em razão da presença de poluentes químicos, como hormônios sintéticos, medicamentos (analgésicos, antibióticos, reguladores lipídicos, anti-inflamatórios, hormônios sintéticos), substâncias utilizadas em produtos de limpeza e higiene pessoal, compostos aplicados na produção de resinas e plásticos, além de hormônios naturais (AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013). A presença dessas substâncias na água tem sido verificada nas últimas décadas, sendo uma preocupação mundial (MANCUSO; SANTOS, 2013), pois elas podem afetar os receptores humanos e ambientais por meio de uma variedade de mecanismos, por exemplo, disfunção endócrina, citotoxicidade e aumento da resistência dos microrganismos aos antibióticos (SCARPA *et al.*, 2011; FENT; WESTON; CARMINADA, 2006; PRUDEN *et al.*, 2006).

Mesmo em baixas concentrações, da ordem de $\mu\text{g.L}^{-1}$ e ng.L^{-1} , os poluentes químicos apresentam risco potencial para a saúde humana e para o meio ambiente (ENDOCRINE SOCIETY, 2014; BILA; DEZOTTI, 2007). Entre os riscos à saúde, diversos estudos têm verificado problemas relacionados à exposição a poluentes químicos, tais como cânceres (SOTO; SONNENSCHN, 2010); infertilidade em seres humanos e animais (LAGOS-CABRÉ; MORENO, 2012); feminização de peixes (BARBER *et al.*, 2012); resistência bacteriana (KÜMMERER, 2009); distúrbios neurológicos, por exemplo, transtorno do déficit de atenção e hiperatividade e transtorno do espectro do autismo, bem como depressão (ENDOCRINE SOCIETY, 2014); síndrome do ovário policístico; e diminuição da produção de espermatozoides no homem (TESKE; ARNOLD, 2008).

Os poluentes químicos são continuamente e diariamente excretados no esgoto, e os tratamentos convencionais não foram projetados especificamente para eliminá-los, por isso as estações de tratamento de esgoto e de água não conseguem remover completamente essas substâncias (LUO *et al.*, 2014; MIÈGE *et al.*, 2008). Em razão disso, elas são lançadas nos recursos hídricos, afetando a comunidade aquática e podendo contaminar as fontes para abastecimento de água da população (AQUINO; BRANDT; CHERNICHARO, 2013), como uma forma de reúso indireto não planejado. Paralelo a isso, no Brasil ainda não existe uma legislação específica para água de reúso. Nas legislações existentes, como a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017) e as Resoluções CONAMA 357 de 2005 (BRASIL, 2005) e 396/2008 (BRASIL, 2008), são deficitários os padrões de qualidade: por exemplo, apenas cerca de 7% dos pesticidas utilizados no Brasil estão contemplados nessas leis. Além disso, não são considerados os interferentes endócrinos nos padrões de qualidade sanitária da água (SANTOS *et al.*, 2010).

Existem tratamentos eficientes para a remoção dos micropoluentes. A desinfecção realizada com cloro possui potencial para a remoção

e/ou transformação química de compostos como sulfametoxazol, bisfenol A, 17 β -estradiol, 17 α -etinilestradiol, estrona, trimetoprim, acetaminofeno, nonilfenol e triclosan (CHEN *et al.*, 2007; ALUM *et al.*, 2004). No entanto, outras tecnologias são mais eficientes, como a ozonização e processos oxidativos avançados, que apresentam resultados bem-sucedidos para o tratamento de águas residuais contendo produtos farmacêuticos e produtos para cuidados pessoais e compostos químicos desreguladores endócrinos (OLLER; MALATO; SÁNCHEZ-PÉREZ, 2011; VIRKUTYTE; VARMA; JEGATHEESAN, 2010). Outra tecnologia para remoção dos micropoluentes da água são os processos de filtração com membranas por microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa, que são eficientes na retirada de micropoluentes inorgânicos, por exemplo, nitrato, arsênio e flúor, e orgânico, como pesticidas e estrogênios (BOLONG *et al.*, 2009; NGHIEM *et al.*, 2004).

Quanto aos riscos microbiológicos, os patógenos presentes nas águas de reúso e que têm importância para a saúde humana e ambiental são classificados nos seguintes grupos: bactérias, helmintos, protozoários e vírus (MANCUSO; SANTOS, 2013). Revisões recentes relatam a ocorrência de microrganismos patogênicos em água de reúso que podem causar riscos microbiológicos à saúde pública, mesmo após tratamento com desinfecção com cloro, como norovírus (FRANCY *et al.*, 2012; EFTIM *et al.*, 2017), *Salmonella* spp. (FRANCY *et al.*, 2012) e *Cryptosporidium* (LIM; WU; JIANG, 2017). Outros patógenos encontrados em água de reúso são as bactérias, como *Escherichia coli* e o grupo de geohelmintos (MANCUSO; SANTOS, 2013).

Pode ocorrer a contaminação por patógenos em qualquer modalidade de reúso. No entanto, algumas modalidades apresentam menor risco, como a irrigação de jardins por gotejamento utilizando água de reúso. Riscos de contaminação por microrganismos podem ocorrer principalmente quando acontece o contato dos indivíduos com a água de reúso, por exemplo, durante a irrigação por aspersão direta, que pode contaminar também os alimentos para consumo humano e animal, assim como pela inalação de aerossóis e pelo contato por meio da pele (MANCUSO; SANTOS, 2013).

No entanto, os riscos associados à exposição rotineira ou acidental à água de reúso contendo microrganismos não quer dizer que todos os indivíduos irão adquirir doenças. Além do grau de patogenicidade do microrganismo, isso dependerá também das condições dos sistemas imunológico e nutricional e do tipo de exposição de cada pessoa. O nível de patógenos na água indica que existe risco aumentado de se contrair uma doença (CÓRTEZ, 2010; PINTO *et al.*, 2014).

Algumas das doenças e dos agravos à saúde humana e ambiental associados aos riscos microbiológicos e químicos provenientes de águas de reúso podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Riscos associados ao uso de água de reúso.

Riscos patogênicos	Doença associadas
Bactérias	
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite
<i>Campylobacter jejuni/coli</i>	Gastroenterite
<i>Legionella spp.</i>	Respiratória
<i>Salmonella typhi/paratyphi</i>	Febre tifoide
<i>Salmonella spp.</i>	Gastroenterite
<i>Shigella spp.</i>	Disenteria
<i>Vibrio cholera</i>	Cólera
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Gastroenterite
Vírus	
<i>Adenovirus (40 y 41)</i>	Gastroenterite
<i>Agente Norwalk</i>	Gastroenterite
<i>Astrovirus</i>	Gastroenterite
<i>Calicivirus</i>	Gastroenterite
Agentes químicos	
Matéria orgânica	Eutrofização de corpos d'água.
Óleos, gorduras, celuloses, ligninas etc.	Condições anóxicas para ecossistema aquático.
Micronutrientes (B, Ca, Cu, Fe, Mg, Na, Co etc.)	Acúmulo no solo é tóxico para as plantas.
Metais (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn etc.)	Tóxico para plantas e biota aquática.
Sais inorgânicos (cloridos, sulfúricos, nitratos etc.)	A salinidade no solo pode causar estresse osmótico para as plantas, salinização dos solos, salinização de aquíferos e risco à saúde humana.
Resíduos industriais, defensivos agrícolas	Efeitos cancerígenos, mutação genética, risco para a saúde humana (cianotoxinas), bioacumulação, tóxicos para as plantas. Vários efeitos não explorados.
químicos naturais (hormônios, fitoestrogênios etc.)	
Drogas farmacêuticas e metabólicas (antibióticos, antiepiléticos, analgésicos, anticoncepcionais, antidepressivos etc.)	
Produtos de cuidado pessoal (fragrâncias, pigmentos etc.)	

Fonte: adaptado de Sanz e Gawlik (2014).

Legislações

No Brasil, não há uma legislação específica para água de reúso que garanta qualidade sanitária a nível colimétrico e físico-químico para as diferentes possibilidades de destinação. Na Tabela 2 apresentamos os principais usos de reúso por regiões brasileiras, e na Tabela 3 estão comparados os parâmetros encontrados nas legislações e normativas. A norma da ABNT nº 13.969, de 1997 (ABNT, 1997), fornece instruções

para o sistema de reúso, e define parâmetros de avaliação da qualidade da água de reúso de acordo com a classe de uso, seja para lavagem de carros, lavagem de pisos, uso em vaso sanitário e rega de hortaliças. Essa norma determina também como acondicionar e distribuir de forma segura, e alerta o risco à saúde pública provocado pelo contato direto do usuário com a água de reúso. Os parâmetros englobados pela Norma nº 13.969 de 1997 não se encontram em concordância plena com as legislações vigentes para balneabilidade — Resolução CONAMA nº 274 (BRASIL, 2001) — e potabilidade — Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 (BRASIL, 2017). Além disso, não há uma relação de parâmetros que sejam aplicados para todas as classes. Na Classe 1, que trata da lavagem de carros e de outros usos que requerem contato direto do usuário com a água, os valores físico-químicos estão em conformidade com os parâmetros da Portaria de Consolidação nº 5 de 2017, e os padrões colimétricos em concordância com níveis excelentes para a balneabilidade, de acordo com a resolução CONAMA nº 274. Na Classe 2, que trata das lavagens de pisos e calçadas e de fins paisagísticos, o valor máximo permitido de cloro residual para potabilidade é de 2 mg/L, e os níveis de coliformes estão em conformidade para a balneabilidade. Na Classe 3, que aborda o reúso nas descargas dos vasos sanitários, o valor máximo permitido de turbidez é de 5 uT, igual ao parâmetro para potabilidade, e os níveis de coliformes estão em concordância com o padrão para a balneabilidade. Na Classe 4, que discute o reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos por meio de escoamento superficial ou sistema de irrigação pontual, os valores não se enquadram em nenhuma das legislações citadas anteriormente.

Vale ressaltar que uma norma não tem a mesma função e importância que uma lei. Na normativa, implementar as instruções é facultativo; já na legislação é obrigatório. A falta de legislação específica dificulta a aplicação da água de reúso no país em razão da ausência de orientações técnicas para a implantação dos sistemas de reúso e a respectiva fiscalização de tais sistemas. Entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), consta que devemos assegurar, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Contudo, na realidade não é possível identificar todas as atividades de reúso de água no Brasil (Tabela 2): em algumas regiões, a água é utilizada para fins agrícolas de maneira informal, sem garantir a segurança ambiental e para a saúde pública. Torna-se cada vez mais necessário institucionalizar, regulamentar e promover esse setor, com a criação de estruturas de gestão, preparação de legislação, disseminação de informação e desenvolvimento de tecnologias (ANA, 2017).

Entre as normatizações nacionais para aplicação de água de reúso, existe a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2006), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para regulamentar e

Tabela 2 - Relação dos tipos de uso de água de reúso no Brasil.

Legislação/Normas	Observação	Tipos de uso para água de reúso					
		Agricultura, Aquicultura Silvicultura e afins	Águas cinzas	Urbano	Construção civil	Industrial	Utilizações ambientais
Nacional							
ABNT nº 13.969/97 (ABNT, 1997)	Norma técnica de tanques sépticos	X	X	X			
Resolução nº 54 de 2005 (BRASIL, 2006)	Conselho Nacional de Recursos Hídricos	X		X	X	X	X
PL nº 58 de 2016 (BRASIL, 2016)	Alteração da Lei nº 11.445 de 2007 (fontes alternativas de água)	X	X	X		X	X
Nordeste							
Bahia	Norma estadual						
Resolução nº 75 de 2010 (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2010)		X					
Ceará							
Lei nº 16.033 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016)	Lei estadual	X	X	X	X	X	X
Sudeste							
Espírito Santo							
Lei nº 10.487 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2016)	Lei estadual					X	
Rio de Janeiro							
Lei nº 7.424 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016)	Lei do município do Rio de Janeiro	X		X			
Lei nº 7.599 de 2017 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2017)	Lei do município do Rio de Janeiro					X	
São Paulo							
Lei nº 16.174 de 2015 (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015b)	Lei do município de São Paulo			X	X		
Lei nº 16.160 de 2015 (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015a)	Criação de programa para reúso em lava-rápidos, município de São Paulo			X			
Sul							
Paraná							
Lei nº 11.522 de 2012 (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2012)	Lei do município de Londrina (parâmetros de qualidade definidos pela NBR/ABNT nº 13.969/97)		X				
Rio Grande do Sul							
Lei nº 6.616 de 2006 (PREFEITURA DE CAXIAS DO SUL, 2006)	Legislação do município de Caxias do Sul. Define o programa para ser aplicado dentro de cinco anos.						

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas; PL: Projeto de Lei; NBR: Norma Brasileira.

Tabela 3 - Comparação dos parâmetros de qualidade sanitária previstos nas legislações brasileiras.

Parâmetros	Nacional			Nordeste		Sudeste					Sul	
	ABNT nº 13.969/97 (ABNT, 1997)	Resolução nº 54/2005 (BRASIL, 2006)	PL nº 58/2016 (BRASIL, 2016)	Resolução nº 75/2010 (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2010)	Lei nº 16.033/2016 (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016)	Lei nº 10.487/2016 (Espírito Santo) (GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2016)	Lei nº 7.424/2016 (Rio de Janeiro) (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016)	Lei nº 7.599/2017 (Rio de Janeiro) (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2017)	Lei nº 16.174/2015 (São Paulo) (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015b)	Lei nº 16.160/2015 (São Paulo) (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015a)	Lei nº 11.522/2012 (Londrina) (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2012)	Lei nº 6.616/2006 (Caxias do Sul) (PREFEITURA DE CAXIAS DO SUL, 2006)
Microbiológicos												
<i>Escherichia coli</i>				X								
Coliformes fecais	X										X	
Coliformes termotolerantes				X								
Parasitológicos												
Ovos de helmintos				X								
Físico-químicos												
Sólidos sedimentáveis	X										X	
Sólidos não filtráveis	X										X	
Turbidez	X											
DBO	X										X	
DQO	X										X	
pH												
Metais pesados				X								
Salinidade				X								
Nitrogênio	X										X	
Fósforo	X										X	

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas; PL: Projeto de Lei; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio.

estimular a prática de reúso direto não potável de água, em todo o território nacional. A resolução apresenta, em seu Art. 3º, as modalidades (e seus componentes) do reúso direto não potável de água:

- I – reúso para fins urbanos;
- II – reúso para fins agrícolas e florestais;
- III – reúso para fins ambientais;
- IV – reúso para fins industriais;
- V – reúso na aquicultura.

A modalidade que se refere ao uso para a agricultura — “II – reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas” (BRASIL, 2006) — não traz as outras diretrizes sobre o tema, nem deixa claro quais são as legislações pertinentes que devem ser acessadas para verificar os métodos de análises da água e do solo, e sobre os limites máximos permitidos dos parâmetros físicos, químicos, biológicos e de substâncias químicas no solo. Fica evidente que é uma normativa nacional que está incipiente e precisa fornecer mais informações e estabelecer os parâmetros e métodos para avaliação da qualidade sanitária da água de reúso e do solo que a recebe para a agricultura e para o cultivo de florestas plantadas. Dessa forma, a Resolução nº 54 do CNRH apresenta as diversas modalidades, diretrizes e critérios gerais para regulamentar e estimular a prática de reúso direto não potável de água. Entretanto, apenas uma entre as cinco modalidades teve avanços: a Resolução CNRH nº 121, que estabeleceu as diretrizes e os critérios para a prática de reúso direto não potável de água nas modalidades agrícola e florestal (BRASIL, 2010). Portanto, há necessidade de agilizar as resoluções das demais modalidades.

Em 2016, surgiu o Projeto de Lei nº 58 (BRASIL, 2016), que dispõe sobre o abastecimento de água por fontes alternativas abrangendo as modalidades:

- I – Reúso doméstico potável: para ingestão, preparação de alimentos e higiene pessoal, em área urbana ou rural;
- II – Reúso doméstico não potável: para fins domésticos, exceto o potável;
- III – Reúso urbano: para fins não potáveis, tais como irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio, em área urbana;
- IV – Reúso agrícola: para produção agropecuária;
- V – Reúso florestal: para o cultivo de espécies florestais;
- VI – Reúso industrial: em processos, atividades e operações industriais;
- VII – Reúso aquícola: para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Esse projeto de lei obriga o abastecimento por fontes alternativas para as novas edificações residenciais, comerciais e industriais e para as

edificações, públicas ou privadas, construídas com recursos da União ou das agências federais de crédito.

Avaliando as legislações por regiões brasileiras, no Sudeste, o estado do Rio de Janeiro tem a Lei nº 7.424 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2016), que obriga a utilização de água de reúso não potável pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas que têm participação no capital do estado do Rio de Janeiro, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente. Essa lei sinaliza que outros critérios podem ser estabelecidos em regulamentação posterior, e define a utilização da água de reúso nas seguintes finalidades:

- I – Agricultura em geral;
- II – Irrigação de áreas verdes, parques, jardins, áreas turísticas, campos de esporte;
- III – Lavagem de veículos públicos de qualquer tipo;
- IV – Lavagem de pisos, pátios e logradouros públicos;
- V – Outros usos similares.

Além da Lei nº 7.424, no estado do Rio de Janeiro há a Lei nº 7.599 de 2017 (GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2017), que dispõe sobre a obrigatoriedade das indústrias situadas no estado de instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água.

No Espírito Santo, a Lei nº 10.487 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2016) dispõe sobre o programa de reúso de efluentes das ETEs, minimizando a utilização de água potável nos processos industriais que não requerem potabilidade. Essa lei cria incentivos que permitem que o Executivo estadual estabeleça mecanismos de estímulo para que as empresas públicas e privadas de grande porte e potencialmente poluidoras invistam na implementação do programa de utilização de água de reúso, proveniente de ETEs. Além disso, essa lei determina que nos processos de licenciamento ambiental das empresas potencialmente poluidoras sejam definidas condicionantes que obriguem a utilização de água de reúso das ETEs, tanto da Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan) quanto do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) nos municípios. O projeto aprovado na Assembleia exige que a qualidade do efluente seja monitorada pelas próprias ETEs e fiscalizada pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

Em São Paulo, a Lei nº 16.174 de 2015 (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015b) estabelece regras e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, da recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático. Essa lei determina que a água de reúso seja destinada para: lavagem de pisos, pátios e logradouros públicos; lavagem de lagos e fontes ornamentais; lavagem de caminhões e carretas de lixo e pátios

de transbordo de resíduos sólidos urbanos (RSU); lavagem de fachadas e jateamento para sua recuperação e envidraçamento; operações de rescaldo após incêndios, realizadas por bombeiros; na construção civil, em perfurações unidirecionais, em serviços de pavimentação asfáltica; e lavagem de veículos. Além disso, determina que a qualidade da água de reúso deve seguir os parâmetros de qualidade físico-química e microbiológica compatíveis com as aplicações previstas e normas aplicáveis, porém não indica nenhuma legislação ou norma vigente para ser seguida como referencial. Diferentemente de outras legislações estaduais pesquisadas, a Lei nº 16.174 de São Paulo faz uma recomendação específica para o uso na irrigação, desde que:

- Assegurado por avaliação agrônômica que a qualidade não causará prejuízos à vegetação, nem desagregação de solo por acúmulo de sódio;
- Haja intervalo de tempo pós-aplicação, exposição ao sol, que limite o risco de contaminação de pessoas, animais domésticos e silvestres em contato direto com a vegetação (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015b).

Além disso, São Paulo tem uma legislação específica para o uso em lava-jatos, Lei nº 16.160 de 2015 (PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO, 2015a), que estabelece que os postos de gasolina e lava-rápidos devem fazer o reúso da água utilizada na lavagem de veículos após ela passar pelo processo de tratamento adequado. No entanto, não recomenda um processo de tratamento.

No Nordeste, a Bahia, a partir do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CONERH), estipulou a Resolução Estadual nº 75 de 2010 (GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA, 2010), que estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água, na modalidade “reúso para fins agrícolas e/ou florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas”. Essa lei utiliza as características microbiológicas recomendadas pela OMS para água em todos os tipos de reúso para fins agrícolas e/ou florestais, e define que, para utilização do reúso de esgotos sanitários para fins agrícolas e/ou florestais, não há restrição de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e sólidos solúveis totais (SST), devendo as concentrações microbiológicas serem compatíveis com as definidas nessa resolução. Ademais, o monitoramento deve ser periódico, com definição do período pelo órgão competente, e a aplicação de água de reúso em solos agrícolas e/ou florestais deve ser obrigatoriamente condicionada à elaboração de projetos que atendam aos critérios estabelecidos pela resolução, entre outros.

O Ceará, com a Lei nº 16.033 de 2016 (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016), dispõe sobre a política de reúso de água não potável no estado, estabelecendo critérios com o objetivo de viabilizar e estimular a sua ação no estado. Essa lei proíbe o uso de água de reúso

para o abastecimento humano e define as modalidades de reúso de água para fins: urbanos, agrícolas, florestais, ambientais, industriais e da aquicultura. Além disso, essa lei responsabiliza a Secretaria de Recursos Hídricos pela fiscalização da gestão e da infraestrutura relativa à água de reúso, e a Secretaria do Meio Ambiente e da Superintendência Estadual de Meio Ambiente pela fiscalização da qualidade da água de reúso. A lei também cita que todos os equipamentos, tubulações e instrumentos utilizados com água de reúso devem ser identificados e diferenciados daqueles que utilizam água potável, e cria um selo de reúso para usuários de água de reúso interno e externo devidamente licenciados. Para essa lei, compete à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) a responsabilidade por criar um programa de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico das práticas de reúso de água.

No Sul do país, o estado do Paraná apresenta a Lei nº 11.552 de 2012 (GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ, 2012), que dispõe sobre a obrigatoriedade do reúso de água no município de Londrina, em edificações residenciais e comerciais, a partir das águas cinzas das próprias edificações (reúso local ou interno). As disposições dessa lei se aplicam às obras novas e de ampliação e/ou reformas que tenham consumo de volume igual ou superior a 20 m³ de água por dia. Essa lei apresenta os parâmetros de qualidade definidos pela Norma nº 13.969/97 da ABNT (1997).

No Rio Grande do Sul, a Lei nº 6.616 de 2006 (PREFEITURA DE CAXIAS DO SUL, 2006) institui no município de Caxias do Sul o programa municipal de conservação, reúso e uso racional da água. Esse programa tem previsão de ser aplicado dentro de cinco anos de forma a adequar as habitações, visando ao uso racional da água e à utilização de fontes alternativas.

Com exceção da legislação do estado do Paraná, o Projeto de Lei nº 58 de 2016 e as legislações estaduais pesquisadas não apresentam parâmetros de avaliação da qualidade da água de reúso, seja para fins potáveis ou não, ficando, algumas vezes, a cargo das Secretarias do Meio Ambiente e das Superintendências Estaduais de Meio Ambiente a competência de fiscalizar a qualidade desse resíduo. Contudo, de todas as legislações estaduais avaliadas, a que se apresentou mais completa foi a Lei nº 16.033 de 2016, do estado do Ceará (GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ, 2016). Nas Tabelas 2 e 3, é possível observar a relação das legislações brasileiras e os parâmetros de qualidade relacionados. Consideramos necessária a criação de uma legislação específica para os diferentes sistemas de reúso para evitar riscos à saúde humana e ambiental. Os parâmetros de qualidade da água de reúso devem levar em conta a origem da água de reúso (reúso local/interno, reúso externo ou reúso industrial). É importante também que uma legislação cite como deverá ser os diferentes sistemas de reúso: projetar sistema de abastecimento duplo, um para água potável e outro para água de reúso; cisternas e reservatórios separados; tubulações independentes identificadas

com cores diferentes, em que todo o conjunto deve receber sinalização indicando que aquela tubulação ou torneira fornece água não potável.

Legislações internacionais

O reúso da água é praticado na agricultura desde tempos antigos em países como China, Índia e Egito. Entre os séculos XVIII e XIX, utilizava-se o reúso direto, de efluente não tratado, para a agricultura tanto na América do Norte quanto na Europa. No começo do século XX, os países desenvolvidos diminuíram a prática em razão da poluição dos corpos hídricos, visto que a utilização de esgoto bruto era sem qualquer controle. Os países em desenvolvimento, como China, México, Peru, Egito, Líbano, Marrocos, Índia e Vietnã, continuaram utilizando o reúso na agricultura em razão da quantidade de nutrientes contidos na água (JIMÉNEZ-CISNEROS, 2014). Diante desse cenário, organizações internacionais elaboraram diretrizes estruturadas para a reutilização de águas. A OMS refere-se somente à utilização segura de águas residuais para agricultura, assim como a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO). As diretrizes do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) são voltadas para a irrigação de campos de golfe e a recarga de aquíferos (SANZ; GAWLIK, 2014).

Na pesquisa realizada para o presente trabalho, foi possível encontrar dados de diferentes legislações e normativas de 18 países que utilizam água de reúso, demonstrados nas Tabelas 4 e 5. A estrutura dessas tabelas tiveram como referência o documento *Water Reuse in Europa*, elaborado pelo Comitê Europeu (SANZ; GAWLIK, 2014).

As primeiras diretrizes e padrões sobre reúso de água apareceram por volta do século XX. Em 1918, no estado da Califórnia, Estados Unidos, padronizou-se a utilização da água de reúso para irrigação agrícola, o que foi revisado durante os anos seguintes até os dias atuais (ANGELAKIS; GIKAS, 2014; RODRIGUES, 2005). Nos Estados Unidos (EUA, 1992), não há uma legislação nacional, sendo responsabilidade dos estados o desenvolvimento de suas leis. Na maioria dos estados são permitidos os usos urbano, doméstico (irrigação de gramados), industrial, agrícola e para construção civil, e são definidas classes e parâmetros para água de reúso. Na legislação norte-americana, foi encontrado o documento *Guidelines for Water Reuse*, elaborado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency — EPA*) (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992), que determina os tipos de uso possíveis e recomendações em parâmetros de qualidade (EUA, 1992) (Tabela 5). Além desse guia, foram consultadas legislações dos estados do Arizona, Califórnia, Colorado, Flórida e Washington.

No estado do Arizona, existe a lei Title 18. Environmental Quality, do capítulo 9 de *Administrative Code: Aquifer Protection Permits* (EUA, 2001). Na Califórnia, há o documento *Statutory Water Rights Law and Related California Code Section*, no qual estão compiladas as legislações referentes aos recursos hídricos (EUA, 2017b). No Colorado, existe a *Regulation No. 84 Reclaimed Water Control Regulation* (EUA, 2017a). Na Flórida, não há uma legislação em vigor, porém está em processo de aprovação a regulação *Reuse of Reclaimed Water and Land Application* (ANGELAKIS; GIKAS, 2014), que tem como referência

Tabela 4 – Relação dos tipos de uso de água de reúso por continentes.

Tipos de uso para água de reúso	África				Américas			Ásia				Europa						Oceania
	África do Sul	Israel	Namíbia	Tunísia	Canadá	Estados Unidos	México	China	Japão	Jordânia	Turquia	Chipre	Espanha	França	Grécia	Itália	Portugal	Austrália
Agricultura, aquicultura silvicultura e afins	X	X		X		X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Água potável			X			X												
Doméstico (águas cinzas e irrigação de gramado e afins)	X				X	X		X	X				X			X		X
Urbano (limpeza de ruas, irrigação de parques, campos, sistemas de proteção de incêndio etc.)						X		X	X			X	X	X	X	X	X	X
Construção civil						X		X					X					
Industrial (aquecimento, torres de resfriamento e afins)	X					X		X					X		X	X		
Recarga de aquífero			X			X		X				X	X		X			X
Utilizações ambientais (manutenção de zonas úmidas e similares)						X		X	X				X					

Fonte: adaptado de Sanz e Gawalik (2014).

Tabela 5 - Relação dos parâmetros de qualidade por países pesquisados.

Parâmetros	África				Américas			Ásia				Europa						Oceania
	África do Sul	Israel	Namíbia	Tunísia	Canadá	Estados Unidos	México	China	Japão	Jordânia	Turquia	Chipre	Espanha	França	Grécia	Itália	Portugal	Austrália
Microbiológicos																		
<i>Escherichia coli</i>			X	X	X	X			X		X	X	X	X	X	X		
Coliformes fecais				X	X	X		X			X						X	
Coliformes totais					X	X									X			
<i>Enterococos fecais</i>														X				
<i>Legionella</i> sp.													X					
<i>Salmonella</i> sp.													X			X		
Bactéria redutora de sulfato														X				
Parasitológicos																		
<i>Giardia</i> sp.			X															
Ovos de helmintos												X	X				X	
Físico-químicos																		
Total de sólidos suspensos		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Turbidez			X	X	X	X		X	X		X		X		X			
DBO		X	X	X	X	X		X			X	X	X		X	X		X
DQO			X					X				X	X	X		X		X
pH			X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X
Metais pesados			X	X	X	X		X			X	X	X		X	X	X	X
Salinidade		X			X	X		X		X		X	X		X	X	X	X
Total de sólidos dissolvidos						X		X							X		X	X
Adsorção de sódio						X				X			X		X	X	X	X
Cloro		X			X	X		X	X	X		X	X		X	X	X	X
Nitrogênio				X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X
Sulfeto				X	X	X		X			X							X
Fósforo				X	X	X		X		X	X	X	X		X	X	X	X
Biocarbonetos (HCO ₃)								X							X			X
Substâncias tóxicas						X		X		X			X		X	X	X	X

DBO: demanda bioquímica de oxigênio; DQO: demanda química de oxigênio.

Fonte: adaptado de Sanz e Gawalik (2014).

o documento da EPA, *Guidelines for Water Reuse* (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 1992). No estado de Washington, não existe uma legislação em vigor, mas há um manual sobre a prática do reúso de água. Todas as legislações pesquisadas nos Estados Unidos possuem os parâmetros de qualidade recomendados pelo *Guidelines for Water Reuse*. Outro país na América do Norte que utiliza água de reúso é o Canadá. Embora não exista uma legislação referente ao tema, há a norma *Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing* (CANADÁ,

2010). Esse documento recomenda a prática do reúso em sanitários e mictórios, e possui parâmetros microbiológicos e físico-químicos.

Na União Europeia, não há padronização para reúso de água, porém estudos estão sendo realizados para a elaboração de uma norma para diferentes usos e parâmetros para os países associados. Atualmente, os países da comunidade europeia que contêm padronização para o reúso de água são: Chipre, França, Grécia, Itália, Portugal e Espanha. Os padrões de Chipre, França, Grécia, Itália e Espanha são incluídos como regulamentos na legislação nacional. Em Portugal, as normas

relativas à reutilização das águas são diretrizes, levadas em consideração pelo governo nacional ao emitir todas as licenças de reutilização da água no campo. Todos os padrões avaliados referem-se à reutilização de efluentes urbanos e industriais, exceto os padrões de Chipre e de Portugal, que se referem apenas às águas residuais urbanas (SANZ; GAWLIK, 2014).

Na África, embora seja um continente que notoriamente tem alta demanda hídrica, sofre com escassez de água constantemente e contém a maior concentração de pobreza no mundo. Na pesquisa, não foram encontradas legislações na língua inglesa ou portuguesa sobre reúso de água na maioria dos países africanos. As que foram encontradas estão presentes na África do Sul, em Israel, na Namíbia e na Tunísia.

Na África do Sul existem as regulações *National Water Services Act No. 108* (ÁFRICA DO SUL, 1997) e *National Water Act No. 36* (ÁFRICA DO SUL, 1998), e os guias *Guidelines for the Utilisation and Disposal of Wastewater Sludge* (ÁFRICA DO SUL, 2006) e *The South African Water Quality Guidelines* (ÁFRICA DO SUL, 1996). Essas regulações e guias apresentam tipos de uso, entretanto nenhum parâmetro de qualidade é apresentado. Em Israel, consultou-se o documento *The Environment in Israel 2002* (ISRAEL, 2012), elaborado pelo governo, em que são compiladas legislações e guias sobre o meio ambiente, incluindo a água de reúso. Nesse documento, observa-se que é permitida a utilização de água de reúso para agricultura — os parâmetros de qualidade apresentados são DBO, sólidos suspensos, presença de cloro e salinidade —, mas não há nenhuma referência à pesquisa de microrganismos patogênicos. Em contraste ao contexto global, em que a predominância do reúso é na agricultura, a República da Namíbia trata o efluente de tratamento de esgoto sanitário para uso potável desde 1968, sendo o primeiro país no mundo a utilizar água de reúso para fins potáveis de forma indireta, fazendo recarga de aquífero (HESPANHOL, 2002). Nesse país, existe a legislação *Water Resources Management Act. 11* (NAMÍBIA, 2013), e o parâmetro de qualidade engloba a detecção microbiológica de *Escherichia coli* e análises físico-químicas como DBO, DQO e pH. Na Tunísia, consultou-se a legislação *Standard for the use of treated wastewater in agriculture NT 106-109* (TUNÍSIA, 1989), sendo permitida a utilização de reúso na irrigação de culturas arbustivas, árvores e algumas raízes, e proibida na irrigação de vegetais.

Na América Latina, só foi observada legislação na língua inglesa ou portuguesa no México. Esse país utiliza água de reúso na agricultura e apresenta a legislação *Mexican Standard NOM-001-ECOL* (MÉXICO, 2006), porém não possui parâmetros de qualidade.

No continente asiático, a China possui as seguintes normatizações: *The reuse of urban recycling water: Classification Standard GB/T 18919* (CHINA, 2002a); *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for urban miscellaneous water consumption GB/T 18920* (CHINA, 2002c); *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for scenic environment use GB/T 18921* (CHINA, 2002b); *The reuse of*

urban recycling water: Water quality standard for groundwater recharge GB/T 19772 China (CHINA, 2005a); *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for industrial water consumption GB/T 19923* (CHINA, 2005b); e *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for farm irrigation GB 20922* (CHINA, 2007). Essas legislações definem os tipos de uso e os parâmetros de qualidade para a utilização da água de reúso no país. No Japão, as informações foram obtidas por meio do documento *Policies and Regulatory Frameworks on Wastewater Management and Water Reuse in Japan*, elaborado por Uematsu (2015). A Jordânia possui o documento *National Water Strategy and related policies and action plans* (JORDÂNIA, 2015), cujos capítulos 5 e 10 — “*Water Substitution and Re-Use Policy*” e “*Decentralized Wastewater Management Policy*”, respectivamente — abordam o tema “reúso da água”. Em relação a esse país, foi observado que ele permite a utilização da água de reúso na agricultura com os parâmetros físico-químicos para qualidade (Tabelas 4 e 5). Na Turquia, o reúso da água foi oficializado em 1991 por meio da legislação *Water Pollution Control Regulations* (TURQUIA, 1991). O país permitiu o uso para a agricultura, com parâmetros de qualidade microbiológicos e físico-químicos (KRAMER; POST, 2001) (Tabelas 4 e 5).

Na Oceania, foi consultada a normativa da Austrália *Environmental Guidelines: Use of effluent by irrigation* (AUSTRÁLIA, 2004), elaborada pelo departamento de meio ambiente e conservação australiano. Esse guia contém informações sobre métodos de tratamento e operações para utilização de água de reúso em diversos usos, além de determinar parâmetros físico-químicos para a qualidade sanitária.

CONCLUSÕES

A preocupação com a escassez de água e o aumento do custo para o tratamento de água podem ser motivadores para os gestores e investidores apostarem na prática do reúso. A recuperação de corpos d'água pode ter aumento exponencial com a reutilização de efluentes. Contudo, deve ser estudada e observada a melhor forma de gerir os recursos, evitando o aumento do estresse hídrico ou mudanças das características do meio.

No Brasil, existe uma pequena tendência para a criação de legislação e parâmetros para a utilização da água de reúso, que ainda está em estágio incipiente. Como evidenciado neste estudo, apenas 27% dos estados da Federação contém alguma legislação estadual ou municipal. Das leis ou normativas verificadas, três são estaduais e quatro municípios possuem alguma normativa sobre o tema. Logo, quando se analisa em nível municipal, a exposição do tema é menor, de maneira que 4 dos 5.570 municípios do país contém leis relacionadas ao assunto, ou seja, menos de 1%.

É notória a necessidade do arcabouço legal para a prática do reúso. Por mais que se necessite de restrições de qualidade, deve-se ter cuidado na elaboração das legislações, pois não devem ser frágeis a ponto

de permitir o uso indiscriminado da água de reúso, colocando em risco a saúde das pessoas e o meio ambiente, nem devem ser muito restritivas, tornando a prática do reúso inviável.

Para que a prática do reúso de água seja ampliada no país, deve-se elaborar diretrizes e programas por meio de legislação de nível federal, que deve conter as definições das origens da água de reúso, assim como as formas de utilização, os parâmetros de qualidade, os

instrumentos que ajudem a melhorar a pesquisa e desenvolver o tema em todo o país. Sendo assim, precisa-se de legislação específica que assegure todas as possibilidades de uso sem colocar em risco a saúde humana, animal e ambiental. Alertamos que todo tipo de água de reúso deve ter um mínimo de tratamento secundário, com ou sem filtração adicional, para a remoção da maioria dos contaminantes, e deve ser monitorada constantemente.

REFERÊNCIAS

- ABOURACHED, C.; ENGLISH, M.J.; LIU, H. (2016) Wastewater treatment by Microbial Fuel Cell (MFC) prior irrigation water reuse. *Journal of Cleaner Production*, v. 137, p. 144-149. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.048>
- ÁFRICA DO SUL. (1997) *National Water Services Act No. 108*. Pretoria Government.
- ÁFRICA DO SUL. (1998) *National Water Act No. 36*. Pretoria Government.
- ÁFRICA DO SUL. Department of Water Affairs and Forestry. (1996) *South African Water Quality Guidelines: domestic use*. 2ª ed. África do Sul: Department of Water Affairs and Forestry, Republic of South Africa.
- ÁFRICA DO SUL. Department of Water Affairs and Forestry. (2006) *Guidelines for the Utilisation and Disposal of Wastewater Sludge*. África do Sul: Department of Water Affairs and Forestry, Republic of South Africa.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2017) *Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno*. Brasil: Agência Nacional de Águas. 169 p.
- AL-ALI, D.; FILION, Y.A. (2015) Critical Review of Water Reuse in North America: The Historical Shift from Technological Priorities to Public Perception Studies. In: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS, 2015. American Society of Civil Engineers. p. 1173-1190.
- AL-HAMAEDEH, H.D. (2010) The impact of greywater reuse in irrigation on public health and safety. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, v. 15, p. 1131-1138.
- ALUM, A.; YOON, Y.; WESTERHOFF, P.; ABBASZADEGAN, M. (2004) Oxidation of bisphenol A, 17 β -estradiol, and 17 α -ethynyl estradiol and byproduct estrogenicity. *Environmental Toxicology*, v. 19, n. 3, p. 257-264. <https://doi.org/10.1002/tox.20018>
- ANGELAKIS, A.; GIKAS, P. (2014) Water reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis on EU states. *Water Utility Journal*, v. 8, p. 67-78.
- AQUINO, S.F.; BRANDT, E.M.F.; CHERNICHARO, C.A.L. (2013) Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 3, p. 187-204. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300002>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). (1997) *NBR 13.969/97. Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação*. Rio de Janeiro: ABNT.
- AUSTRÁLIA. (2004) *Environmental Guidelines: Use of effluent by irrigation*. Austrália: Department of Environment and Conservation.
- BAKARE, B.F.; MTSWENI, S.; RATHILAL, S. (2015) A pilot study into public attitudes and perceptions towards greywater reuse in a low cost housing development in Durban, South Africa. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 6, n. 2, p. 345-354. <https://doi.org/10.2166/wrd.2015.076>
- BARBER, L.B.; VAJDA, A.M.; DOUVILLE, C.; NORRIS, D.O.; WRITER, J.H. (2012) Fish Endocrine Disruption Responses to a Major Wastewater Treatment Facility Upgrade. *Environmental Science & Technology*, v. 46, n. 4, p. 2121-2131. <https://doi.org/10.1021/es202880e>
- BARROS, H.M.M.; VERIATO, M.K.L.; SOUZA, L.P.; CHICÓ, L.R.; BAROSI, K.X.L. (2015) Reúso de água na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 5, p. 11-16. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.3868>
- BILA, D.M.; DEZOTTI, M. (2007) Endocrine disrupters in the environment: part 1 - effects and consequences. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 651-666. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000300027>
- BIZARI, D.R.; CARDOSO, J.C. (2016) Reusewater and urban horticulture: alliance towards more sustainable cities. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 3, p. 311-317. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362016003002>
- BOLONG, N.; ISMAIL, A.F.; SALIM, M.R.; MATSUURA, T. (2009) A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. *Desalination*, v. 239, n. 1-3, p. 229-246. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.020>
- BRASIL. (1997) Lei nº 9.433/1997. *Diário Oficial da União*.
- BRASIL. (2001) Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. *Diário Oficial da União*.

- BRASIL. (2005) Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, n. 53, p. 58-63.
- BRASIL. (2006) Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54, de 28 de novembro de 2005. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília.
- BRASIL. (2008) Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. *Diário Oficial da União*, n. 66, Seção 1, p. 64-68.
- BRASIL. (2010) *Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro 2010*. Brasília.
- BRASIL. (2016) *Projeto de Lei do Senado nº 58, de 2016*.
- BRASIL. (2017) Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. *Diário Oficial da União*, n. 190, Seção 1, Supl., p. 360.
- BUCHMANN, J.; PROCHNOW, T.R. (2016) "Água, Agenda 21 e Você": uma aula para despertar consciência e senso crítico frente questões ambientais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, 5., 2016. *Anais...*
- CANADÁ. (2010) *Canadian Guidelines for Domestic Reclaimed Water for Use in Toilet and Urinal Flushing*. Canadá: Ministério da Saúde.
- CASTILHO, C.P.; OLIVEIRA, L.H. (2018) Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 1, p. 409-421. <http://doi.org/10.1590/s1678-86212018000100229>
- CHEN, C.Y.; WEN, T.Y.; WANG, G.S.; CHENG, H.W.; LIN, Y.H.; LIEN, G.W. (2007) Determining estrogenic steroids in Taipei waters and removal in drinking water treatment using high-flow solid-phase extraction and liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Science of the Total Environment*, v. 378, n. 3, p. 352-365. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.02.038>
- CHINA. (2002a) *The reuse of urban recycling water: Classification Standard GB/T 18919*. China.
- CHINA. (2002b) *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for scenic environment use GB/T 18921*. China.
- CHINA. (2002c) *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for urban miscellaneous water consumption GB/T 18920*. China.
- CHINA. (2005a) *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for groundwater recharge GB/T 19772*. China.
- CHINA. (2005b) *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for industrial water consumption GB/T 19923*. China.
- CHINA. (2007) *The reuse of urban recycling water: Water quality standard for farm irrigation GB 20922*. China.
- CÔRTEZ, M.B.V. (2010) *Gestão da qualidade da água para consumo humano: diagnóstico microbiológico e parasitário dos rios Macacu, Caceribu e Guapi-Macacu*. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- DREWES, J.E.; HORSTMAYER, N. (2015) Recent Developments in Potable Water Reuse. In: FATTA-KASSINOS, D.; DIONYSIOU, D.D.; KÜMMERER, K. *Advanced treatment technologies for urban wastewater reuse*. Cham: Springer. p. 269-290.
- EFTIM, S.E.; HONG, T.; SOLLER, J.; BOEHM, A.; WARREN, I.; ICHIDA, A.; NAPIER, S.P. (2017) Occurrence of norovirus in raw sewage – A systematic literature review and meta-analysis. *Water Research*, v. 111, p. 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.017>
- ENDOCRINE SOCIETY. (2014) *Introduction to endocrine disrupting chemicals (edcs) a guide for public interest organizations and policy-makers*. Washington, DC.: Endocrine Society.
- ESTADOS UNIDOS (EUA). (2001) *Arizona Administrative Code: Aquifer Protection Permits*. Arizona: Department of Environmental Quality Water Pollution Control.
- ESTADOS UNIDOS (EUA). (2017a) *Regulation No. 84 Reclaimed Water Control Regulation*. Colorado: Department of Public Health and Environment.
- ESTADOS UNIDOS (EUA). (2017b) *Statutory Water Rights Law and Related California Code Section*. Califórnia: State Water Resources Control Board.
- FENT, K.; WESTON, A.A.; CARMINADA, D. (2006) Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquatic Toxicology*, v. 76, n. 2, p. 122-159. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.09.009>
- FERNANDES, V.M.C. (2006) Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE O USO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 2., 2006. *Anais...* p. 17.
- FIORI, S.; FERNANDES, V.M.C.; PIZZO, H. (2006) Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. *Ambiente Construído*, v. 6, n. 1, p. 19-30.
- FRANCY, D.S.; STELZER, E.A.; BUSHON, R.N.; BRADY, A.M.G.; WILLISTON, A.G.; RIDDELL, K.R.; BORCHARDT, M.A.; SPENCER, S.K.; GELLNER, T.M. (2012) Comparative effectiveness of membrane bioreactors, conventional secondary treatment, and chlorine and UV disinfection to remove microorganisms from municipal wastewaters. *Water Research*, v. 46, n. 13, p. 4164-4178. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.04.044>
- GHUNMI, L.A.; ZEEMAN, G.; FAYYARD, M.; VAN LIER, J.B. (2011) Grey water treatment systems: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 41, n. 7, p. 657-698. <https://doi.org/10.1080/10643380903048443>
- GONÇALVES, R.F. (2009) *Uso Racional de Água e Energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Brasil: ABES. 354 p.
- GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA. (2010) Resolução CONERH nº 75, de 29 de julho de 2010. *Diário Oficial do Estado*.
- GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. (2016) Lei nº 16.033. *Diário Oficial do Estado*.

- GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. (2016) Lei nº 10.487. *Diário Oficial do Estado*.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. (2012) *Lei nº 11.552*. Londrina: Secretaria do Município de Londrina.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. (2016) Lei nº 7424. Dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de água de reúso pelos órgãos integrantes da administração pública. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. (2017) Lei nº 7.599, de 24 de maio de 2017. Rio de Janeiro: Governo do Estado do Rio de Janeiro.
- HARWOOD, V.J.; LEVINE, A.D.; SCOTT, T.M.; CHIVUKULA, V.; LUKASIK, J.; FARRAH, S.R.; ROSE, J.B. (2005) Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Applied Environmental Microbiology*, v. 71, n. 6, p. 3163-3170. <https://doi.org/10.1128/aem.71.6.3163-3170.2005>
- HESPANHOL, I. (2002) Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 4, p. 75-95. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v7n4.p75-95>
- HESPANHOL, I. (2008) Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 131-158. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200009>
- ISRAEL. (2012) *The Environment in Israel 2002*. Israel: Ministry of the Environment.
- JIANG, S.M.; WANG, L.; REEVES, P.R. (2001) Molecular characterization of streptococcus pneumoniae type 4, 6b, 8, and 18c capsular polysaccharide gene clusters. *Infection and Immunity*, v. 69, n. 3, p. 1244-1255. <https://doi.org/10.1128%2FIAI.69.3.1244-1255.2001>
- JIMÉNEZ-CISNEROS, B. (2014) Water Reuse and Recycling. In: AHUJA, S. (org.). *Comprehensive Water Quality and Purification*. Calabash: Elsevier. v. 3, p. 296-323.
- JORDÂNIA. (2015) *National Water Strategy and related policies and action plans*. Jordânia: Ministry of Water & Irrigation.
- KRAMER, A.; POST, J. (2001) *Lesson D1: Guidelines and Standards for Wastewater Reuse water*. Estados Unidos: E-Learning Course.
- KÜMMERER, K. (2009) Antibiotics in the aquatic environment - a review - part I. *Chemosphere*, v. 75, n. 4, p. 417-434. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.086>
- LAGOS-CABRÉ, R.; MORENO, R.D. (2012) Contribution of environmental pollutants to male infertility: a working model of germ cell apoptosis induced by plasticizers. *Biological Research*, v. 45, n. 1, p. 5-14. <http://doi.org/10.4067/S0716-97602012000100001>
- LAVRADOR FILHO, J. (1987) *Contribuição para o entendimento do reúso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil*. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- LEE, D.-Y.; LAUDER, H.; CRUWYS, H.; FALLETTA, P.; BEAUDETTE, L.A. (2008) Development and application of an oligonucleotide microarray and real-time quantitative PCR for detection of wastewater bacterial pathogens. *Science of the Total Environment*, v. 398, n. 1-3, p. 203-211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.03.004>
- LEVERENZ, H.L.; TCHOBANOGLOUS, G.; ASANO, T. (2011) Direct Potable Reuse: A Future Imperative. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 1, n. 1, p. 2-10. <https://doi.org/10.2166/wrd.2011.000>
- LIM, K.Y.; WU, Y.; JIANG, S.C. (2017) Assessment of Cryptosporidium and norovirus risk associated with de facto wastewater reuse in Trinity River, Texas. *Microbial Risk Analysis*, v. 5, p. 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.mran.2016.11.002>
- LIPP, E.K.; FARRAH, S.A.; ROSE, J.B. (2001) Assessment and impact of microbial fecal pollution and human enteric pathogens in a coastal community. *Marine Pollution Bulletin*, v. 42, n. 4, p. 286-293. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(00\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00152-1)
- LUO, Y.; GUO, W.; NGO, H.H.; NGHIEM, L.D.; HAI, F.I.; ZHANG, J.; LIANG, S.; WANG, X.C. (2014) A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, v. 473-474, p. 619-641. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.065>
- MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. (2013) *Reúso de Água*. Barueri: Manole.
- MARENGO, J.A.; NOBRE, C.A.; SELUCHI, M.E.; CUARTAS, A.; ALVES, L.M.; MENDIONDO, E.M.; OBRÉGON, G.; SAMPAIO, G. (2005) A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, n. 106, p. 31-44. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i106p31-44>
- MÉXICO. (2006) *Mexican Standard NOM-001-ECOL*. México.
- MIÈGE, C.; CHOUBERT, J.M.; RIBEIRO, L.; EUSÈBE, M.; COQUERY, M. (2008) Removal efficiency of pharmaceuticals and personal care products with varying wastewater treatment processes and operating conditions - conception of a database and first results. *Water Science and Technology*, v. 57, n. 1, p. 49-56. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.823>
- MIERZWA, J.C.; HESPANHOL, I. (2005) *Água na indústria: uso racional e reúso*. São Paulo: Oficina de Textos.
- MOURA, P.G. (2016) *Avaliação de poluição biológica no Complexo de Manguinhos usando marcadores moleculares e filogenia molecular*. Dissertação (Mestrado) - Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- MUJERIEGO, R.; GULLÓN, M.; LOBATO, S. (2017) Incidental potable water reuse in a Catalan basin: living downstream. *Journal of Water Reuse and Desalination*, v. 7, n. 3, p. 253-263. <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.199>
- NAMÍBIA. (2013) *Water Resources Management Act. 11*. Namíbia: Government Gazette of the Republic of Namibia.

- NGHIEM, L.D.; MANIS, A.; SOLDENHOFF, K.; SCHÄFER, A.I. (2004) Estrogenic hormone removal from wastewater using NF/RO membranes. *Journal of Membrane Science*, v. 242, n. 1-2, p. 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2003.12.034>
- OLLER, I.; MALATO, S.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J.A. (2011) Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review. *Science of the Total Environment*, v. 409, n. 20, p. 4141-4166. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.08.061>
- PINTO, H.S.; FARIA, I.D.; BAPTISTA, R.; KASSMAYER, K.; ABBUD, A.; PINTO, V.C. (2014) *A Crise Hídrica e suas Consequências*. Brasil: Núcleo de Estudo e Pesquisas, Senado Federal. 32 p.
- PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. (2015a) *Lei nº 16.160*. São Paulo: Secretaria do Governo Municipal de São Paulo.
- PREFEITURA DA CIDADE DE SÃO PAULO. (2015b) *Lei nº 16.174, de 2015*. São Paulo: Secretaria do Governo Municipal de São Paulo.
- PREFEITURA DE CAXIAS DO SUL. (2006) *Lei nº 6.616*. Caxias do Sul.
- PROLAGOS. (2015) *Estação de tratamento de Água de Reúso (ETAR)*. Disponível em: <<https://www.prolagos.com.br/esgotamento-sanitario/>>. Acesso em: ago. 2015.
- PRUDEN, A.; PEI, R.; STORTEBOOM, H.; CARLSON, K.H. (2006) Antibiotic resistance genes as emerging contaminants: studies in Northern Colorado. *Environment Science Technology*, v. 40, n. 23, p. 7445-7450. <https://doi.org/10.1021/es060413l>
- RODRIGUES, R.S. (2005) *As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SANTOS, L.H.M.L.M.; ARAÚJO, A.N.; FACHINI, A.; PENA, A.; DELERUE-MATOS, C.; MONTENEGRO, M.C. (2010) Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Hazardous Materials*, v. 175, n. 1-3, p. 45-95. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.10.100>
- SANZ, L.A.; GAWLIK, B.M. (2014) *Water Reuse in Europe*. Europa: European Commission.
- SCARPA, F.; MEGERSA, D.D.; KARIMI, S.; MELES, D.B. (2011) *Reuse of Water: Methods to diminish non-biodegradable organic compounds*. WWT Project Wort, KTH.
- SCHWARTZ, J. (2015) Water Flowing From Toilet to Tap May Be Hard to Swallow. *The New York Times*, p. D1.
- SOTO, A.M.; SONNENSCHNIG, C. (2010) Environmental causes of cancer: endocrine disruptors as carcinogens. *Nature Reviews Endocrinology*, v. 6, n. 7, p. 363-370. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2010.87>
- TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F.L.; STENSEL, H.D. (2003) *Wastewater engineering: treatment and reuse*. 4. ed. Nova York: McGraw-Hill Higher Education.
- TESKE, S.S.; ARNOLD, R.G. (2008) Removal of natural and xenoestrogens during conventional wastewater treatment. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, v. 7, n. 2, p. 107-124. <https://doi.org/10.1007/s11157-008-9129-8>
- TUNÍSIA. (1989) *Standard for the use of treated wastewater in agriculture NT 106-109*. Tunisia: Ministry of Agriculture.
- TURQUIA. (1991) *Water Pollution Control Regulations*. Turquia: Ministry of Environment.
- UEMATSU, R. (2015) *Policies and Regulatory Frameworks on Wastewater Management and Water Reuse in Japan*. Japão: Sewerage and Wastewater Management Department.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (1992) *Guidelines for Water Reuse*. Washington, U.S.: Agency for International Development.
- VIRKUTYTE, J.; VARMA, R.S.; JEGATHEESAN, V. (2010) *Treatment of Micropollutants in Water and Wastewater*. Londres: The International Water Association.
- WESTERHOFF, G.P. (1984) An update of research needs for water reuse. In: WATER REUSE SYMPOSIUM, 3., 1984, San Diego. *Proceedings...* San Diego, Califórnia.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). (1973) *Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards*. Technical report series n. 517. Genebra: WHO.