

NORMAS, PROJETOS E VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS NÃO POTÁVEIS: UMA REVISÃO

Isabela Cristina Ferreira Faria⁽¹⁾

Mestranda em Engenharia Hídrica pela UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá, graduada em Engenharia Civil pela UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá.

Márcia Viana Lisboa Martins⁽²⁾

Doutora em Aproveitamento de Energia pela UNESP - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Mestre em Recursos Hídricos pela UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Poeta João Carneiro de Rezende, 61 - Centro - Pedralva - MG - CEP: 37520-000 - Brasil - Tel: +55 (35) 99822-7081 - e-mail: isacrisff.exp@gmail.com.

RESUMO

A reutilização de águas residuárias e da chuva apresenta-se como uma solução para a escassez hídrica, pois promove a economia no consumo de água potável. Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o reúso de água cinza e da chuva, abordando a implementação do sistema de acordo com as normas vigentes, discutindo sua viabilidade econômica e os riscos de contaminação aos seus usuários. A revisão foi elaborada por meio de uma seleção de artigos de plataformas de dados, através da leitura dos títulos, resumos e trabalhos completos. Também foi realizada uma análise das normas brasileiras existentes e das normas internacionais. As análises revelaram que, as atividades-fim e as fontes de água não potável ditam o tipo de tratamento necessário e que o sistema pode ser mais ou menos dispendioso dependendo destas variáveis e dos riscos de contaminação. Conclui-se que há necessidade de aprimoramento de normas e legislações, para que os sistemas de reúso de água tornem-se mais seguros.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de água de chuva, Reúso de água cinza, Economia de água.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, somado a urbanização, a amplificação da produção e do consumo, conduzem ao aumento constante da demanda por água potável e consequente extração desse recurso hídrico, que vem sendo realizada de maneira desordenada e impactando os corpos de água (CASTILHO e OLIVEIRA, 2018). Desta forma, a grande preocupação mundial é a escassez dos recursos hídricos de boa qualidade disponíveis, o que faz crescer os conflitos pelos usos da água e ocasionar problemas com alimentação, segurança e sustentabilidade ambiental (LEONG et al., 2017; CASTILHO e OLIVEIRA, 2018; SILVA et al., 2019; SOUSA et al., 2020).

Nesse contexto, fontes alternativas de abastecimento de água estão sendo estudadas e desenvolvidas, entre elas o uso da água não potável, não somente como suprimento em áreas de escassez, mas também para reduzir custos com tratamento de águas residuárias previamente ao descarte em corpos hídricos (CASTILHO e OLIVEIRA, 2018; SILVA et al., 2019).

De acordo com Fountoulakis (2016), embora no Brasil esses sistemas ainda sejam pouco utilizados, vários outros países promovem o reúso de águas não potáveis como o Japão, Austrália, Estados Unidos e Israel. Ainda conforme este autor, a Austrália, por exemplo, já estabeleceu normas para reutilização de água cinza e oferece desconto para instalar esse sistema. No Japão, o reúso das águas residuárias é obrigatório em edifícios com mais de 30.000 m² ou cuja demanda de água não potável seja superior a 100 m³ por dia (FOUNTOULAKIS et al., 2016).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão sobre o estado da arte para o reúso de águas cinza e de chuva em residências uni e multifamiliares, introduzir os conceitos sobre reúso de água, apresentar estudos sobre

modos de captação, tratamento e reutilização da água de reúso, demonstrando sua viabilidade econômica e riscos aos usuários.

METODOLOGIA

A revisão bibliográfica foi realizada por meio de buscas de referências em bases de dados nacionais e internacionais entre elas: *Scopus*, *Science Direct*, *Engineering Village*, *Scielo* e Portal de Periódicos Capes utilizando palavras-chave como: *gray water reuse*, *reuse of gray and rainwater*, *water reuse in residential buildings* e *potential for water reuse*, no período de 1999 a 2020. Primeiramente, foram selecionados os artigos em que os títulos mais se enquadravam no tema, em seguida uma nova seleção foi realizada a partir da leitura dos resumos dos mesmos e, para uma seleção mais refinada, foi efetuada a leitura dos artigos completos. Também foi realizada uma revisão das normas brasileiras sobre reúso de água NBR 16782 (ABNT, 2019), que aborda sobre a conservação de água em edificações; NBR 16783 (ABNT, 2019) e realizada uma comparação com as diretrizes americanas e australianas, respectivamente *Guidelines for Water Reuse* (2012) e *Dual Water Supply Systems* (2002), a fim de verificar seus pontos em comum e divergentes.

RESULTADOS

Milhares de artigos foram encontrados pesquisando pelas palavras chaves nas bases de dados citadas. Cerca de 1200 artigos pesquisando por *reuse of gray and rainwater*, aproximadamente 7100 artigos pesquisando por *water reuse in residential buildings*, porém em sua grande maioria, os artigos tratavam de reúso de água em redes de abastecimento de cidades através das companhias de saneamento, o que não atende ao objetivo do trabalho. Destes documentos, apenas 35 foram selecionados para leitura completa e elaboração dos resultados pois tratavam de normas ou artigos sobre reúso de água em edificações.

O aproveitamento de água não potável proporciona o suprimento da demanda de água potável, poupando-se a utilização de uma água que passou por diversos tratamentos para alcançar a potabilidade, contribuindo com o meio ambiente e a sustentabilidade (KUCHINSKI e GASTALDINI, 2016).

Em edificações residenciais, que é o foco deste trabalho, a utilização de água distribui-se, principalmente, nas atividades voltadas para limpeza e higiene, em ambientes internos, e irrigação, piscina e lavagem de veículos, em ambientes externos (SOUZA, 2008).

As normas brasileiras que tratam sobre conservação de água e reúso são as normas: NBR 16782 (ABNT, 2019), que aborda sobre a conservação de água em edificações; NBR 16783 (ABNT, 2019), refere-se sobre uso de fontes alternativas não potáveis em edificações; e NBR 15527 (ABNT, 2019), que trata sobre o aproveitamento de água pluviais.

De acordo com a NBR 16.782 (ABNT, 2019), existem dez fontes de água não potável: i. água de chuva e pluvial, a primeira é precipitação que escoar sobre superfícies não transitadas e a segunda em superfícies transitadas; ii. água de rebaixamento do lençol freático por meio de drenos de solos; iii. água clara, proveniente do condensado de sistemas de resfriamento e efluentes de sistemas de vapor e destilação; iv. água cinza clara provinda de chuveiros, banheiras, lavatórios, tanques e máquinas de lavar-roupa; v. água cinza escura caracterizada pelas águas de pias de cozinhas e máquinas de lavar-louças; vi. água negra vinda de vasos sanitários e mictórios; vii. esgoto sanitário que é toda água sanitária proveniente dos metais hidrossanitários da edificação; viii. caminhão-pipa (não potável), transportados por empresas prestadoras desses serviços; ix. poço (não potável) de águas subterrâneas e; x. empresa prestadora de serviços de saneamento que comercializam água não potável por rede.

Porém, nem todas as fontes são adequadas para reúso em residências. O presente artigo irá centralizar no reúso de águas de chuva e cinza clara, por serem mais comumente utilizadas.

• Caracterização dos sistemas de reúso de água

No sistema de reúso de água cinza, os efluentes após serem captados pelo sistema de coleta específico, devem ser direcionadas para a Estação de Tratamento de Esgoto de Água Cinza - ETAC da edificação, onde não

podem permanecer por mais de 24 horas, pois podem surgir compostos fétidos e haver o crescimento exponencial de coliformes (LEONG et al., 2017). Após o tratamento adequado, elas são bombeadas ao reservatório superior e distribuídas nos pontos de reúso, por meio das instalações hidráulicas de distribuição de água não potável. Esse esquema é demonstrado na Figura 1. A instalação hidrossanitária do sistema deve obedecer as normas NBR 5626 (ABNT, 2020) - Instalação predial de água fria e NBR 8160 (ABNT, 1999) - Sistemas prediais de esgoto sanitário. Porém, ressalta-se que essas normas não abordam, especificamente, as instalações hidrossanitárias de reúso de água, com exceção da NBR 5626 (ABNT, 2020) que aborda a independência das redes de abastecimento de água fria potável e não potável, para evitar a conexão cruzada.

Todavia, para o reúso de águas cinza, alguns cuidados devem ser tomados devido à presença de substâncias tóxicas e micro-organismos patogênicos. O tratamento das águas cinza varia de acordo com suas características e o tipo de reúso pretendido, passando por sistemas físicos, químicos e biológicos, e a sua complexidade vai depender das necessidades de minimizar os riscos de contaminação dos usuários, o que pode dificultar e encarecer a implantação do sistema (KUCHINSKI e GASTALDINI, 2016; OLIVEIRA e ALVES, 2019).

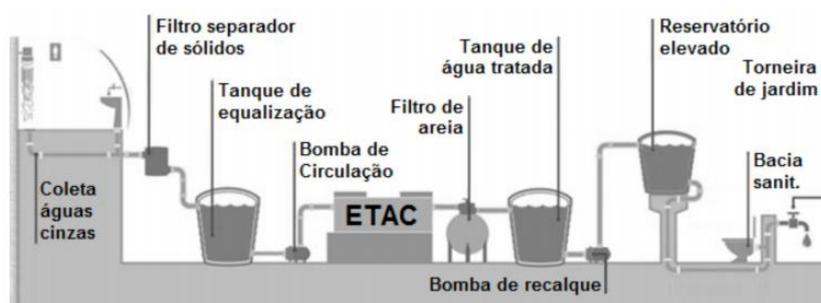


Figura 1: Esquema de sistema de aproveitamento de água cinza. Fonte: KUCHINSKI e GASTALDINI, 2016.

A captação da água de chuva é proveniente de coberturas e telhados. Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), logo após a captação da água, deve ser realizado o seu pré-tratamento por meio de filtros, descarte das águas iniciais da chuva e desinfecção (quando necessária); logo após, é direcionado para o reservatório de armazenamento, podendo ser apenas inferior como cisterna, ou em conjunto com o superior, de onde partirá, por meio das instalações prediais de água de reúso, para as atividades-fim. Esse esquema é demonstrado na Figura 2. Salienta-se que, a viabilidade econômica do aproveitamento de água de chuva está relacionada ao volume do reservatório, visto que este é o item mais oneroso (BEZERRA et al., 2010). Portanto, é preciso avaliar a área disponível do local onde será construído o reservatório, o custo do reservatório e o volume de água de chuva necessário para abastecer os pontos especificados para seu uso para, por fim, definir o volume final do reservatório de água de chuva (BEZERRA et al., 2010).



Figura 2: Sistema de reutilização de águas de chuva. Fonte: SANÁGUA, 2014.

- **Parâmetros de implantação**

Do ponto de vista de sustentabilidade, uma das características mais críticas na construção de um edifício é a gestão do sistema de água. Desta forma, os projetos devem ser elaborados de forma a manter o desempenho, mas visando a eficiência hídrica, pois a redução do consumo de água potável nas edificações contribui para a redução do volume de água extraída, tratada e bombeada para rede de abastecimento, consequentemente, reduz também os gastos energéticos (JAYASREE, 2015).

Porém, se for considerada a utilização da água de reúso como uma das alternativas para abastecimento de água, deve ser levado em conta que, a qualidade da água tratada varia em função do tipo de uso a ser destinado e da fonte extraída (CASTILHO e OLIVEIRA, 2018). A NBR 16.783 (ABNT, 2019) traz os requisitos necessários da qualidade da água não potável que permitam seu uso seguro. Ao mesmo tempo, percebe-se que esta norma não apresenta, de forma mais detalhada, os requisitos para cada uso em específico. Os usos abordados nesta mesma norma, que podem ser abastecidos por água não potável, são aqueles que possuem pouco ou nenhum contato direto com usuários, como descarga em bacias sanitárias e mictórios, lavagem de logradouros, pátios, garagens e áreas externas, lavagem de veículos, irrigação para fins paisagísticos, uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos), arrefecimento de telhados e sistemas de resfriamento de água. E para cada um desses usos deve ser obedecido o padrão de qualidade estabelecido na norma (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros de qualidade para uso de água não potável. Fonte: CBIC, 2019

PARÂMETRO	LIMITE	OBSERVAÇÃO
pH	6,0 a 9,0	A faixa de valores deve ser mantida em todas as amostras
E. Coli	≤ 200 NMP/100mL	Pode ser realizado teste para detectar ausência ou presença das bactérias. Caso seja detectada presença, o NMP deve respeitar o limite determinado.
Turbidez	≤ 5 UT	Este valor deve ser respeitado em todas as amostras
DBO_{5,20}	≤ 20 mgO ₂ /L	Este valor deve ser respeitado em todas as amostras
Cloro Residual Livre (CRL)	Mínimo 0,5 mg/L - máximo de 5,0 mg/L	Recomendável 0,5 mg/L - máximo de 2,0 mg/L
Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ou Condutividade Elétrica	≤ 2.000 mg/L ou ≤ 3.200 µS/cm	Como é conhecida a correlação diretamente proporcional entre SDT e condutividade elétrica (condutividade/ SDT ≈ 1,6), o monitoramento pode ser realizado de ambas as formas.
Carbono Orgânico Total (COT)	< 4 mg/L	Aplicável somente para rebaixamento de lençol freático.

Para se realizar um projeto de reutilização de águas não potáveis em edificações, é necessário realizar a escolha dos pontos de usos e captação de águas não potáveis, calcular o balanço hídrico, que é a relação entre a oferta e a demanda de água, determinar a qualidade da água proveniente de fontes alternativas e os parâmetros de qualidade exigidos para usos pretendidos e, por fim, verificar a disponibilidade de área para implantação e operação dos sistemas de tratamento, distribuição e reservação de água não potável (CBIC, 2019).

A Figura 3 apresenta um padrão típico de uso de água em edifícios residenciais, observa-se que, com eficaz reutilização de água em descargas de vasos sanitários e lavagens, cerca de 35% de demanda de água potável pode ser economizada (FEWKES, 1999; JAYASREE, 2015).

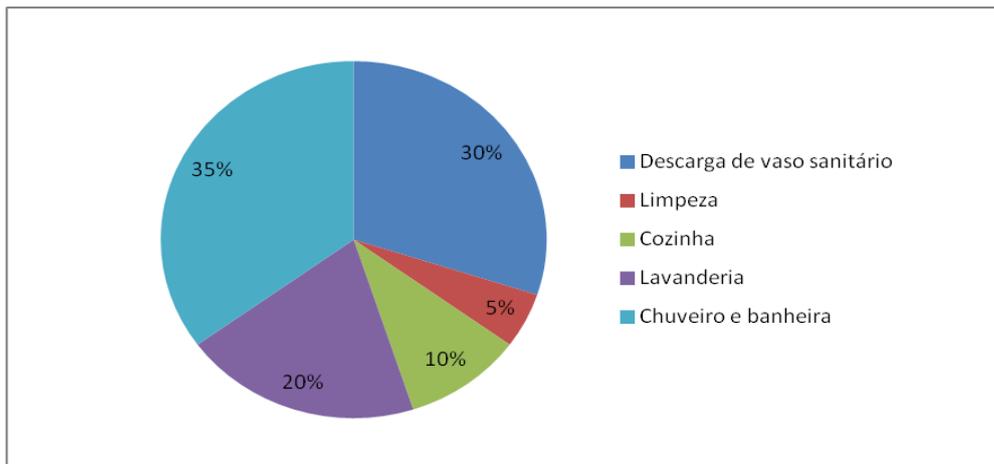


Figura 3: Padrão típico de usos de água em edifícios. Fonte: Adaptado de JAYASREE, 2015

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

• Análise de viabilidade econômica dos projetos de reúso de água

Sousa et al. (2020) realizaram uma pesquisa empregando a reutilização de água de chuva em residências unifamiliares da cidade de Caruaru - PE. O projeto foi composto por sistema de captação, descarte das primeiras águas, reservatório inferior, sistema de bombeamento, reservatório superior e distribuição, e toda a água foi destinada para uso em descargas das bacias sanitárias sem tratamento prévio. Com essa implantação foi gerado 15,73% de economia de água sobre o consumo geral. Porém, o sistema seria suficiente para abastecer as bacias sanitárias somente nos meses de junho e julho, quando a captação de água de chuva é maior. De acordo com o orçamento levantado para implantação do sistema e dos valores cobrados pela Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento), o tempo de retorno do investimento seria de 24,67 anos, não sendo economicamente viável.

Porém, ainda sobre o estudo de Sousa et al. (2020), se somada a reutilização de água de chuva com a implantação de equipamentos redutores de água, neste caso utilizaram chuveiros com restritores de vazão, bacias sanitárias com acionamento duplo, torneiras de pias e lavabos com arejadores, alcançariam uma economia de 45,73% do consumo de água total e o tempo de retorno do investimento cairia para 7,35 anos.

Villarreal e Dixon (2005), utilizando modelos e uma base de dados, simularam a economia de consumo de água gerada para reutilização de água de chuva se captada nos telhados de toda a cidade de Ringdansen na Suécia. Eles concluíram que o volume do tanque de armazenamento de água de chuva é fator decisivo para utilização do reúso de água de chuva, visto que, sem a reserva necessária, não se atinge a meta de redução de consumo, que varia de 30%, se utilizada apenas nas descargas das bacias sanitárias, a 60% se também utilizada em máquinas de lavar roupa. Porém, o volume do reservatório e o espaço de armazenamento disponível tornou-se um desafio.

Existem também alternativas de baixo custo para reutilização de água de chuva. Ferreira et al. (2017) implementaram um sistema de captação de água de chuva num sítio em Salinópolis-PA com a pequena quantia de R\$ 1.350,40, para fornecer água potável aos moradores da localidade, afetados com a baixa disponibilidade hídrica. Foi utilizada uma cisterna de 500L para armazenamento da água, que passou por um dispositivo de descarte para tratamento preliminar e, antes de ser utilizada na atividade-fim, foi tratada por meio de um filtro de carvão ativado e prata coloidal. O sistema necessitou apenas de artifícios hidráulicos para seu funcionamento, sem utilização de bombas e energia elétrica, a fim de reduzir o custo em comparação a outros sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Segundo Sousa et al. (2019), em estudo desenvolvido para as residências de Caruaru-PE, foi considerado a reutilização de água cinza, coletada dos chuveiros e máquinas de lavar roupa, para uso nas bacias sanitárias. O tratamento aplicado foi por meio de um tanque séptico seguido de filtro de areia. O projeto atingiu uma economia de 27,7% do consumo de água, porém, como esse sistema de tratamento demanda mão de obra especializada e possui um custo elevado de implantação, o tempo de retorno do investimento foi de 12,30 anos.

Gonçalves et al. (2010) analisaram dois empreendimentos, Edifício *Residencial Royal Blue* e *Hotel Comfort Suítes*, nas cidades de Vitória - ES e Macaé - RJ, respectivamente. As duas edificações apresentam reutilização de água cinza com tratamento de esgoto por meio de uma ETAC (Estação de Tratamento de Águas Cinza). No primeiro, o consumo de água de reúso foi dividido em três setores: bacias sanitárias nos apartamentos, área de lazer e área comum, limpeza nas áreas do condomínio e rega de área verde. Com isso, a água de reúso correspondeu a cerca de 22% da água consumida no edifício e acarretou uma economia de R\$ 25.200,00 por ano, resultando em um tempo de retorno do investimento, em média, de 7 anos. Já no *Hotel Comfort Suítes*, o sistema de reúso de água foi utilizado exclusivamente para descarga de vasos sanitários. A economia no consumo de água potável foi de 29%. Com um investimento de 0,34% do valor total da construção do hotel, a implantação do sistema de reúso teve uma amortização prevista para 50 meses.

Ghisi e Oliveira (2007) avaliaram o custo benefício do reúso de água de chuva, cinza ou o conjunto das duas, em descargas e máquinas de lavar roupa e lavagem de banheiro, em duas residências na cidade de Palhoça-SC. O resultado apresentou, para reúso apenas da água de chuva em descargas e máquinas de lavar roupa, uma economia de 36,6% na casa A, onde moram 3 pessoas, e 33,8% na casa B onde moram apenas um casal. Já para reúso de águas cinza nas lavagens dos banheiros, a economia gerada foi de 30,4% na casa A e 25,6% na casa B. Com a utilização do reúso da água cinza, nas descargas dos banheiros, e em conjunto com água da chuva nas máquinas de lavar, o potencial de economia de água potável atingiu 36,4% na casa A e 33,8% na casa B. O período de retorno dos três projetos é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Período de retorno dos projetos. Fonte: Adaptado de GHISI e OLIVEIRA (2007)

Sistema	Período de retorno	
	Casa A	Casa B
Água pluvial	21 anos e 5 meses	67 anos e 4 meses
Água cinza	17 anos e 8 meses	61 anos e 3 meses
Água pluvial e cinza	28 anos e 2 meses	92 anos e 8 meses

Nota-se que o período de retorno dos 3 sistemas foram altos e nenhum deles foi viável economicamente. No mais, devido à tarifa mínima de 10m³ de água por mês cobrada pela concessionária, na casa B não houve período de retorno, pois o consumo de água na casa é inferior a 10m³/mês, o que significa que qualquer economia de água obtida pelos usuários não teve reflexo no valor da conta de água (GHISI e OLIVEIRA, 2007).

Já Kuchinski e Gastaldini (2016) demonstraram a viabilidade técnica e econômica do reúso de água cinza e água de chuva no edifício *Residencial Gabro*, em Santa Maria - RS. O empreendimento possui uma população estimada de 195 pessoas. A água não potável foi estabelecida para atender as bacias sanitárias e realizar a limpeza do condomínio e rega das plantas. O sistema de reúso água de chuva implantado juntamente com o sistema de água cinza resultou em uma economia de água potável de 3.752,20 m³ por ano. Apesar do custo de implantação do sistema ser alto, como cerca de 30% a 35% da água que se utiliza foi para fins não potáveis, ele se tornou viável devido a economia gerada. Fazendo um balanço para 20 anos, R\$ 272.615,83 deixam de ser pagos à companhia que faz a distribuição de água do município.

Segundo Leong et al. (2017), utilizar o sistema híbrido de reúso de água cinza e de chuva pode trazer diversas vantagens principalmente em áreas com alto índice pluviométrico, pois a água pluvial complementa a oferta de água de reúso, aumentando a economia de uso de água potável. Entretanto, de acordo com o mesmo autor, os sistemas em que as duas águas são tratadas separadamente são vantajosos, pois a água pluvial necessita de um processo de tratamento mais simples do que a água cinza e, ao misturar a água de chuva com a água cinza, ambas precisarão passar pelo tratamento apropriado para água cinza. Porém, Leong et al. (2017) afirma que para os sistemas que empregam membranas, foi demonstrado que a diluição da água cinza com a água de chuva aumenta a vida útil de membranas do processo de tratamento, pois reduz as sujeiras dos poros. Além disso, a acidez da água de chuva é anulada pela água cinza neutra, se ambas forem combinadas, reduzindo as taxas de corrosão (LEONG et al., 2017).

- **Riscos trazidos pelo reúso de água para fins não potáveis**

Como citado nos itens anteriores, o tipo de tratamento da água de reúso dependerá da qualidade da fonte de coleta e dos devidos fins que será dado a ela: quanto maior o contato da água reutilizada com os usuários, mais complexo se torna o tratamento para evitar contaminações por organismos patogênicos e, conseqüentemente, maiores custos. Algumas medidas devem ser tomadas para a instalação de um sistema de reutilização de água não potável para minimizar os riscos de contaminação.

Segundo Souza (2008), sistemas de rede dupla de água são conhecidos por sistemas de distribuição de água fria que segregam a água potável da água de reúso. Este autor e as NBR 5626 (ABNT, 2020) e NBR 16783 (ABNT, 2019) apontam que não podem existir conexões cruzadas entre as duas linhas. A conexão cruzada é caracterizada pela mistura entre a água não potável com a água potável, por meio de tubulações instaladas de forma incorreta, direcionando a água de reúso para um destino não intencional, ou mesmo quando há o retorno da água em conexões sem o uso de válvulas de retenção. Essas válvulas impedem o fluxo contrário da água e a NBR 5626 (ABNT, 2020) sugere o uso das mesmas para prevenir a retrossifonagem.

Conforme NBR 5626 (ABNT, 2020), é também importante diferenciar a rede de água não potável da rede de água potável. A NBR 16.783 (ABNT, 2019) apresenta a forma como deve ser a identificação, tanto das redes de distribuição de água de reúso como dos pontos de distribuição, para impedir a ingestão ou contato não intencional com a água de reúso. De acordo com esta norma, a rede de água não potável deve ter a tubulação pintada na cor magenta em todos os trechos e os pontos abastecidos por água de reúso devem ser identificados com elementos de advertência, como apresentados nas Figuras 4 e 5. Souza (2008) cita o uso de corantes nas águas não potáveis para assegurar a separação entre as redes de distribuição de água potável e rede de água de reúso. Além disso, testes da qualidade de água devem ser feitos regularmente seguindo as diretrizes da NBR 16.783 (ABNT, 2019).

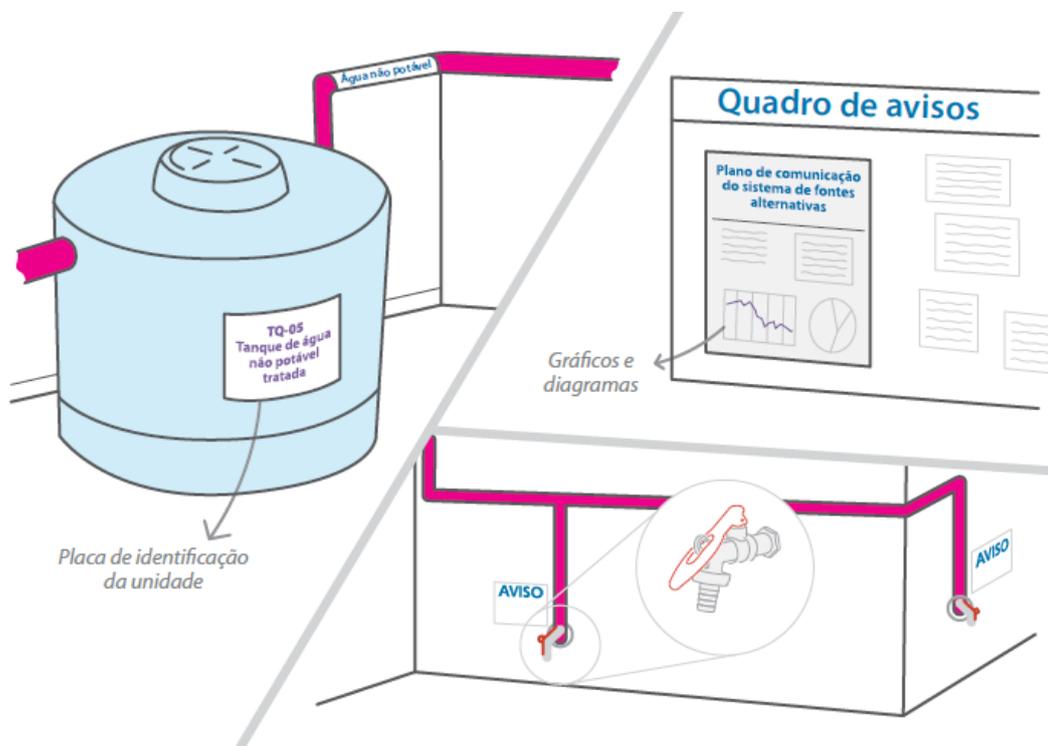


Figura 4: Tubulação magenta para água de reúso. Fonte: CBIC, 2019.



Figura 5: Cartazes de advertência em pontos abastecidos por água de reúso. Fonte: CBIC, 2019.

Para identificar a segurança do sistema de reutilização de águas não potáveis em edificações, Castilho e Oliveira (2018) aplicaram a metodologia Avaliação Durante a Operação (ADO) de Almeida (1994), que investiga o sistema em operação de edificações construídas em seis empreendimentos da cidade de São Paulo. Como fontes de água não potável, um empreendimento utiliza águas residuárias cinza e negras em esgoto misto, dois empreendimentos utilizam água de chuva, um utiliza água residuária cinza, água subterrânea e água de chuva, e os outros dois utilizam a água subterrânea e a água de chuva. Por meio de aplicação de questionários com usuários e operadores de sistemas, com itens de conformidades e não conformidades de desempenho e de risco à segurança dos usuários nos empreendimentos, foram encontradas mais características não conformes do que conformes. A identificação de água não potável ao longo das tubulações que transportam água foi um item encontrado de não conformidade nos seis empreendimentos. Nenhum dos condomínios que reutilizam água pluvial possuem o sistema de descarte da primeira água de chuva. Dois dos empreendimentos não possuem sistema de tratamento de efluente coletado e, em um dos que possui estação de tratamento, constatou-se que a qualidade da água não potável é inferior à necessária para as atividades realizadas.

Por fim, verifica-se que as normas existentes no Brasil não abordam responsáveis pela gestão e aprovação desses projetos e os riscos de contaminação dos usuários são existentes e frequentes, demonstrando a necessidade de aprimoramento das normas brasileiras.

- **Comparação entre as normas brasileiras e as internacionais de reúso de água não potável**

Observa-se que o enfoque das normas brasileiras de reúso de água é trazer orientações para a implantação desses sistemas em edificações. Já documentos internacionais como o *Guidelines for Water Reuse* (2012) dos Estados Unidos e *Dual Water Supply Systems* (2002) da Austrália apresentam orientações para a rede maior e mais complexa de reúso de água, com objetivo de abastecimento em proporções municipais, concentrando-se em irrigação de campos de golfe, por exemplo, e demandas industriais.

Um dos pontos em comum entre as normas é a necessidade de se elaborar um balanço hídrico para projetar o sistema de reúso de água, identificando a quantidade de água não potável disponível, a demanda e tipos de usos, além de determinar a viabilidade econômica do sistema. Porém, o *Guidelines for Water Reuse* (2012) trata sobre instalações em grandes escalas e traz como uma etapa do projeto determinar os usuários que aceitarão utilizar água de reúso, além de ser obrigatório obter uma aprovação regulatória de órgãos públicos responsáveis.

Outro ponto em comum entre as normas é a obrigatoriedade de identificação da tubulação de água de reúso, adotando uma cor específica para ela. A norma brasileira adota a cor magenta como padrão para distinguir a tubulação de água de reúso, enquanto as normas americana e australiana adotam a cor roxa. Além disso, as normas apresentam, em comum, a necessidade de elementos de advertência em pontos abastecidos pela água de reúso, com frases como "NÃO BEBA" ou "ÁGUA NÃO POTÁVEL" (Figura 6), mas ambas as normas internacionais são mais detalhadas, apresentando até mesmo o tamanho e tipo de fonte que deve ser utilizada.



Figura 6: Tampa de identificação de água de reúso roxa. Fonte: Guidelines for Water Reuse, 2012.

Assim como as normas brasileiras NBR 16.783 (ABNT, 2019) e NBR 5626 (ABNT, 2020), as normas internacionais citadas abordam a importância da inexistência da conexão cruzada entre as redes de água potável e não potável. Ambas trazem dispositivos possíveis de serem aplicados para evitar este problema e os testes que devem ser realizados para garantir a segurança sanitária do sistema.

A norma americana estabelece que todo sistema de reutilização de água construído nos Estados Unidos deve passar por um processo de aprovação. Entretanto, o processo de licenciamento para pequenos sistemas é complexo por terem que passar pela alçada de várias agências reguladoras, além do que o número de estados é muito grande e os sistemas regulatórios são diferentes, o que pode causar obstáculos no processo de aprovação (EPA, 2012). No Brasil, a regulamentação dos sistemas de reúso de água não potável em sistemas de abastecimentos públicos é realizada por meio dos órgãos estaduais. Nos sistemas de reúso em edificações, não há norma ou regulamentação específica para tratar desta aprovação. A implantação é realizada com base nas normas construtivas existentes, mas carece de previsão legal, principalmente que trate sobre a gestão e fiscalização.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o projeto para implantação do sistema de reúso de água deve ser elaborado visando o máximo de eficiência e segurança para os usuários, buscando sempre analisar a viabilidade econômica para implementar as instalações, pois dependem da disponibilidade hídrica de cada localidade, das fontes de águas não potáveis e dos usos de água pretendidos de modo a atender os parâmetros mínimos de qualidade exigidos em norma. Os riscos ao reúso de água para fins não potáveis estão associados à presença de microrganismos patogênicos e substâncias tóxicas, o que pode levar a doenças, caso haja contato humano, devido às negligências na gestão dos sistemas de reúso de água. Quanto mais nobre as atividades-fim da água não potável, mais dispendioso torna-se o seu tratamento.

Analisando os exemplos dos projetos citados para reutilização de água de chuva, cinza e a união dos dois sistemas, depreende-se que a implementação desses processos possui um custo alto de investimento, sendo viável, na maioria das vezes, apenas em empreendimentos de grande porte como edifícios e hotéis. Mas há formas de baixo custo para reutilização de água não potável, viabilizando o sistema, sobretudo, em áreas com baixa disponibilidade hídrica e falta de saneamento básico. Em residências, os dispositivos economizadores sempre devem ser agregados ao sistema de reúso de água não potável para este tornar-se viável. Porém, sua viabilidade não depende somente deste fator, ainda é necessário analisar outros aspectos como a tarifa cobrada pela companhia responsável pelo abastecimento de água.

Os sistemas de reúso de água não potável exigem manutenção constante e operação correta. A falta de identificação de tubulações de água potável e água não potável pode levar ao cruzamento de ambas e acarretar mau uso, colocando em risco a segurança dos usuários. Assim como devem ser identificados todos os pontos abastecidos pela água não potável. Porém, a falta de normas brasileiras que tratam especificamente do tema, que só foram publicadas em 2019, levou vários empreendimentos a implantarem os sistemas de forma incorreta.

Verificou-se, ainda, que há falta de incentivo por parte de organizações públicas brasileiras ao implemento de sistemas de reúso de água não potáveis, o que é diferente em outros países, que estimulam e, em alguns casos,

obrigam a instalação desses sistemas. Além disso, deve haver uma maior conscientização da população sobre a importância do reúso de água para economia de água potável e também sobre os riscos trazidos pela má gestão desse sistema.

Acerca das normas brasileiras, verificou-se que não há ainda norma específica para reúso de água sendo necessário avançar na normatização e regulação para que os sistemas de reúso de água tornem-se mais seguros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - requisitos*. Rio de Janeiro, 2019.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16782: Conservação de Água em Edificações - requisitos, procedimentos e diretrizes*. Rio de Janeiro, 2019.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 16783: Uso de fontes alternativas não potáveis em edificações*. Rio de Janeiro, 2019.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5626: Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro, 2020.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1999.
6. BEZERRA, Stella Maris da Cruz; CHRISTAN, Priscila de; TEIXEIRA, Celimar Azambuja; FARAHBAKHS, Khosrow. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da abnt nbr 15527. *Ambiente Construído*, [S.L.], v. 10, n. 4, p. 219-231, dez. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212010000400015>.
7. CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Guia orientativo das normas de conservação de água, fontes alternativas não potáveis e aproveitamento de água de chuva em edificações*. Brasília: CBIC, 2019.
8. CASTILHO, C. P. de; OLIVEIRA, L. H. de. Avaliação durante operação de sistemas de água não potável em edifícios residenciais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 409-421, jan./mar. 2018.
9. FERREIRA, Giovani Rezende Barbosa *et al.* Proveitamento da água da chuva por meio de sistema de captação de baixo custo no sítio experimental de Cuiarana, Salinópolis-PA. *Delos: Desarrollo Local Sostenible*, [S.L.], v. 1, n. 30, p. 1-2, out. 2017
10. FEWKES, A.. The use of rainwater for WC flushing: the field testing of a collection system. *Building And Environment*, [S.L.], v. 34, n. 6, p. 765-772, nov. 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0360-1323\(98\)00063-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0360-1323(98)00063-8).
11. FOUNTOULAKIS, M.s.; MARKAKIS, N.; PETOUSI, I.; MANIOS, T.. Single house on-site grey water treatment using a submerged membrane bioreactor for toilet flushing. *Science Of The Total Environment*, [S.L.], v. 551-552, n. 1, p. 706-711, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.057>.
12. GHISI, Enedir; OLIVEIRA, Sulayre Mengotti de. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil. *Building And Environment*, [S.L.], v. 42, n. 4, p. 1731-1742, abr. 2007. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.001>.
13. GONÇALVES, Ricardo Franci; SIMÕES, Giovana Martinelli da Silva; WANKE, Renate. Reúso de águas cinzas em edificações urbanas: estudo de caso em vitória (ES) e macaé (RJ). *Revista Aidis*, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 120-131, 2010.
14. GOODWIN, D.; RAFFIN, M.; JEFFREY, P.; SMITH, H.M.. Informing public attitudes to non-potable water reuse – The impact of message framing. *Water Research*, [S.L.], v. 145, p. 125-135, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2018.08.006>.
15. JAYASREE, V. S. Innovative Plumbing Design for Residential Buildings. In: National Conference on Innovating for Development and Sustainability, 2015, Manapakkam Chennai. *Anais [...]*. Vadodara: 2015.
16. KUCHINSKI, Vinicius; GASTALDINI, Maria do Carmo Cauduro. Viabilidade técnica e econômica do aproveitamento das águas de chuva e cinza para consumo não potável em edifício residencial de Santa Maria (RS). *Revista Dae*, [S.L.], v. 65, n. 207, p. 5-19, set. 2017. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2016.031>.
17. LEONG, Janet Yip Cheng; OH, Kai Siang; POH, Phaik Eong; CHONG, Meng Nan. Prospects of hybrid rainwater-greywater decentralised system for water recycling and reuse: a review. *Journal Of Cleaner*

- Production*, [S.L.], v. 142, p. 3014-3027, jan. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.167>.
18. MELBOURNE RETAIL WATER AGENCIES. *Dual Water Supply Systems*. Melbourne: Water Services Association Of Australia Inc., 2002.
 19. OLIVEIRA, Leandro Menezes de; ALVES, Lais Amaral. Estudo sobre modalidades de reaproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas para uso residencial. *Boletim do Gerenciamento*, [S.L.], v. 13, n. 13, p. 10-20, abr. 2020.
 20. SANÁGUA: ANÁLISES QUÍMICAS E AMBIENTAIS. *Importância do armazenamento de água*. 2014. Disponível em: <http://sanagua.com.br/noticias/importancia-do-armazenamento-de-agua-141.html#!>. Acesso em: 15 nov. 2020.
 21. SILVA, Larissa Carolina Corraide da; OLIVEIRA FILHO, Delly; SILVA, Isabella Rossi; PINTO, Arthur Caio Vargas e; VAZ, Patrícia Nogueira. Water sustainability potential in a university building – Case study. *Sustainable Cities And Society*, [S.L.], v. 47, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2019.101489>.
 22. SOUSA, L. C. O. de; BEZERRA, S. de T. M.; AMORIM, J. M. B. dos S.; ALVES, I. M.; DUARTE, A. D. Avaliação de alternativas direcionadas à redução do consumo de água potável em residências: estudo de caso em Caruaru, PE, Brasil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 465-487, out./dez. 2020.
 23. SOUZA, Andrea Françoise Sanches de. *Diretrizes para implantação de sistemas de reúso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC: análise de perigos e pontos críticos de controle - estudo de caso Residencial Valville I*. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
 24. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY; NATIONAL RISK MANAGEMENT RESEARCH LABORATORY; U.S. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. *Guidelines for Water Reuse*. Washington: United States Environmental Protection Agency, 2012.
 25. VILLARREAL, Edgar L.; DIXON, Andrew. Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweden. *Building And Environment*, [S.L.], v. 40, n. 9, p. 1174-1184, set. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.10.018>.