



Viabilidade do Reuso de Águas Cinzas em Residências no Brasil: Parâmetros Técnicos e Requisitos Legais

Paulo Alan Mattos Monteiro¹; Jaqueline Costa Areas de Almeida¹; Alfredo Akira Ohnuma Júnior¹; Marcelo Obraczka¹

✉ palanmonteiro@gmail.com

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Faculdade de Engenharia, Maracanã – Rio de Janeiro.

Histórico do Artigo: O autor detém os direitos autorais deste artigo.

Recebido em: 17 de maio de 2023

Aceito em: 06 de outubro de 2023

Publicado em: 31 de dezembro de 2023

Resumo: Este trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de reuso de águas cinzas geradas em uma residência unifamiliar nos acionamentos de descargas em bacias sanitárias. A metodologia consistiu na caracterização de demandas de água cinza na residência, na análise do funcionamento de um sistema de tratamento de águas cinzas, no atendimento a requisitos e parâmetros de referências técnicas além da legislação brasileira. Os resultados da qualidade das águas cinzas da máquina de lavar roupas com emprego do sistema de tratamento adotado foram de: 0,79 mg/L de cloro residual; pH médio de 7,0, 33,33% de turbidez abaixo do limite máximo da norma NBR ABNT 15575-1/2013, ausência de coliformes totais em 66,7% e de coliformes termotolerantes em 88,9% das análises, respectivamente. Na residência de 3 moradores, constatou-se geração anual de 12,46 m³ de águas cinzas da máquina de lavar bem como consumo total anual de 67,91 m³ de água potável, 32,96 m³ (48,5%) somente na utilização em descarga na bacia sanitária. Com esses dados, pode ser constatada economia total de água de 18,34% com reuso da água cinza, em 13 meses de operação do experimento. Em um cenário de abastecimento contínuo de água e de maior consumo, o sistema pode apresentar maior viabilidade econômica, com um *payback* inferior aos 13 anos que foi ora constatado em função do baixo consumo de água. O reuso pode contribuir para uma gestão mais sustentável e para a racionalização no uso da água para fins mais nobres, aumentando a segurança hídrica em regiões de escassez hídrica.

Palavras-chave: Reuso de águas cinzas, Descarga em bacia sanitária, Edificação unifamiliar, Qualidade das águas cinzas, Racionalização do uso da água; Segurança hídrica.

Feasibility of Graywater Reuse in Residences in Brazil: Technical Parameters and Legal Requirements

Abstract: This study aims to evaluate the feasibility of reusing greywater generated in a single-family residence in the flushing of toilets. The methodology consisted in the characterization of graywater demands in the residence, in the analysis of the functioning of a graywater treatment system, in the fulfillment of requirements and parameters of technical references in addition to the Brazilian legislation. The results of the greywater quality from the washing machine using the adopted treatment system were: 0.79 mg/L of residual chlorine, average pH of 7.0, 33.33% turbidity below the maximum limit of the NBR ABNT 15575-1/2013 standard, absence of total coliforms in 66.7% and of thermotolerant coliforms in 88.9% of the analyses, respectively. In the residence of 3 residents, an annual generation of 12.46 m³ of gray water from the washing machine was verified, as well as a total annual consumption of 67.91 m³ of drinking water, 32.96 m³ (48.5%) only in use discharging into the toilet bowl. With these data, a total water savings of 18.34% can be seen with the reuse of gray water, in 13 months of operation of the experiment. In a scenario of continuous water supply and higher consumption, the system may present greater economic viability, with a payback lower than the 13 years that has now been verified due to the low consumption of water. Reuse can contribute to a more sustainable management and rational use of water for nobler purposes, increasing water security in regions with water scarcity.

Keywords: Graywater reuse, Toilet flushing, Single-family building, Graywater quality, Rationalization of water use; Water security.

Factibilidad De Reutilización De Aguas Grises Em Residencias Em Brasil: Parámetros Técnicos Y Requisitos Legales

Resumen: Este estudio tiene como objetivo evaluar la viabilidad de la reutilización de las aguas grises generadas en una residencia unifamiliar en la descarga de inodoros. La metodología consistió en la caracterización de las demandas de aguas grises en la residencia, en el análisis del funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas grises, en el cumplimiento de requisitos y parámetros de referencias técnicas además de la legislación brasileña. Los resultados de calidad de las aguas grises de la lavadora con el sistema de tratamiento empleado fueron: 0,79 mg/L de cloro residual, pH medio de 7,0, turbidez del 33,33% por debajo del límite máximo de la norma NBR ABNT 15575-1/2013, ausencia de coliformes totales en el 66,7% y de coliformes termotolerantes en el 88,9% de los análisis, respectivamente. En la residencia de 3 vecinos se verificó una generación anual de 12,46 m³ de aguas grises provenientes de la lavadora, así como un consumo total anual de 67,9l m³ de agua potable, 32,96 m³ (48,5%) solo en uso vertiéndose al inodoro bol. Con estos datos, se puede apreciar un ahorro total de agua del 18,34% con el reúso de aguas grises, en 13 meses de funcionamiento del experimento. En un escenario de suministro continuo de agua y mayor consumo, el sistema puede presentar una mayor viabilidad económica, con un *payback* inferior a los 13 años que el momento se verifica debido al bajo consumo de agua. La reutilización puede contribuir a una gestión más sostenible y un uso racional del agua para fines más nobles, aumentando la seguridad hídrica en regiones con escasez de agua.

Palabras clave: Reutilización de aguas grises, Cisternas de inodoros, Edificios unifamiliares, Calidad de las aguas grises, Racionalización del uso del agua, Seguridad del agua.

INTRODUÇÃO

A água é utilizada pela sociedade de diversas formas, para fins industriais, agrícolas e domésticos, além de usos paisagísticos, ecológicos, lazer e para a navegação (RODRIGUES, 2005).

Além dos fatores climáticos, a crescente indisponibilidade da água em grande parte do planeta é resultado da conjugação de vários aspectos, como: o crescimento populacional e suas demandas de água, crescente consumo indiscriminado dos recursos hídricos, a poluição dos mananciais, o uso ineficiente e o desperdício de água (MONTEIRO, 2019). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017), a população mundial aumenta em 83 milhões de pessoas anualmente e deve alcançar os 8,6 bilhões em 2030, estimando-se que atinja a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, com uma projeção de 11,2 bilhões até 2100.

Portanto, cresce a importância de pesquisas quanto a alternativas para o aumento do potencial de abastecimento de água, na busca por novas tecnologias que possam suprir os crescentes e múltiplos usos de água requeridos pela sociedade moderna.

As metas mais recentes envolvem práticas mais racionais e sustentáveis quanto ao uso da água, a partir de programas de conservação, baseados na introdução de melhorias nos sistemas, mudanças de comportamento e medidas não estruturantes, como: programas de educação ambiental, regulamentação de leis e de instrumentos de gestão como sanções para quem usa em demasia ou desperdiça e incentivos econômicos para práticas e usos mais racionais de água (BAJPAI *et al.*, 2019; MONTEIRO, 2019).

Estudos mostram que o consumo de água destinado aos usos não potáveis em uma residência varia de 30 a 40% do total de água consumida (TOMAZ, 2013). Essa parcela de água pode ser atendida por fontes alternativas como águas de chuva e reuso de efluentes (SILVA *et al.*, 2010).

Práticas como o reuso também podem contribuir para a redução das demandas e da pressão sobre os mananciais e sistemas convencionais de abastecimento de água existentes nas áreas mais urbanizadas do país, já bastante sobrecarregados (CARVALHO JÚNIOR, 2014; SANT'ANA e MEDEIROS, 2017).

O reuso de efluentes é uma prática que vem sendo utilizada há décadas em várias realidades de países europeus, asiáticos e da América do Norte entre eles: Alemanha, Singapura, Emirados Árabes Unidos, Canadá e Estados Unidos da América (BAJPAI *et al.*, 2019; Oh *et al.*, 2018).

Segundo Leal (2013), o reuso pode promover uma diminuição na demanda de água potável, com menores custos para as concessionárias de saneamento, de modo a promover uma diminuição no consumo de insumos e de energia.

Todavia, em função dos riscos sanitários envolvidos, muitos cuidados se fazem necessários, como o controle de poluentes e de substâncias nocivas que podem estar presentes nas águas residuais (JORDÃO, 1995; MAY, 2009; TOMAZ, 2013).

As águas cinzas possuem um significativo potencial para ser reutilizada em usos não potáveis, como: sistema de refrigeração de ar-condicionado, lavagens de pátios, rega de jardins, irrigações e descarga de bacia sanitária (ABNT NBR 16.783/2019).

No caso de residências, as águas cinzas se apresentam como uma alternativa não convencional de impacto positivo por reduzir o uso de água potável para finalidades não potáveis (MAY, 2009).

Este trabalho objetiva pesquisar o reuso de águas cinzas como uma alternativa viável de racionalização na utilização de água em residências.

Nesse contexto, foi desenvolvida uma pesquisa de caracterização das demandas potáveis e não potáveis de uma edificação residencial, com padrão popular e 3 (três) moradores.

A partir de parâmetros técnicos e requisitos legais sobre o tema, foi também avaliada a qualidade de um protótipo de sistema de reutilização de águas cinzas provenientes da máquina de lavar, para fins não potáveis, mais especificamente para utilização no acionamento de descarga sanitária.

A importância da água: preservação da água e escassez hídrica

A água doce é vital para todas as espécies vivas e essencial para os humanos. Também fundamental para o desenvolvimento agroindustrial tendo assumido relevância mundial em todos os seguimentos sociais, econômicos e ambiental (DA LUZ *et al.*, 2016; ONU, 2015).

Todavia, de acordo com Tomaz (2010), apenas 2,5% do total de água existente no planeta corresponde à água doce, sendo sua maior parte localizada nos lençóis subterrâneos, correspondendo a 29,9% do total de volume da água doce disponível. A água mais acessível situa-se em mananciais de superfície, sendo de longe a fonte mais utilizada no Brasil (ANA, 2017).

Segundo Libânio (2010), o Brasil é detentor da maior bacia hidrográfica do planeta, porém possui baixa disponibilidade hídrica *per capita* devido a sua magnitude populacional e escassez de mananciais em boas condições. Essa baixa disponibilidade hídrica está associada a uma gestão inadequada de seus recursos hídricos, incluindo a exploração não racional da água e a poluição dos mananciais (FORMIGA-JOHNSSON *et al.*, 2015).

O crescimento socioeconômico traz consigo consequências como alterações climáticas, queimadas, degradação do solo, poluição de rios e alterações nos ecossistemas (ARAÚJO E WATANABE, 2021), assim como a substituição de florestas por pastagens reduzem as vazões médias anuais além de aumentar as inundações e escassez de água nas bacias (LYRA *et al.*, 2019). Cabe destacar, também, que o aumento do desmatamento e da impermeabilização do solo nas bacias hidrográficas dos mananciais tem agravado substancialmente os efeitos da crise hídrica nessas regiões, majorando as enchentes fluviais no período chuvoso e a escassez de água no período de estiagem do ano hidrológico (ARAÚJO E WATANABE, 2021; LYRA *et al.*, 2019).

Legislação referente ao reuso de águas cinzas

Com o objetivo de proteger o meio ambiente dos efeitos danosos causados pelos lançamentos de esgoto sem tratamento nos corpos hídricos, a Comunidade Europeia aprovou a Lei no 135/41 de 1991, que regulamenta o reaproveitamento de águas residuais urbanas, domésticas e industriais. Em 2018, foram iniciadas as discussões para que o reuso de águas cinzas venham a ser enquadrados na legislação da União Europeia devido à relevância de existir uma legislação específica sobre o tema e potencial benéfico envolvido (UE, 2018).

No Brasil, todavia, ainda não há legislação federal específica tanto para o reuso de uma maneira geral como para reuso de águas cinzas. Por outro lado, há disponibilidade de normas técnicas que trazem diretrizes e procedimentos para reuso distintos de águas cinzas para fins não potáveis. A NBR 15575/2013 estabelece critérios a serem atendidos em relação aos parâmetros de qualidade das águas cinzas. A NBR 15575-1/2013 estabelece critérios e requisitos para o reuso de água para destinação não potável em descargas de vasos sanitários com base nos limites apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Valor
Coliformes totais	Ausência em 100ml
Coliformes termotolerantes	Ausência em 100ml
Cloro residual livre ¹	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	< 2,0uT ² , para usos menos restritivos < 5,0uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante ou antes da sua utilização)	< 15uH ³
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

Nota: Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

1 - No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção

2 - uT é unidade de turbidez

3 - uH é a unidade Hazen

Fonte: ABNT NBR 15575-1/2013

A NBR 16782/2019 também traz em seu escopo um conjunto de ações para otimizar e reduzir o consumo de água, a partir da utilização de água proveniente de fontes alternativas, como águas cinzas, para usos não potáveis em edificações. Já a NBR 16783/2019 foi criada com o objetivo de caracterizar os procedimentos e requisitos de usos não potáveis das águas cinzas.

Racionalização do uso da água e utilização de águas cinzas para fins não potáveis

A Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná (SEMA, 2018) define a água residual como a água usada, tratadas ou não, oriundas dos esgotos, águas descartadas, efluentes líquidos de edificações, de indústrias, agroindústrias e da agropecuária. As águas servidas são esgotos e podem ser classificados como domésticos e industriais, sendo que os esgotos domésticos provêm de residências que contenham instalações de banheiros,

lavanderias, cozinhas ou qualquer dispositivo de utilização de água para fins domésticos (JORDÃO, 1995).

Segundo Von Sperling (2005) sob certas condições os esgotos tratados podem ser usados na agricultura, indústria e no meio urbano. Já para Tang et al. (2018), as águas de reuso se tornaram fundamentais para a manutenção dos corpos hídricos em regiões que lidam com a escassez hídrica.

O potencial da água de reuso para aumentar os recursos hídricos tem sido amplamente reconhecido, principalmente em países como Estados Unidos, Namíbia, Austrália, Bélgica, França, Reino Unido, Singapura e África do Sul. Esses países utilizam tecnologias de tratamento das águas de reuso, inclusive para fins potáveis. Singapura coleta e trata 100% do esgoto gerado para reutilização potável e não potável (TORTAJADA E NAMBIAR, 2019).

De acordo com a Graywater Action (2016), as águas cinza são resíduos líquidos não tratados originados de edificações residenciais sem contato dos resíduos originados da bacia sanitária. As águas cinzas são exclusivamente oriundas de banheiros (com exceção das bacias sanitárias), cozinhas, lavagem de roupas em máquinas e tanques de lavar, não contendo fezes e urina e sendo consideradas como potenciais fontes geradoras de águas para fins não potáveis em residências (CARVALHO JÚNIOR, 2014; BARRADINHO *et al.*, 2018; ARAÚJO *et al.*, 2019).

Bajpai *et al.* (2019) destacam que para se reutilizar água cinza é preciso atender os seguintes critérios: tolerância ambiental, segurança higiênica, viabilidade econômica e estética. Segundo Sant'Ana e Medeiros (2017), o sucesso de um sistema de reuso de águas cinzas está diretamente ligado à qualidade da água que ele proporciona em relação ao seu uso não potável, na garantia de saúde e bem-estar dos usuários.

As águas cinzas podem ser empregadas de formas diversas. A finalidade do seu uso varia de acordo com a qualidade e quantidade dessa água e com os parâmetros e legislações vigentes em cada país, estado ou município, segundo Carvalho Júnior (2014), Tomaz (2010) e May (2009).

A utilização das águas cinzas em descarga de bacias sanitárias é utilizada em diversos países do mundo (MONTEIRO, 2019). Zhu *et al.* (2018) destacam que na China vem sendo intensamente debatidos os melhores parâmetros de qualidade a serem seguidos. O polimento das águas cinzas é uma etapa fundamental para as diversas finalidades de reuso. Em geral, o processo de tratamento das águas cinzas consiste nas etapas de pré-tratamento, tratamento

principal e pós-tratamento para atender os padrões de qualidade mínimos exigidos (MANNA, 2018).

Segundo (TOMAZ, 2013), o tratamento pode ser do tipo: a) Convencional, onde são efetuadas as seguintes etapas de tratamento: coagulação, floculação, desinfecção e correção de pH; b) Avançado, onde há processos acrescidos ao tratamento convencional que conferem à água características como cor, odor e atividade tóxica; e c) Alternativos (não convencionais), onde o processo de tratamento pode ser realizado sem ou com poucos elementos químicos (industrializados) e com elementos naturais.

As tecnologias de tratamento de águas cinza podem ser realizadas com materiais biodegradáveis como a membrana de tratamento desenvolvida por OH *et al.* (2016) que utilizou quitosana e alginato para fabricar uma membrana de bicamada de polieletrólito (PCBM). Para Reis *et al.* (2018), um sistema de tratamento composto por tanque séptico, filtro anaeróbico, filtro de areia e desinfecção com cloração é satisfatório para tratar as águas cinzas domésticas e torná-las próprias para usos não potáveis.

Costa *et al.* (2018) desenvolveram um sistema de tratamento de águas cinzas, baseado em processo de tratamento misto composto por filtro de areia, filtro de manta sintética acrílica com capacidade de reter partículas maiores que 100µmm, filtro composto por pedras vulcânicas e partículas de materiais cerâmicos para proporcionar o desenvolvimento de colônias bacterianas, com o objetivo de remover a matéria orgânica da água.

Membranas de microfiltração são aplicáveis na remoção de partículas, de moléculas, na retenção de flocos biológicos e pigmentos. Já as membranas de ultrafiltração podem ser empregadas para remoção de vírus, emulsões e proteínas. Por fim, as membranas de nano filtração devem ser utilizadas para remoção e retenção de moléculas orgânicas com massa molecular inferior a 200 Dalton, pesticidas, fármacos, corantes e sais (GIORDANO E SURERUS, 2015).

MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa referente ao sistema de tratamento de águas cinzas para reuso na descarga da bacia sanitária foi dividido em três etapas: 1) projeto e execução de experimento; 2) monitoramento e análises e 3) discussão dos resultados.

O local escolhido para o desenvolvimento do experimento foi uma residência unifamiliar, habitada por 3 (três) pessoas, localizada na Rua Martinho do Haro, no bairro de

Viabilidade do Reuso de Águas Cinzas em Residências no Brasil: Parâmetros Técnicos e Requisitos Legais

Santíssimo, Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro, nas coordenadas 22°52'47"S/43°31'45"W (Figura 1).



Figura 1. Localidade do estudo

Fonte: Elaboração própria com imagens da MultiRio e do Google Earth, 2020

A região onde se localiza o imóvel selecionado para execução da pesquisa está inserida na Área de Planejamento nº 5 (AP-5), cuja concessionária dos serviços de saneamento é a empresa Zona Oeste Mais Saneamento (ZOMS). Trata-se de uma região que não dispõe de abastecimento contínuo de água e a coleta de esgoto é precária. Segundo a Fundação Rio-Águas (2021), os seus índices de coleta e tratamento de esgoto na região da AP-5 são respectivamente de 70,34% e 70,68%.

O projeto do Sistema de Tratamento de Águas Cinzas (STAC) foi executado, desde a captação, seguido de tratamento, incluindo o recalque, a reservação e o ponto de utilização das águas cinzas tratadas (Figura 2).

Porém, devido a restrições financeiras e de forma a avaliar a eficiência do sistema de tratamento de água cinza, o protótipo foi construído parcialmente, sem considerar sua reutilização. O sistema de tratamento de águas cinzas oriundas de máquina de lavar implantado (STAC) foi interligado à saída da máquina de lavar roupas, com a finalidade de

reuso dessas águas cinzas no acionamento da descarga de bacia sanitária. Os efluentes tratados foram descartados para o sistema de esgotamento sanitário (Figura 3).

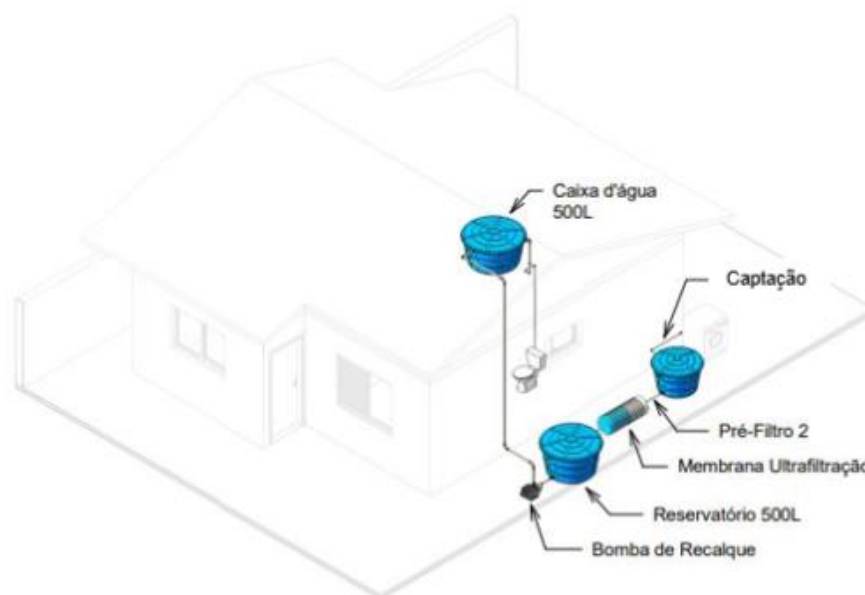


Figura 2. Esquema geral do protótipo do Sistema de Tratamento de Água Cinza (STAC), ciclo completo.

Fonte: Os autores, 2022

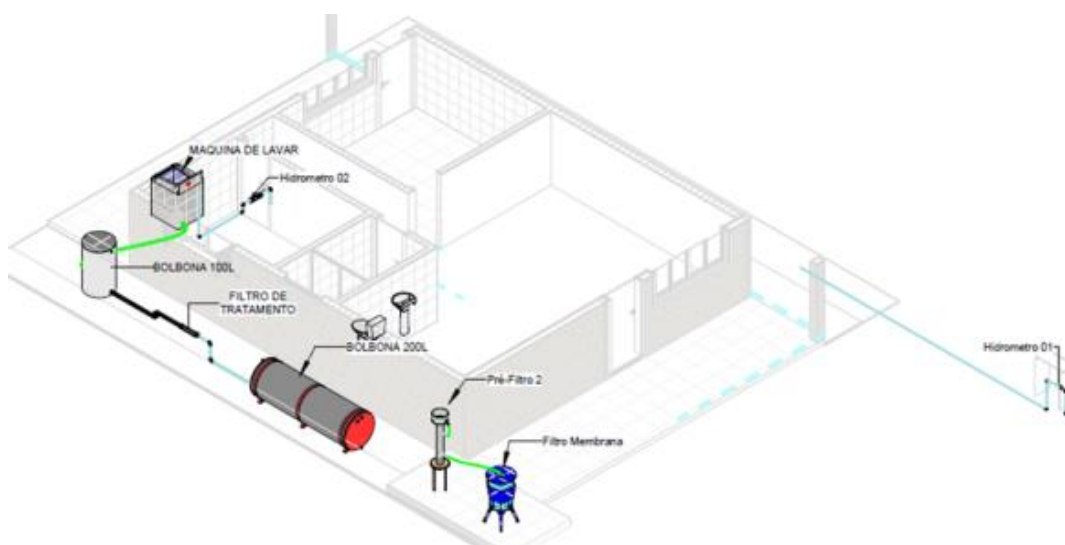


Figura 3. Esquema geral do protótipo implantado do Sistema de Tratamento de Água Cinza (STAC)

Fonte: Os autores, 2022

O experimento foi desenvolvido através do dimensionamento e implantação de sistema, incluindo: captação de águas cinzas da máquina de lavar, o sistema de tratamento

propriamente dito (pré-filtros, ultrafiltração por membranas e cloração) e os reservatórios de armazenamento das águas cinzas.

As vazões foram inicialmente estimadas com base em dados teóricos disponíveis na literatura técnica (HESPANHOL, 2003; JORDÃO, 1995; CARVALHO JÚNIOR, 2014; AZEVEDO NETTO, 2015). Foram também pesquisadas as especificações técnicas de fabricantes como a Hidrauconex – que comercializa hidrômetros com vazão de 3 m³/h – e Fabrimar e Deca que produzem válvulas de descarga de vasos sanitários com vazões de 3 e 6 litros por acionamento.

Um hidrômetro geral (HID-G) foi instalado no ponto de entrada da casa para medir o consumo de água de modo geral, enquanto outro hidrômetro (HID-MLR) foi instalado exclusivamente para medir o volume de água utilizada pela máquina de lavar a cada acionamento. A leitura do hidrômetro geral (HID-G) foi efetuada a cada 30 (trinta) dias para quantificação do consumo mensal de água potável na residência. A rotina de lavagem de roupas era repetida duas vezes na semana, com as vazões aferidas no hidrômetro (HID-G), antes e ao final das operações de lavagem.

Para quantificar o consumo de água potável para uso sanitário foi feito um registro diário do número de acionamentos da descarga da bacia sanitária utilizando-se um formulário. Esse monitoramento foi realizado entre março de 2020 e março de 2021 e foi possível estimar a demanda diária de água para atender os acionamentos da bacia sanitária.

Durante o período de 13 (treze) meses, entre os anos de 2020 e 2021, em que as leituras de consumo de água potável e o volume de águas cinzas geradas na residência foram registradas, os resultados geraram dados como: a) consumo médio geral de água potável; b) quantidade total de acionamentos da descarga sanitária e quantidade média por pessoa residente; e c) correlação entre a água consumida nas descargas sanitárias e o consumo geral no imóvel.

Durante o período de operação e monitoramento do experimento propriamente dito – entre os meses de janeiro e março de 2021 – foram efetuadas 09 (nove) coletas e análises de amostras para caracterização das águas nos seguintes pontos: a) águas cinzas brutas (ABR); b) águas cinzas após os pré-filtros (APF) e c) águas cinzas tratadas (ATR), a jusante da ultrafiltração e da cloração.

Os parâmetros de monitoramento foram definidos com base nos critérios e nos parâmetros de qualidade de água para usos restritivos não potáveis da Norma Brasileira (NBR)

15575-1, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), de 19 de julho de 2013. Essa NBR estabelece os requisitos e critérios de desempenho aplicáveis às edificações habitacionais.

Os parâmetros adotados foram cloro residual, turbidez, cor aparente, potencial hidrogeniônico (pH), coliformes termotolerantes e coliformes fecais.

A análise da viabilidade econômica do STAC foi feita com base nos seus custos estimados de implantação, confrontados com a potencial economia nas contas de água potável em função de sua substituição (parcial) por águas cinzas tratadas e utilizadas para acionar as descargas.

Os custos de implantação foram levantados com base no SINAPI e se referem ao mês de maio de 2021, enquanto os custos de manutenção do sistema foram desprezados e não foram inseridos no cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*). A tarifa de água aplicada na região do imóvel do estudo é a diferenciada “B” da estrutura tarifária aplicada pela concessionária de abastecimento de água.

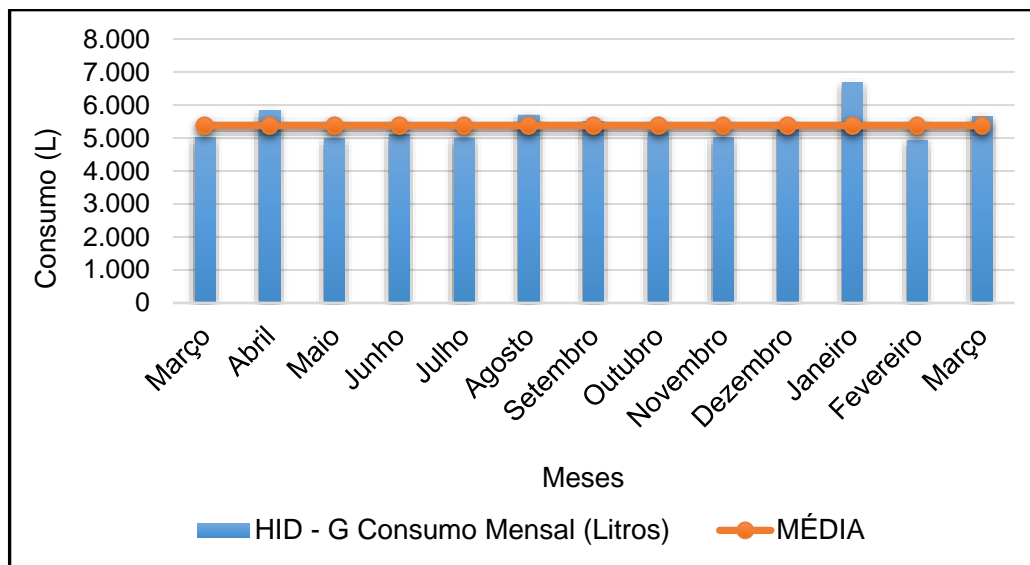
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos pelas leituras efetuadas nos hidrômetros HID-G e HID-MLR e dos registros de cada acionamento da descarga da bacia sanitária durante os 13 meses, entre os anos de 2020 e 2021, geraram o banco de dados da pesquisa. Esses dados permitiram os cálculos dos volumes de água potável consumida pela máquina de lavar roupas, pela bacia sanitária e o de utilização geral na edificação para finalidades diversas.

Com base no consumo do período registrado pelo HID-G foi possível verificar a média diária e a média mensal de água potável utilizada pelos moradores da casa. O consumo diário médio identificado no experimento foi de 201,08 L/pessoa/dia, portanto 20% inferior ao consumo médio per capita de água diário, na cidade do Rio de Janeiro, que é de 222,87 L/pessoa/dia (SNIS, 2019). Verificou-se ainda que nos meses de maio, julho e fevereiro o consumo foi inferior a 5.000L, ficando abaixo do consumo médio mensal de 5.376L, enquanto os meses de abril e janeiro registraram os maiores consumos de, 5.832L e 6.690L respectivamente, acima da média mensal.

O Gráfico 1 apresenta os consumos mensais pelo período dos 13 meses e a média mensal de consumo de água potável na edificação registrados pelo hidrômetro geral (HID-G).

Gráfico 1. Consumo mensal pelo período de 13 meses e a média mensal de consumo de água potável na edificação aferido pelo HID-G



Fonte: Os autores, 2022

Durante o período de monitoramento, o número médio de acionamentos da descarga sanitária na residência por dia foi de 5,4 acionamentos por pessoa, com uma média mensal de 140,9 acionamentos por pessoa e o total para o período da pesquisa de 1.831,3 acionamentos.

Verificou-se que os meses de abril e setembro foram aqueles com maior número de acionamentos por pessoa, 146 e 143,7 respectivamente, enquanto os meses de junho e fevereiro apresentaram os menores números de acionamentos, 137,7 e 138 respectivamente. A partir das quantidades mensais de acionamentos aferidas foi possível quantificar o volume de água potável mensal exigido para as descargas sanitárias no imóvel durante o monitoramento. De posse desses dados e daqueles registrados do HID-G, foi possível calcular o percentual do consumo de água potável necessário somente para as descargas sanitárias em relação ao consumo geral mensal de água no imóvel (Tabela 2).

Tabela 2. Relação entre o número de acionamentos da bacia sanitária e o consumo de água potável na residência entre março/2020 e março/2021

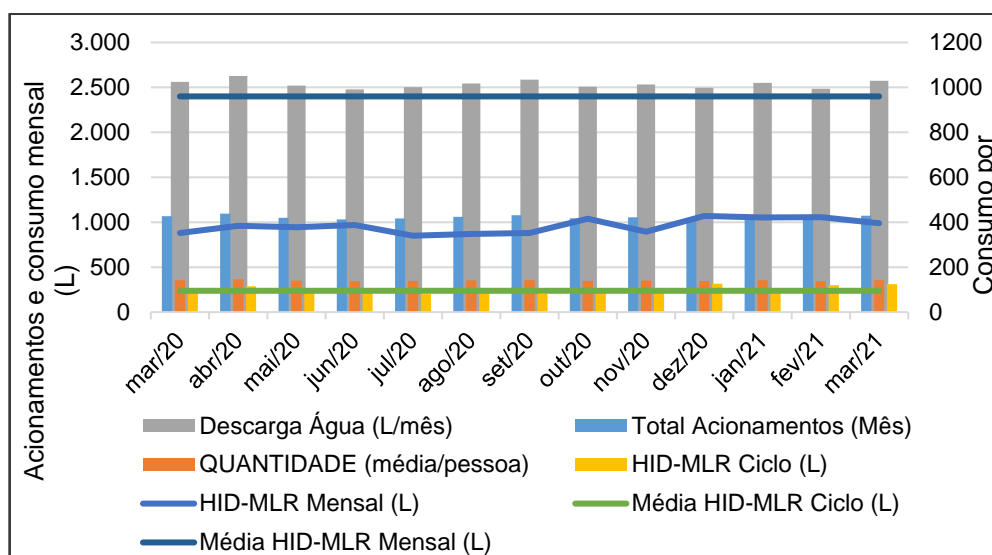
Mês	Total Acionamentos (Mês)	Quantidade (média/pessoa)	Descarga Água (L/mês)	HID-G (L/mês)	Relação Consumo Descarga/Hidrômetro (%)
Março/20	427	142,3	2.562	5.012,0	51,12%
Abril/20	438	146,0	2.628	5.832,0	45,06%
Maio/20	420	140,0	2.520	4.985,0	50,55%
Junho/20	413	137,7	2.478	5.112,0	48,47%
Julho/20	417	139,0	2.502	4.997,0	50,07%

Agosto/20	424	141,3	2.544	5.694,0	44,68%
Setembro/20	431	143,7	2.586	5.486,0	47,14%
Outubro/20	418	139,3	2.508	5.173,0	48,48%
Novembro/20	422	140,7	2.532	5.017,0	50,47%
Dezembro/20	416	138,7	2.496	5.295,0	47,14%
Janeiro/21	425	141,7	2.550	6.690,0	38,12%
Fevereiro/21	414	138,0	2.484	4.936,0	50,32%
Março/21	429	143,0	2.574	5.654,0	45,53%
Total	5.494,0	1.831,3	32.964,0	69.883,0	47,17%
Média	422,6	140,9	2.354,6	5.375,6	43,80%
Média Dia/Pessoa	5,0	15,1	90,3	191,5	47,17%
Desvio Padrão	2,4	7,3	679,0	499,5	

Fonte: Os autores, 2022

O Gráfico 2 ilustra o consumo de água potável por ciclo de lavagem e por mês, o total mensal de acionamentos da descarga sanitária com o volume de água potável consumida mensalmente e o número de acionamentos individuais por mês correlacionando a quantidade de água necessária somente para descarga e higienização na bacia sanitária.

Gráfico 2. Número mensal e individual de acionamentos na bacia sanitária com o volume de água potável exigido para descarga sanitária



Fonte: Os autores, 2022

Os meses de maior consumo de água registrados pelo HID-MLR foram outubro/2020, dezembro/2020, janeiro/2021 e fevereiro/2021 que registraram volumes acima dos 1000L,

enquanto nos meses de menor consumo - março/2020, julho/2020, agosto/2020 e setembro/2020 - foram registrados volumes abaixo dos 900L.

Com base nos dados aferidos em cada ciclo de lavagem de roupa, obteve-se um consumo de 12,46 m³ de água potável durante o período de 13 meses entre os anos de 2020 e 2021, chegando-se a um valor médio mensal de consumo de 0,958 m³ de água potável transformada em água cinza.

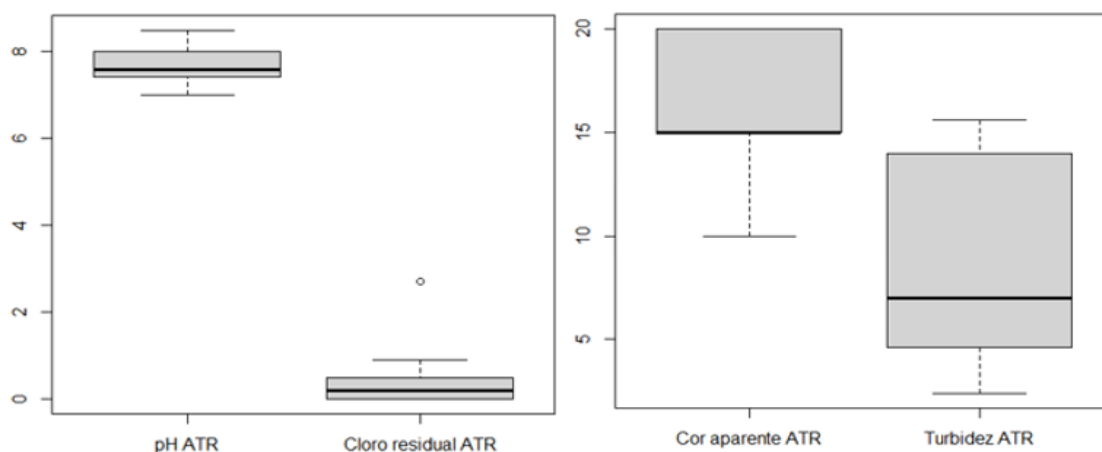
Em contrapartida, o consumo de água potável nas descargas sanitárias foi de 35,5 m³ durante o mesmo período, sendo a média mensal de 2,536 m³.

Durante o período de monitoramento, verificou-se, portanto que o total de água cinza gerada, correspondeu a 35,12% do total de água utilizada somente para descarga sanitária, ou seja, os 64,88% restantes teriam que ser complementados com fonte distinta de água, seja potável, meteórica ou outra.

Quanto à avaliação da qualidade da água cinza coletada e a eficiência do STAC, os resultados obtidos através das análises laboratoriais de amostras colhidas nos pontos de coleta (ABR, APF e ATR) do STAC se apresentaram em conformidade com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos de reuso de água para destinação não potável da NBR 15.575-1/2013 da ABNT e com a Norma Técnica NBR 16.783/2019, que trata do uso de fontes alternativas de água não potável em edificações.

Os resultados referentes aos parâmetros físico-químicos (cloro residual, turbidez, cor aparente e pH) de todas as amostras nos pontos de coleta ABR, APF e ATR foram analisados estatisticamente (Gráfico 3 e a Tabela 3).

Gráfico 3. Análise dos resultados consolidados de parâmetros físico-químicos das amostras no ponto de coleta ATR



Fonte: Os autores, 2022

O valor médio de pH atingiu valores abaixo de 8,0 enquanto o parâmetro Cloro residual alcançou valores abaixo de 1,0 mg/L. Ambos os parâmetros atenderam ao limite mínimo da NBR 15575-1/2013.

A Cor aparente apresentou valor mínimo de 10 uH e mediana de 15 uH não atendendo, assim, o mínimo exigido pela NBR 15575-1/2013. Entretanto, a Turbidez alcançou o valor médio abaixo de 9,0 UNT e valor mínimo de 2,40 UNT atendendo parcialmente o mínimo exigido na NBR 15575-1/2013.

Tabela 3. Análise estatística dos resultados consolidados dos parâmetros físico-químicos das amostras nos pontos de coleta ABR, APF e ATR

Pontos de coleta da amostra	Cloro Residual (mg/L)	Turbidez (UNT)	Cor Aparente (uH)	pH
Média ABR	0,08	108,96	138,89	9,18
Mínimo ABR	0,05	63,70	50,00	7,74
Máximo ABR	0,11	281,00	250,00	9,90
Desvio Padrão ABR	0,03	63,31	80,89	0,62
Média APF	0,12	82,52	118,52	7,92
Mínimo APF	0,01	35,00	50,00	7,24
Máximo APF	0,23	227,00	250,00	8,72
Desvio Padrão APF	0,11	61,09	79,13	0,52
Média ATR	0,79	8,64	42,78	7,71
Mínimo ATR	0,12	2,40	10,00	7,00
Máximo ATR	2,70	15,60	250,00	8,48
Desvio Padrão ATR	0,89	4,65	73,34	0,48
NBR 15575-1/2013	0,5 a 3,0	< 5,0	< 15,0	6,0 a 8,0
NBR 16783/2019	0,5 a 5,0	≤ 5,0	n.a.	6,0 a 9,0

Legenda: ■ não atende as NBRs 15575-1/2013 e 16783/2019; ■ atende as NBRs 15575-1/2013 e 16783/2019; n.a. não aplicável; ■ desvio padrão

Fonte: Os autores, 2022

No ponto de coleta da água bruta (ABR), todos os resultados ficaram bem acima dos limites determinados pelas normas técnicas de referência.

No ponto de coleta de água tratada (ATR), os resultados variaram entre 0,12 e 2,70 mg/L, o que representou o atendimento da norma NBR 15575-1/2013, haja vista que o valor máximo determinado é de 3,0 mg/L.

Os resultados de turbidez se apresentaram fora dos parâmetros estabelecidos em 66,67% das amostras coletadas nos pontos de ABR, APF e ATR com valores acima de 5,0 UNT, limite definido pelas NBR 15575-1/2013 e NBR 16783/2019. No ponto de coleta ABR os valores de turbidez variaram entre 281 e 63,70 UNT, muito acima do limite máximo permitido.

No ponto de coleta da água pós-filtros (APF), os resultados alcançados variaram entre 227 e 35 UNT, o que corresponde a um valor de 4,540% acima do limite máximo permitido.

Entretanto, no ponto de coleta ATR, a turbidez ficou entre 15,60 e 2,40 UNT, dentro do limite máximo estabelecido pelas mencionadas NBRs, sendo que 33,33% dos resultados dessas amostras apresentaram resultados abaixo de 5,0 UNT.

A NBR 15575-1/2013 preconiza como limite máximo permitido para cor aparente o valor de 15 uH, enquanto a NBR 16783/2019 não considera esse parâmetro para avaliação da qualidade da água de reuso não potável.

Os valores encontrados, de cor aparente, nas amostras analisadas ficaram bem acima desse valor, chegando a 250 uH em 66,67% do total de amostras analisadas, em 3(três) amostras no ponto de água cinza tratada (ATR), a cor ficou em 15 uH, correspondendo a 33,33% do total de amostras coletadas, sendo que somente em 1 (uma) amostra obteve-se o valor de 10 uH, dentro do limite permitido dessa norma.

Em 51,85% das amostras coletadas nos pontos ABR e APF, os resultados de pH se situaram acima de 8,0, limite máximo na NBR 15575-1/2013. Todavia, se for considerado que a NBR 16783/2019 estabelece o pH 9,0 como limitação máxima, somente 22,22% dos resultados se apresentaram acima desse limite. Assim, se for considerado o limite máximo de pH de 9,0, os resultados das amostras que ficaram abaixo desse limite corresponderam a 77,77% considerando as amostras de todos os pontos de coletas.

Os resultados referentes aos parâmetros microbiológicos (coliformes termotolerantes e totais) das amostras nos pontos de coleta ABR, APF e ATR foram analisados e consolidados (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados médios consolidados dos parâmetros bacteriológicos das amostras nos pontos de coleta ABR, APF e ATR, em comparação com as NBRs 15575-1/2013 e 16783/2019

Parâmetros	NBR 15575-1/2013	NBR 16783/2019	ABR	APF	ATR
Coliformes termotolerantes	0	N.D	> 1600	< 1,8	< 1,8
Coliformes totais	0	N.D	> 1600	< 1,8	< 1,8

Legenda: Não determinado (N.D)

Fonte: Os autores, 2022

Para os parâmetros Coliformes Termotolerantes, 8 (oito) amostras ficaram abaixo do limite de quantificação ($< 1,8$ NMP/100 mL) e apenas 1 (uma) ficou acima do limite de quantificação (> 1600 NMP/100 mL) no ponto de coleta ABR, o que representou 11,11% do total das amostras analisadas.

Para o parâmetro de Coliformes Totais, os resultados alcançados ficaram acima do limite de quantificação (> 1600 NMP/100 mL) em 8 (oito) das 9 (nove) amostras analisadas, ou seja, correspondendo a 89,89% dos casos.

No ponto de coleta APF, os resultados para Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais foram similares com 4 (quatro) amostras apresentando valores acima dos 1600 NMP/100 mL, correspondendo a 44,44% das amostras com valores acima do limite de quantificação.

Porém, em 5 (cinco) amostras, os resultados para Coliformes Termotolerantes ficaram abaixo do limite de quantificação, enquanto para Coliformes Totais os resultados ficaram acima desse limite, o que correspondeu a 55,56% do total de amostras analisadas.

No ponto de coleta ATR, os resultados alcançados para Coliformes Termotolerantes e Totais ficaram abaixo do limite de quantificação ($< 1,8$ NMP/100 mL) em todas as amostras.

Avaliação dos resultados obtidos com os de outros estudos semelhantes

Os resultados de parâmetros médios físico-químicos e microbiológicos obtidos foram avaliados comparando-se os de outros trabalhos que foram selecionados por apresentarem semelhanças com o método de captação e tratamento de águas cinzas adotados. A Tabela 5 apresenta uma comparação dos resultados médios obtidos pela pesquisa com os de diversas pesquisas de tratamento de águas cinzas para reuso em bacias sanitárias (RAPOPORT, 2004; MAY, 2009; DELL'UOMO, 2014; FERRAZ e SILVA, 2015; COSTA et al.; BOITRAGO, NERES, CARVALHO, 2018).

Tabela 5. Resultados médios dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos das águas cinzas coletadas no ponto de águas cinzas tratadas (ATR), em comparação com resultados obtidos por outras pesquisas

Parâmetros	Rapoport (2004)	May (2009)	Dell'Uomo (2014)	Ferraz e Da Silva (2015)	Costa et al. (2018)	Boitrago; Neres, Carvalho(2018)	Este Trabalho (ATR)

Viabilidade do Reuso de Águas Cinzas em Residências no Brasil: Parâmetros Técnicos e Requisitos Legais

Cloro Residual (mg/L)	0	1,25	1,5	0,2	N.A	1,15	0,79
Turbidez (UNT)	87,22	1,2	0,2	0,32	25,88	393	8,64
Cor Aparente (uH)	N.A	6	12	0,20	N.A	712,00	42,78
pH	6,11	6,8	6,0	7,54	7,47	6,99	7,71
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	0,83x10 ⁶	< 2,0	0	0,00	450,00	presente	< 1,8
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	> 1,6x10 ⁷	< 2,0	0	1,20	N.A	presente	< 1,8

Legenda: N.A – não avaliado.

Fonte: Os autores, 2022

O valor de cloro residual encontrado neste experimento (0,79 mg/L) foi superior ao da Rapoport (2004) e Ferraz e Silva (2015), de 0 mg/L e 0,2 mg/L respectivamente,

A turbidez alcançada se encontrou acima do limite máximo da NBR 15575-1/2013, todavia consideravelmente menor que os valores encontrados por Boitrago, Neres, Carvalho (2018), Costa et al. (2018) e Rapoport (2004), respectivamente, 393 UNT, 25,88 UNT e 87,22 UNT.

Assim como para turbidez, os valores de cor aparente de 42,78 uH se situaram acima do permitido pela NBR, todavia abaixo do valor encontrado por Boitrago, Neres e Carvalho, de 712 uH.

Para os parâmetros pH e coliformes, os valores obtidos atenderam os limites da NBR e foram semelhantes aos dos autores Rapoport (2004), May (2009), Ferraz e Silva (2015), Boitrago, Neres e Carvalho (2018), e Costa et al. (2018).

Avaliação da viabilidade técnica e econômica do STAC

O insumo que apresentou o maior custo para a instalação do sistema de tratamento e reuso de águas cinzas foi a bomba centrífuga para recalque até a caixa d'água, com preço de R\$ 1.234,20. Os demais insumos corresponderam a 51,67% do total de R\$ 5.496,43, que foi o valor total para instalar o sistema de tratamento e reuso de águas cinzas na descarga sanitária da residência.

Os custos das manutenções do sistema não foram inseridos no cálculo do tempo de retorno, porém essas manutenções correspondem a 18% (R\$ 996,58) do valor total de implantação do sistema devido à necessidade de substituição anual da membrana de ultrafiltração. Considerou-se ainda que a limpeza de cada reservatório foi realizada semestralmente bem como a troca dos pré-filtros para garantir a eficiência do STAC.

O tempo de retorno do investimento estimado (*Payback*) foi de 13 anos e 6 meses. Esse tempo relativamente extenso deveu-se a baixa tarifa de água adotada com base para o cálculo (faixa mínima), em função do reduzido consumo residencial.

Porém, considerando que a localidade estudada possui abastecimento intermitente de água, pode se depreender que esse aspecto aumenta a atratividade de se realizar tal investimento para aumento da segurança hídrica do usuário do STAC.

CONCLUSÃO

Este trabalho pode contribuir no sentido de se atingir uma gestão mais racional de recursos hídricos e preservação dos mananciais, tanto através da redução do consumo de água potável como pela redução na geração e descarte de esgotos não tratados.

Com base nos resultados obtidos, o emprego de um sistema de tratamento de águas cinzas captadas a partir da máquina de lavar roupas para reuso na descarga de bacia sanitária (STAC) mostrou-se promissor para ser inserido no sistema de abastecimento visando o atendimento (ainda que parcial) das demandas de água para fins não potáveis em edificação residencial unifamiliar.

O volume de água potável utilizada na bacia sanitária tem parcela significativa no consumo geral de água da residência, correspondendo a 51,12% do total de água consumida no mês. Portanto, o volume de água cinza oriunda da máquina de lavar roupas não foi suficiente para suprir toda a demanda dos acionamentos das descargas, correspondendo a 35,12% do total dos 35,5 m³ de água necessários a serem utilizados na bacia sanitária.

Quanto à viabilidade de implantação do STAC, constatou-se um *payback relativamente longo*, de 13 anos e 6 meses, atrelado às condições de restrição de abastecimento de água potável da localidade estudada, ao reduzido valor da tarifa e da conta de água como também ao reduzido volume de água cinzas gerado e captado para abastecer o sistema. Porém, esse investimento tenderá a ser muito mais viável em situações em que o consumo e a conta de água do sistema convencional sejam mais relevantes e onde houver maior disponibilidade de águas cinzas para atender as demandas.

Cabe destacar a importância da previsão de implantação do STAC ainda durante o projeto, ou seja, antes da construção do imóvel, a fim de minimizar custos devido às intervenções necessárias e as alterações no sistema de instalações hidrossanitárias existentes para adaptá-las no caso de inclusão posterior do STAC.

Viabilidade do Reuso de Águas Cinzas em Residências no Brasil: Parâmetros Técnicos e Requisitos Legais

Para futuros estudos, recomenda-se maior aprofundamento nas análises de outros parâmetros de qualidade das águas cinzas, com vistas a possibilidade de sua utilização não somente na descarga de bacias sanitárias, mas também para os demais usos residenciais não potáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Panorama das águas**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas>. Acesso em 11 Nov 2020.

ARAÚJO, D., H. F. de; WATANABE, M. **Análise da evolução do desmatamento e do crescimento econômico da bacia hidrográfica do rio Muqui – Rondônia década de 1986 a 2020**. Repositório Institucional da Universidade Federal de Rondônia, 2021. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3786>. Acesso em 25 de jan de 2023.

ARAÚJO, F. T. de V.; CABRAL DE MELO, N. G.; JUNIOR, A. H.; MONTEIRO JÚNIOR, O. A. de C. **Estudo de viabilidade técnica para implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em um condomínio vertical em Fortaleza/CE**. A preservação do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável 2, Editora Atena, Ponta Grossa – PR, v. 02, p. 128-138, 2019. Disponível em <https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/a-preservacao-do-meio-ambiente-e-o-desenvolvimento-sustentavel-2>. Acesso em 11 de ago de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: fevereiro de 2013**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16782: Conservação de água em edificações – Requisitos, procedimentos e diretrizes: novembro de 2019**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações: novembro de 2019**. Rio de Janeiro, 2019.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Editora Blucher, 9ª edição, 631p., 2015.

BAJPAI, M.; KATOCH, S. S.; CHATURVEDI, N. K. **Comparative study on decentralized treatment Technologies for sewage and graywater reuse – a review**. Revista Water Science e Technology, Londres –Reino Unido (UK), v. 80, n. 11, p. 2091-2106, 2019. Disponível em <https://iwaponline.com/wst/article/80/11/2091/72028/Comparative-study-on-decentralized-treatment>. Acesso em 27 de Nov de 2020.

BARRADINHO, D.; SILVA, E. F. de S.; RIBEIRO, V. E.; CRUZ, W. F.; PERES, W. L. R. **Avaliação da viabilidade da implantação do sistema de reuso de águas cinza e pluviais em residências**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, São Paulo – SP, v. 04, n. 11, p. 05-25, 2018. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/sistema-de-reuso>. Acesso em 29 de jun de 2022.

BOITRAGO, R.S.; NERES, L.S.R.; CARVALHO, R.P.M. **Aproveitamento de água cinza para uso não potável em residências**. Brasília: Relatórios de Pesquisa de Iniciação Científica, Centro Universitário de Brasília, v. 3, n.1, 2017. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/article/view/5759>. Acesso em 07 Jul de 2022.
CARVALHO JÚNIOR, R.de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2014, 341 p.

COSTA, L. S. DA; OLIVEIRA, L. R. DE; CASTRO, R. M.; CASTRO, M. N.; ALMEIDA, L. F. O.; CARVALHO, E. W. V. **Avaliação de um equipamento protótipo para tratamento de águas cinzas com fins não potáveis**. Revista Internacional de Ciências, Rio de Janeiro, vol. 08, n. 02, p 149 – 167, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.12957/ric.2018.33196>. Acesso em 29 de Mar de 2022.

DA LUZ, J.P.; TURATTI, L.; MAZZARINO, J.M. **Água – direito humano fundamental**. Revista Estudo e Debate, Lajeado, v. 23, n. 2, Dez. 2016. Disponível

em: <http://www.meep.univates.br/revistas/index.php/estudoedebate/article/view/1139/1055>. Acesso em 07 Set de 2021.

DELL'UOMO, F.J.H. **Análise técnica e econômica dos processos de tratamento de águas cinza visando ao reuso.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica e Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro (RJ): UFRJ, 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.poli.ufrj.br/download.php?arquivo=dissertpoli1331.pdf&fcodigo=4866> Acesso em 18 de Nov de 2019.

FERRAZ, M.; SILVA, E. M. **Estudo de viabilidade de um sistema de tratamento para reutilização de água em finalidades domiciliares diversas.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria - RS, v. 19, n. 3, p. 702-712, 2015. Disponível em <https://doi.org/10.5902/2236117017648>. Acesso em 11 de Jul de 2022.

FORMIGA-JOHNSON, R. M.; SILVA, L. D. D'O.; ACSELRAD, M. V.; FARIAS JÚNIOR, J. E. F.; COSTA, L. F. **Crise hídrica na Bacia do Rio Paraíba do Sul: enfrentando a pior estiagem dos últimos 85 anos.** Revista Ineana, Rio de Janeiro - RJ, v. 03, n. 1, p. 26-47, 2015. Disponível em http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_vpres_geiat/documents/document/zew/mte4/~edisp/inea_0118222.pdf. Acesso em 11 de Jul de 2021.

FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS. **Resumo dos indicadores de meta e desempenho na AP-5.** Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/documents/4282910/d74f9381-e3a7-4406-ae0a-645dbc323747>. Acesso em 22 set 2022.

GIORDANO, G.; SURERUS, V. **Efluentes industriais: estudo de tratabilidade.** Rio de Janeiro: Editora Publit, volume 1, 196p., 2015.

GRAYWATER Action. **Aboutgreywater reuse.** Disponível em: <http://greywateraction.org/content/about-greywater-reuse/>. Acesso em: 09 Abr de 2020.

HESPANHOL, I. 2003. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria e recarga de aquíferos.** Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/ivan.pdf> Acesso em 20 Out de 2019.

JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995, 720 p.

LEAL, B. L. **Viabilidade de reuso de águas cinza, estudo de caso em condomínio vertical em Cuiabá - MT.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá (MT): UFMT, 2013. Disponível em: <https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/897b3c82d5e49f78e189ec880951cc16.pdf>. Acesso em: 15 Nov de 2019.

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

LYRA, B. U.; RIGO, D. **Impacto do desmatamento no regime de vazões da bacia hidrográfica do rio Doce.** Revista Ambiente & Água, v. 14, n. 4, e2370, Apr. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2370>. Acesso em 26 jan 2023.

MANNA, S. **Treatment of graywater for reusing in non-potable purpose to conserve water in India.** International Journal of Applied Environmental Sciences, India, v. 13, n. 8, p. 703-716, 2018. Disponível em: http://www.ripublication.com/ijaesyl3n8_01.pdf. Acesso em 28 Jun 2021.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo (SP): USP, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082009-082126/pt-br.php>. Acesso em: 09 Jul de 2022.

MONTEIRO, P.A.M. **Saúde humana, meio ambiente e utilização de água de reuso a partir de águas cinzas em edificações residenciais.** 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro (RJ): ENSP-FIOCRUZ, 2019.

MULTIRIO. **Da série bairros cariocas.** Disponível em: <http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/leia/reportagens-artigos/reportagens/504-capela-de-engenho-inspira-o-nome-de-santissimo>. Acesso em 11 Mar 2021.

Viabilidade do Reuso de Águas Cinzas em Residências no Brasil: Parâmetros Técnicos e Requisitos Legais

OH, K.S.; POH, P.E.; CHONG, M.N.; CHAN, E.S.; LAU, E.V.; SAINT, C.P. **Bathroom greywater recycling using polyelectrolyte-complex bilayer membrane: Advanced study of membrane structure and treatment efficiency.** *Journal Carbohydrate Polymers*, vol. 148, p. 161-170, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716304003>. Acesso em 09 de Dez de 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em 25 de Jun de 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **População Mundial de habitantes 2017.** Disponível em: <https://news.un.org/pt/audio/2017/06/1207701>. Acesso em 05 de Set de 2021.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: Caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial.** Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro (RJ): ENSP-FIOCRUZ, 2004. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CRUZ_b82c530d0d6261570cb144fce94e88ee. Acesso em 09 de Jul de 2022.

REIS, F. M. P. DOS; COSTA, T. V. B.; ALVES, F. **Reuso de águas cinzas em habitações populares no Estado de Minas Gerais, Brasil.** *Revista Petra*, vol. 4, n. 1, p. 1 – 22, 2020. Disponível em: <https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/1012>. Acesso em 22 Jun de 2021.

RODRIGUES, R.S. **As Dimensões Legais e Institucionais de Reuso de Água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reuso no Brasil.** Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo (SP): USP, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-03112005-121928/pt-br.php>. Acesso em 19 de Mai de 2020.

SANT'ANA, D. R.; MEDEIROS, L. B. P. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em edificações – padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção.** Relatório técnico apresentado para a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal. Distrito Federal (DF): Convênio ADASA/UnB, 2017. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/regulacao/reuso_aguas_cinza_aproveitamento_aguas_pluviais/reusodf_2_padroes_qualidade.pdf. Acesso em 23 Jun de 2021.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Uso racional da água, 2018.** Disponível em: http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/SITE_SEMA/RECURSOSHIDRICOS/CARTILHAS/Cartilha_Uso_Racional_da_Agua_oficial.pdf. Acesso em: 10 de Abr de 2020.

SILVA, W. M.; SOUZA, L. O. de; REGO, L. H.A.; ANJOS, T. C. dos. **Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis.** *Enciclopédia Biosfera*, vol. 6, nº 12, p. 01 – 15, 2010.

TANG, C. Y.; YANG, Z.; GUO, H.; WEN, J. J.; CORNELISSEN, L. D. N. E. **Potable Water Reuse through Advanced Membrane Technology.** *Environmental Science e Technology*, issue 52, vol. 18, p. 10215 – 10223, 2018. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.8b00562>. Acesso em 22 Jun de 2020.

TOMAZ, P., 2013. **Água de reuso.** Disponível em: <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/61/agua-de-reuso-coordenador-da-norma-da-abnt-fala-291278-l.aspx>. Acesso em: 21 de Jun de 2019.

TOMAZ, P., 2010. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf. Acesso em: 21 de Jun de 2019.

TORTAJADA, C.; NAMBIAR, S. **Communications on Technological Innovations: Potable Water Reuse.** *Journal Water*, vol. 11, issue 2, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11020251>. Acesso em 09 de Jun de 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2005.

ZHU, J.; WAGNER, M.; CORNEL, P.; CHEN, H.; DAL, X. **Feasibility of on-site grey water reuse for toilet flushing in China.** *Journal of Water Reuse and Desalination*, vol. 08, P. 1, p. 1 – 13, 2018. Disponível em:

<https://iwaponline.com/jwrd/article/8/1/1/38006/Feasibility-of-on-site-grey-water-reuse-for-toilet>. Acesso em 03 de Jun de 2020.