



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

LAURENE GOMES MENEZES

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, COM FOCO EM SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL, EFICIÊNCIA HÍDRICA E VIABILIDADE ECONÔMICA**

PALMAS

2026

LAURENE GOMES MENEZES

**AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM
EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, COM FOCO EM SUSTENTABILIDADE
AMBIENTAL, EFICIÊNCIA HÍDRICA E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientadora: Prof. Dra. Alice Rocha de Souza

PALMAS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- M541a Menezes, Laurene Gomes
AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS
EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, COM FOCO EM
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, EFICIÊNCIA HÍDRICA E
VIABILIDADE ECONÔMICA / Laurene Gomes Menezes. – Palmas, TO,
2026.
24 p. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2026.
- Orientadora: Dra. Alice Rocha de Souza
1. Águas cinzas. 2. Sustentabilidade hídrica. 3. Viabilidade econômica. I.
de Souza, Alice Rocha. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

LAURENE GOMES MENEZES

AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, COM FOCO EM SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, EFICIÊNCIA HÍDRICA E VIABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do Curso
Superior de Engenharia Civil do Instituto
Federal do Tocantins - Campus Palmas,
como exigência à obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 19/05/2026.

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 **ALICE ROCHA DE SOUZA**
Data: 09/06/2026 11:26:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Alice Rocha de Souza
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANA SORAYA ALEXANDRIA MONTEIRO**
Data: 09/06/2026 08:20:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Adriana Soraya Alexandria Monteiro

Documento assinado digitalmente
 **KARINE BERALDO MAGALHAES OLIVEIRA**
Data: 08/06/2026 18:01:50-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Karine Beraldo Magalhães de Oliveira

AVALIAÇÃO A VIABILIDADE DO REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS, COM FOCO EM SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, EFICIÊNCIA HÍDRICA E VIABILIDADE ECONÔMICA

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF GREYWATER REUSE IN RESIDENTIAL BUILDINGS, FOCUSING ON ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY, WATER EFFICIENCY, AND ECONOMIC VIABILITY

MENEZES, Laurene Gomes¹, SOUZA, Alice Rocha de²

¹ Instituto Federal do Tocantins, Quadra 310 Sul Avenida Ns 10 S/N - Plano Diretor Sul, Palmas - TO, 77021-090, laurenemenezes.lm@gmail.com

RESUMO

Diante da crescente pressão sobre os recursos hídricos e da intensificação da crise hídrica em áreas urbanas, o reúso de águas cinzas em edificações residenciais surge como alternativa para redução do consumo de água potável e promoção da sustentabilidade hídrica. Entretanto, ainda existem limitações relacionadas à viabilidade econômica, à padronização normativa e à aplicabilidade técnica desses sistemas em residências urbanas. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do reúso de águas cinzas em edificações residenciais urbanas, considerando aspectos de sustentabilidade ambiental, eficiência hídrica e benefícios econômicos. A pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, bibliográfica e descritiva, sendo fundamentada em publicações científicas, normas técnicas, legislações e dados secundários relacionados ao saneamento básico e à gestão de recursos hídricos. Foram analisados os principais sistemas de tratamento aplicáveis ao reúso residencial, além da elaboração de cenários simulados com base em dados reais de consumo hídrico e tarifas praticadas pelas concessionárias estaduais de saneamento dos estados de São Paulo e Alagoas. Para padronização das análises, adotou-se uma residência unifamiliar composta por três moradores. Os resultados demonstraram que sistemas simplificados compostos por etapas de decantação, filtração e desinfecção apresentaram maior aplicabilidade residencial devido ao menor custo de implantação e à facilidade operacional. Nos cenários simulados, o potencial de reaproveitamento variou entre 2,46 m³/mês e 4,42 m³/mês, com economia anual estimada entre R\$ 387,00 e R\$ 611,28. O tempo de retorno do investimento variou entre aproximadamente 5,46 e 8,63 anos, apresentando melhor desempenho econômico em cenários de maior consumo hídrico. Conclui-se que o reúso de águas cinzas apresenta viabilidade técnica, ambiental e econômica para aplicações residenciais não potáveis, embora ainda existam desafios relacionados aos custos iniciais e à necessidade de maior padronização normativa.

Palavras-chave: águas cinzas; reúso de água; sustentabilidade hídrica; edificações residenciais; viabilidade econômica.

ABSTRACT

The increasing pressure on water resources and the intensification of water scarcity in urban areas have reinforced the need for sustainable alternatives aimed at reducing potable water consumption. In this context, greywater reuse in residential buildings emerges as a viable strategy to promote water conservation and environmental sustainability. However, limitations related to economic feasibility, regulatory standardization, and technical applicability still restrict the widespread implementation of these systems in urban residences. Therefore, this study aimed to evaluate the feasibility of greywater reuse in residential buildings, considering aspects related to environmental sustainability, water efficiency, and economic benefits. The research is characterized as qualitative-quantitative, bibliographic, and descriptive, based on scientific publications, technical standards, legislation, and

secondary data related to sanitation and water resource management. The main treatment systems applicable to residential reuse were analyzed, and simulated scenarios were developed using real water consumption data and sanitation tariffs from the states of São Paulo and Alagoas, Brazil. For standardization purposes, a single-family residence composed of three residents was adopted. The results demonstrated that simplified systems composed of decantation, filtration, and disinfection stages presented greater applicability in residential buildings due to lower implementation costs and operational simplicity. In the simulated scenarios, the reuse potential ranged from 2.46 m³/month to 4.42 m³/month, with estimated annual savings between R\$ 387.00 and R\$ 611.28. The estimated payback period ranged from approximately 5.46 to 8.63 years, showing better economic performance in scenarios with higher water consumption. It was concluded that greywater reuse presents technical, environmental, and economic feasibility for non-potable residential applications, although challenges related to initial implementation costs and the need for greater regulatory standardization still remain.

Keywords: greywater; water reuse; water sustainability; residential buildings; economic feasibility.

1 INTRODUÇÃO

A disponibilidade de recursos hídricos tem se tornado uma das principais preocupações ambientais das últimas décadas, especialmente em função do crescimento populacional, da urbanização acelerada e do aumento contínuo da demanda por água potável. Em diferentes regiões do mundo, a pressão sobre os sistemas de abastecimento vem sendo intensificada pelas mudanças climáticas, pelo uso ineficiente da água e pela degradação dos mananciais, comprometendo a segurança hídrica e a sustentabilidade ambiental. Segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022), a crescente pressão sobre os recursos hídricos exige a adoção de estratégias voltadas ao uso racional da água e à implementação de práticas mais sustentáveis de gestão hídrica.

Diante desse cenário, alternativas relacionadas ao reúso de efluentes domésticos vêm sendo cada vez mais discutidas como forma de reduzir o consumo de água potável em edificações residenciais. Entre essas alternativas, destaca-se o reúso de águas cinzas, definido como o aproveitamento de efluentes provenientes de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, excluindo-se os despejos oriundos de vasos sanitários e cozinhas, devido à maior presença de óleos, gorduras e carga orgânica. Segundo Monteiro (2023), as águas cinzas apresentam menor carga contaminante em comparação às águas negras, possibilitando a utilização de sistemas de tratamento menos complexos e com menores custos operacionais.

Após tratamento adequado, as águas cinzas podem ser destinadas a usos não potáveis, como descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas. Além de contribuir para redução da demanda por água tratada, o reúso também promove diminuição do volume de efluentes encaminhados às redes públicas de esgotamento sanitário. Estudos como o de Barbotti e Ferreira (2023) destacam que estratégias relacionadas ao reaproveitamento de água apresentam potencial significativo para promoção da sustentabilidade hídrica e redução dos impactos ambientais associados ao consumo excessivo de água potável.

Sob o ponto de vista econômico, o reúso de águas cinzas também pode representar redução dos custos associados ao consumo hídrico residencial. Dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA, 2025) indicam que as tarifas de abastecimento de água representam parcela significativa dos gastos domésticos em centros urbanos brasileiros. Nesse contexto, medidas voltadas à redução do consumo de água potável podem contribuir para diminuição das despesas residenciais das edificações.

Do ponto de vista técnico, diferentes sistemas de tratamento podem ser aplicados ao reúso residencial, variando desde soluções simplificadas até tecnologias biológicas e físico-químicas mais complexas. A escolha do sistema deve considerar fatores como qualidade do efluente gerado, finalidade do reúso, custo de implantação, necessidade de manutenção e compatibilidade com a aplicação pretendida. Segundo Von Sperling (2014), sistemas descentralizados aplicados ao tratamento de efluentes domésticos devem considerar aspectos relacionados à eficiência operacional, facilidade de manutenção e viabilidade de implementação, especialmente em aplicações de pequena escala.

Além dos fatores técnicos e econômicos, o reúso de águas cinzas também envolve questões relacionadas à segurança sanitária e à regulamentação dos sistemas implantados. No Brasil, o reúso de águas cinzas em edificações residenciais ainda não possui uma regulamentação nacional específica e consolidada de forma abrangente por meio de resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Entretanto, o tema vem sendo disciplinado por um conjunto de legislações e normas técnicas que estabelecem diretrizes para o aproveitamento seguro de águas não potáveis em edificações.

Destaca-se a Lei Federal nº 14.546/2023, que alterou a Lei nº 11.445/2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico, passando a incentivar o reúso não potável das águas cinzas em novas edificações. A legislação estabelece que as redes hidráulicas destinadas à água de reúso devem ser independentes da rede de água potável, além de determinar que as águas cinzas sejam submetidas a tratamento adequado antes da utilização. Complementarmente, a Resolução CNRH nº 54/2005 estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável da água, contribuindo para orientação técnica e ambiental dessas práticas.

No âmbito normativo, a ABNT NBR 16783:2019 define requisitos para utilização de fontes alternativas de água não potável em edificações, incluindo critérios relacionados à qualidade da água, reservação, identificação das tubulações e segurança operacional dos sistemas implantados. Além disso, a ABNT NBR 13969:1997 apresenta diretrizes voltadas ao tratamento e disposição de efluentes líquidos, incluindo possibilidades de reúso local em sistemas descentralizados.

Diversos estudos recentes reforçam a viabilidade do reúso de águas cinzas em edificações residenciais, especialmente quando os sistemas são planejados com base em critérios técnicos e sanitários adequados. Monteiro (2023), ao avaliar a aplicação do reúso de águas cinzas em residências unifamiliares, destacou a importância da compatibilidade entre os sistemas propostos e a legislação

brasileira vigente, além da necessidade de garantir segurança sanitária durante a operação. De forma semelhante, Canedo (2023), em estudo voltado ao reaproveitamento da água proveniente de máquinas de lavar roupas, demonstrou que sistemas simplificados de filtração e decantação podem apresentar desempenho satisfatório no reúso doméstico, com baixos custos operacionais. Esses estudos evidenciam o potencial do reúso como alternativa sustentável para redução do consumo de água potável em ambientes urbanos.

Apesar dos avanços observados nos últimos anos, ainda existem limitações relacionadas à padronização normativa, fiscalização e incentivo à implementação desses sistemas em larga escala. Além disso, permanecem limitadas as análises integradas que avaliam simultaneamente eficiência hídrica, viabilidade econômica e aplicabilidade técnica do reúso de águas cinzas em edificações residenciais brasileiras. Fatores como ausência de incentivos financeiros, custos iniciais de implantação e falta de conhecimento técnico por parte da população ainda dificultam a ampliação dessas tecnologias no âmbito nacional.

Dessa forma, o estudo busca contribuir para o avanço da aplicação do reúso de águas cinzas em edificações residenciais, ao relacionar simultaneamente aspectos ambientais, técnicos e econômicos, ainda pouco explorados de forma conjunta na literatura nacional.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade do reúso de águas cinzas em edificações residenciais, sob a perspectiva da sustentabilidade ambiental, da eficiência hídrica e da viabilidade econômica. Para isso, foram analisados os principais sistemas de tratamento disponíveis para reúso residencial, levando em conta sua eficiência e os custos de implantação, bem como modelados cenários de consumo hídrico com base em dados reais de consumo e no perfil familiar médio brasileiro. Além disso, buscou-se estimar a economia financeira gerada e o tempo de retorno do investimento dos sistemas analisados, assim como discutir os desafios relacionados à implementação do reúso de águas cinzas no contexto brasileiro, considerando aspectos técnicos, econômicos e regulatórios.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da pesquisa

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem quali-quantitativa, de natureza bibliográfica e descritiva, desenvolvida com o objetivo de avaliar a viabilidade do reúso de águas cinzas em edificações residenciais urbanas sob os aspectos de sustentabilidade ambiental, eficiência hídrica e viabilidade econômica. A pesquisa foi fundamentada em publicações científicas, documentos técnicos, legislações e dados secundários obtidos em órgãos oficiais relacionados à gestão de recursos hídricos e saneamento básico.

O estudo delimitou-se à análise do reaproveitamento de águas cinzas provenientes de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, excluindo-se as águas negras oriundas de vasos sanitários

devido ao maior potencial de contaminação e à necessidade de tratamentos mais complexos. Foram consideradas aplicações não potáveis em edificações residenciais, como descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas.

2.2 Análise dos sistemas de tratamento de águas cinzas

A análise dos sistemas de tratamento de águas cinzas foi realizada por meio de levantamento bibliográfico em artigos científicos, normas técnicas e literatura especializada relacionados ao tratamento descentralizado de águas cinzas e efluentes domésticos. Foram selecionados os principais sistemas aplicáveis ao reúso residencial descritos na literatura, considerando critérios relacionados à eficiência de tratamento, custos de implantação, facilidade operacional, necessidade de manutenção e aplicabilidade em edificações residenciais. Além disso, foram comparadas informações referentes ao desempenho técnico dos sistemas e aos custos estimados de instalação, com base nos dados apresentados dos estudos analisados.

2.3 Modelagem do consumo hídrico e aplicação das equações

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma modelagem teórica do consumo hídrico residencial com base em dados reais de consumo per capita de água e perfil familiar médio brasileiro. A modelagem foi utilizada para estimar o potencial de geração de águas cinzas, a economia de água potável, a redução de custos associados ao consumo hídrico e o tempo de retorno do investimento dos sistemas de reúso analisados.

A elaboração das estimativas foi fundamentada em informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA, 2025). Para padronização das análises, adotou-se uma residência unifamiliar composta por três moradores, considerando a média nacional de 2,79 habitantes por domicílio apresentada pelo IBGE (2021), sendo o valor arredondado para facilitar a aplicação das equações e interpretação dos resultados obtidos.

A estimativa do volume de águas cinzas (V) foi feita com base na abordagem adotada por Leite & Medeiros (2015) e Vilela (2019). A estimativa foi realizada por meio da seguinte equação:

$$V = C \times P$$

(Equação 1)

Onde:

V = volume de águas cinzas gerados;

C = consumo total de água (em litros ou m³);

P = porcentagem média de reaproveitamento, com base em valores indicados por estudos prévios. Segundo Vilela (2019), cerca de 60 a 75% da água utilizada em uma residência pode ser classificada como água cinza, dependendo dos hábitos de consumo e estrutura do imóvel.

Com base no volume reaproveitado, foi estimada a redução no valor da conta de água, utilizando tarifas praticadas pelas concessionárias locais.

Além da redução dos custos com o abastecimento de água, o reúso também pode contribuir para a diminuição das tarifas de esgotamento sanitário, uma vez que parte do efluente gerado deixa de ser lançada na rede coletora. Para calcular essa economia, foi utilizada uma equação simplificada com base na estrutura tarifária da concessionária, refletindo a substituição direta do consumo de água potável por águas cinzas tratadas.

A estimativa da economia gerada pela substituição do uso de água potável por águas cinzas segue abordagem adotada por Nascimento (2007) e Souza Filho *et al.* (2025), na qual o volume reaproveitado é multiplicado pelas tarifas praticadas pela concessionária local. Assim, tem-se:

$$Ea = V \times Ta$$

(Equação 2)

Onde:

Ea = economia mensal com o consumo de água potável (em R\$);

V = volume mensal de águas cinzas reaproveitadas (em m³);

Ta = tarifa de água potável por m³ (em R\$), segundo a concessionária local.

A economia relativa à não geração de esgoto para o volume reaproveitado:

$$Ee = V \times Te$$

(Equação 3)

Onde:

Ee = economia mensal com o esgoto (em R\$);

V = volume de água cinza reaproveitada que deixa de ser lançada na rede pública (em m³);

Te = tarifa de esgoto cobrada por m³ (em R\$)

A equação de tempo de retorno do investimento (payback) utilizada neste estudo segue a proposta apresentada por Coontrol (2022), que fornece um método direto e objetivo para avaliação do retorno financeiro de projetos.

$$T = CI / EM$$

(Equação 4)

T = Tempo de retorno do investimento

Custo de implantação = custo de implantação do sistema (R\$);

Economia mensal = economia mensal obtida com a utilização do sistema (R\$/mês).

Com o objetivo de possibilitar uma análise comparativa em diferentes contextos de consumo hídrico, foram definidos dois cenários distintos com base em dados estaduais de consumo per capita de água disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA, 2025). A escolha dos estados considerou diferenças nos padrões de consumo, nas tarifas praticadas pelas concessionárias de saneamento e nas características de demanda hídrica, permitindo avaliar a

influência desses fatores na viabilidade do reúso de águas cinzas em residências urbanas.

Além disso, buscou-se selecionar cenários que representassem condições contrastantes de consumo hídrico e estrutura tarifária, de modo a ampliar a capacidade analítica do estudo e verificar o comportamento do sistema em diferentes realidades de uso. Embora os cenários analisados sejam específicos, a metodologia proposta pode ser aplicada em localidades das diferentes regiões brasileiras, mediante a utilização de dados locais de consumo hídrico e tarifas de saneamento, ampliando o potencial de replicação dos resultados obtidos.

No que se refere aos custos associados ao consumo de água, foram adotadas as tarifas praticadas pelas concessionárias de saneamento dos estados selecionados para os cenários analisados, possibilitando a avaliação da influência dos custos tarifários sobre a economia gerada e o tempo de retorno do investimento.

CENÁRIO 1

O cenário 1 foi representado pelo estado de São Paulo, que apresenta consumo médio de 204,89 L/hab.dia, valor superior à média nacional. Esse padrão está associado a fatores como elevado grau de urbanização, maior renda da população e ampla disponibilidade de infraestrutura de abastecimento, refletindo em hábitos de consumo mais intensivos. O valor da tarifa atribuída pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP, 2026) é de R\$ 6,40/m³. Além disso, observa-se que a tarifa de esgoto, de modo geral, corresponde a aproximadamente 80% do valor da água consumida, impactando diretamente no custo final.

CENÁRIO 2

O cenário 2 foi representado pelo estado de Alagoas, cujo consumo médio é de 114,16 L/hab.dia, valor inferior à média nacional. Esse comportamento está relacionado a fatores como limitações no acesso aos serviços de abastecimento, condições socioeconômicas e padrões de uso mais restritivos, resultando em menor demanda hídrica. O valor da tarifa atribuída pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL, 2026) é de R\$ 7,28/m³. Além disso, observa-se que a tarifa de esgoto, de modo geral, corresponde a aproximadamente 80% do valor da água consumida, impactando diretamente no custo final.

2.4 Avaliação qualitativa dos desafios de implementação

Além da análise quantitativa relacionada ao consumo hídrico e à viabilidade econômica, foi realizada uma avaliação qualitativa dos principais desafios associados à implementação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações residenciais urbanas no Brasil. Essa análise foi fundamentada em estudos científicos, legislações e documentos técnicos relacionados ao saneamento básico, reúso de água e gestão de recursos hídricos. Foram considerados aspectos técnicos, econômicos, sanitários e

regulatórios, incluindo custos de implantação, exigências normativas, necessidade de manutenção, aceitação da população e limitações relacionadas à padronização e fiscalização dos sistemas de reúso em âmbito nacional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise dos sistemas de tratamento de águas cinzas

A análise dos sistemas de tratamento demonstrou que diferentes tecnologias podem ser aplicadas ao reúso de águas cinzas em edificações residenciais, apresentando distintos níveis de eficiência, complexidade operacional e viabilidade econômica. A escolha do sistema de tratamento está diretamente relacionada às características do efluente gerado, à finalidade do reúso, à disponibilidade de espaço físico e aos custos de implantação e manutenção. Segundo Von Sperling (2014), processos de tratamento de efluentes domésticos podem envolver etapas físicas, químicas e biológicas, aplicadas de forma isolada ou integrada conforme a qualidade final desejada para o efluente tratado. Os resultados obtidos indicaram que os sistemas físicos simplificados apresentaram maior potencial de aplicação em residências urbanas devido ao baixo custo de implantação, facilidade construtiva e reduzida necessidade de manutenção. Esses sistemas são compostos, principalmente, por etapas de gradeamento, peneiramento, decantação e filtração, responsáveis pela remoção de sólidos grosseiros, partículas suspensas e parte da turbidez presente nas águas cinzas. Sistemas simplificados apresentam elevada compatibilidade com residências de pequeno porte devido à simplicidade operacional e à facilidade de implantação. Resultados semelhantes foram observados por Monteiro (2023) e Canedo (2023), os quais identificaram desempenho satisfatório dessas tecnologias em aplicações não potáveis, especialmente no tratamento de águas cinzas leves provenientes de chuveiros e lavatórios. Apesar das vantagens econômicas e operacionais observadas, verificou-se que os sistemas simplificados apresentam limitações relacionadas à remoção de matéria orgânica dissolvida e microrganismos patogênicos, exigindo frequentemente etapas complementares de desinfecção para ampliação da segurança sanitária do reúso. Santos (2022), defende que embora esses sistemas sejam eficientes na remoção de sólidos suspensos e redução parcial da turbidez, a ausência de processos biológicos mais avançados pode comprometer a qualidade microbiológica do efluente tratado. Ainda assim, a análise demonstrou que a simplicidade operacional e o menor custo de implantação favorecem sua aplicação em residências urbanas brasileiras.

Além dos sistemas físicos simplificados, também foram analisadas tecnologias baseadas em processos biológicos, as quais apresentaram maior eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos. Entre os sistemas avaliados destacaram-se tanques sépticos, filtros anaeróbios, biofiltros e wetlands construídos, amplamente utilizados no tratamento descentralizado de efluentes domésticos. De acordo com Von Sperling (2014), processos biológicos apresentam elevada estabilidade operacional e eficiência satisfatória no tratamento de efluentes sanitários, especialmente

em sistemas descentralizados de pequena escala, podendo alcançar eficiências de remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) entre 70% e 90%, dependendo da tecnologia empregada e das condições operacionais. Além da remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos, esses sistemas também contribuem para a redução de microrganismos patogênicos, incluindo coliformes termotolerantes, embora frequentemente seja necessária a adoção de etapas complementares de desinfecção para ampliação da segurança sanitária do efluente tratado. Resultados semelhantes foram observados por Corrêa (2019), que avaliaram um filtro biológico percolador de baixa taxa como pós-tratamento de reator anaeróbio em escala plena, identificando eficiência global superior a 93% na remoção de DBO e significativa redução da carga orgânica do efluente tratado.

Os sistemas compostos por tanque séptico e filtro anaeróbio apresentaram eficiências de remoção de DBO entre 60% e 85% e remoção de sólidos suspensos totais entre 50% e 80%, associados ao baixo consumo energético e à relativa simplicidade operacional, características que favorecem sua aplicação em residências unifamiliares (VON SPERLING, 2014).

Já os wetlands construídos demonstraram vantagens ambientais relacionadas ao baixo custo operacional e à utilização de processos naturais de tratamento. Estudos indicam que esses sistemas podem alcançar remoções de DBO entre 70% e 90%, além de redução de sólidos suspensos entre 70% e 95%, dependendo das condições operacionais e do tipo de macrófita empregada Rizzon (2020). Sob o ponto de vista técnico, os sistemas físico-químicos apresentaram elevada eficiência na remoção de sólidos dissolvidos, surfactantes, óleos e partículas coloidais presentes nas águas cinzas. Segundo Metcalf & Eddy (2016), esses sistemas podem atingir remoções superiores a 80% de turbidez e sólidos suspensos, apresentando elevado desempenho na remoção de compostos dissolvidos.

Além disso, tecnologias associadas ao uso de membranas filtrantes apresentaram elevada eficiência microbiológica e físico-química, podendo alcançar remoções superiores a 95% de sólidos suspensos e elevada redução de coliformes termotolerantes. Entretanto, esses sistemas apresentam custos significativamente superior e necessidade de manutenção especializada, fatores que reduzem sua viabilidade para aplicações residenciais simplificadas (SELLA, 2011).

Quadro 1 – Comparação dos principais sistemas de tratamento de águas cinzas aplicáveis em residências

Sistema	Eficiência	Custo	Aplicabilidade residencial	Limitações
Sistemas simplificados (decantação e filtração)	Baixa a moderada	Baixo	Alta	Menor remoção microbiológica
Tanque séptico + filtro anaeróbio	Moderada	Moderado	Alta	Necessita manutenção periódica
Wetland construído	Moderada a alta	Moderado	Moderada	Necessita maior espaço físico
Sistemas físico-químicos	Alta	Alto	Baixa	Maior complexidade operacional
Membranas filtrantes	Muito alta	Muito alto	Baixa	Elevado custo e manutenção especializada

Fonte: Adaptado de VON SPERLING (2014), METCALF & EDDY (2016) e SELLA (2011).

Considerando os critérios técnicos, operacionais e econômicos analisados, observou-se que sistemas simplificados compostos por etapas de decantação, filtração e desinfecção apresentaram maior compatibilidade com aplicações residenciais urbanas. Esses sistemas demonstraram melhor relação entre custo de implantação, facilidade operacional e necessidade reduzida de manutenção, características relevantes para aplicação em residências de pequeno e médio porte.

Com base nos sistemas simplificados identificados como mais adequados para aplicações residenciais, foi elaborado um fluxograma representando as principais etapas do tratamento e reaproveitamento das águas cinzas adotadas neste estudo, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do sistema simplificado de tratamento e reúso de águas cinzas adotado no estudo.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Conforme apresentado na Figura 1, o sistema simplificado de reúso de águas cinzas adotado neste estudo é composto pelas etapas de coleta, decantação, filtração, desinfecção e armazenamento da água tratada. Inicialmente, as águas cinzas provenientes de chuveiros e lavatórios são direcionadas para um reservatório de decantação, onde ocorre a sedimentação de partículas sólidas. Em seguida, o efluente passa por um filtro físico constituído por camadas de areia, carvão ativado e brita, responsáveis pela remoção de sólidos suspensos e pela redução da turbidez. Posteriormente, é realizada a desinfecção por cloração, com o objetivo de reduzir a presença de microrganismos patogênicos. Após o tratamento, a água é armazenada em reservatório específico e destinada a usos não potáveis, como descargas sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos.

3.2 Simulação dos cenários de consumo hídrico

A aplicação da metodologia proposta permitiu estimar o potencial de geração de águas cinzas, o volume passível de reaproveitamento e a economia financeira associada à implantação de sistemas de reúso em diferentes contextos de consumo hídrico residencial. Os cenários analisados foram desenvolvidos com base em dados reais de consumo per capita de água e tarifas praticadas pelas concessionárias estaduais de saneamento, possibilitando avaliar a influência dos padrões de consumo na viabilidade econômica do sistema. Para fins comparativos, foram considerados os estados de São

Paulo e Alagoas, selecionados por apresentarem diferenças significativas nos padrões de consumo hídrico residencial e nas tarifas de abastecimento de água.

A Tabela 1 apresenta a comparação dos principais parâmetros obtidos nos cenários simulados para os estados de São Paulo e Alagoas, incluindo consumo hídrico estimado, volume de águas cinzas geradas, potencial de reaproveitamento e economia financeira associada ao reúso residencial.

Tabela 1 – Comparação dos cenários simulados de reúso de águas cinzas

Parâmetro	Procedimento de cálculo	São Paulo	Alagoas
Consumo per capita (L/hab.dia)	Dados SINISA (2025)	204,89	114,16
Consumo mensal estimado (m ³ /mês)	Conversão do consumo diário	18,44	10,27
Volume de águas cinzas geradas (m ³ /mês)	Equação 1	11,06	6,16
Volume reaproveitado (m ³ /mês)	Equação 1 e reaproveitamento adotada	4,42	2,46
Economia mensal com água (R\$/mês)	Equação 2	28,31	17,93
Economia mensal com esgoto (R\$/mês)	Equação 3	22,63	14,32
Economia mensal total (R\$/mês)	Equações 2 e 3	50,94	32,25
Economia anual estimada (R\$/ano)	Projeção anual baseada nas Equações 2 e 3	611,28	387,00

Fonte: Elaboração própria (2026).

Os resultados da Tabela 1 demonstraram que o cenário correspondente ao estado de São Paulo apresentou maior potencial de geração de águas cinzas e maior economia financeira associada ao sistema de reúso. Considerando uma residência composta por três moradores e consumo médio de 204,89 L/hab.dia, obteve-se consumo mensal estimado de aproximadamente 18,44 m³ de água. A aplicação da (Equação 1) resultou em geração mensal de aproximadamente 11,06 m³ de águas cinzas, dos quais cerca de 4,42 m³/mês apresentaram potencial de reaproveitamento para usos não potáveis, considerando taxa de reutilização correspondente a 40% do volume gerado. Esse percentual de reaproveitamento está associado à destinação das águas cinzas para atividades não potáveis compatíveis com o uso residencial, como descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas.

A análise econômica demonstrou que o cenário apresentou economia mensal estimada de aproximadamente R\$ 50,94, considerando simultaneamente a redução do consumo de água potável e a diminuição da tarifa de esgoto. Em termos anuais, a economia obtida foi estimada em aproximadamente R\$ 611,28. Os resultados indicam que residências com maior consumo hídrico apresentam maior potencial de geração de águas cinzas e, conseqüentemente, maior capacidade de redução dos custos associados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário. Além disso, observa-se que padrões mais elevados de consumo tendem a aumentar a viabilidade econômica dos sistemas de reúso, especialmente em regiões onde as tarifas de abastecimento e esgotamento sanitário apresentam valores mais elevados. Resultados semelhantes foram observados por Canedo (2023), que destaca que sistemas de reúso tendem a apresentar melhor retorno econômico em cenários com maior volume de consumo residencial.

No cenário correspondente ao estado de Alagoas (Tabela 1), considerando consumo médio de 114,16 L/hab.dia, obteve-se consumo mensal estimado de aproximadamente 10,27 m³ de água. A partir da aplicação da (Equação 1), estimou-se geração mensal de cerca de 6,16 m³ de águas cinzas, com potencial de reaproveitamento correspondente a aproximadamente 2,46 m³/mês.

A economia mensal estimada para esse cenário foi de aproximadamente R\$ 32,25, equivalente a cerca de R\$ 387,00 ao ano. Embora o volume de águas cinzas geradas tenha sido inferior ao observado no cenário paulista, com reaproveitamento estimado em 2,46 m³/mês frente aos 4,42 m³/mês obtidos em São Paulo, verificou-se que as tarifas praticadas pela concessionária local contribuíram para manutenção de uma economia financeira significativa mesmo em condições de menor consumo hídrico. Os resultados demonstraram que, apesar da redução no potencial de geração de águas cinzas em relação ao cenário de maior consumo, o reúso residencial ainda possibilitou redução relevante nas despesas associadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, indicando viabilidade econômica do sistema mesmo em contextos de consumo mais restritivo.

A comparação entre os cenários analisados evidencia que o desempenho econômico do sistema está diretamente relacionado ao padrão de consumo residencial, ao volume efetivamente reaproveitado e às tarifas praticadas pelas concessionárias de saneamento (Tabela 1). O cenário correspondente ao estado de São Paulo apresentou consumo mensal estimado de 18,44 m³ e potencial de reaproveitamento de aproximadamente 4,42 m³/mês de águas cinzas, resultando em economia mensal estimada de R\$ 50,94. Já o cenário representado pelo estado de Alagoas apresentou consumo mensal estimado de 10,27 m³ e potencial de reaproveitamento de aproximadamente 2,46 m³/mês, com economia mensal estimada de R\$ 32,25. Os resultados demonstram que maiores volumes de consumo hídrico tendem a aumentar a disponibilidade de águas cinzas para reúso e, consequentemente, ampliar a redução dos custos associados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Além dos benefícios econômicos observados, os resultados também evidenciam importantes contribuições ambientais associadas ao reúso. A redução do consumo de água potável e a diminuição do volume de efluentes encaminhados às redes públicas de esgotamento sanitário contribuem para o uso mais racional dos recursos hídricos, redução da pressão sobre os sistemas de abastecimento urbano e incentivo à adoção de práticas sustentáveis em edificações residenciais.

3.3 Estimativa dos custos de implantação do sistema e tempo de retorno do investimento

Os custos relacionados à implantação de sistemas de reúso de águas cinzas podem variar em função de fatores como disponibilidade de materiais, localização da edificação, padrão construtivo, mão de obra e complexidade do sistema adotado. Dessa forma, os valores apresentados neste estudo devem ser compreendidos como uma estimativa de custos de natureza paramétrica, utilizada para fins de análise de viabilidade econômica, podendo sofrer variações conforme as características específicas de cada projeto.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foram adotados como referência custos obtidos por meio de composições baseadas nos bancos de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2025), complementados por valores médios praticados no mercado local para materiais hidráulicos e serviços especializados. Ressalta-se que os valores estimados não incluem Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), custos de transporte e possíveis variações regionais de mercado.

A Tabela 2 apresenta a estimativa de custos necessários para implantação do sistema de reúso de águas cinzas considerado neste estudo, os quais foram posteriormente utilizados para o cálculo do tempo de retorno do investimento.

Tabela 2 – Estimativa de custos de implantação do sistema de reúso de águas cinzas

Item	Quantidade	Unidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Caixa de inspeção	1	un	106,26	106,26
Reservatório de decantação 500 L	1	un	320,00	320,00
Filtro físico simplificado	1	un	320,00	320,00
Areia filtrante	2	Saco 25kg	41,00	82,00
Brita/pedrisco	2	Saco 20kg	8,00	16,00
Carvão ativado	1	Saco 25kg	450,00	450,00
Sistema de desinfecção por cloração	1	un	180,00	180,00
Reservatório final 500 L	1	un	320,00	320,00
Tubulação PVC 50mm	30	m	9,83	294,90
Conexões hidráulicas PVC 50 mm	10	un	5,88	58,80
Registro esfera PVC	2	un	32,00	64,00
Bomba de recalque pequena	1	un	180,00	180,00
Mão de obra hidráulica	1	serviço	950,00	950,00
TOTAL ESTIMADO				3.341,96

Fonte: Elaboração própria (2026), com base em composições e insumos do SINAPI (2025) e valores médios de mercado.

Observa-se que os maiores custos apresentados na Tabela 2 estão associados à mão de obra hidráulica, aos reservatórios de armazenamento e aos elementos responsáveis pelo tratamento e desinfecção da água, por serem componentes fundamentais para garantir o funcionamento adequado e a segurança do sistema. Os materiais filtrantes, como areia, brita e carvão ativado, embora apresentem menor participação no custo total, desempenham papel importante na melhoria da qualidade da água tratada. Da mesma forma, itens complementares, como conexões, registros e tubulações, possuem menor custo individual, mas são indispensáveis para a integração e operação eficiente do sistema.

O custo total estimado para implantação foi de aproximadamente R\$ 3.341,96, valor considerado compatível com sistemas simplificados de reúso residencial de pequeno porte. Apesar do investimento inicial, a adoção desse tipo de sistema pode contribuir para a redução do consumo de água potável e, consequentemente, para diminuição dos gastos com tarifas de água e esgoto ao longo do tempo.

Ressalta-se, entretanto, que os valores apresentados possuem caráter estimativo e podem variar conforme fatores como localização da obra, disponibilidade de materiais, custo da mão de obra e

especificações técnicas adotadas em cada projeto.

Com base no custo total estimado para implantação do sistema e nos resultados econômicos obtidos nos cenários simulados, foi possível estimar o tempo de retorno do investimento por meio da (Equação 4), considerando a economia anual obtida em cada cenário. A Tabela 3 apresenta a comparação entre os cenários analisados e os respectivos tempos estimados de retorno financeiro do sistema.

Tabela 3 – Estimativa do tempo de retorno do investimento nos cenários simulados

Parâmetro	São Paulo	Alagoas
Custo estimado de implantação (R\$)	3.341,96	3.341,96
Economia mensal estimada (R\$)	50,94	32,25
Economia anual estimada (R\$)	611,28	387,00
Tempo de retorno estimado (anos)	5,46	8,63

Fonte: Elaboração própria (2026).

De acordo com a Tabela 3, no cenário correspondente ao estado de São Paulo, o sistema apresentou economia anual estimada em aproximadamente R\$ 611,28, resultando em tempo de retorno de cerca de 5,46 anos. Já no cenário correspondente ao estado de Alagoas, a economia anual estimada foi de aproximadamente R\$ 387,00, resultando em tempo de retorno aproximado de 8,63 anos.

Os resultados evidenciam que a viabilidade econômica do sistema está diretamente associada ao volume de consumo hídrico residencial, uma vez que maiores demandas de água resultam em maior geração de águas cinzas e, consequentemente, maior potencial de reaproveitamento e redução dos custos com abastecimento e esgotamento sanitário. Além disso, observa-se que a diferença entre os cenários está relacionada não apenas ao volume consumido, mas também ao efeito cumulativo das tarifas aplicadas pelas concessionárias, o que influencia diretamente o tempo de retorno do investimento.

Resultados semelhantes foram observados por Monteiro e Canedo (2023), que destacam que o desempenho econômico dos sistemas de reúso está condicionado ao padrão de consumo residencial e à estrutura tarifária local, reforçando que a viabilidade financeira tende a ser mais favorável em cenários de maior demanda hídrica.

A comparação entre os cenários analisados, conforme apresentado na Tabela 3, demonstra que a viabilidade econômica do sistema está relacionada principalmente à relação entre consumo hídrico, volume efetivamente reaproveitado e economia mensal obtida. Nesse contexto, residências com maior consumo de água apresentam maior potencial de redução dos custos associados ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário, resultando em menor tempo de retorno do investimento.

3.4 Desafios de implementação

Os principais desafios associados à implementação de sistemas de reúso de águas cinzas em

edificações residenciais no Brasil estão relacionados a fatores técnicos, econômicos, regulatórios e socioculturais, os quais influenciam diretamente a aplicabilidade e disseminação dessas tecnologias no contexto urbano (ABREU, 2024; FELIX, 2023).

Sob o aspecto técnico, destacam-se limitações relacionadas à necessidade de manutenção periódica dos sistemas, controle da qualidade microbiológica do efluente tratado e disponibilidade de espaço físico para instalação de determinadas tecnologias de tratamento. Além disso, falhas operacionais e ausência de manutenção adequada podem comprometer o desempenho e a qualidade do efluente tratado, conforme destacado por (SANTOS, 2022).

No aspecto econômico, o investimento inicial para implantação dos sistemas ainda representa um dos principais entraves à sua adoção em residências de menor renda. Observa-se que a viabilidade econômica está condicionada ao padrão de consumo hídrico e às tarifas praticadas pelas concessionárias locais, sendo mais favorável em cenários de maior demanda de água, nos quais a economia gerada é mais significativa em relação ao custo de implantação.

Do ponto de vista regulatório, apesar da existência de normas técnicas e diretrizes gerais para reúso não potável, ainda se verificam lacunas relacionadas à padronização de critérios para sistemas descentralizados em edificações residenciais, bem como desafios na fiscalização e na uniformização de exigências técnicas entre diferentes contextos regionais.

Além dos aspectos técnicos, econômicos e regulatórios, fatores socioculturais também influenciam a implementação dessas tecnologias, especialmente devido à limitada disseminação de informações técnicas e à resistência cultural relacionada ao uso de águas residuais tratadas em ambientes residenciais. Segundo Felix (2023), ações voltadas à educação ambiental e conscientização da população possuem papel relevante na ampliação da aceitação social do reúso de águas cinzas e no fortalecimento de práticas sustentáveis relacionadas à conservação dos recursos hídricos.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a implantação de sistemas de reúso de águas cinzas em edificações residenciais urbanas apresenta viabilidade técnica, ambiental e econômica, especialmente em cenários de maior consumo hídrico.

Do ponto de vista técnico, os sistemas simplificados avaliados mostraram-se adequados para aplicação residencial, apresentando compatibilidade com a realidade construtiva urbana e requisitos operacionais compatíveis com sistemas descentralizados, desde que respeitadas condições mínimas de tratamento, separação de redes e manutenção periódica. Entre as tecnologias analisadas, destacaram-se os sistemas compostos por etapas de decantação, filtração e desinfecção, devido à simplicidade operacional, menor custo de implantação e aplicabilidade em residências de pequeno porte.

No aspecto ambiental, o reúso de águas cinzas demonstrou potencial para redução do consumo de

água potável e diminuição do volume de efluentes encaminhados às redes públicas de esgotamento sanitário. Nos cenários simulados, o potencial de reaproveitamento variou entre aproximadamente 2,46 m³/mês e 4,42 m³/mês de águas cinzas, contribuindo para o uso mais racional dos recursos hídricos e para a sustentabilidade urbana em contextos de crescente pressão sobre os sistemas de abastecimento.

Do ponto de vista econômico, os resultados indicaram que o sistema apresenta viabilidade em médio prazo, com economia anual estimada entre R\$ 387,00 e R\$ 611,28, dependendo do padrão de consumo residencial e das tarifas praticadas pelas concessionárias locais. O tempo estimado de retorno do investimento variou entre aproximadamente 5,46 e 8,63 anos, demonstrando que cenários com maior consumo hídrico tendem a apresentar melhor desempenho econômico devido ao maior volume de águas cinzas disponíveis para reutilização.

Os resultados deste estudo reforçam que a viabilidade do reúso de águas cinzas depende da integração entre aspectos técnicos, econômicos e operacionais, sendo mais favorável em residências com maior demanda hídrica. Além disso, observou-se que a adoção desses sistemas pode contribuir simultaneamente para redução das despesas domésticas e promoção de práticas sustentáveis relacionadas à conservação dos recursos hídricos.

Como limitação, destaca-se o uso de dados secundários e de um modelo simplificado de estimativa de custos e consumo, o que pode não representar integralmente a variabilidade de condições reais de implantação. Recomenda-se que estudos futuros avaliem diferentes tipologias construtivas, sistemas de tratamento mais complexos e análises de viabilidade econômica considerando cenários com variação tarifária regional, monitoramento experimental da qualidade da água tratada e possíveis incentivos institucionais voltados à ampliação do reúso residencial no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABREU, Anísia Batista Oliveira de. **CONAMA e CNRH: a quem compete a governança da normatização da padronização da qualidade das águas de reúso no Brasil?** 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua) – Universidade de Brasília, 2024. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/52130/1/2024_AnisiaBatistaOliveiraDeAbreu_DISSERT.PDF

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas da escassez hídrica: regiões hidrográficas brasileiras.** Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/atlasaguas/>

BARBOTTI, Giovani Jorge; FERREIRA, Higor de Paula. **Comportamento do sistema de racionalização de água cinza do ar-condicionado e a viabilidade em edificações comerciais.** Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2023. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/6165/1/TCC%20II%20Giovani%20e%20Higor%20vers%c3%a3o%201.5.pdf>

CANEDO, Lucas Gonçalves. **Estudo da viabilidade de reuso de água cinza proveniente da máquina de lavar roupas.** Goiás: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2023. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/7033/1/TCC2_Revisado_LUCAS%20CANEDO.pdf

FELIX, Jakeline Rayane Barros. **Viabilidade de implantação de sistema de reúso de águas cinzas em edificação residencial multifamiliar.** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/9bea4f38-a608-498c-8611-c4ca0e7480a6/content>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: características gerais dos domicílios e moradores 2021.** Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/07/populacao-ibge-2021-22jul2022.pdf>

LEITE, Hérís Leonel da Silva; MEDEIROS, Túlio Henrique Nascimento Saraiva de. **Viabilidade econômica do sistema de reúso de águas cinza em edificações residenciais.** 2015. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: <https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/46287/1/H%c3%89RIS%20LEONEL%20DA%20SILVA%20LEITE%20e%20T%c3%9aLIO%20HENRIQUE%20NASCIMENTO%20SARAIVA%20DE%20MEDEIROS%20%20VIABILIDADE%20ECON%c3%94MICA%20DO%20SISTEMA%20D>

E%20REUSO%20DE%20%c3%81GUAS%20CINZA%20EM%20EDIFICA%c3%87%c3%95ES
%20RESIDENCIAIS.pdf

MONTEIRO, Paulo Alan Mattos. **Viabilidade do reúso de águas cinzas para fins não potáveis em residências unifamiliares à luz dos parâmetros técnicos e requisitos legais no Brasil. 2023.** 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/bitstream/1/19693/2/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Paulo%20Alan%20Mattos%20Monteiro%20-%202023%20-%20Completo.pdf>

NASCIMENTO, France Silva. **Diretrizes para a concepção de sistemas de reúso de água em edificações. 2007.** 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-04092008-152703/publico/DIRETRIZES_PARA_IMPLANTACAO_DE_SISTEMAS_DE_REUSO_DE_AGUA_EM_CONDOMINIOS.pdf

RIZZON, Fabiola de Fátima. **Monitoramento de desempenho de longo período de um sistema de tratamento unifamiliar de água cinza empregando wetland construído.** Florianópolis: UFSC, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/212015/TCC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

COONTROL. *Payback: o que é e como calcular?* 2022. Disponível em: <https://blog.coontrol.com.br/payback/>.

VILELA, Letícia Rezende. **Análise da viabilidade econômica de um sistema de reaproveitamento de água cinza em edificação residencial, através do uso do BIM.** 2019. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26251/1/AnaliseViabilidadeEconomica.pdf>

SOUZA FILHO, José Demontier Vieira de; SILVA, Bruna Evans Sousa Meneses e; SOUSA, Laura Valine Assunção de; CAVALCANTE, Maria Eduarda Paiva; CARACAS, Carlos Vinícius Guedes. **Reúso de água na construção sustentável. Engenharia & Ação**, v. 3, n. 1, p. 1–10, 2025. DOI: 10.71136/rea.v3i1.794. Disponível em: <https://periodicos.uniateneu.edu.br/index.php/revista-EeA/article/view/794/486>

SANTOS, Lilian Alaide Souza. **Estudo para a elaboração de um manual de instalações para reúso de águas cinzas em edificações residenciais.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em:

file:///C:/Users/nolet/Downloads/EstudoElabora%C3%A7%C3%A3oManualInsta%C3%A7%C3%B5esRe%C3%BAso_Santos_2022.pdf

SELLA, Marcelino Blacene. **Reúso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. 2011. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/34521/000789725.pdf>

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SINISA. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa/sinisa-1>

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. Relatórios de insumos e composições**. Brasília, DF: Caixa Econômica Federal, 2025. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. **Tabela de tarifas de água e esgoto**. São Paulo: SABESP, 2026. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=183>.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE ALAGOAS – CASAL. **Estrutura tarifária. Maceió: CASAL, 2026**. Disponível em: <https://www.casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria/>.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment and resource recovery**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

CORRÊA, William Cantos et al. **Avaliação de desempenho de um filtro biológico percolador de baixa taxa, em escala plena, como pós-tratamento de reator anaeróbio visando a nitrificação do efluente**. In: XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019. Anais [...]. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2019. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH0946-1-20190811-215409.pdf>

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jan. 2007. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. **Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para incentivar o uso de águas de reúso e o aproveitamento de água de chuva.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 5 abr. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/lei/114546.htm

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água.** Diário Oficial da União: Brasília, DF, 9 mar. 2006. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/legislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13969: **Tanques sépticos — Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos — Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.