



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UNB PLANALTINA

SOLIMAR ALVES DE AQUINO

VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS
EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Planaltina – DF

2019

SOLIMAR ALVES DE AQUINO

VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS
EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Orientador (a): Prof.^a. Dra. Elaine Nolasco Ribeiro.

Planaltina – DF

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Aquino, Solimar Alves de.

Viabilidade técnica e financeira do reúso de águas cinzas em um condomínio residencial. / Solimar Alves de Aquino. Planaltina - DF, 2019. 46 f.

Monografia - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília.

Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof.^a. Dra. Elaine Nolasco Ribeiro.

1. Conservação da água 2. Economia de água 3. Reúso de água cinza 4. Uso doméstico.

I. Aquino, Solimar Alves de. II. Título.

SOLIMAR ALVES DE AQUINO

VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DO REÚSO DE ÁGUAS CINZAS
EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.

Banca Examinadora:

Planaltina - DF, 03 de julho de 2019.

Profa. Dra. Elaine Nolasco Ribeiro – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Delvio Sandri – Universidade de Brasília

Profa. Dra. Lucijane Monteiro de Abreu – Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me ajudar e me permitir conquistar mais uma vitória.

À minha família, minha mãe Maria Conceição Ferreira de Aquino, meu pai Raimundo Alves de Aquino, minha esposa Luciene Costa Silva e meus filhos Fernanda Costa de Aquino, Lucas Costa de Aquino e Luana Carlas Costa de Oliveira, pelo amor, apoio e incentivo durante essa jornada de graduação.

À minha orientadora Elaine Nolasco Ribeiro, pelas orientações e importantes contribuições no desenvolver dessa pesquisa.

Ao curso de Gestão Ambiental e a todo o seu corpo docente pelo aprendizado que contribuiu para minha formação.

Aos moradores do Edifício Gênova que contribuíram para desenvolver a pesquisa, agradeço a disposição e atenção.

Aos membros da banca examinadora, pelas pertinentes sugestões para aprimorar este trabalho.

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram e me ajudaram nesta caminhada da graduação.

RESUMO

Em sistemas prediais, o reúso de água não potável promove um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana, como o reúso de água cinza para descarga de vasos sanitários, limpeza de calçadas e pisos e irrigação de jardim. A água cinza é oriunda de chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanques com uma destinação não potável após o devido tratamento, contribuindo para a redução do consumo de água potável, economia financeira, redução da produção de esgoto sanitário e proteção do meio ambiente. Este estudo de caso objetivou analisar os aspectos técnicos e financeiros, para possível implantação de um sistema de reúso de águas cinzas em aparelhos de descarga sanitária, considerando como objeto de estudo um edifício residencial, localizado em Sobradinho - DF. O período de estudo foi 6 meses, de janeiro a junho de 2019. Os dados relativos à quantidade de moradores, média de consumo de água, número de utilização dos geradores de água cinza e do vaso sanitário, foram adquiridos por meio de questionários aplicados aos moradores dos domicílios. Acompanhou-se as contas de água de cada apartamento e a do condomínio. Foram considerados valores atuais de mercado, para a instalação das tubulações e registros nos apartamentos, o custo da implantação da Estação de Tratamento de Águas Cinzas (ETAC) e o tempo de retorno do investimento. A avaliação técnica foi realizada observando os espaços disponíveis no edifício para a implantação da ETAC e para a inclusão das tubulações de água cinza. O condomínio possui 25 unidades domiciliares e uma área comum de 276 m². O edifício possui 72 moradores, incluindo crianças, que consomem ao todo 262 m³ de água mensal, ou seja, 8.733,33 L dia⁻¹, incluindo o consumo de água para a limpeza da área comum. Foi identificado que a demanda de água cinza corresponde a 30% do que é consumido no mês, ou seja, 80,11 m³, enquanto que a oferta de água cinza equivale a 47%. O custo operacional total do projeto foi estimado em R\$ 13.835,95, com o retorno do investimento em 67 meses. O edifício possui espaço suficiente para a implantação da ETAC.

Palavras-chave: Conservação da água; Economia de água; Reúso de água cinza; Uso doméstico.

ABSTRACT

In reuse systems, the reuse of non-potable water the reuse of non-potable water promotes an alternative supply in uses that don't offer risks to human health, such as the reuse of grey water to discharge sanitary vessels, cleaning of sidewalks and floors and garden irrigation. The grey water comes from showers, washing machines and tanks with a non-potable destination after due treatment, contributing to the reduction of potable water consumption, financial economy, reduction of sanitary sewage production and protection of the environment. This case study aimed to analyze the technical and financial aspects for the possible implementation of a grey water reuse system in sanitary discharge apparatus, considering as object of study a residential building, located in the city of Sobradinho - DF. The study period was 6 months, from January to June, 2019. The data about the number of dwellers, average water consumption, number of use of grey water generators and sanitary vessels, were acquired through questionnaires applied to the dwellers of the households. The water bills of each apartment and the condominium were followed. Current market values were considered for the installation of pipes and registers in the apartments, the cost of implementing the Grey Water Treatment Plant (ETAC) and the time of return of the investment. The technical evaluation was carried out observing the spaces available in the building for the implementation of ETAC and for the inclusion of grey water pipes. The condominium has 25 domiciliary units and a common area of 276 m². The building has 72 residents, including children, who consume a total of 262 m³ of monthly water, that is, 8,733.33 L day⁻¹, including the consumption of water for cleaning the common area. It was identified that the grey water demand corresponds to 30% of what is consumed in the month, that is 80,11 m³, while the grey water supply equals 47%. The total operational cost of the project was estimated at R \$ 13.835,95, with a return on investment of 67 months. The building has enough space for the implementation of the ETAC.

Key words: Water conservation; Water economy; Grey water reuse; Domestic use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferença entre conservação da água e uso racional da água.	17
Figura 2 - Sistema de reúso de água cinza.	20
Figura 3 - Cidade de Sobradinho – DF.....	31
Figura 4 - Vista da fachada do Edifício Gênova.	32
Figura 5 - Demanda e oferta de água cinza.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Projetos desenvolvidos no âmbito internacional.	21
Tabela 2 - Distribuição de consumo de uma família brasileira.	23
Tabela 3 - Demandas não potáveis.	24
Tabela 4 - Dados para cálculo da oferta de água cinza.....	25
Tabela 5 - Classificações e parâmetros para esgotos, conforme o reúso.....	26
Tabela 6 - Parâmetros para a água de reúso.	27
Tabela 7 - Sistemas de tratamentos recomendados.	28
Tabela 8 - Questionário utilizado na pesquisa.	32
Tabela 9 - Quantidade de moradores e consumo médio de água.	36
Tabela 10 - Orçamento para a implantação do sistema de tratamento de águas cinzas.	38
Tabela 11 - Materiais necessários.....	39
Tabela 12 - Consumo de água potável sem o sistema de reúso.....	40
Tabela 13 - Consumo de água potável com o sistema de reúso.	40
Tabela 14 - Custo mensal do sistema de reúso.....	40
Tabela 15 - Tempo de retorno do investimento.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1 Conservação da água	16
3.2 Reúso de água	18
3.2.1 Tipos de reúso.....	19
3.2.2 Reúso de águas cinzas em sistemas prediais	19
3.3 Reúso de águas cinzas	20
3.3.1 Utilização da água cinza no mundo	20
3.3.2 Utilização da água cinza no Brasil	22
3.3.3 Quantificação da água cinza – oferta e demanda de águas cinzas para reúso não potável residencial.....	23
3.3.4 Qualidade da água cinza	25
3.3.5 Sistemas de tratamento e de aproveitamento de águas cinzas	28
3.3.6 Riscos e legislação sobre reúso de águas residuárias para fins não potáveis em edificações	29
4 METODOLOGIA.....	31
4.1 Local de desenvolvimento do trabalho	31
4.2 Levantamento dos dados de consumo de água	32
4.3 Diagnóstico das instalações produtoras de águas cinzas	33
4.4 Oferta e demanda de águas cinzas	33
4.5 Avaliação econômica	33
4.6 Avaliação técnica	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1 Consumo de água (demanda) do edifício	35
5.1.1 Estimativa de demanda de água da bacia sanitária	36
5.1.2 Estimativa de oferta de água cinza	36
5.2 Seleção do sistema de tratamento adequado ao reúso das águas cinzas	37

5.3	Viabilidade econômica	37
5.3.1	Tempo de retorno do investimento	39
5.4	Viabilidade técnica para execução do projeto	41
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
7	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a disponibilidade de água potável está mudando o modo de pensar e agir da população, que gradualmente está adotando meios sustentáveis para economizar e reduzir o consumo de água. De acordo com Fiori, Fernandes e Pizzo (2006) o abastecimento urbano de água potável é um dos problemas mais relevantes do ponto de vista ambiental e sanitário, que tende a se agravar com o tempo. Sendo um recurso natural elementar para a existência humana, a água doce está disponível em apenas um centésimo do montante que está acessível para o uso, que representa 3% de água doce (VIANNA, 2017).

É preocupante o nível de poluição dos mananciais e o uso indiscriminado de água, que, somados ao crescimento populacional e consequente aumento da demanda por este recurso, resultam em crises de abastecimento de água. É nítido a pressão exercida sobre os recursos hídricos, em decorrência do uso inadequado da água e da crescente demanda pelo recurso que consequentemente requerem maiores retiradas desse insumo (VIANNA, 2017).

No ano de 2016 até 2017, o Distrito Federal (DF) passou por uma severa crise hídrica, fazendo com que as autoridades adotassem medidas mitigadoras a fim de reduzir o problema. Dessa forma, foram publicadas algumas resoluções pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA), em relação a situação crítica de escassez hídrica nos reservatórios do Descoberto e de Santa Maria, que abastecem a região do DF. Dentre as medidas aplicadas estão o racionamento do serviço de abastecimento de água, e uma tarifa de contingência no abastecimento de água prestados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), em virtude de situação de crise hídrica (CAESB, 2016).

No sentido de ampliar a perspectiva de conservação da água, que abrange a busca por fontes alternativas e uso eficiente da água, várias alternativas estão disponíveis. Dentre elas, há o reúso de águas cinzas, que são as águas oriundas de chuveiros, máquinas de lavar roupas e tanques com uma destinação não potável após o devido tratamento, que diminui a demanda de água, economiza energia, protege o meio ambiente, além de obter um uso mais eficiente da água (SILVEIRA, 2008). Em sistemas prediais o reúso de água não potável promove um abastecimento alternativo em usos que não oferecem riscos à saúde humana. O conceito de reúso de águas cinzas está relacionado à reutilização de efluentes domésticos, sendo uma alternativa conservacionista que contribui para a redução do consumo de água potável em edificações (SANT'ANA et al., 2017).

Um programa planejado de reutilização de águas cinzas em edificações, pode gerar reduções significativas na demanda urbana de água pelo sistema convencional e na exploração de recursos hídricos, além de economia financeira para os usuários e redução da produção de

esgoto sanitário (SANT'ANA et al., 2017). Para o reúso da água é necessário cumprir determinados padrões e critérios que são recomendados pelas legislações, verificando as características físicas, químicas e biológicas das águas cinzas, a fim de evitar possíveis contaminações (SANTOS, 2008).

Nesse contexto, os propósitos desse estudo são de analisar a viabilidade financeira e técnica de um sistema de reúso de águas cinzas em bacias sanitárias de um edifício residencial, em Sobradinho, Distrito Federal. Esse estudo visa a economia de recursos naturais, de forma que a água seja utilizada com mais consciência e eficiência, para que as gerações futuras possam também dispor desse recurso.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade técnica e financeira do reúso de água cinza em descarga sanitária de um condomínio residencial, localizado em Sobradinho - DF.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar o padrão de consumo (demanda) de água das unidades familiares;
- Identificar as fontes de águas cinzas do edifício;
- Definir as formas de reúso não potável;
- Avaliar a viabilidade técnica e financeira;
- Mensurar o custo de implantação do sistema de reúso de águas cinzas;
- Mensurar o tempo de retorno do investimento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Conservação da água

A disponibilidade de recursos hídricos para uso está diminuindo consideravelmente, principalmente quando se refere a água doce. Essa problemática vem se acentuando devido ao crescimento populacional, o desenvolvimento industrial, a poluição dos corpos hídricos e o uso irracional da água. É evidente o aumento da demanda por água doce e da produção de águas residuárias. Tais efluentes quando liberados nos mananciais, aumentando a poluição e diminuindo a qualidade e quantidade de água potável para o consumo humano (BAZZARELLA, 2005).

Um marco histórico na questão ambiental foi a criação da Agenda 21 na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992. Esse documento busca difundir um desenvolvimento sustentável, conciliando aspectos ambientais, sociais e econômicos (BAZZARELLA, 2005). Nesse documento é possível encontrar atividades que visam o estímulo e a promoção do uso de águas servidas devidamente tratadas. Tais atividades remetem a proteção e uso racional dos recursos hídricos, de modo a garantir a oferta desse recurso essencial a toda forma de vida.

Em concordância com Gonçalves (2006), o ciclo da água na natureza vem sofrendo interferências, principalmente, pela ocupação territorial, crescimento populacional e demais ações humanas. Diante disso, passou-se a utilizar algumas terminologias relativas ao uso da água. O referido autor evidencia a diferença entre os termos economia e conservação da água esclarecendo que a economia de água diz respeito as ações voltadas a preservação de uma determinada quantidade de água na bacia hidrográfica. Enquanto que as ações direcionadas para a conservação de água englobam possibilidades alternativas de aproveitamento da água na bacia, incluindo o reúso e demais de fontes alternativas.

A conservação da água é de suma importância, tendo em vista que o processo de urbanização pode aumentar a demanda pelo uso de água. Mesmo o Brasil sendo um dos países com a maior disponibilidade de água no mundo, já enfrenta sérios problemas de escassez e distribuição de água. Por isso, a adoção de fontes alternativas, juntamente com o uso racional da água, é essencial para minimizar esse cenário. Uma das fontes alternativas é o reúso de águas cinzas, que podem ser utilizadas para fins menos nobres e não-potáveis (SANTOS, 2002).

Em relação a gestão da demanda e da oferta, é relevante abordar também sobre a diferença entre uso racional de água e conservação de água (Figura 1). O uso racional de água possui enfoque na demanda, com o objetivo de reduzir e otimizar o consumo, reduzindo perdas e preservando a quantidade e a qualidade da água (GONÇALVES, 2004). Já a conservação de

água envolve tanto o controle da demanda como o aumento da oferta de água, utilizando fontes alternativas de água, como o aproveitamento da água de chuva e o reúso de águas cinzas, além de técnicas que melhoram a eficiência do uso da água (GONÇALVES, 2004).



Figura 1 – Diferença entre conservação da água e uso racional da água.

Fonte: Oliveira (1999); Gonçalves (2009); apud Silva e Cohim (2012).

Os recursos hídricos disponíveis para o consumo da população estão cada vez mais escassos, o que sem dúvidas dificulta o crescimento econômico e a qualidade de vida das pessoas (PERDIGÃO, 2015). O aumento da escassez está relacionado, principalmente, com o uso inadequado e exagerado de água e a poluição dos corpos hídricos (SILVEIRA, 2008). A adoção de medidas conservadoras, a fim de preservar esse recurso limitado, é essencial para a diminuição dessa problemática, buscando a conscientização da população para que esta e futuras gerações também possam desfrutar desse recurso natural.

No âmbito residencial, o consumo de água pode ser dividido pelo uso interno e externo. O consumo interno se refere principalmente ao uso da água para consumo, higiene pessoal e limpeza, enquanto o consumo externo compreende o uso com irrigação de jardins, limpeza automotiva, limpeza de áreas externas, piscinas, lazer, entre outros (PERTEL, 2009). Segundo Bazzarella (2005), uma das fontes com maior consumo de água é a área residencial, podendo utilizar mais da metade do consumo total de água nas áreas urbanas. Faz-se necessário adotar medidas para atingir uma redução do consumo de água, como por exemplo, a utilização de águas cinzas para fins menos nobres, dentre várias alternativas disponíveis.

Em relação as medidas de conservação que podem ser executadas em um edifício, Vianna (2017) cita a realização de campanhas de conscientização e combate ao desperdício,

substituição de aparelhos antigos por aparelhos mais modernos e eficientes, hidrômetro individual, busca por vazamentos, entre outras. Com a aplicação dessas e outras medidas é possível observar a redução dos gastos e desperdícios e conseqüentemente o aumento do uso eficiente da água.

3.2 Reúso de água

O tema reúso de água tornou-se bastante importante devido a sua grande utilidade quando o assunto é uso racional da água e conseqüentemente uso dos recursos hídricos. O reúso de águas cinzas é um método que fornece inúmeros benefícios, tanto de natureza econômica quanto de natureza ambiental. Dessa forma, mostra-se como um método sustentável uma vez que contribui para a diminuição da poluição hídrica, pois emite menos efluentes na rede de esgotos e reduz a utilização de água potável proveniente do sistema convencional (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005).

Define-se reúso de água como o aproveitamento de água residuária que engloba esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não (BRASIL, 2005). Com o uso de águas residuárias, o usuário utilizará menos água potável proveniente do sistema convencional, o que diminuirá a captação de água dos mananciais e do efluente gerado, além de obter economia financeira na conta de água (BIAZUS, 2015).

O reúso de águas cinzas engloba a reutilização de águas oriundas de chuveiros, máquinas de lavar roupas, tanques e lavatórios, com uma destinação não potável após o devido tratamento. Essa reutilização consiste em fins menos nobres, normalmente sendo utilizadas para limpeza de áreas externas, lavagem automotiva, em bacias sanitárias, irrigação, entre outras finalidades (LEITE, 2003). Observa-se que os efluentes provenientes de cozinhas não são considerados como água cinza, pois são altamente poluídos, como por exemplo, por óleos e gorduras (PERDIGÃO, 2015).

A escassez de água e crise hídrica são temas cada vez mais debatidos, uma vez que há a percepção que a água é um recurso limitado. No âmbito do Distrito Federal, no ano de 2017, verificou-se medidas de racionamento de água devido à redução do volume útil dos reservatórios que abastecem a população. Diante disso, é evidente a necessidade de adoção de medidas que sejam sustentáveis, ou seja, resultados que visem os “pilares” ambiental, social e econômico. Por isso, a utilização de água de reúso para fins não potáveis é uma alternativa que contribui para preservação do meio ambiente.

3.2.1 Tipos de reúso

De acordo com a Resolução nº 54 de 2005, publicada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que trata sobre os critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, são estabelecidas as seguintes modalidades de reúso de água:

- Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio dentro da área urbana;
- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;
- Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Para que a água possa ser reutilizada é necessário definir qual o uso final pretendido, e assim, ser estabelecida a forma mais adequada de tratamento, afim de atender parâmetros de qualidade para o seu uso (SANTOS, 2003). Independente do uso final da água de reúso, são levados em consideração a sua qualidade física, química e microbiológica, que devem satisfazer os padrões mínimos exigidos para o seu uso (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2006).

3.2.2 Reúso de águas cinzas em sistemas prediais

Para Silveira (2008) alguns fatores devem ser considerados em relação aos sistemas de reúso, tais como a identificação de oportunidades em reusar a água e a qualidade mínima da água necessária para o uso em questão. Segundo ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005) em um programa de reúso, o sistema hidráulico tem que ser independente e devidamente identificado, as torneiras de água não potável devem ser de acesso restrito, com equipes capacitadas, reservatórios específicos, entre outros conjuntos de ações, a fim de atingir a expectativa do programa.

Em se tratando do reúso de água cinza para descarga em bacias sanitárias e para lavagem de pisos, é necessário observar aspectos referentes ao não aparecimento de mau-odor, não ser abrasiva, não manchar superfícies, não deteriorar os metais sanitários e não propiciar infecções ou contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005). ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005) citam como reúso preponderante

das águas tratadas nos edifícios, em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais e também podendo ser reutilizada para lavagem de veículos. Esse conjunto de atividades possuem a mesma restrição de qualidade, pois precisam ser manuseadas pelos usuários.

A quantificação da produção e da demanda de água cinza, diverge dependendo da região, clima e hábitos dos habitantes, pois está ligada ao consumo de água dentro das residências (BAZZARELLA, 2005). Nesse sentido, é notório que a oferta de água cinza é mais abundante em edifícios residenciais, onde há uma maior parcela de consumo de água dedicada às atividades de higiene pessoal e lavagem de roupas (ANA, FIESP & SindusCon-SP, 2005). Na Figura 2 é possível visualizar as fases de um programa de reúso de água cinza.

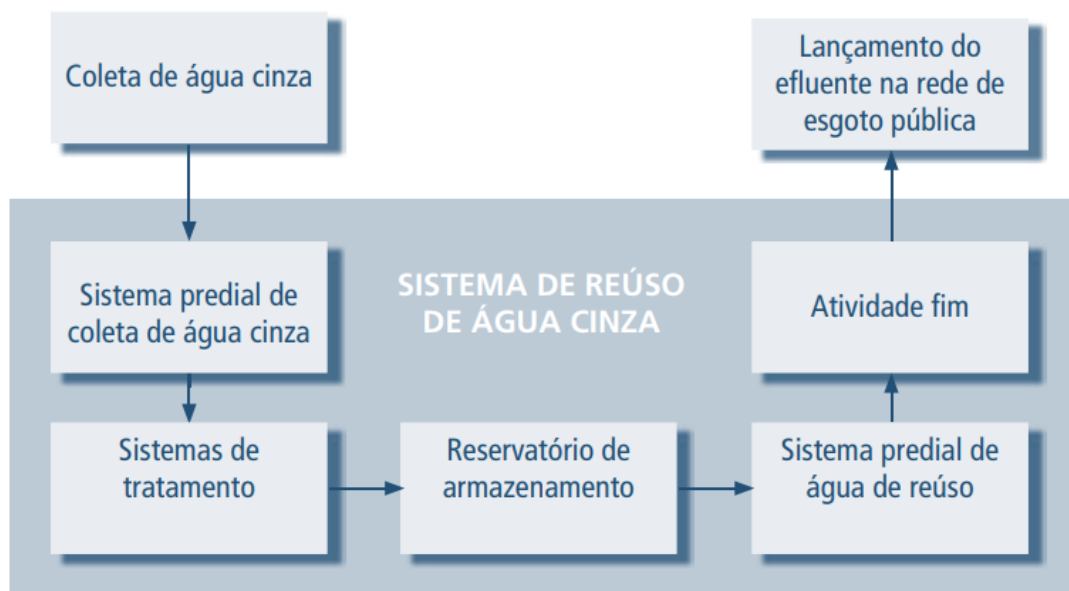


Figura 2 - Sistema de reúso de água cinza.

Fonte: ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005).

3.3 Reúso de águas cinzas

3.3.1 Utilização da água cinza no mundo

As águas cinzas dispõem de índices elevados de matéria orgânica, de sulfatos, de turbidez e índice moderado de coliformes termotolerantes, além de compostos orgânicos biodegradáveis (GONÇALVES, 2006). Por isso, um tratamento adequado deve ser realizado a fim de alcançar os níveis de qualidade aceitáveis para seu reúso. Segundo Gonçalves (2006) o reúso de água cinza envolve a saúde pública, o controle da poluição ambiental e métodos construtivos de edificações, necessitando de regulamentação. Mesmo com a carência na regulamentação do reúso de água cinza, sua aplicação em diversos ramos é crescente em vários países como EUA, Austrália, Canadá, Reino Unido, Alemanha e Suécia.

Em relação aos projetos desenvolvidos no âmbito internacional, é de suma importância ressaltar alguns projetos/programas que são reconhecidamente casos de sucesso. Tais projetos abrangem diversas modalidades de reúso, países, capacidades, impulsionadores, nível de tratamento, e data de início de operações. Os projetos aqui apresentados (Tabela 1) envolvem 3 países com modalidades de reúso diferentes, estruturas de regulamentação diferentes por estarem localizados em países diferentes, tamanho e nível de tratamento diferentes (BRASIL, 2017).

Tabela 1 - Projetos desenvolvidos no âmbito internacional.

Projeto	Upper Occoquan	Atotonilco, Vale de Mezquital	Recarga de lençol freático em Perth
Modalidade	Reúso potável indireto	Reúso agrícola	Reúso potável indireto via injeção
País	EUA	México	Austrália
Capacidade (m³/s⁻¹)	2,4	35,0	0,6
Impulsionador	Proteção ambiental e segurança hídrica	Saúde pública e proteção ambiental e segurança hídrica	Segurança hídrica
Tratamento	Avançado (sem Osmose Reversa)	Secundário (com desinfecção)	Avançado (com Osmose Reversa)
Início das operações	1970	2017	2010

Fonte: Adaptado de Brasil (2017).

O projeto de reúso de Upper Occoquan, teve como modalidade de reúso o uso potável indireto, sendo desenvolvido nos Estados Unidos (EUA), mais especificamente no Estado da Virgínia. O órgão responsável pelos riscos de saúde pública associados ao reúso é o Departamento de Qualidade de Água do Estado de Virgínia. O reúso indireto necessitou de padrões suplementares que foram definidos na “Política Occoquan”. Nos EUA o ente federado é responsável pela regulação e fiscalização, enquanto que o governo federal define apenas diretrizes. Esse projeto proporcionou o tratamento necessário para preservação da qualidade da

água no reservatório, não havia outra alternativa no contexto local. Os custos do tratamento são pagos pelo consumidor, através das tarifas de água e esgoto (BRASIL, 2017).

O projeto de reúso de Atotonilco, Vale de Mezquital na modalidade reúso agrícola foi desenvolvido no México, em Hidalgo. O CONAGUA é o órgão responsável no país pela gestão da água. No projeto foi realizado tratamento mínimo necessário para atender padrões de qualidade que garantam a saúde pública. Os consumidores que lançam efluente na rede pagam pelos custos de tratamento, sendo pago através da tarifa de esgoto da Cidade de México. O projeto é uma parceria público privada (PPP) com 49% financiado pelo governo federal (BRASIL, 2017).

E no projeto de recarga de lençol freático, a modalidade do reúso foi o uso potável indireto via injeção, elaborado em Perth, na Austrália. O órgão responsável pelos riscos de saúde pública é o Departamento de Água, Departamento da Saúde e Departamento de Qualidade Ambiental do estado de Perth. O reúso nesse local precisou de padrões específicos baseados nas diretrizes nacionais para reúso indireto e com demonstração através de estudo piloto. Semelhante aos EUA, o ente federado é responsável pela regulação e fiscalização, e o governo federal define as diretrizes. Idêntico aos países descritos acima, na Austrália os custos do tratamento são pagos pelo consumidor através a tarifa de água que é integrada a tarifa de esgoto, por ser a mesma entidade que trata o efluente e distribui a água. O projeto não teve incentivo financeiro do governo, que apenas concedeu apoio por meio de publicação de diretrizes técnicas para implementação dos projetos (BRASIL, 2017).

3.3.2 Utilização da água cinza no Brasil

No âmbito nacional, dois projetos de reúso se destacam, Aquapolo e CAESB. O projeto Aquapolo, com capacidade de produção de água de reúso (1.000 L s^{-1}), é um projeto já implementado e que está operando desde 2012. O caso da CAESB ainda não é considerado um projeto de reúso indireto, porém ele já se encaixa nas regulamentações existentes incluindo a Portaria GM/MS nº 2.914/2011 (para a ETA com captação no Lago Paranoá), a Resolução CONAMA nº 357/2005, e a Resolução CNRH nº 54/2005 (BRASIL, 2017).

O projeto Aquapolo está enquadrado na modalidade de reúso industrial, realizado no Estado de São Paulo. Nesse projeto a responsável pelos riscos de saúde pública é a CETESB, possuindo licença própria de operação com a CETESB. Em relação a fiscalização a própria CETESB é responsável pela regulação e fiscalização do projeto do ponto de vista da qualidade da água. O domínio do efluente sanitário tratado é do Estado, porém não se obteve acesso aos estudos que foram realizados para analisar a viabilidade econômica dos sistemas de reúso. Ao

invés de um preço unitário para água de reúso definido com base em um desconto sobre o preço da água, foi definido um preço unitário baseado no contrato de demanda “take or pay” de fornecimento de água industrial. O tratamento é realizado através de lodo ativado com membrana de ultrafiltração e osmose reversa, desinfecção por dióxido de cloro (BRASIL, 2017).

O programa realizado pela CAESB no Distrito Federal, já se encaixa nas regulamentações existentes e os padrões de lançamento são considerados suficientes. O efluente sanitário tratado é sujeito à outorga de lançamento, sendo de domínio do DF. São os usuários que lançam efluente sanitário na rede que pagam pelos custos de tratamento nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) e os consumidores de água que pagam pelos custos das Estações de Tratamento de Água (ETAs), os dois através da CAESB (BRASIL, 2017). O programa é desenvolvido na ETA do Lago Paranoá em Brasília – DF, no qual o tratamento realizado é a remoção biológica de nutrientes somado ao polimento final com membrana.

3.3.3 Quantificação da água cinza – oferta e demanda de águas cinzas para reúso não potável residencial

De acordo com Costa e Ilha, citado por Biazus (2015) a média de consumo da máquina de lavar em uma residência é de 8%, chuveiro é de 37% e o tanque em média de 2%. Dessa forma, cerca de 47% do volume gerado nas tipologias mencionadas pode ser reutilizado para fins não potáveis. Para Gonçalves e Bazzarella (2005, apud GONÇALVES, 2006) a estimativa dessa natureza é apresentada conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição de consumo de uma família brasileira.

Vaso sanitário	Chuveiro	Tanque	Máquina de lavar roupa
3 descargas / dia	10 min / dia	5 min / dia	3 ciclos / semana
12 L / descarga	12 L / min	10 L / min	210 L / ciclo
14%	47%	5%	8%

Fonte: Adaptado de Gonçalves e Bazzarella (2005, apud GONÇALVES, 2006).

De acordo com Gonçalves (2006) para a estimativa da oferta e da demanda de águas cinzas para reúso em um edifício, é necessário quantificar o número de apartamentos, o número de habitantes por apartamento, o número de banheiros e o tamanho da área impermeável do edifício, ou seja, a área comum que utilizará a água cinza na lavagem. No cálculo da demanda

deve-se determinar as demandas interna e externas do edifício. Gonçalves (2006) adota os seguintes dados conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Demandas não potáveis.

Vaso sanitário	6 L ⁻¹ descarga
	5 descargas por dia
	perdas por vazamento de 10%
Lavagem da área impermeabilizada	4,0 L dia ⁻¹ m ⁻²
	8 utilizações mês ⁻¹

Fonte: Gonçalves (2006).

- Cálculo das demandas internas:

Considera-se a população (N).

N = número de apartamentos x pessoas por apartamento

A demanda interna (Q_{INT}) corresponde apenas ao volume de água a ser utilizada nos vasos sanitários (Q_{VS}), acrescida de um potencial de perdas de 10%.

$$Q_{INT} = Q_{VS} + 10\% \text{ (L dia}^{-1}\text{)}$$

- Cálculo das demandas externas:

Considera-se na demanda externa (Q_{EXT}) a lavagem da área impermeabilizada (Q_{AI}) do edifício.

$$Q_{EXT} = Q_{AI}$$

$$Q_{AI} = \frac{\text{área (m}^2\text{)} \times \text{L dia}^{-1} \text{ m}^2 \times \text{utilizações mês}^{-1}}{30} \text{ (L dia}^{-1}\text{)}$$

30

- Cálculo da demanda total de água não potável:

A demanda total é igual a soma das demandas internas e externas à edifício.

$$Q = Q_{INT} + Q_{EXT} \text{ (L dia}^{-1}\text{)}$$

$$Q = \text{m}^3 \text{ mês}^{-1}$$

Para a quantificação da oferta de água cinza Gonçalves (2006) também leva em consideração os seguintes dados como mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Dados para cálculo da oferta de água cinza.

	$Vazão (q) = 20 \text{ L min}^{-1}$	
Chuveiro	$Duração (t) = 10 \text{ min hab}^{-1} \cdot \text{dia}$	$Q_{CH} = N \times q \times t \times f$
	$Frequência (f) = 1,5 \text{ vez dia}^{-1}$	$Q_{CH} = L \text{ dia}^{-1}$
	$Vazão (q) = 20 \text{ L min}^{-1}$	
Tanque	$Duração (t) = 5 \text{ min hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$	$Q_T = N_{apt} \times q \times t \times f$
	$Frequência (f) = 1 \text{ vez dia}^{-1}$	$Q_T = L \text{ dia}^{-1}$
	$Vazão (q) = 108 \text{ L ciclo}^{-1}$	
Máquina de lavar	$Frequência (f) = 1 \text{ ciclo dia}^{-1}$	$Q_{ML} = N_{apt} \times q \times t \times f$
		$Q_{ML} = L \text{ dia}^{-1}$
PRODUÇÃO TOTAL =		$L \text{ dia}^{-1}$
		$\text{m}^3 \text{ mês}^{-1}$

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2006).

3.3.4 Qualidade da água cinza

Conforme Gonçalves (2006) águas cinzas normalmente apresentam índices de turbidez e concentração de sólidos em suspensão elevados, nos quais os sólidos mais encontrados nas águas cinzas são cabelos e fibras de tecidos. Esses materiais em suspensão podem ser usados como abrigo por microrganismos, gerando até mesmo rejeição por parte dos usuários, em uma água de reúso sem tratamento (GONÇALVES, 2006). Um aspecto importante que deve ser observado na gestão de água cinza é a alta biodegradabilidade, no qual o período de estocagem dessa água é de suma importância, pois pode interferir nas características dessas águas, e até produzir odores (GONÇALVES, 2006).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13.969, o esgoto doméstico tratado deve ser reutilizado para fins não potável, porém sanitariamente seguro, como por exemplo na irrigação dos jardins, na lavagem dos pisos e dos veículos automotivos e na descarga dos vasos sanitários (ABNT, 1997). A Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 13.969, ainda classifica (Tabela 5) os casos simples de reúso menos exigente e os

parâmetros necessários, como no caso de reutilizar a água de enxágue das máquinas de lavar para a descarga em vasos sanitários (ABNT, 1997).

Tabela 5 - Classificações e parâmetros para esgotos, conforme o reúso.

Classe	Uso	Turbidez	CF (NMP 100 mL ⁻¹)	SDT (mg L ⁻¹)	pH	CR (mgL ⁻¹)
1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes	< 5	< 200	< 200	Entre 6,0 e 8,0	Entre 0,5 e 1,5
2	lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	< 5	< 500	-	-	> a 0,5
3	reúso nas descargas dos vasos sanitários	< 10	< 500	-	-	-
4	reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	-	< 5000	-	-	-

CF – Coliformes fecais; SDT – Sólidos dissolvidos totais; pH – Potencial hidrogeniônico; CR – Cloro residual.

Fonte: ABNT (1997).

- classe 1: Geralmente é necessário tratamento aeróbio seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante;

- classe 2: Nesse nível é satisfatório um tratamento biológico aeróbio seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes;
- classe 3: Normalmente apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção já satisfaz as exigências.
- classe 4: As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita.

ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005) citam alguns parâmetros de qualidade necessários para a água de reúso (Tabela 6), exigindo-se transparência, ausência de odor, cor ou qualquer componente flutuante.

Tabela 6 - Parâmetros para a água de reúso.

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg L ⁻¹)	≤ 1 mg L ⁻¹
DBO (mg L ⁻¹)	≤ 10 mg L ⁻¹
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes
Nitrato (mg L ⁻¹)	< 10 mg L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal (mg L ⁻¹)	≤ 20 mg L ⁻¹
Nitrito (mg L ⁻¹)	≤ 1 mg L ⁻¹
Fósforo total (mg L ⁻¹)	≤ 0,1 mg L ⁻¹
Sólido suspenso total (SST) (mg L ⁻¹)	≤ 5 mg L ⁻¹
Sólido dissolvido total (SDT) (mg L ⁻¹)	≤ 500 mg L ⁻¹

Fonte: ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005).

3.3.5 Sistemas de tratamento e de aproveitamento de águas cinzas

Entre as tecnologias disponíveis no mercado para o tratamento de água cinza, ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005) apresentam de forma sucinta os sistemas recomendados para o tratamento das águas cinzas provenientes da máquina de lavar roupas e chuveiro como mostrado na Tabela 7, no qual é possível observar que possuem o mesmo sistema de tratamento.

De acordo com Vianna (2017) as águas de reúso precisam de pouco tratamento, observado as instruções da ABNT NBR 13.969, em relação ao reúso de água Classe 2, que trata sobre a aplicação de água de reúso em vasos sanitários e irrigação de jardins, é indicado o tratamento o preliminar, biológico, filtração e a desinfecção. Alguns trabalhos também indicam a necessidade de correção de pH (Tabela 7), com a finalidade de manter as taxas de turbidez e o número de coliformes fecais baixos (VIANNA, 2017).

Tabela 7 - Sistemas de tratamentos recomendados.

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA
	Máquina de lavar roupas e Chuveiro
Descargas em bacias sanitárias	(B ou C) + A + D + E
Limpeza de pisos	
Lavagem de veículos	
Irrigação, rega de jardins	

A = sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia.

B = sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação.

C = sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados.

D = desinfecção.

E = Correção de pH.

Fonte: Adaptado de ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005).

Vianna (2017) descreve os processos de tratamento utilizados para as águas de reúso, destacando que no tratamento preliminar ocorre a remoção de sólidos grosseiros, a fim de impedir possíveis entupimentos na canalização. Nas águas cinzas, mesmo os sólidos grosseiros possuindo dimensões reduzidas devido à presença dos ralos, deve-se considerar as quantidades de areia, cabelos, entre outros tipos de materiais, nos quais a remoção pode ser realizada por

meio de grades finas ou peneiras (GONÇALVES, 2006). A etapa da decantação ocorre do meio da gravidade, no qual há a separação dos sedimentos sólidos e da parte líquida.

Já o processo de filtração pode ser realizado com brita e areia, sendo indicada a substituição do meio filtrante após dois anos de uso (PERDIGÃO, 2015). É nessa etapa que ocorre a remoção de partículas em suspensão. Em relação ao tratamento biológico, pode-se optar pelo anaeróbio ou aeróbio. No anaeróbio, ocorre a transformação da maior parte do material biodegradável em biogás, o restante resulta em lodo. No aeróbio, a degradação biológica converte parte da matéria orgânica em água e CO₂, e o restante em lodo.

Outra etapa importante no processo de tratamento, na qual as águas de reúso são expostas, é a desinfecção (ABNT, 1997). Esse processo é realizado para eliminar os organismos patogênicos (VIANNA, 2017). No processo de desinfecção, o tempo de contato e a concentração do agente desinfetante devem ser observados (BAZZARELLA, 2005). De acordo com a ABNT NBR 13.969, o método mais utilizado é a cloração por gotejamento (hipoclorito de sódio) e por pastilha (hipoclorito de cálcio), pois representam uma menor preocupação em nível operacional (ABNT, 1997). É utilizado na desinfecção uma dosagem de cloro de 5 a 20 mg L⁻¹, em um tempo de contato de 30 a 60 minutos (BIAZUS, 2015).

3.3.6 Riscos e legislação sobre reúso de águas residuárias para fins não potáveis em edificações

Há diversas normas que adequam o reúso de águas cinzas nas residências, normatizando principalmente os padrões de qualidade necessários para a utilização deste tipo de água (SANTOS, 2008). O objetivo primordial sem dúvida é a proteção da saúde dos usuários e do meio ambiente, onde os padrões de qualidade da água de reúso variam de acordo com o local (SANTOS, 2008). Conforme evidencia Bazzarella (2005) o uso de sistemas de reúso carrega a responsabilidade pela gestão deste insumo, pois o gestor se torna um “produtor de água”.

A norma técnica NBR 13.969/97, que trata sobre o reúso de efluentes tratados como uma opção de destino final não potável, classifica o efluente em quatro classes, evidenciando os padrões de qualidade para o reúso para cada classe (ABNT, 1997). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357, de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, entre outras providências (BRASIL, 2005). Posteriormente, esta resolução foi alterada pela Resolução Conama 430/11, em relação às condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54 de 2005, estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, entre outras providências. Em seu art. 3º destaca-se o destino das águas de reúso para fins urbanos, como por exemplo, lavagens de carros e em edificações, entre outras (BRASIL, 2005). Essa resolução busca a integração do reúso no planejamento dos recursos hídricos, visando maior conservação, redução das perdas de água, proteção dos mananciais existentes, além da promoção do uso racional (BRASIL, 2017).

A Lei nº 11.445 de 2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico que engloba atividades, disponibilização e manutenção de infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reúso ou o seu lançamento final no meio ambiente (BRASIL, 2007).

E no âmbito do Distrito Federal, há a Lei nº 5.890 de 2017, que estabelece as diretrizes para as políticas públicas de reúso da água não potável em edificações não industriais no Distrito Federal. A Lei cita descargas sanitárias, lavagem de pisos, fachadas, veículos, entre outros, como possíveis usos desse tipo de água não potável em edificações (BRASIL, 2017). A fim de minimizar os riscos à saúde dos consumidores desse tipo de água, diversas são as legislações e regulamentos aplicáveis para gerenciar os padrões e qualidade da água de reúso. Na gestão da água de reúso, está incluso o monitoramento da qualidade, que pode ser diário ou semanal, dependendo da destinação da água cinza tratada (BRASIL, 2017).

Diante da situação de escassez hídrica vivenciada pelo DF, a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA) elaborou a Resolução nº 03, de 19 de março de 2019 que estabelece diretrizes para implantação e operação de sistemas prediais de água não potável em edificações residenciais. Essa resolução foi criada para ampliar a conservação de água em edificações residenciais através de fontes alternativas, controlando tanto a oferta como a demanda de água, e conseqüentemente, obtendo a redução dos impactos ambientais causados pela exploração de recursos naturais (ADASA, 2019).

Tais regulamentações fizeram com que o Brasil alcançasse progressos notáveis, mas ainda precisa de muitos avanços, a fim de aumentar a visibilidade dos recursos hídricos, de promover a efetividade do CNRH e dos conselhos estaduais de recursos hídricos, fortalecer as instituições e a capacidade técnica e financeira das instituições estaduais, por meio de mecanismos como o Pacto Nacional pela Gestão das Águas, implementar a cobrança pelo uso da água como instrumento da política de gestão de recursos hídricos, onde for necessária (BRASIL, 2017).

4 METODOLOGIA

Essa pesquisa teve início com uma revisão de literatura centrada no tema reúso de água cinza. Em seguida foi definido o objeto de estudo, com a identificação do volume da oferta e demanda de água cinza, a escolha do tipo de tratamento para a água de reúso e a viabilidade econômica e técnica. Quanto a finalidade a pesquisa pode ser classificada em aplicada, com abordagem quantitativa, tendo por objetivo a exploração do objeto de estudo que se utilizou de um estudo de caso para a coleta de informações (MARCONI E LAKATOS, 2003).

4.1 Local de desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi desenvolvido em um condomínio residencial - Edifício Gênova, localizado na Quadra 2 Conjunto “D” da Região Administrativa de Sobradinho (RA-V), Distrito Federal (Figura 3). A cidade de Sobradinho foi fundada em 13 de maio de 1960, às margens da BR-020, sendo construída para alocar a população que participava da construção de Brasília, pertencentes a órgãos públicos, empreiteiras, empregados do DENOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca) e operários (PDL - SOBRADINHO, 1994).

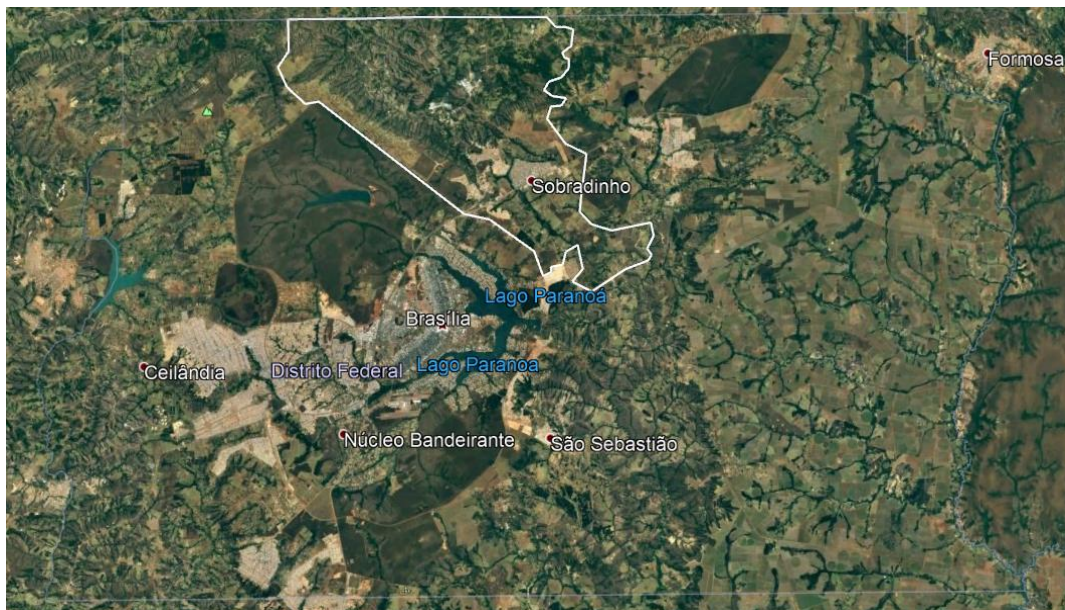


Figura 3 - Cidade de Sobradinho – DF.

Fonte: Google Earth (2019).

Segundo o estudo da CODEPLAN - PDAD (2015), a cidade de Sobradinho possui uma população de 68.551 habitantes, quase metade encontra-se na faixa etária de 25 a 59 anos, 48%, e crianças, na faixa de zero a 14 anos e os idosos representam 18% cada grupo. A cidade possui uma área total de 287,60 km² e está localizada a aproximadamente 30 km de Brasília. O condomínio, objeto da pesquisa, possui 3 andares além do térreo, com duas entradas

independentes que dão acesso aos apartamentos (Figura 4). Cada entrada dá acesso a 12 apartamentos e no térreo se encontra a residência do zelador, totalizando 25 unidades domiciliares. É também no térreo que está localizado o salão de festas com 2 banheiros, masculino e feminino, e as dependências com os produtos para a limpeza do condomínio.



Figura 4 - Vista da fachada do Edifício Gênova.

Fonte: Google Earth (2019).

4.2 Levantamento dos dados de consumo de água

Os dados relativos à I) quantidade de moradores por apartamento, II) média de consumo de água, III) número de utilização dos geradores de água de água cinza e do IV) vaso sanitário, foram obtidos através de aplicação de questionário (Tabela 8). Para conhecer o consumo de água foi realizado o acompanhamento das contas de água de cada apartamento e a do condomínio, por um período de 6 meses, de janeiro a junho de 2019. Foram entrevistadas apenas pessoas maiores de 18 anos, totalizando 25 entrevistas.

Tabela 8 - Questionário utilizado na pesquisa.

1. Identificação	1.1	Número do apartamento:
	1.2	Número de pessoas que moram no domicílio:
2. Informações gerais	2.1	Média de consumo (m ³):
	2.2	Frequência de uso da bacia sanitária (dia):
	2.3	Quantidade de chuveiro:
	2.4	Quantidade de tanque:
	2.5	Quantidade de máquina de lavar roupa:

4.3 Diagnóstico das instalações produtoras de águas cinzas

Foi coletado o consumo mensal de água nos 25 domicílios e no condomínio, levando em consideração o número de moradores em cada apartamento e a quantidade média de uso da bacia sanitária, máquina de lavar roupa, chuveiro e tanque. Foi observado a quantidade de água utilizada por descarga na bacia sanitária.

4.4 Oferta e demanda de águas cinzas

Para a estimativa da oferta de água de reúso, foi considerado os dados disponíveis na literatura, em acordo com Costa e Ilha, citado por Biazus (2015), conforme item 3.3.3. Para quantificar a demanda foi considerado os cálculos apresentados no item 3.3.3, como demonstrado na Equação 1, Equação 2 e Equação 3.

Equação 1 - Demanda interna dos apartamentos.

$$Q_{INT} = Q_{VS} + 10\% \text{ (L/dia)}$$

$$Q_{INT} = \text{n}^\circ \text{ de pessoas} \times \text{n}^\circ \text{ de L/descarga} \times \text{n}^\circ \text{ de descargas dia}^{-1} + 10\% \text{ de perdas vazamento}$$

$$Q_{INT} = \text{L dia}^{-1}$$

Equação 2 - Demanda externa, área comum.

$$Q_{EXT} = Q_{AI}$$

$$Q_{AI} = \frac{(\text{área externa m}^2) \times \text{n}^\circ \text{ de L dia}^{-1} \text{ m}^2 \times \text{n}^\circ \text{ de utilizações mês}^{-1}}{30} \text{ (L dia}^{-1}\text{)}$$

30

$$Q_{EXT} = \text{L dia}^{-1}$$

Equação 3 - Demanda total.

$$Q = Q_{INT} + Q_{EXT} \text{ (L dia}^{-1}\text{)}$$

$$Q = \text{m}^3 \text{ mês}^{-1}$$

4.5 Avaliação econômica

Foram considerados valores atuais de mercado para a instalação das tubulações e registros em cada apartamento, o custo da implantação da ETAC e o tempo de retorno do investimento. Para tanto foram contabilizados os serviços de mão de obra e materiais para a implantação do sistema, manutenção de equipamentos e materiais.

4.6 Avaliação técnica

Foi realizada análise do espaço físico do edifício para a implantação da ETAC e para a instalação das tubulações para água cinza. As modificações técnicas necessárias no edifício incluem a execução de tubulações independentes, sendo um para água de reúso e outro para água potável, sendo que tais diferenciações de canalização serão realizadas tanto na coleta do efluente, quanto no abastecimento de água, com cores distintas (GONÇALVES, 2006).

Os registros de cada rede também terão abertura e fechamento diferenciados, para no caso de falta de água de reúso, os vasos sanitários possam ser abastecidos com água potável (GONÇALVES, 2006). As águas cinzas após tratamento serão direcionadas a um reservatório, onde será armazenada e posteriormente conduzidas para o reservatório superior (caixas d'água) para abastecer os vasos sanitários.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada apartamento possui uma área total de 65m², sendo que 12 apartamentos são compostos por dois quartos – sendo um deles com suíte, um banheiro social, sala, cozinha e área de serviço, enquanto 13 apartamentos são compostos por dois quartos, um banheiro social, sala, cozinha e área de serviço. Ao todo são 37 bacias sanitárias nos apartamentos. A área comum, no térreo, possui 276 m². Em relação a caracterização das instalações, foi constatado que o condomínio possui:

- 2 caixas de água de 12 m³ cada na parte superior;
- 1 reservatório inferior de 26 m³ que se encontra inativo;
- Reserva total de incêndio de 12 m³;
- Altura total do edifício de 12 m;
- Duas bombas de recalque com 2,5 CV cada;
- Tubulação de água de 40 mm;
- Canalização ligada ao hidrante;
- 3 válvulas de pé de fundo de poço;
- 2 boias elétricas de caixa de água;

5.1 Consumo de água (demanda) do edifício

O volume gerado de água cinza para reúso foi obtido identificando o consumo de água potável do edifício. Por meio da aplicação do questionário, foi obtida a quantidade de moradores e com o monitoramento das contas de águas a média de consumo de água por mês. O condomínio possui uma população total de 72 pessoas, incluindo as crianças, e um consumo médio de 262 m³.⁻¹, o que gera um consumo de 8.733,33 L dia⁻¹. O consumo varia entre os meses, em decorrência, principalmente, de algumas mudanças de moradores que moram de aluguel. Nota-se ainda que o consumo per capita do condomínio (117) está abaixo do consumo per capita médio de Brasília que é de 133 L hab⁻¹.dia⁻¹ conforme relatório da Adasa (2018) (Tabela 9).

Tabela 9 - Quantidade de moradores e consumo médio de água.

Número de apartamentos	Quantidade de moradores	Consumo (m ³)	Consumo (L dia ⁻¹)	Consumo per capita condomínio (L hab ⁻¹ .dia ⁻¹)
25	72	252	8.400	
Condomínio	-	10	333,33	117
Total	72	262	8.733,33	

Fonte: Do autor.

5.1.1 Estimativa de demanda de água da bacia sanitária

Foi considerado a Equação 1, 2 e 3 para o cálculo da demanda de água cinza, observado o número de habitantes, incluindo crianças, para quantificar a população total do edifício; a média de uso do vaso sanitário por dia e a quantidade de litros gastos por descarga para determinar a demanda interna; e o tamanho da área comum que utilizará a água cinza na lavagem do piso para determinar a demanda externa; e, por fim, a soma da demanda interna e externa para quantificar a demanda total. Os apartamentos possuem bacias sanitárias mais econômicas, que gastam em média 6 L descarga⁻¹, assim, a demanda interna é de 2.376 L dia⁻¹, conforme Equação 1.

Já para a área comum do condomínio (área externa), foi quantificado que a área total é de 276 m², multiplicado pela quantidade de litros gastos por dia e o número de utilizações por mês, conforme Equação 2. A demanda total é de 80,11 m³ mês⁻¹, o que representa em torno de 30% do total de água utilizada (262 m³) pelos moradores, o que corresponde a 2,67m³ dia⁻¹, conforme Equação 3.

5.1.2 Estimativa de oferta de água cinza

O edifício possui, como equipamentos geradores de água cinza os chuveiros, totalizando 37 unidades, tanques 25 unidades, e máquinas de lavar roupas que somam um total de 25 unidades. A partir desses componentes geradores, será captada a água cinza para ser reutilizada nas bacias sanitárias.

Considerando que em uma residência o consumo médio do chuveiro é em torno 37%, da máquina de lavar 8% e o tanque 2% em anuência com Costa e Ilha, conforme citado por Biazus (2015) como pode ser observado no item 3.3.3. Observa-se que dos equipamentos geradores de água cinza, o chuveiro gera maior volume. Juntamente com as outras fontes de água cinza, há um volume total de 47% de produção de água cinza que pode ser reutilizado para fins não potáveis (Figura 5).

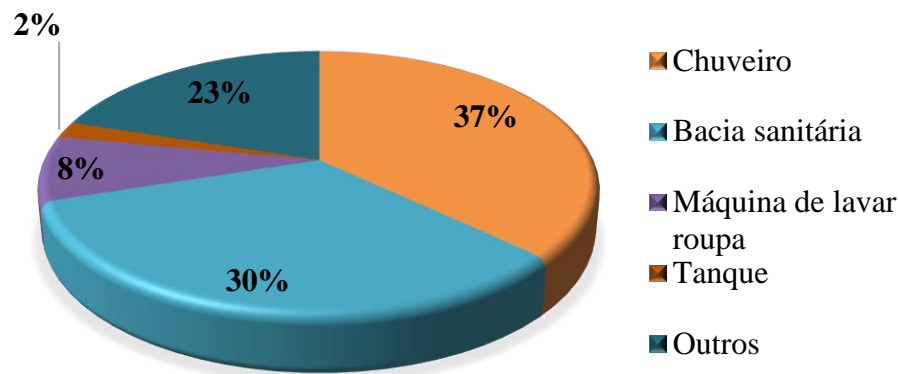


Figura 5 - Demanda e oferta de água cinza.

Fonte: Do autor.

O volume de água cinza gerado pelos chuveiros atende à demanda das bacias sanitárias. Os três equipamentos geradores de água cinza garantem o abastecimento necessário para o reúso em descargas sanitárias, pois o volume de oferta de água cinza (47%) é superior a demanda da bacia sanitária e lavagem da área comum de 80,11 m³ (30%), garantindo segurança quanto ao seu abastecimento.

5.2 Seleção do sistema de tratamento adequado ao reúso das águas cinzas

De acordo com a NBR 13.969 (1997), o presente estudo se enquadra em um caso simples de reúso menos exigente, pois abrange a reutilização de água cinza para a descarga em bacias sanitárias, lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins. Dessa forma, o reúso de água cinza para esses fins integra a Classe 2 e 3 da referida norma, conforme item 3.3.4.

Para o tratamento da água de reúso foi considerado uma Estação de Tratamento de Água Cinza – ETAC, sendo escolhido um sistema automático de tratamento, disponível no mercado. Foram pesquisadas 3 empresas de Brasília que fornecem esse serviço, sendo escolhido um sistema simples e eficaz composto por sensor e separador automático das águas cinza, instalado próximo as máquinas de lavar roupas, eletroválvula, tubulação, filtragem e cloração. O excedente de água cinza será utilizado na limpeza de pisos e calçados e irrigação dos jardins.

5.3 Viabilidade econômica

Os custos do projeto dizem respeito as reformas que serão realizadas em cada apartamento e a construção da ETAC. Foram pesquisados três orçamentos, no qual foi possível identificar que todo o projeto pode ser realizado em até 15 dias, gerando o menor transtorno possível para os moradores. Os valores dos equipamentos e materiais foram pesquisados em três empresas de Brasília, que fornecem tanto o material como a mão de obra. Foi escolhido o orçamento 3, mais

barato, (Tabela 10) que inclui o valor total da mão de obra tanto para a adaptação nos 25 apartamentos quanto para a instalação da ETAC, orçado em R\$ 7.200,00. Os materiais necessários para as adequações das tubulações com seus respectivos valores, está demonstrado na Tabela 11, com um total de R\$ 6.635,95.

Tabela 10 - Orçamento para a implantação do sistema de tratamento de águas cinzas.

	Orçamento 1	Orçamento 2	Orçamento 3
Mão de obra	R\$ 5.000,00	R\$ 5.300,00	R\$ 4.800,00
ETAC	R\$ 2.900,00	R\$ 3.000,00	R\$ 2.400,00
	R\$ 7.900,00	R\$ 8.300,00	R\$ 7.200,00

Fonte: Do autor.

Tabela 11 - Materiais necessários.

Quantidade	Unitário (R\$)	Total (R\$)	Descrição
50	17,00	850,00	Acabamento do registro 25mm
100	0,90	90,00	Adaptador 25mm
2	240,00	480,00	Caixa d'água 1000L
25	9,50	237,50	Cano de 25mm
8	9,50	76,00	Curva de 50 mm esgoto
25	25	625,00	Eletroválvula
1	75,00	75,00	Esmalte sintético 3,5L
3	15,75	47,25	Flancos de 32 mm de água
100	0,50	50,00	Joelho de 25mm
8	1,90	15,20	joelho de 32 mm de água
8	3,90	31,20	joelho de 50 mm de esgoto
4	4,80	19,20	joelho de 100 mm de esgoto
4	7,50	30,00	junção de 50 mm de esgoto
1	35,00	35,00	Massa corrida 18 l
3	0,45	1,35	redução de 32/25 mm
8	5,20	41,60	redução de 75/50 mm de esgoto
8	6,80	54,40	redução de 100/75 mm de esgoto
50	18,95	947,50	Registro de 25m de água
1	24,75	24,75	registro de 25m de água
25	65	1.625,00	Sensor e separador automático das águas cinza
8	1,00	8,00	Tapes de 50mm esgoto
28	0,75	21,00	Tê de 25mm de água
3	3,60	10,80	Tê de 32mm de água
7	12,60	88,20	Tê de 100mm de esgoto
25	4,20	105,00	Tê LR Latão 25mm
15	9,50	142,50	Tubo de 25mm de água
3	33,50	100,50	Tubo de 32mm de água
8	31,50	252,00	Tubo de 50mm de esgoto
14	37,50	525,00	Tubo de 100mm de esgoto
2	13,50	27,00	veda rosca
TOTAL		6635,95	

Fonte: Do autor.

Diante do exposto, agregando os valores referentes a mão de obra e os materiais necessários, o custo operacional total do projeto está estimado em R\$ 13.835,95.

5.3.1 Tempo de retorno do investimento

Para o cálculo do retorno do investimento foi considerado o consumo médio de água e a demanda dos vasos sanitários. A instalação do sistema de reúso proporciona uma economia de 30% do consumo de água potável do edifício. A tarifa da concessionária de fornecimento de

água é de R\$ 3,06 m³ e atualmente o consumo médio de água é de 8,7m³ dia⁻¹, gerando um gasto mensal de R\$ 798,60 (Tabela 12).

Tabela 12 - Consumo de água potável sem o sistema de reúso.

Consumo água potável	Unitário (R\$)	Total (R\$) (dia)	Total (R\$) (mês)
8,7 m ³ dia ⁻¹	3,06	26,62	798,60

Fonte: Do autor.

Com o sistema de reúso a demanda de água cinza é de 2,67 m³ dia⁻¹, gerando uma economia mensal de R\$ 245,10 (Tabela 13).

Tabela 13 - Consumo de água potável com o sistema de reúso.

Consumo água de potável	Unitário (R\$)	Total (R\$) (dia)	Total (R\$) (mês)
8,7 - 2,67 = 6,03 m ³ dia ⁻¹	3,06	18,45	553,50

Fonte: Do autor.

E o custo médio mensal com a manutenção do sistema de reúso é de R\$ 38,00 (Tabela 14), e está relacionado com a desinfecção. Contudo o saldo a amortizar foi deduzido do total do investimento dividido pela economia mensal com o sistema de reúso (R\$ 245,10) subtraindo o custo com a manutenção (R\$ 38,00), obtendo retorno do investimento em 67 meses (Tabela 15).

Tabela 14 - Custo mensal do sistema de reúso.

Descrição	Total (R\$)
Pastilha de Cloro R\$ 9,50 (4 unidades)	38,00

Fonte: Do autor.

Tabela 15 - Tempo de retorno do investimento.

Total do investimento	R\$ 13.835,95
Economia mensal	R\$ 207,10
Tempo de retorno	67 meses

Fonte: Do autor.

5.4 Viabilidade técnica para execução do projeto

A melhor localização para a implantação da ETAC é próxima a casa das bombas, onde está a bomba de recalque e o reservatório inativo, que armazenará a água cinza tratada. A inclusão das tubulações de água cinza deve ser realizada por cima do gesso do teto do banheiro, através das entradas de ar dos banheiros, reduzindo a área na parede que deverá ser quebrada em cada apartamento. As tubulações serão diferenciadas por cores, no qual a tubulação de água cinza será pintada na cor cinza. Para a implantação do projeto de reuso de águas cinzas, será observada a Resolução da ADASA nº 03/2019 que estabelece diretrizes para implantação e operação de sistemas prediais de água não potável em edificações residenciais. Atendendo o seguinte protocolo:

- Destinação da água cinzas: I - irrigação para fins paisagísticos; II - descarga de bacias sanitárias; III- lavagem de pisos, fachadas e veículos automotivos;
- O sistema predial de água não potável deve ser dimensionado e projetado por profissional habilitado, com Anotação de Responsabilidade Técnica – ART ou Registro de Responsabilidade Técnica - RRT e instalado por profissional qualificado, conforme especificações dos fabricantes de materiais e componentes, e deve garantir a total independência do sistema predial de água potável, sem qualquer conexão cruzada entre as instalações de distribuição e os reservatórios;
- O profissional habilitado deve elaborar e fornecer ao Gestor do sistema predial um manual técnico contendo instruções de uso, operação e manutenção, o qual deve dispor, no mínimo, dos seguintes conteúdos: I - memorial descritivo do sistema, com desenho esquemático contendo os principais componentes; II - procedimentos operacionais da unidade de tratamento; III - periodicidade para limpeza dos reservatórios, unidade de tratamento e verificação da sinalização e dos sistemas hidráulicos e elétricos a eles relacionados; IV - identificação de possíveis problemas e suas soluções; V - procedimento para possíveis situações de emergência e contingência; VI – instruções quanto à forma adequada de destinação do lodo gerado pelo tratamento da água;
- Os sistemas instalados devem passar por inspeções e procedimentos de limpeza e conservação, observando os métodos e a periodicidade estabelecida no manual técnico de uso, operação e manutenção;
- A instalação coletora de água cinza deve ser separada das demais instalações;

- O tratamento de água cinza pode ser feito por processo físico, químico, biológico ou a combinação destes, de forma a garantir o padrão de qualidade;
- O Gestor (síndico) é o responsável pelo cumprimento das instruções contidas no manual de uso, operação e manutenção;
- A Concessionária (CAESB) de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, deve observar as diretrizes estabelecidas na Resolução e proceder à análise do projeto e vistoria de instalações do sistema;
- O Gestor da edificação que desativar o sistema predial de água não potável deve comunicar o fato à Concessionária no prazo de até 60 dias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo levou às seguintes conclusões:

- A demanda de água cinza é de $80,11 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$, o que representa 30% do consumo mensal de água;
- As principais fontes de águas cinzas do edifício, são o chuveiro (37%), a máquina de lavar roupa (8%) e o tanque (2%);
- A oferta de águas cinzas do edifício soma 47%, sendo superior a demanda;
- A qualidade da água de reúso se enquadra na Classe 2 e 3, necessitando de tratamento simples;
- O custo operacional total do projeto é de R\$ 10.211,83;
- O reúso de águas cinzas diminui tanto o consumo de água potável para fins menos nobres, como a quantidade de poluentes gerados e lançados no sistema de esgoto;
- O projeto é economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente adequado, com tempo de retorno de 47 meses.
- A expectativa para a implantação do projeto é a de gerar economia de água tanto para os moradores, como para o condomínio em sua limpeza no geral e preservação do meio ambiente.

7 REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Esgoto e Saneamento Básico do Distrito Federal. Relatório de Monitoramento do Consumo de Água no Distrito Federal. 2018. Disponível em: <<http://www.adasa.df.gov.br/1469-adasa-debate-seguranca-hidrica-e-lanca-campanha-apos-aumento-do-consumo-de-agua>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Esgoto e Saneamento Básico do Distrito Federal. Resolução nº 03, de 19 de março de 2019. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/legislacao/Res_ADASA/Resolucao_n_03_2019.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2019.

ANA, FIESP & SindusCon-SP. Conservação e Reúso da Água em Edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p. Disponível em: <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/manual_agua.pdf>. Acesso em: 20. mar. 2019.

BAZZARELLA, B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. 2005. 165p. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BIAZUS, A. C. Reúso de águas cinzas para fins não potáveis em edifício residencial multifamiliar. 2015. 77p. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução de nº 54, de 28 de novembro de 2005. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>>. Acesso em: 07 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de jan. de 2007. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico e para a Política Federal de Saneamento Básico, Brasília, DF, jan 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Elaboração de Proposta do Plano de Ações para Instituir uma Política de Reúso de Efluente Sanitário Tratado no Brasil. Material do Seminário Regional – Centro Oeste (RP01C). Produto IV - Potencialidades do Reúso. 03 e 04 de abril de 2017.

BRASIL. Lei nº 5.890, 12 de jun. de 2017. Diretrizes para as políticas públicas de reúso da água no Distrito Federal, Brasília, DF, jun 2017.

CAESB. Histórico: Outras Informações sobre a Crise Hídrica. Brasília: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, 2016. Disponível em: <<https://www.caesb.df.gov.br/agua/crise-hidrica-historico/outras-informacoes.html>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

GONÇALVES, R. F. Uso Racional da Água em Edificações / Ricardo Franci Gonçalves (Coord.). Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONÇALVES, R. F. Plano de integração – Rede 5. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, Edital 4 (PROSAB 4). 12p, 2004. LEITE, A. M. Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

LEITE, A. M. Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos. 2003. 120p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS. PDAD-2015. CODEPLAN. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PDAD-Sobradinho-1.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

PLANO DIRETOR LOCAL – PDL – Sobradinho, DF. Região Administrativa V do Distrito Federal. Brasília: GDF, 1994. Disponível em: <http://www.seduh.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/anexoix_memoria_tecnica.pdf>. Acesso em: 20. abr. 2019.

PERDIGÃO, V. S. Sistemas prediais de reaproveitamento de águas cinzas. 2015. 61 p. Monografia - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PERTEL, M. Caracterização do Uso da Água e da Energia Associada à Água em uma Edifício Residencial Convencional e uma Dotada de Sistema de Reúso de Águas Cinza. 2009. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2009.

SANT'ANA, D. R. et al. Reúso-DF: viabilidade técnica e operacional do aproveitamento de águas pluviais e do reúso de águas cinzas em edificações não-residenciais / Daniel Richard Sant'Ana (coordenador). Relatório Técnico 5/2017. Brasília, 2017.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 7-18, 2002. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/3429/1847>. Acesso em: 22. out. 2018.

SANTOS, H. F. Custos dos sistemas de reúso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H. F. dos. (Editores). Reúso de água. Barueri, SP: Manole, 2003.

SANTOS, W. P. Avaliação da viabilidade econômica do reúso de águas cinzas em edificações domiciliares. 2008. 72 p. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2008.

SILVA, S. R. S.; COHIM, E. Avaliação do consumo de água em prédios populares com medição individualizada na cidade do Salvador, Bahia. (2012). Disponível em: <<http://www.acquacon.com.br/cobesa/apresentacoes/pap/pap002012.pdf>>. Acesso em: 20. jun. 2019.

SILVEIRA, B. Q. Reúso da água pluvial em edificações residenciais. 2008. 44 p. Monografia - Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

VIANNA, J. T. D. S. Análise de alternativas para conservação de água em edificações residenciais funcionais em Brasília-DF. 2017. 128p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-197/2017. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017.