

# REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Arthur Fellipe Oliveira de Freitas<sup>1</sup>

Pedro Vitor da Silva de Jesus<sup>2</sup>

Ingrid Cavalcanti Feitosa<sup>3</sup>

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

## RESUMO

Para preservação da vida no planeta é imprescindível que o uso da água seja feito de forma moderada, já que é um bem passivo de escassez. As águas cinzas residenciais podem ser coletadas e reaproveitadas para fins não potáveis, desde que haja o tratamento adequado. Neste cenário, o presente trabalho tem por objetivo quantificar o volume de águas cinzas que pode ser utilizado na limpeza de áreas externas em uma residência genérica, localizada na cidade de Aracaju/SE. A pesquisa foi realizada por meio de artigos acadêmicos sobre o assunto, além de consulta às normas vigentes relacionadas a cada etapa do processo. O estudo de caso foi dividido em três fases, sendo elas: estimativa do consumo de água, dimensionamento do sistema e custos do sistema. Na fase inicial, foi determinado o consumo interno e externo, na qual foi possível determinar que demanda de água necessária na lavagem das áreas externas era suprida apenas pela água utilizada nos três processos de lavagem da máquina de lavar. Em seguida foi realizado o dimensionamento do sistema com base nas diretrizes da ABNT NBR 7229:1997, sendo os elementos escolhidos a fossa séptica e o filtro anaeróbio. Por fim, foi elaborada uma planilha orçamentária com os custos de implantação do sistema. Ao final da pesquisa foi possível constatar a viabilidade técnica do uso de águas cinzas, desde que respeitados todos os critérios de garantia da qualidade e correta utilização da água captada.

## PALAVRAS-CHAVE

Reuso de Águas Cinzas. Fossa Séptica. Filtro Anaeróbio. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

To preserve life on the planet, it is essential that the use of water is made in a moderate way, since it is a passive asset of scarcity. Residential gray waters can be collected and reused for non-potable purposes, as long as there is adequate treatment. In this scenario, the present work aims to quantify the volume of gray water that can be used to clean external areas in a generic residence, located in the city of Aracaju / SE. The research was carried out through academic articles on the subject, in addition to consulting the current rules related to each stage of the process. The case study was divided into three phases, namely: estimation of water consumption, dimensioning of the system and costs of the system. In the initial phase, internal and external consumption was determined, in which it was possible to determine that the water demand needed to wash the external areas was supplied only by the water used in the three washing processes of the washing machine. Then the system was dimensioned based on the guidelines of ABNT NBR 7229: 1997, with the chosen elements being the septic tank and the anaerobic filter. Finally, a budget spreadsheet was prepared with the costs of implementing the system. At the end of the research, it was possible to verify the technical feasibility of using gray waters, as long as all criteria for quality assurance and correct use of the collected water are respected.

## KEYWORDS

Gray water reuse. Septic tank. Anaerobic filter. Sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao uso desenfreado da água na agricultura, indústrias e consumo humano, em um estudo realizado nos Estados Unidos, cientistas afirmaram que até o ano de 2050 os recursos hídricos subterrâneos podem se esgotar, deixando aproximadamente um quinto da população sem água (cerca de 1,8 bilhão de pessoas). A análise mostrou que, entre 2040 e 2060, a água da bacia de Ganges poderá se esgotar, enquanto os aquíferos americanos começarão a escassear em 2030 (AGU, 2014).

O Brasil enfrentou sua primeira grande crise hídrica em 2014, na qual a principal fonte de abastecimento de São Paulo, o Sistema Cantareira, atingiu o nível mais baixo da história, cerca de 3,5% da sua capacidade total. Neste período, aproximadamente 9 milhões de pessoas foram atingidas, uma vez que se passou a utilizar o “volume morto” do sistema, que se situa abaixo do nível das comportas, reduzindo sua capacidade de abastecimento. O Sistema Cantareira voltou a operar em sua normalidade apenas em 2016 (MAGALHÃES, 2020).

No início de 2020 uma nova crise foi identificada, desta vez no Rio de Janeiro, onde os moradores de vários bairros da capital relataram mal cheiro e coloração escura na água fornecida (FIGUEIREDO, 2020). Para especialistas, a qualidade da água

está relacionada principalmente ao aumento da poluição, visto que os mananciais da região apresentam altos índices de degradação aliado à ocupação das faixas marginais e desmatamento da região. Desta forma, como a água bruta está cada vez mais poluída, o tratamento para transformar em água potável acaba tornando-se pouco eficiente (HAIDAR, 2020).

No Nordeste, a principal bacia hidrográfica é a do Rio São Francisco e esta vem enfrentando uma severa baixa em sua vazão natural desde 2013. Para contornar a escassez hídrica e evitar que o manancial atingisse níveis alarmantes, a hidrelétrica de Xingó passou a operar com uma defluência média semanal reduzida (ANA, 2020).

É notório que a escassez de água em todo o planeta se dá por uma série de fatores, como a falta de conscientização no uso, falta de incentivo e técnicas de reuso e investimentos mínimos na infraestrutura, sendo que, apenas no Brasil, 40% de toda a água tratada é desperdiçada. As principais causas são vazamentos, fraudes e falhas nas redes de distribuição (MENDES, 2018). É preciso, portanto, encontrar fontes alternativas de abastecimento de água, além do incentivo à redução do consumo deste recurso.

Dentre as diversas soluções existentes e já implantadas em outros países, destaca-se o aproveitamento de água pluvial e água cinza<sup>4</sup>, que consiste na utilização de equipamentos e componentes capazes de bombear e/ou tratar a água coletada, tornando-a adequada ao consumo doméstico, com fins não potáveis. Dependendo da região, é possível suprir em, no mínimo, 48% da demanda de água apenas com o reaproveitamento de águas pluviais, enquanto que a oferta de águas cinzas pode suprir em até 49% da demanda doméstica de uma edificação. Quanto ao potencial de redução de consumo, estudos apontam que pode ocorrer uma economia de 33,5% por meio do aproveitamento de águas pluviais e de 30,4% com as águas cinzas, apenas com a reutilização em descargas sanitárias e máquinas de lavar roupa (SANT'ANA *et al.*, 2017).

O presente trabalho tem por objetivo quantificar o volume de águas cinzas a ser reutilizado em uma residência unifamiliar genérica, para fins não potáveis, por meio da elaboração de um projeto específico de reaproveitamento que permita a utilização da água proveniente da máquina de lavar, na lavagem das áreas externas da residência.

## 1.1 CONSUMO URBANO DE ÁGUA

Segundo Rebouças (2015), 70% de toda a água consumida no mundo é direcionada para a agricultura, 20% para as indústrias e 10% para fins urbanos. Dentro deste cenário e, aliado com a crescente preocupação da sociedade em racionalizar o consumo de água, tornou-se necessário entender a forma como esse bem é utilizado, principalmente nos grandes centros urbanos. No Brasil pesquisas vêm sendo desenvolvidas com intuito de desenvolver práticas que mitiguem a deficiência no saneamento básico e como forma de equilibrar a demanda exigida pelas cidades e o uso dos mananciais.

---

<sup>4</sup> Água residual originada a partir de processos domésticos e que, após tratamento adequado, pode ser destinada ao abastecimento de usos não potáveis.

O primeiro trabalho neste aspecto foi realizado na Inglaterra em 1971, por meio de anotações manuais da leitura diária dos hidrômetros instalados nas tubulações de abastecimento de prédios residenciais e nas anotações realizadas pelos moradores, indicando para que a água estava sendo utilizada e o número de vezes em que isso ocorria (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978). Foi registrado que as atividades que mais se consumiam água eram: uso básico, como lavar as mãos, alimentos e demais itens (37%), descarga sanitária (30,7%), banho de banheira (15%), lavadora de roupa (7,7%) e as demais atividades (9,6%).

Em 1998 foi concluída uma pesquisa nos Estados Unidos, realizada pela *American Water Works Association – Research Foundation*, em 12 cidades americanas onde foram monitoradas aproximadamente 1200 residências, sendo traçado o seguinte consumo de água percentual: bacia sanitária (26,7%), lavadora de roupas (21,7%), chuveiro (16,8%), torneiras (15,7%), vazamentos (13,7%), uso geral (2,2%), banheira (1,7%), lavadora de louças (1,4%). Além disso, foi detectado também que o horário de maior consumo de água foi entre as 7h e 9h (DeOREO; MAYER, 1999 apud BARRETO, 2008).

No Brasil, a principal pesquisa sobre o consumo de água urbano foi a realizada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), sendo o primeiro realizado em 1981 e, no entanto, vem realizando diversas pesquisas sobre esse tema ao longo dos anos, em que melhorias tecnológicas foram sendo implantadas tão logo disponíveis no mercado, aprimorando assim os resultados das pesquisas. Em 1990 o estudo relacionou os pontos de água com a duração de uso, sendo a bacia sanitária com caixa acoplada a que gasta água por mais tempo (187s), seguido pela torneira de tanque (25,5s), torneira de lavatório (11,1s), torneira da pia da cozinha (6,1s), bacia sanitária com válvula de descarga (5,9s) e torneira de serviço (4,2s) (IPT, 1990 apud BARRETO, 2008).

Contudo, é importante destacar que determinar um perfil de consumo de água não é uma tarefa simples, visto que depende de diversas variáveis, tais como condições climáticas, faixa etária da região, nível de escolaridade, faixa socioeconômica, vazão nos pontos de consumo, entre outros.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o consumo mínimo de água em meio urbano necessário para uma pessoa é de 110 litros de água por dia, sendo suficiente para saciar a sede, cuidar da higiene e preparar alimentos. Entretanto, devido às variáveis ditas anteriormente, aliada ao aumento da renda da população, este consumo vem aumentando consideravelmente. Segundo dados do Ministério das Cidades, o consumo médio de água entre brasileiros gira em torno de 166 litros por dia, sendo que a relação de consumo varia entre cada estado (ABRANTES, 2015).

Sergipe é um dos estados que menos consome água, mas ainda assim está acima do estabelecido pela OMS, consumindo cerca de 123 litros de água por dia. O estado conta ainda com um índice satisfatório de atendimento total de água, atingindo 83,05% (ABRANTES, 2015).

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

As fontes alternativas de água compreendem todos os métodos que fogem da extração da água de rios, nascentes e lençóis freáticos. As metodologias mais utilizadas a obtenção da água de poço, dessalinização da água, captação de águas pluviais e reuso de água cinza. Esta última metodologia, por ser objeto deste trabalho, será discutida mais amplamente.

Segundo Sant'Ana e outros autores (2018), as águas cinzas podem ser classificadas como sendo aquelas oriundas de atividades com contribuição de sabão, exceto o efluente proveniente do vaso sanitário. Seu aproveitamento prova-se uma alternativa válida em regiões onde o índice pluviométrico é baixo ou em edificações com pouca área de cobertura para captação de águas pluviais. Apesar de possuir um baixo grau de contaminação, quando comparada a águas residuárias, exige tratamentos específicos para que a qualidade da água atinja níveis satisfatórios.

Atualmente, ainda não existe no Brasil normas técnicas que regulamentem o aproveitamento das águas cinzas, contudo existem dois documentos de extrema importância nessa área, sendo eles: a Resolução nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Norma ND.SCO-013 da Companhia Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e a NBR 13969.

A Resolução nº 54 do CNRH estabelece que a reutilização de água para fins não potáveis abrange, entre outras, a utilização urbana, sendo possível sua utilização para fins de irrigação paisagística, lavagem de ruas públicas, passeios e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio (BRASIL, 2005).

A Norma ND.SCO-013 da CAESB, estabelece que, além do uso indicado pela Resolução nº 54, a água de reuso também pode ser aplicada em torres de resfriamento de sistemas de ar-condicionado central e na descarga de vasos sanitários, desde que submetida a um tratamento simplificado (CAESB, 2012). A norma destaca ainda o aspecto econômico do reuso das águas cinzas, uma vez que

[...] no momento em que uma edificação trata águas cinzas e reutiliza em usos internos, esses efluentes adicionais lançados na rede pública de coleta de esgoto acabam não sendo quantificados pelo hidrômetro e, conseqüentemente, não é cobrado na conta de água e esgoto da concessionária. (SANT'ANA *et al.*, 2018, p. 16).

Por fim, tem-se a NBR 13969:1997 que, apesar do foco principal ser os tanques sépticos, apresentam, também, alternativas para o tratamento e reuso de efluentes para fins não potáveis. Segundo a norma, o sistema de reuso deve ser dimensionado e implantado de forma que garanta a segurança dos usuários, sendo definidos

o destino final dos efluentes, o volume a ser reaproveitado, o grau de tratamento necessário, os sistemas disponíveis de reservação e distribuição e o manual de operação e treinamento dos responsáveis (ABNT, 1997). A presença de agentes contaminantes, como apresentado no Quadro 1, pode provocar doenças graves aos usuários, sendo necessária a análise de sua utilização bem como os tratamentos disponíveis e aplicáveis em cada caso.

Quadro 1 – Contaminantes presentes em águas cinzas e seus respectivos riscos de contaminação

<b>CONTAMINANTES</b>	<b>FONTE</b>	<b>RISCO DE CONTAMINAÇÃO</b>
Óleos e graxas	Máquina de lava-roupas, lavatórios, chuveiro.	Baixo: baixo risco de transmissão de doenças.
Fósforo total e de fosfatos	Máquina de lava-roupas, lavatórios, chuveiro.	Baixo risco para os usuários, benéfico para o crescimento de plantas se utilizado em irrigação.
Nitrogênio e nitratos	Máquina de lava-roupas, lavatórios, chuveiro.	Alto: exposição prolongada ao nitrato e compostos pode provocar doenças fatais.
Bactérias como E. coli e estreptococos fecal; protozoários	Chuveiro e máquina de lava-roupas.	Alto: grande risco de contaminação e transmissão de doenças fatais.

Fonte: Sant’ana e outros autores (2018, p. 11).

Para Sant’Ana (et. al) (2018, p. 11), quando se trata do aproveitamento de águas cinzas para fins não potáveis,

[...] os níveis dos parâmetros de qualidade não precisam ser os mesmos estabelecidos para águas de consumo humano, uma vez que essa água não será ingerida e o contato direto com a pele e mucosas só apresenta risco em caso de ampla exposição por períodos prolongados.

Entretanto, não se deve deixar de avaliar os riscos impostos à contaminação do solo e aquíferos, no caso da utilização em irrigação e lavagem de veículos e pisos. No Quadro 2 estão relacionadas as principais características das águas cinzas, conforme sua origem.

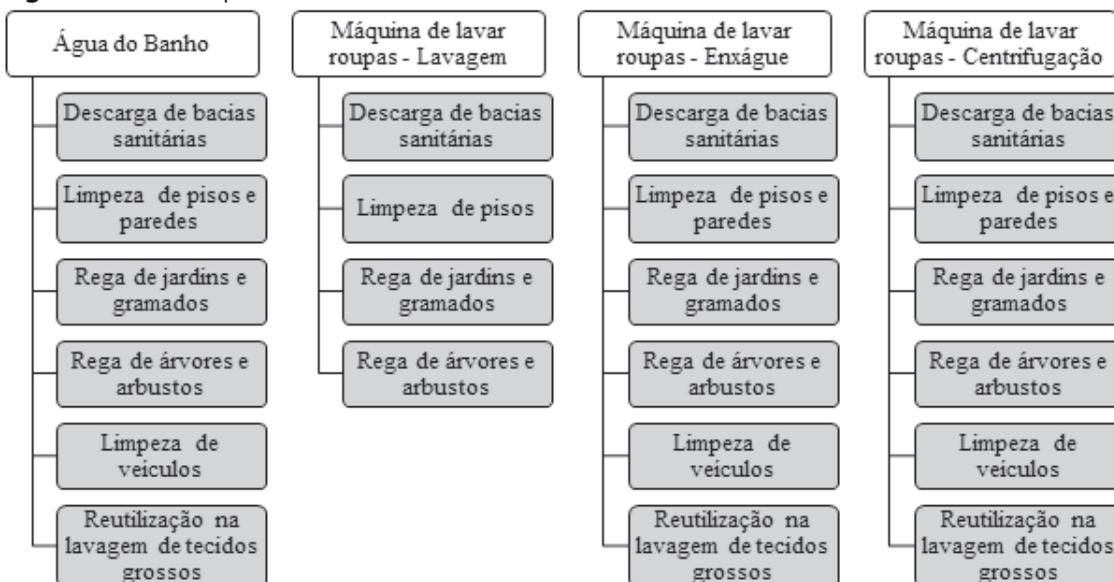
Quadro 2 – Características da água cinza por origem

ORIGEM		CARACTERÍSTICAS
ÁGUA DO BANHO		Geralmente têm uma aparência cinza claro. Podem conter resíduos de sabão, shampoo e de secreções corporais, como suor e oleosidade da pele.
MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS	LAVAGEM	A água entra na lavadora e se mistura com sabão em pó; os tecidos passam por período de molho (opcional) e agitação, liberando sujeira e outras substâncias.
	ENXÁGUE	A água suja da lavagem é esvaziada; a máquina enche novamente com água limpa que pode se misturar a produtos amaciantes; a água do enxágue pode sair cristalina ou levemente colorida, contendo restos de sabões dissolvidos, amaciantes e alvejantes.
	CENTRIFUGAÇÃO	A água do enxágue é esvaziada; a máquina enche novamente com água limpa. A água lançada fora da lavadora é normalmente cristalina, mas também contém restos de sabões, amaciantes e alvejantes dissolvidos.

Fonte: Ecycle (2020), adaptado.

A Figura 1 especifica os principais usos indicados de acordo com cada origem da água cinza, desde que sejam observados aspectos como: presença de corantes que possam manchar pisos, paredes, pintura de veículos e roupas; presença de gordura, sabão, amaciante e alvejante que possam aderir à pintura dos veículos, se há partículas que possam aderir em pisos porosos; presença de alvejantes à base de cloro, prejudiciais às plantas (ECYCLE, 2020).

Figura 1 – Principais usos indicados



Fonte: Ecycle (2020), adaptado.

Quando necessário, deve ser realizado o tratamento das águas cinzas antes da sua utilização, e este é similar às estações de tratamento de esgoto, consistindo basicamente em quatro etapas: preliminar, primário, secundário e terciário, descritos a seguir (TELLES; COSTA, 2010 apud RAMPELOTTO, 2014):

- a) Tratamento prévio ou preliminar: separa os afluentes líquidos dos materiais sólidos mais grosseiros;
- b) Tratamento primário: remove os sólidos sedimentares que chegam ao fundo do reservatório por gravidade ou por adição de produtos químicos, gerando lodo;
- c) Tratamento secundário ou biológico: promove a degradação biológica dos sólidos dissolvidos, podendo ser realizado de forma aeróbia<sup>5</sup>, anaeróbia<sup>6</sup> ou na combinação das duas séries;
- d) Tratamento terciário: remove o nitrogênio, fósforo e a desinfecção. Este último, geralmente é realizado com a adição de hipoclorito de sódio e, apesar de ser o mesmo processo da transformação da água potável, ainda há formação de produtos tóxicos, impossibilitando a água tratada aqui para fins potáveis.

## 2 METODOLOGIA

Nesta seção serão descritos todos os passos para a obtenção das informações relativas à estimativa de consumo, dimensionamento do sistema de tratamento de água de reuso e avaliação dos custos de implantação.

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo teve como base uma edificação residencial unifamiliar genérica, com objetivo de economia de água fornecida pela concessionária, além de adotar práticas sustentáveis na edificação.

A residência foi implantada em um terreno de 17,65 m de largura e 21 m de comprimento, sendo o lote com área total de 370,5 m<sup>2</sup>. É composta de sala de estar, quarto suíte com *closet*, sala de jantar, cozinha, banheiro social, um quarto suíte, dois quartos, banheiro social, jardim de inverno, lavanderia, área de lazer com banheiro e garagem coberta, como mostrado na Figura 1. Foi considerado que a residência abrigará oito pessoas.

---

5 As bactérias e *archeas* aeróbias são inseridas no sistema artificialmente, normalmente com filtros biológicos. Cerca de 50 a 60% de toda matéria orgânica que entra no sistema gera biomassa microbiana.

6 O processo não usufrui do oxigênio, sendo baseado na ação das bactérias anaeróbias. Cerca de 70 a 90% do material gerado é biogás e o volume de lodo gerado gira em torno de 5 a 15%.

**Figura 3** – Planta baixa da residência

Fonte: Os autores (2020).

A área de atendimento do sistema de reuso de águas cinzas é de 153,96 m<sup>2</sup> referente ao piso cimentado externo (38,13 m<sup>2</sup>), área de lazer (33,63 m<sup>2</sup>) e garagem (82,20 m<sup>2</sup>). Para o reaproveitamento, foi considerado o sistema de fossa séptica com filtro anaeróbico, de acordo com as normas NBR 7229:1993 e NBR 13969:1997.

Para fins de estudo, foi adotado que a residência está localizada na cidade de Aracaju, com a predominância de clima quente e úmido, com os dados climatológicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados climatológicos de Aracaju

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
<b>Temperatura máxima recorde (°C)</b>	34,2	33,4	34,3	33,7	32,3	31,9	30,1	30	30,6	32,5	32,6	33,8	34,3
<b>Temperatura máxima média (°C)</b>	30,3	30,6	30,8	30,3	29,4	28,4	27,7	27,6	28,1	29	29,7	30,1	29,3
<b>Temperatura média compensada (°C)</b>	27,2	27,5	27,6	27,2	26,3	25,4	24,7	24,8	25,3	26,1	26,6	27	26,3
<b>Temperatura mínima média (°C)</b>	23,7	24	23,9	23,6	22,9	22,1	21,7	21,8	22,5	23	23,4	23,7	23
<b>Temperatura mínima recorde (°C)</b>	18,4	18,8	19,5	18,6	17,8	17,6	17,2	14,6	17,6	17,2	18	16	14,6
<b>Precipitação (mm)</b>	51,9	71,7	87,6	174,2	241,8	207,2	157,6	107,5	64,9	60,7	47,1	28	1 300,2
<b>Dias com precipitação (≥ 1 mm)</b>	6	7	10	14	17	18	19	16	11	6	6	4	134
<b>Umidade relativa compensada (%)</b>	76,7	76,3	76,5	77,6	79,1	79,2	78,8	77,9	77,3	77,2	77,9	77,3	77,7
<b>Horas de sol</b>	278,3	243	246	217,6	204,2	177,4	189,6	206	234,8	275,3	272,5	283,6	2 828,3

Fonte: INMET (2020).

## 2.2 ANÁLISE DE DADOS

### 2.2.1 Estimativa de Consumo

A fase primária da pesquisa consistiu em estimar o consumo de água da residência a fim de verificar se a demanda seria atendida pela produção de águas cinzas. O cálculo foi realizado por meio da estimativa de consumo interno mensal, com base na quantidade de moradores multiplicado pelo consumo médio *per capita* da região.

### 2.2.2 Dimensionamento da Fossa Séptica

A primeira etapa consistiu no dimensionamento do volume útil da fossa séptica e, segundo a NBR 7229, foi calculado por meio da Eq.1, sendo os coeficientes relacionados no Quadro 1.

$$V = 1000 + N (CT + KLf) \quad (1)$$

Quadro 3 – Coeficientes utilizados no cálculo do volume útil da fossa séptica

Coeficiente	Descrição
V	Volume em litros;
N	Número de pessoas ou unidades de contribuição;
C	Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia;
T	Tempo de detenção, em dias
K	Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de cumulação e lodo fresco
Lf	Contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou litro/ unidade x dia

Fonte: ABNT (1993), adaptado.

Para a identificação da contribuição de despejos a ser utilizado nos cálculos e a contribuição do lodo fresco, foram utilizados os parâmetros determinados no Quadro 2.

Quadro 4 – Contribuição diária de esgoto (C) e lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e ocupante

PRÉDIO	UNIDADE	CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTOS (C)	LODO FRESCO (LF)
1 Ocupantes permanentes - Residência padrão alto padrão médio padrão baixo - Hotel (exceto lavanderia e cozinha) - Alojamento provisório	pessoa	160	1
	pessoa	130	1
	pessoa	100	1
	pessoa	100	1
	pessoa	100	1
	pessoa	80	1
2 Ocupantes temporários - Fábrica em geral - Escritório - Edifícios públicos ou comerciais - Escolas (externatos) e locais de longa permanência - Bares - Restaurantes e similares - Cinemas, teatros e locais de curta permanência - Sanitários públicos <sup>(A)</sup>	pessoa	70	0,30
	pessoa	50	0,20
	pessoa	50	0,20
	pessoa	50	0,20
	pessoa	6	0,10
	refeição	25	0,10
	lugar	2	0,02
	bacia sanitária	480	4,0

(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferrovia, logradouro público, estádio esportivo, etc)

Fonte: ABNT (1993).

Para encontrar o tempo de detenção (foi utilizado o Quadro 3, aliado à informação da contribuição diária em litros, conforme a quantidade de moradores da residência.

Quadro 5 – Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária

CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA (L)	TEMPO DE DETENÇÃO	
	DIAS	HORAS
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: ABNT (1993).

Por fim, tem-se a taxa de acumulação do lodo digerido em dias, que foi obtido com auxílio do Quadro 4.

Quadro 6 – Taxa de ocupação total do lodo (K) em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

INTERVALO ENTRE LIMPEZA (ANOS)	VALORES DE K POR FAIXA DE TEMPERATURA AMBIENTE (T), EM °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT (1993).

A segunda etapa consistiu em dimensionar a fossa séptica, considerando o volume útil encontrado na fase anterior. A fórmula utilizada é a Eq. 2 e com os coeficientes relacionados no Quadro 5.

$$V = L \times C \times P \quad (2)$$

Quadro 7 – Coeficientes utilizados no dimensionamento da fossa séptica

Coeficiente	Descrição
V	Volume útil encontrado;
L	Largura;
C	Comprimento;
P	Profundidade.

Fonte: ABNT (1993), adaptado.

### 2.2.3 Dimensionamento do Filtro Anaeróbio

Em seguida, foi realizado o cálculo do volume útil do filtro anaeróbio, de acordo com a NBR 13969:1997, utilizando-se a Eq. 3 e os coeficientes relacionados no Quadro 12.

$$V_u = 1,6 \times N \times C \times T \quad (3)$$

Quadro 8 – Coeficientes utilizados no cálculo do volume útil do filtro anaeróbio

Coeficiente	Descrição
V	Volume em litros;
N	Número de pessoas ou unidade de contribuição;
C	Contribuição de despejos, em litros/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (Erro! Fonte de referência não encontrada.);
T	Período de detenção hidráulica, em dias (Erro! Fonte de referência não encontrada.).

Fonte: ABNT (1997), adaptado.

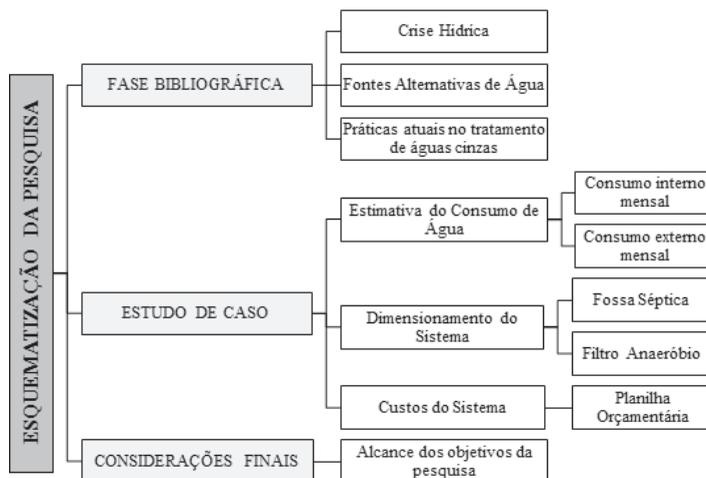
### 2.2.4 Avaliação dos Custos

Com o sistema definido e devidamente dimensionado, partiu-se para a parte final que foi o desenvolvimento de uma planilha orçamentária do custo da implantação. O orçamento foi realizado com auxílio do *software* ORSE – Orçamento de Obras de Sergipe, desenvolvido pela Companhia Estadual de Habitação de Obras Públicas de Sergipe (CEHOP).

## 2.3 ESQUEMATIZAÇÃO DA PESQUISA

De maneira geral, o presente trabalho pôde ser esquematizado conforme a Figura 9, sendo que a Fase Bibliográfica foi concluída na seção anterior, enquanto as fases seguintes serão desenvolvidas no próximo capítulo.

Figura 4 – Esquematização da Pesquisa



Fonte: Os autores (2020).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE ÁGUA NA EDIFICAÇÃO

A média de consumo de água no Brasil é de 154,90 litros por pessoa ao dia, mas para efeitos de cálculo, costuma-se adotar que o consumo é de 200 litros de água por dia (TRATA BRASIL, 2020), desta forma, o consumo diário da residência é de 1.600 L/dia, mostrado no Quadro 7.

Quadro 9 – Estimativa do consumo interno de água

Número de habitantes	08
Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)	200
Consumo diário (L/dia)	1.600
Consumo interno mensal (L/mês)	48.000

Fonte: Os autores (2020).

Tem-se, considerando um consumo diário de 4 L/m<sup>2</sup> para a lavagem de calçadas e áreas externas, 3 L/m<sup>2</sup> para a rega de jardins e que essas atividades costumam ser realizadas 8 vezes no mês (SELLA, 2011), o consumo mensal externo mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Estimativa do consumo externo de água

Local	Área (m <sup>2</sup> )	Consumo mensal (L)
Área de lazer	33,63	1.076,16
Piso cimentado	38,13	1.220,16
Garagem	82,20	2.630,40
Jardins	14,63	351,12
Total		5.277,84

Fonte: Os autores (2020).

Segundo Gonçalves e Jordão (2006 apud SELLA, 2011), as máquinas de lavar roupa são responsáveis por cerca de 11% do consumo mensal interno das residências, representando 5.280 litros por mês, ou seja, aproximadamente 176 litros por dia. Assim, percebe-se que a demanda de água necessária para a lavagem das áreas externas selecionadas (4.926,72 L) é atendida apenas pelo volume de água gasta na máquina de lavar.

#### 3.2 DIMENSIONAMENTO DA FOSSA SÉPTICA

##### 3.2.1 Volume Útil da Fossa Séptica

Foi adotado que a residência possui oito moradores permanentes, sendo esta de padrão médio. Cruzando essas informações com o Quadro 2, tem-se que a contri-

buição de despejos ( corresponde a 130 litros/pessoa por dia e a contribuição de lodo fresco ( é de 1,0 litro/pessoa por dia.

Tem-se que, considerando a quantidade de moradores, a contribuição é de 1.040 litros/dia e, assim, o tempo de detenção (T) é de um dia (QUADRO 3). Por fim, a taxa de acumulação de lodo foi realizada verificando a temperatura mais fria do ano, de acordo com o intervalo de limpezas adotado. Na Tabela 1, tem-se que a menor temperatura média do ano ocorre geralmente em julho, com 21,7°C. Sendo esta maior que 20°C e adotando um ano entre cada limpeza, estabelece-se que o valor é de 57 (QUADRO 4). Assim, para o cálculo do volume útil da fossa séptica foi utilizada a Eq.1 e desenvolvida a seguir:

$$V = 1000 + N (CT + KLf)$$

$$V = 1000 + 8 (130 \times 1 + 57 \times 1)$$

$$V = 2.496 \text{ litros} \cong 2,50\text{m}^3$$

### 3.2.2 Dimensões da Fossa Séptica

Em posse do volume útil da fossa séptica, estabeleceu-se alguns critérios para determinar as dimensões do elemento. Para manter a proporcionalidade, adotou-se que o comprimento seria o equivalente ao dobro da largura . Para facilitar a instalação, a profundidade do tanque foi estabelecida em 1,20 metro, sendo assim:

$$V = L \times C \times P$$

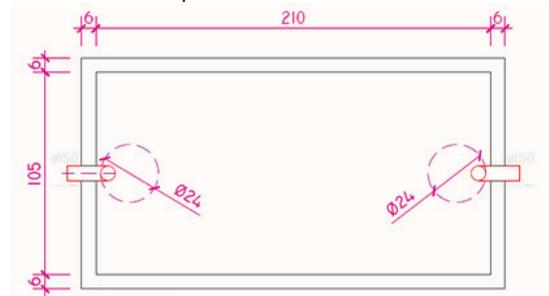
$$2,50 = L \times 2L \times 1,20$$

$$2,50 = 2,40L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{2,50}{2,40}} = 1,0206 \cong 1,05 \text{ metro}$$

Assim, a largura da fossa séptica será de 1,05 metros, com comprimento de 2,10 metros, profundidade de 1,20 metros, com volume de 2,646 m<sup>3</sup>, sendo enterrada e podendo ser construída em alvenaria de tijolo maciço, revestida internamente com massa única<sup>7</sup> e material impermeabilizante, com tampa de concreto armado, como mostrado na Figura 3.

**Figura 5** – Planta baixa da fossa séptica

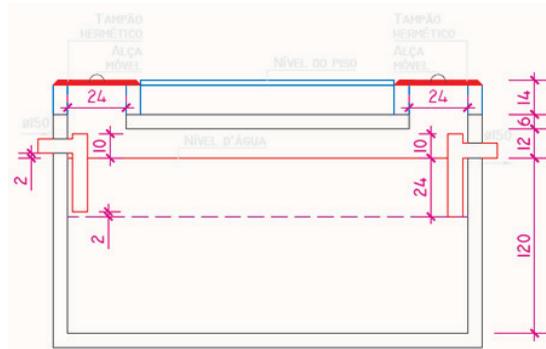


Fonte: Os autores (2020).

<sup>7</sup> Camada de argamassa de cimento, aplicada sobre o chapisco, que cumpre as funções de emboço e reboco.

Na Figura 6 estão representadas as dimensões em corte da fossa séptica, na qual é possível identificar também os detalhes da tampa hermética.

**Figura 6** – Corte da fossa séptica



Fonte: Os autores (2020).

A fossa deverá ser instalada na parte mais baixa do terreno e obrigatoriamente abaixo do nível de captação de água para o consumo humano e animal. É importante que seja respeitada a distância mínima de 1 metro entre a base do concreto e o nível máximo do lençol freático em época de cheia.

Também é possível utilizar reservatórios plásticos cilíndricos, como mostrado na Figura 5. É produzido em polietileno de alta densidade (PEAD), totalmente impermeável, garantindo uma durabilidade maior do produto e maior facilidade na instalação. Além de possuir bases planas, facilitando a instalação de conexões, possui também tampa tipo *click* com vedação total contra impurezas, insetos, animais e sujeiras (FIGURA 6). A opção que atenderia a residência em estudo seria o reservatório com capacidade de 2.800 litros, com altura aproximada de 1,82 metro e 1,57 metro de diâmetro.

Figura 7 – Fossa séptica de plástico



Fonte: Acqualimp (2020a).

Figura 8 – Tampa "click"



Fonte: Acqualimp (2020a).

### 3.3 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBIO

Para o cálculo do volume do filtro anaeróbico foram seguidas as diretrizes da NBR 13969:1997, na qual são utilizados coeficientes já conhecidos, como o número

de residentes (oito moradores), a contribuição de despejos (130 litros/pessoa por dia) e o período de detenção hidráulica (um dia). Desta forma, tem-se:

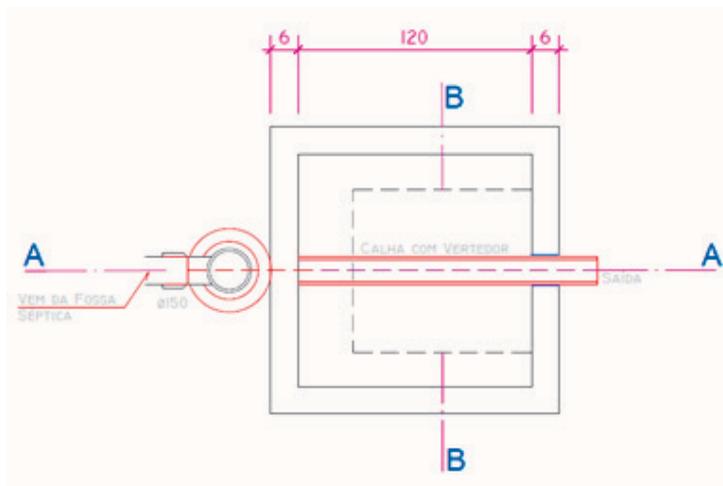
$$\begin{aligned} V_u &= 1,6 \times N \times C \times T \\ V_u &= 1,6 \times 8 \times 130 \times 1 \\ V_u &= 1.664,00 \text{ litros} \cong 1,66\text{m}^3 \end{aligned}$$

De forma similar à fossa séptica, calculou-se a largura do filtro, também adotando a profundidade de 1,20 metro para facilitar a instalação, mas, por se tratar de um dispositivo menor, optou-se por construir uma estrutura quadrada.

$$\begin{aligned} V &= L^2 \times P \\ 1,664 &= L^2 \times 1,20 \\ 1,664 &= 1,20L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{1,664}{1,20}} = 1,177 \cong 1,20 \text{ metro} \end{aligned}$$

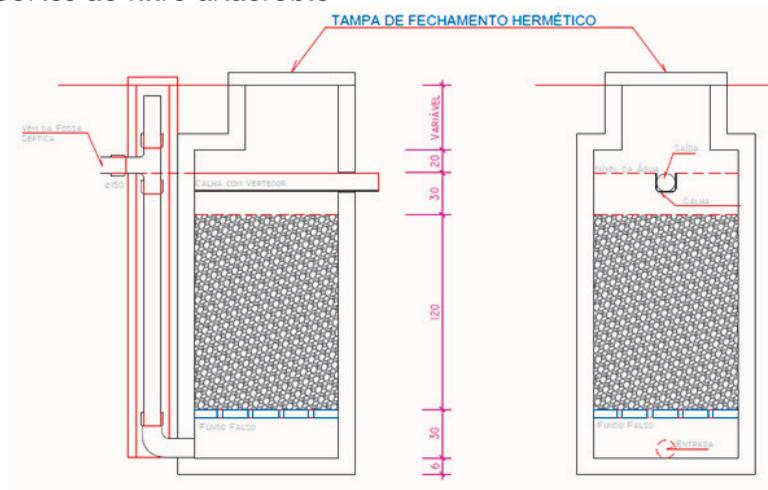
Assim, o filtro anaeróbio será quadrado, com dimensões de 1,20 x 1,20 metro, com volume útil de 1,728 m<sup>3</sup>, sendo enterrada e podendo ser construída de concreto armado ou plástico de alta resistência. A planta baixa deste elemento é representada na Figura 7.

**Figura 9** – Planta baixa do filtro anaeróbio



Fonte: Os autores (2020).

O material filtrante escolhido foi a brita nº 4, com dimensões mais uniformes possíveis a fim de não causar a obstrução precoce do filtro. Dada esta escolha do material, o fundo falso é obrigatório, segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), e atende a altura sugerida também na norma, como mostrado na Figura 8.

**Figura 10** – Cortes do filtro anaeróbio

Fonte: Os autores (2020).

Para a limpeza do filtro, recomenda-se a utilização de uma bomba de recalque por meio de sucção contrafluxo. Entretanto, não se deve lavar completamente o material filtrante contido no filtro biológico sendo que, assim que detectada a obstrução do fluxo de esgoto, deve-se providenciar a limpeza do mesmo imediatamente (ABNT, 1997).

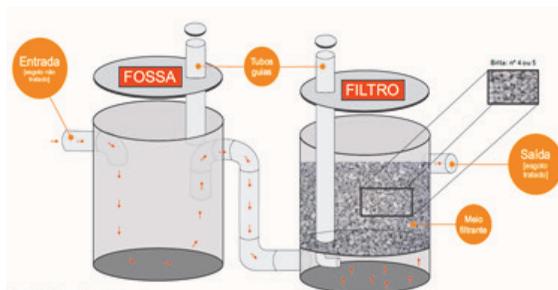
Assim como a fossa séptica, o filtro anaeróbio também pode ser instalado em PEAD, com as características similares. A opção que atenderia seria o modelo com capacidade de 2.800 litros, com altura aproximada de 1,82 metro e 1,57 metro de diâmetro, mostrado na Figura 9.

**Figura 11** – Filtro anaeróbio de plástico

Fonte: ACQUALIMP (2020b).

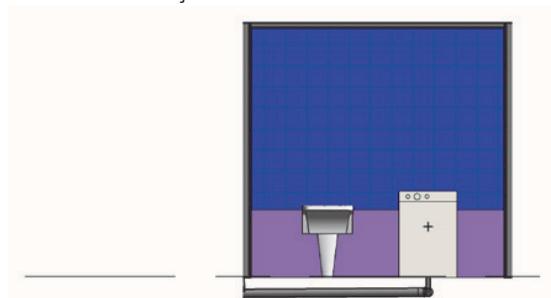
### 3.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS CINZAS

A esquematização completa do esquema de fossa e filtro dá-se de forma similar à Figura 10. Deve-se levar em consideração que tanto a tubulação de entrada quanto a de saída deverá conter, no máximo, 150mm de diâmetro.

**Figura 12** – Esquema de fossa e filtro

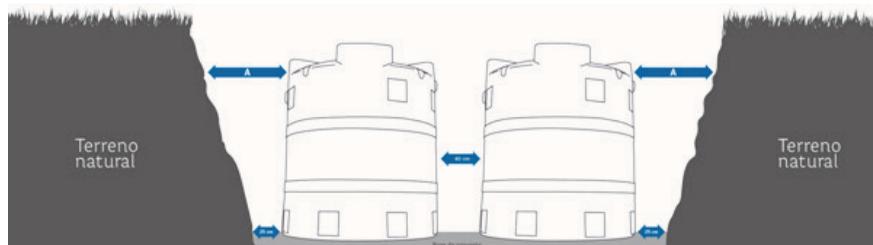
Fonte: Samae Gaspar (2020).

A coleta será iniciada com a tubulação ligada a máquina de lavar, recolhendo a água das três fases do processo de lavagem, mostrado na Figura 11.

**Figura 13** – Corte na área de serviço

Fonte: Os autores (2020).

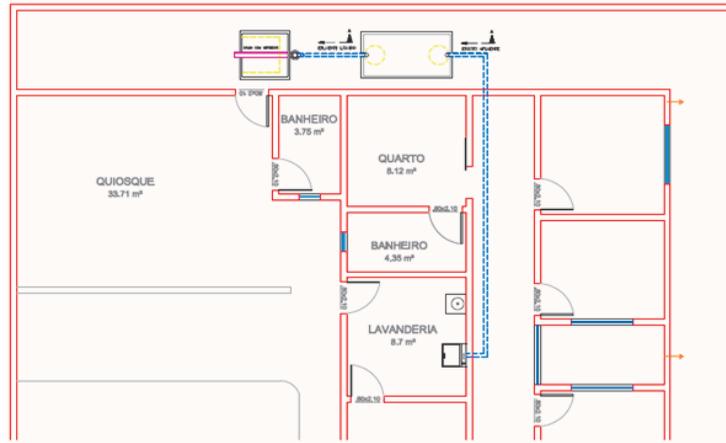
Independente do material escolhido, é recomendado que tenha uma base de concreto na parte inferior da escavação e que sejam garantidos os espaçamentos mínimos entre a fossa séptica e o tanque anaeróbio de 20 centímetros e 25 centímetros de afastamento do terreno natural da parte inferior elementos, como indicado na Figura 12. O afastamento e angulação da parte superior dos elementos em relação ao terreno natural irá depender do tipo de solo encontrado, sendo que em solos com o potencial alto de expansão livre deverá ser adotada uma distância mínima de 2,25m e em solos sem potencial de expansão livre, poderá ser adotado a distância de 0,25m ao redor dos elementos (ABNT, 1997).

**Figura 14** – Disposição da fossa séptica e do tanque anaeróbio

Fonte: Acqualimp (2020b).

A locação dos elementos foi determinada conforme a suas dimensões e de forma a ficar mais próximo do reservatório superior, destinado ao armazenamento da água de reuso, localizado na cobertura da área de lazer. Entretanto, este trabalho abrange apenas a captação da água de reuso e não sua distribuição, portanto a análise encerra-se no filtro anaeróbio. A locação dá-se conforme a Figura 13.

**Figura 15** – Locação do sistema de captação da água de reuso



Fonte: Os autores (2020).

Entre a fossa séptica e o tanque anaeróbio deverá ser colocado terra compactada com cimento (traço 1:15), sendo que a área deve ficar totalmente livre, sem qualquer carga ou peso acima.

### 3.5 AVALIAÇÃO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

A planilha orçamentária apresentada na Tabela 3 foi elaborada de acordo com as informações obtidas no ORSE, conforme explicado anteriormente, e é composta pelos itens custos diretos dessa execução, sem considerar Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) e demais custos indiretos/ complementares.

Tabela 3 – Planilha orçamentária da execução da fossa séptica e do filtro anaeróbio

ORÇAMENTO		UND	QTD	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1.	EXECUÇÃO DE FOSSA SÉPTICA E FILTRO ANAERÓBIO				R\$ 15.210,64
1.1	FOSSA SÉPTICA				R\$ 6.540,92
1.1.1	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade até 1,50m	m3	27,08	R\$ 39,09	R\$ 1.058,56

ORÇAMENTO		UND	QTD	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1.1.2	Reaterro manual de valas, com compactação utilizando sêpo, sem controle do grau de compactação	m3	23,47	R\$ 26,07	R\$ 611,86
1.1.3	Apiloamento manual de fundo de vala	m2	3,77	R\$ 19,56	R\$ 73,74
1.1.4	Concreto simples fabricado na obra, fck=13,5 mpa, lançado e adensado	m3	0,35	R\$ 369,89	R\$ 129,46
1.1.5	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 12mm, 01 uso, inclusive escoramento	m2	12,85	R\$ 133,04	R\$ 1.709,56
1.1.6	Aço CA - 50 Ø 6,3 a 12,5mm, inclusive corte, dobragem, montagem e colocacao de fer-ragens nas formas, para supe-restruturas e fundações	kg	101,06	R\$ 8,15	R\$ 823,64
1.1.7	Tubo pvc rígido soldável ponta e bolsa p/ esgoto predial, d = 150 mm	m	11,44	R\$ 44,79	R\$ 512,40
1.1.8	Bloco de Concreto simples usinado fck=30mpa, bombeado, lançado e adensado em superestrutura	m3	1,26	R\$ 338,79	R\$ 426,88
1.1.9	Abraçadeira em ferro Galvanizado DN 150mm	und	4	R\$ 38,89	R\$ 155,56
1.1.10	Alvenaria bloco concreto vedação 14x19x39cm, e=0,14m, com argamassa traço T5 1:2:8 (cimento / cal / areia), junta 1 cm	m2	7,99	R\$ 51,85	R\$ 414,28
1.1.11	Chapisco em parede com argamassa traço t1 - 1:3 (cimento / areia)	m2	15,99	R\$ 4,74	R\$ 75,79
1.1.12	Reboco ou emboço interno, de parede, com argamassa traço t6 - 1:2:10 (cimento / cal / areia), espessura 1,5 cm	m2	15,99	R\$ 22,70	R\$ 362,97
1.1.13	Tampa de concreto armado, dimensões: 0,60x0,80mx0,05m	und	2	R\$ 36,62	R\$ 73,24
1.1.14	Coleta e carga manuais de entulho	m3	8,67	R\$ 13,03	R\$ 112,97

ORÇAMENTO		UND	QTD	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1.	EXECUÇÃO DE FOSSA SÉPTICA E FILTRO ANAERÓBIO				R\$ 15.210,64
1.2	<b>FILTRO ANAERÓBIO</b>				R\$ 4.909,70
1.2.1	Escavação manual de vala ou cava em material de 1ª categoria, profundidade entre 1,50 e 3,00m	m3	3,59	R\$ 58,63	R\$ 210,48
1.2.2	Lastro de brita 3	m3	0,87	R\$ 110,09	R\$ 95,78
1.2.3	Forma plana para estruturas, em compensado resinado de 12mm, 01 uso, inclusive escoramento	m2	19,25	R\$ 133,04	R\$ 2.561,02
1.2.4	Aço CA - 50 Ø 6,3 a 12,5mm, inclusive corte, dobragem, montagem e colocação de ferragens nas formas, para superestruturas e fundações	kg	149	R\$ 8,15	R\$ 1.214,35
1.2.5	Concreto simples usado fck=15mpa, bombeado, lançado e adensado em superestrutura	m3	2,1	R\$ 319,35	R\$ 670,64
1.2.6	Alvenaria Tijolo cerâmico maciço (5x9x19), esp = 0,09m (singela), com argamassa traço t5 - 1:2:8 (cimento / cal / areia) c/ junta de 2,0cm	m2	0,44	R\$ 72,77	R\$ 32,02
1.2.7	Tubo pvc rígido soldável ponta e bolsa p/ esgoto predial, d = 100 mm	m	2	R\$ 27,27	R\$ 54,54
1.2.8	Joelho 90° em pvc rígido soldável, para esgoto predial, diâm = 100mm	und	4	R\$ 17,72	R\$ 70,88
1.3	<b>MÃO DE OBRA</b>				R\$ 3.760,02
1.3.1	Armador	h	21,17	R\$ 14,08	R\$ 298,07
1.3.2	Carpinteiro de formas	h	64,6	R\$ 14,08	R\$ 909,57
1.3.3	Encanador ou bombeiro hidráulico	h	2,76	R\$ 14,08	R\$ 38,86
1.3.4	Pedreiro	h	18,92	R\$ 14,08	R\$ 266,39
1.3.5	Servente de obras	h	223,15	R\$ 10,07	R\$ 2.247,12

Fonte: Os autores (2020).

Apesar do alto custo inicial, o retorno do investimento acontecerá à longo prazo, uma vez que haverá economia na conta de água e taxa de esgoto, já que as atividades selecionadas não necessitam de água potável.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou comprovar a importância do aproveitamento de águas cinzas, visto que esta pode ser coletada para o aproveitamento com fins não potáveis como o uso em bacias sanitárias, lavagens de carros, calçadas e pátios, espelhos d'águas e uso industrial após tratamento adequado.

Por meio da estimativa de consumo médio nas residências brasileiras, foi possível determinar que o consumo mensal interno na residência em análise era de 48 mil litros por mês, uma vez que abriga oito habitantes e o consumo per capita brasileiro é de 200 L/hab por dia. Já o consumo externo mensal foi obtido na literatura vigente, sendo de 4 L/m<sup>2</sup> para a lavagem de áreas externas e 3 L/m<sup>2</sup> para rega de jardins, totalizando cerca de 5.300 litros por mês. Considerando que a máquina de lavar é responsável por 11% do consumo interno mensal, percebeu-se que apenas essa oferta era capaz de atender a lavagem das áreas externas como a área de lazer, o piso cimentado e a garagem revestida com placas cerâmicas.

O sistema escolhido para a captação da água de reuso foi a de fossa séptica e filtro anaeróbio. A fossa séptica é a responsável pelo armazenamento inicial, sendo construída de alvenaria de bloco de concreto e com 2,65 m<sup>3</sup> de volume. Esse dimensionamento foi possível por meio dos cálculos propostos pela ABNT NBR 7229:1993. Da mesma forma, foi realizado o dimensionamento do filtro anaeróbio, responsável pelo tratamento da água de reuso e posterior distribuição para o reservatório superior, conforme cálculos da ABNT NBR 13969:1997.

Quanto a avaliação dos custos de implantação, utilizando as informações obtidas no sistema ORSE, o serviço teria um custo total de R\$ 15.210,64, sendo R\$ 6.540,92 referente à fossa séptica, R\$ 4.909,70 do filtro anaeróbio e R\$ 3.760,02 de mão de obra. Neste custo não foram incluídos os custos indiretos.

Após o tratamento adequado, as águas cinzas tornam-se utilizáveis para fins não potáveis, pois, mesmo com o tratamento, ela pode apresentar partículas de alguns componentes químicos como amônio, sulfato e nitrato. O principal benefício do reaproveitamento de água cinzas é, sem dúvidas, para o meio ambiente. Além disso, essa prática evita a utilização da água potável em atividades às quais o seu consumo não é imprescindível, preservando-a e gerando uma redução dos custos de água e esgoto.

#### REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. 1999.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969:1997** - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229** - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. 1993.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ABRANTES, Talita. **Onde mais se consome água no Brasil**. 2015. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/brasil/onde-mais-se-consome-agua-no-brasil/>. Acesso em: 26 fev. 2020.

ACQUALIMP. **Fossa séptica Acqualimp**. 2020a. Disponível em: <<https://www.acqualimp.com/produto/fossa-septica-acqualimp/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ACQUALIMP. **Filtro anaeróbio Acqualimp**. 2020b. Disponível em: <https://www.acqualimp.com/produto/filtro-anaerobio-acqualimp/>. Acesso em: 1 jun. 2020.

AGU – União Geofísica Americana. **Reducing water scarcity possible by 2050**. s.d. Disponível em: <https://blogs.agu.org/waterunderground/2014/08/29/reducing-water-scarcity-possible-by-2050/>. Acesso em: 4 fev. 2020.

ALVES, Wolney Castilho; ZANELLA, Luciano; CASTRO, Jordana Rodrigues de; QUEIROZ, Rayana Santiago de. **Manual para aproveitamento emergencial de águas cinza do banho e da máquina de lavar**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2016.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Hidrelétrica de Xingó (AL/SE) continuará com a defluência de 1.000m<sup>3</sup>/s em fevereiro**. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/hidreletrica-de-xingo-al-se-continuara-com-a-defluencia-de-1-000m3-s-em-fevereiro>. Acesso em: 4 fev. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama das águas**: quantidade de água. 2020. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>. Acesso em: 18 fev. 2020.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2011.

BARSTED, Denize. **Sustentabilidade e reutilização de água**. 2015. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/revista/sustentabilidade-e-reutilizacao-de-agua/>. Acesso em: 17 abr. 2020.

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, e dá outras providências. 2005.

CAESB – Companhia Ambiental do Distrito Federal. **ND.SCO-013** - Sistemas de Reuso de Água e de Aproveitamento de Água Pluvial. 2012.

CARVALHO, Sebastião Tomas; PEREIRA, Gabriela Soares; OLIVEIRA, Vanessa Silva de; SABARÁ, Millôr Godoy; FLORES, Milton Edgar Pereira. **Aproveitamento de águas pluviais e águas cinzas no ambiente doméstico**. 2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/IX-007.pdf>. Acesso: 2 maio 2020.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007.

COELHO, Caio; CARDOSO, Denis; FIRPO, Mári. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. **Revista Climanalise**, p. 55-66, 2016.

DE VILLIERS, Marq. **Água**: como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI. Londrina-PR: Ediouro, 2002.

DESO – Companhia e Saneamento de Sergipe. **Tipos de tratamento de esgoto**. 2019. Disponível em: <https://www.deso-se.com.br/v2/index.php/esgoto/tipos-de-tratamento>. Acesso em: 31 out. 2019.

Ecycle. **Manual para aproveitamento emergencial de águas cinzas** - banho e máquina de lavar. 2020. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/manual-aguas.pdf>. Acesso em: 1 maio 2020.

EOS – Organização e Sistemas Ltda. **O que são fontes alternativas de água?** 2019. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/o-que-sao-fontes-alternativas-de-agua/>. Acesso em: 25 fev. 2020.

FIGUEIREDO, Pedro. **Moradores de vários bairros do Rio reclamam da qualidade da água**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/01/06/moradores-de-varios-bairros-do-rio-reclamam-da-qualidade-da-agua.ghtml>. Acesso em: 4 fev. 2020.

HAIDAR, Diego. **Principais mananciais de água que abastecem o Rio de Janeiro estão poluídos, alerta especialista**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/01/09/principais-mananciais-de-agua-que-abastecem-o-rio-de-janeiro-estao-poluidos-alerta-especialista.ghtml>. Acesso em: 4 fev. 2020.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de água, sociedade e ambiente**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/itabi/panorama>. Acesso em: 12 set. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada**: diretoria de pesquisas, coordenação de população e indicadores sociais, estimativas da população residente com data de referência 1o de julho de 2019. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/itabi/panorama>. Acesso em: 12 set. 2019.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados climatológicos Aracaju**. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo2/previsaoPorTipo&type=capitais>. Acesso em: 26 abr. 2020.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Cetesb, 2011.

MACHADO, Gleysson B. **O impacto dos resíduos na água**. 2013. Disponível em: <https://portalresiduossolidos.com/o-impacto-dos-residuos-na-agua/>. Acesso em: 9 nov. 2019.

MAGALHÃES, Lana. **Crise hídrica no Brasil**. 2020. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/crise-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 4 fev. 2020.

MENDES, Gyssele. **Seis soluções de países diferentes contra a escassez de água**. s.d. Disponível em: [https://cebeds.org/blog/escassez-de-agua/?gclid=EAIAIQobChMI8cb034e55wIVjg-RCh1iowUvEAAAYASAAEgINOfD\\_BwE#.Xjqpt2hKjIV](https://cebeds.org/blog/escassez-de-agua/?gclid=EAIAIQobChMI8cb034e55wIVjg-RCh1iowUvEAAAYASAAEgINOfD_BwE#.Xjqpt2hKjIV). Acesso em: 4 fev. 2020.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2016.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Programa água doce**. s.d. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/mma-em-numeros/programa-agua-doce>. Acesso em: 28 abr. 2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos da Água**. 1992. Disponível em: <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-universal-dos-direitos-da-agua.htm>. Acesso em: 18 fev. 2020.

PESTANA, Marcelo; GANGHIS, Diógenes. **Tratamento de efluentes**. CEFET, Coordenação de Processos Industriais, 2010.

RAMPELOTTO, Geraldo. **Caracterização e tratamento de águas cinzas visando reúso doméstico**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

REBOUÇAS, Aldo. **Uso inteligente da água**. Escrituras Editora e Distribuidora de Livros Ltda., 2015.

SAMAE GASPAS. **Sistema de fossa e filtro**. 2020. Disponível em: [http://www.samaegaspar.com.br/servico\\_fossa\\_filtro.php](http://www.samaegaspar.com.br/servico_fossa_filtro.php). Acesso em: 3 jun. 2020.

SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. **Aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas em edificações**. Padrões de qualidade, critérios de instalação e manutenção, Brasília: Universidade de Brasília, 2017.

SANT'ANA, Daniel; MEDEIROS, Lídia; SANTOS, Susanna. **Cadernos de conservação de água em edificações: reúso de águas cinzas**. Brasília: FAU-UnB, 2018.

SELLA, Marcelino Blacene. **Reuso de águas cinzas: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Tiradentes, Aracaju/SE em 2011.

SETTI, Arnaldo Augusto. **Legislação para uso dos recursos hídricos**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1996.

SHAHIDIAN, Shakib; GUIMARÃES, Rita; RODRIGUES, Carlos. **Hidrologia agrícola**. Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora. ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, 2012.

SILVA, Lyndon Johnson Vasconcelos *et al.* Estudo de concepção e projeto básico e executivo do sistema de esgotamento sanitário da cidade de Itabi/SE. **Relatório Técnico**, Aracaju: LJ Engenharia, Saneamento e Meio Ambiente LTDA, 2012.

SILVEIRA, ALL da. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. Hidrologia: ciência e aplicação, São Paulo: EDUSP, 2001: p. 35-51.

SOUZA, Liria Alves de. **Dessalinização da água**. 2020. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/dessalinizacao-agua.htm>. Acesso em: 25 fev. 2020.

THACKRAY, J. E.; COCKER, V.; ARCHIBALD, G. **The Malvern and Mansfield studies of domestic water usage**. Proceedings of the institution of civil engineers: part 1-design and construction. v. 64, 1978: 37-61.

TRATA BRASIL, Instituto. **Água**. 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/agua>. Acesso em: 12 maio 2020.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI**. Enfrentando a escassez. 2. ed. São Carlos, SP: Editora RiMa, 2003.

TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. As múltiplas dimensões da crise hídrica. **Revista USP**, n. 106, p. 21-30, 2015.

VENANCIO, Daniela Fosse Valbão *et al.* A crise hídrica e sua contextualização mundial. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, p. 1-13, 2015.

VISSMAN JR, W.; M. J. HAMMER. **Qualidade da Água**. Abastecimento de Água e Controle da Poluição, 1985. p. 232-234.

ZINATO, M. C.; OLIVEIRA, C. **Esgoto e saneamento básico**. Brasília-DF: POSEAD, Universidade Gama Filho, 2008.

---

**Data do recebimento:** 21 de novembro de 2020

**Data da avaliação:** 9 de dezembro de 2020

**Data de aceite:** 12 de dezembro de 2020

---

---

1 Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: [arthurengenhariaaaa@outlook.com](mailto:arthurengenhariaaaa@outlook.com)

2 Acadêmico do curso de Engenharia Civil, Universidade Tiradentes – UNIT.

E-mail: [pedrovitor477@hotmail.com](mailto:pedrovitor477@hotmail.com)

3 Doutora; Professora, Universidade Tiradentes – UNIT. Email: [ingridc.feitosa@gmail.com](mailto:ingridc.feitosa@gmail.com)

