



**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**THALISSON VASCONCELOS DE OLIVEIRA**

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM  
INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**

**FORTALEZA**

**2020**

**THALISSON VASCONCELOS DE OLIVEIRA**

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REUSO DE ÁGUAS CINZAS EM  
INSTIUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Anderson Ruan  
Gomes de Almeida.

**FORTALEZA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Faculdade Ari de Sá  
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

O48i Oliveira, Thalisson Vasconcelos de.

Implantação de Sistema de Reuso de Águas Cinzas em Instituições de Ensino Superior /  
Thalisson Vasconcelos de Oliveira. – 2020.  
48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza,  
2020.

Orientação: Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida.

1. Reuso. 2. Águas Cinzas. 3. ETAC. 4. RAC. 5. FBAS. I. Título.

CDD 620

---

THALISSON VASCONCELOS DE OLIVEIRA

TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida.

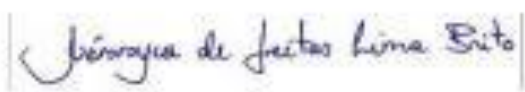
Aprovada em: 18 / 01 / 21

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Me. Anderson Ruan Gomes de Almeida  
Faculdade Ari de Sá

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Julianne Ribeiro dos Santos  
Faculdade Ari de Sá

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Danúbio Costa Lagoa  
Faculdade Ari de Sá

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dra. Jéssyca de Freitas Lima Brito  
Unifanor

Dedico este trabalho inteiramente aos meus pais e minhas irmãs, sem eles eu não teria esta oportunidade de concluir meu curso de engenharia civil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Fátima e Antônio, pelo carinho e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Agradeço às minhas irmãs, Talita e Tamires, por todo o apoio e suporte ao longo de toda a minha formação.

Agradeço ao meu orientador, prof. Anderson Almeida, pelo suporte e paciência ao longo de todo o desenvolvimento do meu TCC.

Agradeço aos demais professores da faculdade Ari de Sá, que contribuíram com meu conhecimento adquirido durante o período do curso.

Agradeço aos meus amigos que conheci ao longo desse de todo esse tempo na faculdade, pelos estudos em grupo, e pelas risadas e momentos de descontração.

Não importa o quanto a vida possa ser  
ruim, sempre há algo que você pode  
fazer, e triunfar. Enquanto há vida, há  
esperança.  
(Stephen Hawking, 2006)

## RESUMO

O rápido crescimento populacional causou um aumento na demanda por água potável e de qualidade para consumo, além de aumentar também a necessidade de busca por métodos alternativos para um uso mais eficiente e que gere menos desperdício. Ao longo dos anos, um desses métodos desenvolvidos foi o reuso de águas cinzas, que pode ter um papel significativo na redução do consumo geral de água, levando a uma utilização mais sustentável da na área em que está sendo reutilizada. A partir de estudo aprofundado de sistemas de reuso de águas cinzas, objetivou-se neste trabalho: concluir se é viável a implantação de um sistema deste tipo na instituição de ensino em estudo, buscando um uso racional da água e uma redução no seu desperdício. Para isso, foi feita uma proposição para a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas por meio da criação de um layout de uma estação de tratamento de águas cinzas (ETAC) que sirva como um estudo teórico do funcionamento do sistema de reuso. O layout foi desenvolvido com uso do software REVIT, que possui ferramentas de inserção de elementos hidráulicos, e por meio delas foi possível ter uma melhor visualização e melhor entendimento de como seria o resultado do sistema de reuso após sua implantação. A ETAC é composta por um reator anaeróbio compartimentado (RAC), um filtro biológico aerado submerso (FBAS), um decantador secundário (DEC) e um filtro terciário (FT), e ao longo do trabalho foram realizados estudos e cálculos para o dimensionamento de cada um dos elementos da estação de tratamento. Após todo o estudo feito sobre estações de tratamento de águas cinzas, concluiu-se que atualmente, com o desenvolvimento de novas tecnologias, o sistema de reuso pode executar adequadamente o tratamento, a reservação e a distribuição do efluente produzido, além de também gerar uma economia significativa em relação ao uso da água.

.

**Palavras-chave:** Reuso.Águas Cinzas.ETAC.RAC.FBAS.



## **ABSTRACT**

Rapid population growth has caused an increase in the demand for potable and quality water for consumption, also increasing the necessity to search for alternative methods for a more efficient use that generates less waste. Over the years, one of these methods developed was the reuse of gray waters, one of them is its reuse as an alternative resource. In the case of graywater, which can play a significant role in reducing overall water consumption, leading to a more sustainable use of water in the area where it is being reused. Based on an in-depth study of gray water reuse systems, the objective of this work was: to conclude whether it is viable to implement such a system in the educational institution in study, seeking a rational use of water and a reduction in its wastage. For this, a proposal was made for the implementation of a gray water reuse system by creating a layout for a graywater treatment plant (ETAC), which serves as a theoretical study of the functioning of the reuse system. The layout was developed using the REVIT software, which has tools for inserting hydraulic elements, and through them it was possible to have a better view and better understanding of what the result of the reuse system would look like after its implementation. ETAC is composed of a compartmented anaerobic reactor (RAC), a submerged aerated biological filter (FBAS), a secondary decanter (DEC) and a tertiary filter (FT), and throughout the work, studies and calculations were carried out to design each of the elements of the treatment plant. After all the study done on graywater treatment plants, it was concluded that currently, with the development of new technologies, the reuse system can properly perform the treatment, reservoir and distribution of the effluent produced, in addition to also generating a significant savings in relation to water use.

**Keywords:** Graywater.Reuse.ETAC.RAC. FBAS.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Definição dos tipos de reuso. ....	16
Quadro 2 - Tipos de Águas Cinzas. ....	18
Quadro 3 - Classificação dos reservatórios.....	26
Quadro 4 - Tubulações de distribuição de água fria.....	28
Quadro 5 - Equações de Fair-Whipple-Hsiao para cálculo da perda de carga. ....	31
Quadro 6 - Cálculo da Vazão da ETAC.....	38
Quadro 7 - Dimensionamento do RAC.....	39
Quadro 8 - Dimensionamento do FBAS.....	40
Quadro 9 - Dimensionamento do DEC.....	40
Quadro 10 - Dimensionamento do FT. ....	41
Figura 1 - Arejador econômico .....	23
Figura 2 - Torneira hidromecânica com arejador embutido.....	24
Figura 3 - Bacia com caixa acoplada .....	24
Figura 4 - Válvula de descarga.....	25
Figura 5 - Registro regulador de vazão para chuveiro .....	25
Figura 6 - Valores de pesos de cada aparelho.....	29
Figura 7 - Diâmetros de tubos de PVC rígido e vazões em função da soma dos pesos.....	30
Figura 8 - Perda de carga em conexões (comprimento equivalente para tubo rugoso). ....	32
Figura 9 - Perda de carga em conexões (comprimento equivalente para tubo liso)..	33
Figura 10 - Vista 3d do layout do sistema de tratamento de águas cinzas desenvolvido. ....	35
Figura 11 - Vista em corte do layout do sistema de tratamento de águas cinzas desenvolvido. ....	36

## LISTA DE SIGLAS

ADEC	Área do Decantador Secundário
AFBAS	Área do Filtro Biológico Aerado Submerso
AFT	Área do Filtro Terciário
ARAC	Área do Reator Anaeróbio Compartimentado
BDEC	Base do Decantador Secundário
BFBAS	Base do Filtro Biológico Aerado Submerso
BFT	Base do Filtro Terciário
BIM	Building Information Modeling
BRAC	Base do Reator Anaeróbio Compartimentado
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEC	Decantador Secundário
ETAC	Estação de Tratamento de Águas Cinzas
FBAS	Filtro Biológico Aerado Submerso
FT	Filtro Terciário
LDEC	Larfura do Decantador Secundário
LFBAS	Largura do Filtro Biológico Aerado Submerso
LFT	Largura do Filtro Terciário
LRAC	Largura do Reator Anaeróbio Compartimentado
NBR	Norma Brasileira
QMAX	Vazão Máxima
QMED	Vazão Média
RAC	Reator Anaeróbio Compartimentado
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
TS	Taxa Superficial
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
VRAC	Volume do Reator Anaeróbio Compartimentado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
<b>3.1 REUSO DE ÁGUA</b> .....	<b>16</b>
3.1.1 Tipos de Reuso .....	16
<b>3.2 TIPOS DE ÁGUA</b> .....	<b>17</b>
3.2.1 Águas Negras .....	17
3.2.2 Águas Pluviais .....	18
3.2.3 Águas Cinzas .....	18
<b>3.3 REUSO DE ÁGUAS CINZAS</b> .....	<b>19</b>
<b>3.4 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS</b> .....	<b>19</b>
3.4.1 Tipos de Sistema de Tratamento .....	20
3.4.1.1 Sistema simplificado tipo dois estágios (two-stage system) .....	20
3.4.1.2 Sistema de filtração físico-químico .....	20
3.4.1.3 Sistema de filtração biológico .....	21
3.4.1.4 Reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo .....	22
<b>3.5 EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA</b> .....	<b>22</b>
3.5.1 Arejador .....	23
3.5.2 Torneira Hidromecânica .....	23
3.5.3 Bacias Sanitárias .....	24
3.5.4 Reguladores de Vazão .....	25
<b>3.6 MATERIAIS EMPREGADOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.7 RESERVATÓRIOS</b> .....	<b>26</b>
<b>3.8 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO</b> .....	<b>27</b>
3.8.1 Dimensionamento de Reservatório .....	27
3.8.2 Dimensionamento de Rede de Distribuição .....	28
3.8.2.1 Dimensionamento de ramal .....	29
3.8.2.2 Dimensionamento de coluna .....	30
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>34</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>36</b>
5.1 CÁLCULO DA VAZÃO .....	38
5.2 DIMENSIONAMENTO DO RAC .....	39
5.3 DIMENSIONAMENTO DO FBAS .....	39
5.4 DIMENSIONAMENTO DO DEC .....	40
5.5 DIMENSIONAMENTO DO FT .....	41
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>

REFERÊNCIAS.....	43
------------------	----

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o aumento da demanda e a diminuição da oferta de água com qualidade é um dos problemas que vêm atingindo as grandes cidades. Alguns dos fatores que contribuem para essa situação são o aumento da poluição dos mananciais, o crescimento populacional desordenado e o uso indiscriminado da água (SELLA, 2011).

Por conta do crescente consumo de água potável e da situação de escassez que se encontra e que pode vir a se encontrar os reservatórios de água no Brasil, têm-se um aumento na busca por alternativas para usá-la de maneira eficiente.

Segundo E. Friedler *et al.* (2005), uma alternativa para isso seria aumentar a eficiência de sua utilização, promover medidas de economia e reutilização como recurso alternativo. Reutilização de águas cinzas no local dentro do setor da área urbana pode ter um papel significativo na redução de seu consumo geral, levando a uma utilização mais sustentável da água urbana.

Águas cinzas são águas coletadas separadamente do fluxo de esgoto originário de lavadoras de roupas, lavatórios, banheiras, chuveiros e pias. A demanda doméstica de água interna nos países industrializados consiste em 30-60% e da demanda urbana varia de 100 a 150l/c/d (litro/capita/dia), dos quais 60 a 70% são transformados em águas cinzas, enquanto a maioria do restante é consumida em descargas de banheiros.

A reutilização de águas cinzas para a descarga do vaso sanitário, se implementada, pode reduzir o consumo de água da rede interna em 40-60l/c/d, e demanda urbana de água em até 10-25%, o que é uma redução significativa da demanda de água urbana. (E. FRIEDLER, et al., 2005)

Uma segunda opção seria o reuso de águas negras, que diferente das águas cinzas, são efluentes que tem origem proveniente de vasos sanitários e que apresentam microrganismos patogênicos que precisam ser retirados por tratamento mais adequado, pois podem prejudicar a saúde humana e o meio ambiente. Por conta disso, esse tipo de reuso também requer um tratamento mais rigoroso e menos simples que o reuso de águas cinzas.

Existe ainda, o reaproveitamento de águas pluviais, que consiste na captação da água da chuva para reuso pós tratamento. Esta, por sua vez, é de excelente

qualidade, porém dependendo da forma de uso que lhe for designada, pode demandar um tratamento diferente. Alguns casos recomenda-se a instalação de equipamentos específicos, como filtros de areia, sistemas de desinfecção, entre outros.

Por conta de ser um método que depende de períodos chuvosos, acaba por se tornar menos viável, em regiões que possuem um longo período de estiagem e seca, se comparado com outros métodos de reuso.

Analisando os três tipos de reuso citados, suas principais características, e as variáveis que influenciam em cada um deles, optou-se para objeto de estudo deste trabalho, um estudo de implantação de um sistema de reuso de águas cinzas em uma instituição de ensino superior privada localizada em Fortaleza-CE, objetivando desenvolver um estudo do funcionamento e desempenho de um sistema de reuso por meio de uma estação de tratamento de águas cinzas compacta.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral propor um layout para implantação de um sistema de reuso de águas cinzas na instituição de ensino superior em estudo, buscando um uso racional da água e uma redução no seu desperdício.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar e avaliar técnicas alternativas de sistemas de reuso de águas cinzas.
- Desenvolver um layout de estação de tratamento de águas cinzas através do software de tecnologia *BIM* da empresa AUTODESK, REVIT.
- Estudar o desempenho de uma estação de tratamento compacta composta pela associação em série de um reator anaeróbio compartimentado, um filtro biológico aerado submerso, um decantador secundário e um filtro terciário.



### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 REUSO DE ÁGUA

Reuso da água é a sua reutilização, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservar os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade do meio ambiente. É a utilização dessa substância, por duas ou mais vezes, após tratamento, que minimiza os impactos causados pelo lançamento de esgotos sem tratamento nos rios, reaproveitamento este, que também ocorre espontaneamente na natureza através do “ciclo da água”. (FIORI, 2006)

Asano *et al.* (2007) observam que, como várias comunidades no mundo estão atingindo o limite de disponibilidade de água, o seu reuso se torna opção para a conservação e ampliação das reservas hídricas, sendo que substitui por água de reuso as aplicações que não necessitam de água potável; aumentam as vazões de fontes de água existentes; protegem os ecossistemas aquáticos com a diminuição do desvio de água e a redução no despejo de nutrientes e outros contaminantes; reduzem e adiam a necessidade de obras de controle como represas e barragens; e atendem as normas ambientais que visam um melhor gerenciamento do consumo e descarte de efluentes.

##### 3.1.1 Tipos de Reuso

A reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não, conforme apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1 - Definição dos tipos de reuso.**

NOME	DESCRIÇÃO
Reuso Direto	É o tratamento planejado de efluentes para reuso com fins não potáveis. Exige a implementação de tecnologias de tratamento do efluente para garantir o reuso de água com qualidade.

Reuso Indireto	Reuso de água doméstica ou industrial que é descarregada em águas superficiais ou subterrâneas, e posteriormente reutilizada de forma diluída.
Reciclagem Interna	Sistema de ciclo fechado onde há a reposição da água de outra fonte que é perdida e consumida durante processos de manutenção e tratamento.
Reuso Potável Direto	Consiste em tratamento avançado do esgoto para ser reutilizado no sistema de água potável.
Reuso Potável Indireto	Consiste no esgoto disposto em águas superficiais ou subterrâneas para diluição e purificação natural e posteriormente captado para tratamento e reutilização como água potável.

Fonte: Modificado de Organização Mundial da Saúde (1973).

## 3.2 TIPOS DE ÁGUA

### 3.2.1 Águas Negras

Água negra é o efluente proveniente dos vasos sanitários, contendo basicamente fezes, urina e papel higiênico. Apresentam elevada carga orgânica e presença de sólidos em suspensão, em grande parte sedimentáveis, em elevada quantidade (GONÇALVES, 2006).

O volume de águas negras é bem menor que o volume de água cinza produzido, apesar de conter a maior parte dos microrganismos patogênicos e dos nutrientes encontrados no esgoto doméstico (GALBIATI, 2009).

Os gastos com água nos aparelhos sanitários derivam não somente das descargas associadas às necessidades fisiológicas como também da utilização inadequada do componente. Considerando-se que uma pessoa utiliza o sanitário, em média, cinco vezes por dia, sendo uma delas para as fezes e as outras para urina, o desperdício de água potável é de pelo menos 24 a 32 litros/pessoa/dia (caso se utilize descargas reduzidas de 6 litros) (REBOUÇAS *et al*, 2007).

### 3.2.2 Águas Pluviais

O aproveitamento de água da chuva é uma medida que gera pouco impacto à qualidade ambiental, principalmente com relação aos recursos hídricos. Além disso, proporciona uma economia no uso de água potável fornecida pela rede pública de abastecimento (SCHERER & FENDRICH, 2004).

Conforme Soares *et al.* (1997), o aproveitamento da água da chuva traz numerosas vantagens tais como simples manutenção e controle, baixo custo de implementação de sistema, redução no consumo de água potável em áreas urbanas e uma contribuição para o controle de cheias, pois a água captada não é jogada diretamente para o sistema de drenagem urbano. Enquanto uma desvantagem para o sistema é que em tempos de estiagem acaba diminuindo o volume de água coletado para o sistema de reuso.

### 3.2.3 Águas Cinzas

As águas cinzas são aquelas provenientes dos lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupa e louça. Porém, quanto a este conceito, observa-se que ainda não há consenso internacional. (FIORI *et al*, 2006)

Águas cinzas podem ser divididas conforme mostra o quadro 2.

**Quadro 2 - Tipos de Águas Cinzas.**

Água Cinza Clara	Efluentes domésticos com exceção de efluentes da bacia sanitária, pia de cozinha e máquina de lavar louça.
Água Cinza Escura	Efluente domésticos com exceção somente dos efluentes da bacia sanitária.

**Fonte: Modificado de Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (2014).**

A partir disso, sugere-se a adoção dos termos “água cinza” e “água negra” para a classificação de águas residuárias, estando incluso em “água negra” o efluente da pia de cozinha, máquina de lavar louça e efluentes da bacia sanitária.

Segundo Gonçalves (2006), o reuso de água requer medidas efetivas de proteção à saúde pública e ao meio ambiente, e ambas devem ser técnica e economicamente viáveis. Embora a água cinza não possua contribuição dos vasos sanitários, de onde provém a maior parte dos microrganismos patogênicos, a limpeza das mãos após o uso da toailete, lavagem de roupas ou o próprio banho são possíveis fontes de contaminação e inserção de risco no seu reuso.

### 3.3 REUSO DE ÁGUAS CINZAS

Reuso de águas cinzas significa redirecionar a água utilizada em lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar roupa e pias para passar por um tratamento adequado e depois redistribuí-la para descargas, rega de jardins, lavagem de piso e tantas outras atividades que não necessitem de água potável (FIORI *et al.*, 2004)

O reuso de águas cinzas busca substituir a água potável em procedimentos em que seu uso é dispensável, evitando seu consumo desordenado e gerando vantagens econômicas tanto nas indústrias como em condomínios residenciais e comerciais (HESPANHOL, 2003).

A configuração básica de um processo de utilização de águas cinzas consiste no sistema de coleta da água servida, o subsistema de condução da água (ramais, tubos de queda e condutores), a unidade de tratamento (por exemplo, filtração e desinfecção), e o reservatório de acumulação da água. Dependendo da edificação e do local onde será implantado o sistema, pode ser necessário ainda um sistema de recalque, o reservatório superior e uma rede de distribuição (SANTOS, 2002).

### 3.4 TRATAMENTO DE ÁGUAS CINZAS

Os efluentes que são destinados para qualquer tipo de reuso devem passar por um processo de tratamento para que possa garantir sua qualidade e para não comprometer os usuários causando danos à saúde.

A definição do tipo de sistema a ser adotado para o tratamento de águas cinzas está direto ligado aos requisitos necessários para a aplicação de reuso que ela será usada e com a qualidade do efluente que será tratado. Os processos de

tratamento variam desde simples sistemas em residências até grandes sistemas mais elaborados e complexos para reuso em larga escala (JEFFERSON et al., 1999).

### 3.4.1 Tipos de Sistema de Tratamento

#### 3.4.1.1 Sistema simplificado tipo dois estágios (two-stage system)

É um tipo de tecnologia de filtração grosseira para reuso doméstico comumente utilizada no Reino Unido e que várias empresas fabricam sistemas de tratamento de reuso que se baseiam nesse sistema de dois estágios. Segundo Jefferson et al. (1999) o processo genérico emprega um curto período de detenção hidráulica. Assim a natureza química da água cinza permanece inalterada e apenas um mínimo tratamento é requerido. A desinfecção pode ser feita utilizando tanto cloro como bromo, sendo eles dispersos na forma de pastilhas que se dissolvem lentamente ou através de dosagem de solução líquida. Entretanto, concentrações de matéria orgânica elevadas limitam a eficiência da desinfecção química, pois dificultam a difusão do desinfetante, aumentam a demanda do agente desinfetante.

Hill et al. (2003) mostram o monitoramento de um sistema que foi implantado por uma empresa britânica em cinco novas residências em Aylesbury (Inglaterra), utilizando o bromo como desinfetante. Este monitoramento mostrou uma concentração de DBO remanescente relativamente alta (22-87mg/l) e apresentou alguns problemas operacionais como, o entupimento na tubulação de entrada do filtro, falha na bomba e insuficiência na desinfecção.

#### 3.4.1.2 Sistema de filtragem físico-químico

Processos físico-químicos são aqueles com objetivo de reagir, separar, combinar elementos, seja de forma unitária (sem produtos químicos), como por exemplo, decantação e filtração, ou com a adição de produtos químicos, como por exemplo, na floculação. É possível ainda, uma combinação dos dois processos com floculação, decantação e filtração (SOUSA, 2008).

De acordo com Jefferson *et al* (1999), processos físicos podem alcançar bons níveis de clareamento da água, assim como, também conseguem reduzir significativamente a quantidade de carga poluente das águas cinzas para reuso, melhorando assim a qualidade de turbidez da água.

#### 3.4.1.3 Sistema de filtragem biológico

Filtros biológicos são tanques contendo pedra, areia, ripas ou outro material inerte atuando como suporte para aderência e desenvolvimento de microrganismos (aeróbios e anaeróbios), causando uma alta retenção de biomassa no reator (ÁVILA, 2005).

Ainda segundo Ávila (2005), os filtros biológicos podem ter várias formas, configurações e dimensões, podendo ser verticais, com fluxo ascendente e descendente; ou horizontais, classificados em rápido e lento. Sua forma vai depender se ele conseguir obter um bom fluxo pelo percolador, e um bom desempenho funcional.

De acordo com Von Sperling (2005), os filtros biológicos ainda podem ser de baixa taxa, onde há uma baixa carga de DBO, com remoção de 15-40 (mg/L), fazendo com que o lodo saia parcialmente estabilizado devido ao consumo de matéria orgânica presente nas bactérias. Este tipo de filtro ocupa uma maior área e possui uma menor capacidade de adaptação as variações de efluentes.

O filtro biológico aerado submerso (FBAS) é um tipo bastante comum de filtros biológicos, ele necessita de fornecimento de ar para aeração, este é feito por meio de difusores de bolhas grossas, colocados na parte inferior do filtro e alimentados por sopradores (GONÇALVES *et al.*, 2001). As bolhas de ar erodem o biofilme e previnem a colmatação do meio suporte. A turbulência também assegura o bom contato entre o substrato e os microrganismos (AISEE e ALÉM SOBRINHO, 2001). O biofilme que se desprende do meio deve ser removido em uma etapa de decantação secundária.

Com o advento do material de contato feito de plástico, os filtros continuam atraindo o interesse de pesquisadores. Aisee e Além Sobrinho (2001) utilizaram um meiosuporte de material plástico estruturado em um FBAS utilizado como póstratamento de um reator UASB.

#### 3.4.1.4 Reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo

Este reator utiliza um processo biológico de tratamento com biomassa dispersa, no qual os compostos orgânicos são biodegradados e digeridos por meio de uma transformação anaeróbia. (PEREIRA-RAMIRES et al., 2004).

O desenvolvimento do reator anaeróbio de fluxo ascendente com manta de lodo (UASB) combinou vantagens, as quais possibilitaram a sua utilização para uma grande variedade de águas residuárias e, conseqüentemente, adoção em larga escala. Esse tipo de reator pode ser construído e operado de forma a minimizar os custos do tratamento com baixa produção de sólidos (CAMPOS et al., 2006).

Em reatores UASB convencionais, a ocorrência de grandes variações de vazões afluentes pode causar grandes velocidades ascensionais, particularmente nas aberturas para os compartimentos de decantação (CHERNICHARO et al., 1999, apud SOARES et al., 2001). No reator UASB compartimentado, as variações de vazão são acomodadas em uma, duas ou três câmaras de digestão, fazendo com que as variações de velocidade ascensional em cada câmara sejam menores (BRITO et al., 2001).

### 3.5 EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA

Atualmente no mercado existem diversos equipamentos economizadores que ajudam na redução de desperdício de água, porém não é de conhecimento de toda a população em geral a existência deles. Segundo OLIVEIRA (1999), o tipo de usuário, as atividades de consumo de água no local e as características do sistema onde serão implantados equipamentos economizadores de água influenciam diretamente na escolha e na especificação de tais equipamentos.

De acordo com Schmidt (2004), esses equipamentos podem apresentar dois tipos de funcionamento, o hidromecânico (fechamento automático), que é aquele onde o usuário aciona o sistema manualmente, liberando o fluxo de água e o fechamento acontece após um determinado tempo; e o funcionamento por sensor de presença (eletrônico), que apresenta uma unidade eletrônica anexa que emite um sinal continuamente fazendo leitura de informação para que quando um usuário se aproxime, o fluxo de água é liberado até que o mesmo se afaste do sensor.

### 3.5.1 Arejador

O arejador é uma peça colocada na extremidade da torneira com objetivos de reduzir a vazão e eliminar o jato de dispersão da água. Este equipamento reduz a passagem da água pela torneira através de peças perfuradas ou telas finas, e há a presença de orifícios nas superfícies laterais, permitindo a entrada de ar durante o fluxo de escoamento da água.

No mercado, também possuem arejadores do tipo chuveirinho e um misto do tipo comum com o chuveirinho, o que proporcionam uma maior versatilidade dependendo das atividades para qual a torneira está sendo utilizada.

**Figura 1 - Arejador econômico**



**Fonte: Docol (2019)**

### 3.5.2 Torneira Hidromecânica

As torneiras hidromecânicas geralmente também possuem arejador, melhorando seu desempenho em relação à economia de água. O controle de vazão deste equipamento é obtido através de um redutor de vazão acoplado na torneira, para que os usuários não interfiram na medição. O tempo que o equipamento permanece acionado determina se o uso da água está sendo racional ou não. Existem modelos que permitem a variação do tempo de acionamento e existem modelos que já possuem um tempo pré-determinado. Este tempo não deve ser muito curto, para evitar que o usuário tenha que acioná-lo várias vezes, mas também não pode ser muito longo, evitando o alto consumo de água.



**Figura 2 - Torneira hidromecânica com arejador embutido**



**Fonte: Docol (2019)**

### 3.5.3 Bacias Sanitárias

Estão disponíveis no mercado dois tipos de bacias sanitárias, as para válvulas de descarga e as com caixa acoplada. Ambos os tipos se caracterizam por necessitar de apenas cerca de 6,8 litros de água para realizar o adequado arraste de dejetos e uma limpeza interna eficiente. A maior diferença está na bacia com caixa acoplada, que pode apresentar dois botões de acionamento da descarga, sendo um que libera 6,8 litros e é capaz de arrastar efluentes com sólidos, e o outro que libera cerca de 3 litros, mas é suficiente apenas para a limpeza de urina.

**Figura 3 - Bacia com caixa acoplada**



**Fonte: Docol (2019)**

**Figura 4 - Válvula de descarga****Fonte: Docol (2019)**

### 3.5.4 Reguladores de Vazão

Os reguladores de vazão são redutores de pressão, que objetivam reduzir a vazão de aparelhos por meio de uma perda de carga localizada no sistema implementado. Os sistemas disponíveis no mercado são do tipo “pastilha”, para pressão hidráulica acima de 100kPa, são instalados no interior de chuveiros e duchas; e do tipo “engate”, flexível ou rígido, que permite uma manutenção de vazão constante para uma faixa de pressão de 100kPa a 400kPa, são instalados em torneiras de lavatórios, cozinhas e mictórios. A vazão do sistema pode ser regulada ou pré-determinada.

**Figura 5 - Registro regulador de vazão para chuveiro****Fonte: Docol (2019)**

## 3.6 MATERIAIS EMPREGADOS

Os sistemas de distribuição e de coleta de água, potável ou de reuso, podem ser feitos tanto de materiais metálicos como plásticos, sendo os da tubulação de esgoto diferentes da de água fria por conta do tipo de efluentes que são transportados.

É necessário ainda uma separação dos sistemas para água potável e não potável, que pode ser feito por meio de identificação escrita nas tubulações ou através de cores padronizadas.

De acordo com a NBR 8160:1999, os materiais a serem empregados nos sistemas prediais de esgoto sanitário devem ser especificados em função do tipo de esgoto a ser conduzido, da sua temperatura, dos efeitos químicos, e das solicitações mecânicas que as instalações possam ser submetidas.

### 3.7 RESERVATÓRIOS

Reservatórios são unidades de armazenamento e passagem de água localizados em pontos estratégicos de um sistema hidráulico de modo a atender as melhores condições de qualidade, pressão e vazão da água.

De acordo com Guimarães *et al* (2007), os reservatórios podem ser classificados com relação a localização no terreno ou com a localização no sistema, como mostra o quadro 3.

**Quadro 3 - Classificação dos reservatórios.**

<b>Localização no terreno</b>	<b>Descrição</b>
Enterrado	Totalmente embutido no terreno.
Semi-enterrado	Nível da água parcialmente abaixo do nível do terreno.
Apoiado	Fundo do reservatório apoiado no terreno.
Elevado	apoiado em estruturas de elevação.
Stand-pipe	Reservatório elevado com a estrutura de elevação embutida no terreno para manter o perímetro da seção transversal da edificação contínuo.
<b>Localização no sistema</b>	<b>Descrição</b>
Montante	Posicionado antes do sistema de distribuição.

Jusante	Posicionado após o sistema de distribuição.
---------	---

Fonte: Adaptado de Guimarães, et al. (2007).

Os reservatórios também estão sujeitos a problemas, segundo Asano (1998), longo períodos de armazenamento podem causar alguns deles, tais como limites regulatórios, onde a quantidade de sólidos passa do limite, provocando o surgimento de partículas que causam o entupimento dos sistemas; estética, quando o excesso de formação destas partículas faz com que uso pretendido da água de reuso não se torne adequado; e funcional, quando a degradação da qualidade da água causa problemas operacionais no sistema.

### 3.8 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Existem uma série de regras que devem ser seguidas tanto para o dimensionamento hidráulico do reservatório quanto da rede de distribuição de água e tubulações.

#### 3.8.1 Dimensionamento de Reservatório

O reservatório deve ser construído ou instalado de tal modo que seu interior possa ser facilmente inspecionado e limpo

O material do reservatório deve ser resistente à corrosão ou ser provido internamente de revestimento anticorrosivo.

O reservatório deve ser projetado de modo a ter resistência mecânica suficiente para atender sua função, sem apresentar deformações que comprometam seu funcionamento ou dos componentes nele instalados.

A capacidade dos reservatórios de uma instalação predial de água fria deve ser estabelecida levando-se em consideração o padrão de consumo de água na edificação e, onde for possível obter informações, a frequência e duração de interrupções de abastecimento.

De acordo com a NBR 5626:1998, o volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24 horas de consumo normal no edifício, sem considerar o volume de água para combate a incêndio.

A capacidade de um reservatório é calculada levando em consideração o consumo diário da edificação, sendo este calculado levando em conta o consumo per capita e a população total da edificação, de acordo com as seguintes equações:

$CD = P * q$
$CR = CD * d$

Em que CD: consumo diário em l/dia; P: população (hab); q: consumo per capita em l/hab\*dia; d: quantidade de dias de reservação (dias); e CR: Capacidade do reservatório em litros (l).

Para um reservatório de reuso deve ser dimensionada uma tubulação de limpeza para períodos em que sua manutenção seja necessária, e o tanque do reservatório deve ter uma torneira de boia que auxilia no recebimento de água para reuso apenas quando seu nível estiver inferior ao máximo.

### 3.8.2 Dimensionamento de Rede de Distribuição

Segundo a NBR 5626:1998, a distribuição de água fria de um sistema predial ocorre por meio de barriletes, colunas, ramais e sub-ramais de distribuição, que são descritos no quadro 4.

**Quadro 4 - Tubulações de distribuição de água fria**

Barrilete	Tubulação de conexão entre o reservatório superior e as colunas de distribuição por meio de ramificações.
Coluna	Derivam do barrilete e descem verticalmente ao longo do prédio, alimentando os ramais dos diversos pavimentos.
Ramal	Tubulações derivadas das colunas de alimentação e servem para alimentar os sub-ramais dos aparelhos.

Sub-ramal	Tubulações que ligam os ramais de alimentação aos diversos aparelhos hidrossanitários.
-----------	--

Fonte: Adaptado de Macintyre (2017)

### 3.8.2.1 Dimensionamento de ramal

Para o dimensionamento, a norma sugere o método dos pesos, onde deve-se somar os pesos de todos os equipamentos a serem atendidos para obter uma vazão correspondente à requisitada.

A atribuição dos pesos dos equipamentos pode ser vista na figura 6.

**Figura 6 - Valores de pesos de cada aparelho**

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupa		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: NBR 5626:1998.

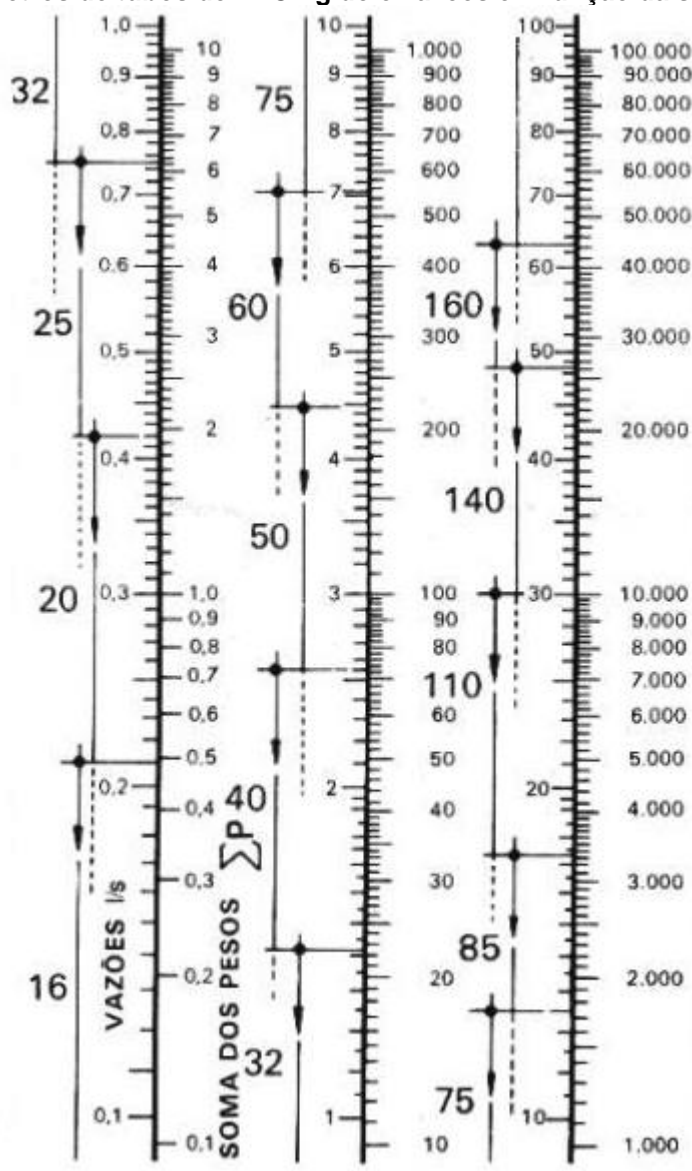
O cálculo da vazão após a obtenção da somatória dos pesos ocorre pela seguinte equação:

$$Q = C * \sqrt{\sum P}$$

Em que: C representa um coeficiente de descarga dado por 0,3l/s; Q representa a vazão; P representa o peso.

Após a definição das vazões e do somatório dos pesos determina-se os diâmetros ideais para os ramais correspondentes por meio da figura 7.

Figura 7 - Diâmetros de tubos de PVC rígido e vazões em função da soma dos pesos



Fonte: Macintyre (2017)

### 3.8.2.2 Dimensionamento de coluna

A norma atenta que para o dimensionamento de coluna de alimentação também deve-se levar em consideração a velocidade de escoamento, pressão estática (pressão da água parada sob efeito da altura da coluna de água na

canalização), pressão dinâmica (pressão dinâmica de escoamento de água e entrada no ramal) e perda de carga (energia gasta pela água para escoar no encanamento).

O procedimento de cálculo de vazão e somatório dos pesos é similar ao do dimensionamento de ramal, com uma diferença de que o peso unitário de uma coluna é igual ao peso total do ramal, a partir daí obtém-se o somatório dos pesos unitários da coluna.

A velocidade de escoamento pode ser obtida pela seguinte equação:

$$V = \frac{4 * 10^3 * Q}{\pi * d^2}$$

Em que V: velocidade de escoamento em m/s; Q: vazão em l/s; d: diâmetro em mm.

Recomenda-se uma velocidade máxima de 3m/s, para evitar ruídos nas tubulações devido a vibrações pelo escoamento da água.

Determina-se a pressão estática de acordo com a altura da coluna de água, que deve ser considerada igual a altura útil do reservatório. A norma estabelece que a pressão estática da água em qualquer ponto de utilização da rede de distribuição não deve ser superior a 400kPa, o equivalente a 40 m.c.a. (metros de coluna de água). Se a pressão for maior que o valor estipulado, recomenda-se a implantação de um reservatório intermediário ou de uma válvula redutora de pressão.

A pressão dinâmica pode ser calculada pela seguinte equação:

$$PD = PE - J_{Total}$$

Em que PD: Pressão Dinâmica; PE: Pressão Estática; J<sub>Total</sub>: Perda de carga total

A norma estabelece que a pressão dinâmica, em qualquer caso, não deve ser inferior a 10kPa, com exceção do ponto da caixa de descarga onde a pressão pode chegar até um mínimo de 5kPa, e do ponto da válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a 15kPa.

A perda de carga ao longo de um tubo depende de seu material, comprimento, diâmetro interno, vazão e rugosidade. Para calcular a perda de carga a norma utiliza-se das equações de Fair-Whipple-Hsiao indicadas no quadro 5.

**Quadro 5 - Equações de Fair-Whipple-Hsiao para cálculo da perda de carga.**

Para tubos rugosos (aço-carbono, galvanizado ou não)	$J = 20,2 * 10^6 * Q^{1,88} * d^{-4,88}$
--	--



Para tubos lisos (plástico, cobre ou liga de cobre)	$J = 8,69 * 10^6 * Q^{1,75} * d^{-4,75}$
---	--

Fonte: Adaptado de NBR 5626:1998.

Em que J: Perda de carga distribuída em m/m; Q: Vazão em l/s; d: Diâmetro em mm.

Além da perda de carga ocorrida ao longo da tubulação, também ocorrem perdas nas peças de conexões, que causam alterações na velocidade e mudança de direção do escoamento da água. De acordo com a norma, essas perdas devem ser expressas em termos de comprimentos equivalentes desses tubos. Quando não for possível prever os tipos e números de conexões utilizadas, recomenda-se estimar uma porcentagem de 10% a 40% (dependendo da complexidade de desenho da tubulação) do comprimento real da tubulação como o comprimento equivalente necessário para cobrir as perdas de cargas em todas as conexões.

As figuras 8 e 9 apresentam esses comprimentos para os casos de equivalência com tubos rugosos e lisos, respectivamente:

**Figura 8 - Perda de carga em conexões (comprimento equivalente para tubo rugoso).**

Diâmetro Nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15,0	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20,0	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25,0	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32,0	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7
40,0	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50,0	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65,0	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80,0	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100,0	3,8	1,7	2,7	...	0,7	5,5
125,0	4,7	2,2	...	...	0,8	6,9
150,0	5,6	2,6	4,0	...	1,0	8,2

Fonte: NBR 5626:1998.

**Figura 9 - Perda de carga em conexões (comprimento equivalente para tubo liso).**

Diâmetro Nominal (DN)	Tipo de conexão					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral
15,0	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20,0	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25,0	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32,0	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40,0	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50,0	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65,0	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80,0	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100,0	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125,0	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150,0	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Fonte: NBR 5626:1998.

## 4 METODOLOGIA

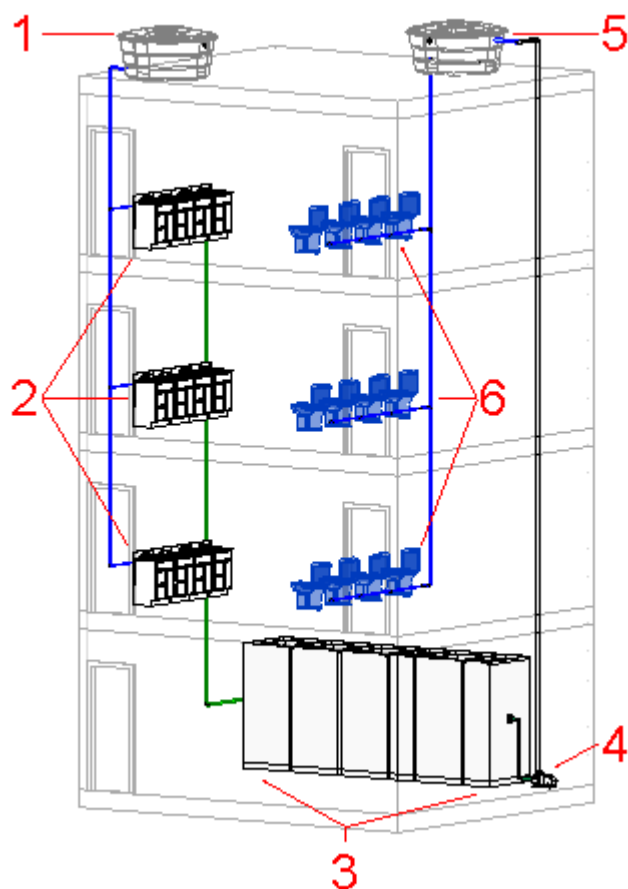
O objeto de estudo do presente trabalho foi uma instituição de ensino superior em Fortaleza – CE. A edificação conta com blocos onde são distribuídas sala de aulas, laboratórios, biblioteca, auditório, banheiros e cantina.

Foi feito uma proposição para a implantação de um sistema de reuso de águas cinzas para os banheiros da instituição. Foi realizado também um estudo para identificar os pontos de consumo de água e para saber quais aparelhos seriam utilizados para o reuso.

Identificou-se que a instituição possui um layout em que alguns dos seus banheiros estão posicionados um acima do outro em seus respectivos pavimentos, utilizando-se da mesma coluna de alimentação de água fria. Com essa informação foi decidido utilizar uma das colunas que alimentam os banheiros para criar e dimensionar um modelo de uma estação de tratamento de águas cinzas (ETAC) que servisse como um estudo teórico do funcionamento de um sistema de reuso e para uma possível implantação e execução prática do sistema na instituição.

Para criar o layout foi utilizado o software REVIT, que é um software BIM (Building Information Modeling) desenvolvido pela empresa norte americana “Autodesk”, que serviu para a análise de procedimentos da instalação hidráulica do sistema de reuso. O software apresenta ferramentas de inserção de elementos hidráulicos que por meio delas foi possível inserir tais elementos em um layout desenvolvido para servir como representação tanto da área de estudo como da estação de tratamento, criando um modelo 3d, como mostrado na figura 10, para melhor visualização de como ficaria o sistema de reuso após sua implantação.

Figura 10 - Vista 3d do layout do sistema de tratamento de águas cinzas desenvolvido.



Fonte: Elaborado pelo autor.

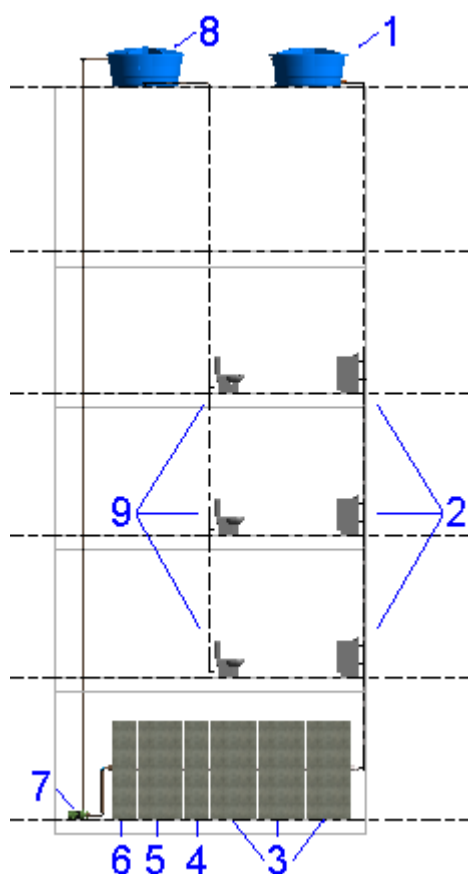
Legenda:

1. Reservatório elevado de água fria.
2. Fontes de água cinza para abastecer o sistema de reuso.
3. Estação de tratamento de águas cinzas (ETAC).
4. Bomba centrífuga para bombeamento da água tratada.
5. Reservatório elevado de água de reuso.
6. Pontos de utilização de água de reuso.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A estação de tratamento (ETAC) é composta por um reator anaeróbio compartimentado (RAC), um filtro biológico aerado submerso (FBAS), um decantador secundário (DEC), e um filtro terciário (FT). Optou-se por este modelo pois um sistema que tivesse somente um reator anaeróbio comum não teria a mesma eficiência em relação a um reator compartimentado que tem um desempenho altamente eficiente na retenção de partículas orgânicas por conta de possuir ainda outros elementos que também estão atuando no tratamento do efluente. O processo de funcionamento da ETAC dimensionada no projeto está disposto conforme mostra a figura a seguir:

**Figura 11 - Vista em corte do layout do sistema de tratamento de águas cinzas desenvolvido.**



**Fonte: Elaborado pelo autor.**

Legenda:

1. Reservatório elevado de água fria para abastecimento de aparelhos hidráulicos da instituição.
2. Fontes de água cinza para abastecer o sistema de reuso.

3. Reator anaeróbio compartimentado (RAC).
4. Filtro biológico aerado submerso (FBAS).
5. Decantador secundário (DEC).
6. Filtro terciário (FT).
7. Bomba centrífuga para bombeamento da água tratada.
8. Reservatório elevado de água de reuso.
9. Pontos de utilização da água de reuso.

Conforme mostra a Figura 11, nota-se que o sistema de reaproveitamento de águas cinzas desenvolvido é composto por várias fases: na etapa inicial (etapa 1), o reservatório elevado de água fria abastece os aparelhos hidráulicos dos banheiros com água potável, em seguida, na etapa 2, as águas que irão abastecer o sistema são captadas dos lavatórios dos banheiros e direcionadas por meio da tubulação de reuso até a ETAC.

Na etapa 3 encontra-se o RAC, ele é subdividido em três compartimentos de mesmas dimensões. A água cinza entra pela parte superior do primeiro compartimento e é encaminhada por meio de tubulação vertical até o fundo, de onde segue em fluxo ascendente até a altura da tubulação que conecta ao segundo compartimento. O efluente segue para os demais compartimentos da mesma forma.

Nos dois primeiros compartimentos do RAC encontram-se mantas de lodo de reatores UASB comum, que executam processos de digestão e reações de estabilização de matéria orgânica. No terceiro compartimento possui um decantador composto por placas paralelas, equidistantes e inclinadas a 50° em relação à horizontal para a execução da etapa de sedimentação do efluente.

Na etapa 4 é realizado o processo de polimento do efluente do RAC por meio de filtração realizada no FBAS. Esse filtro funciona em fluxo normal ascendente e seu leito é fluidizado. Possui meio suporte composto por material que sirva como fixador para colônias de microorganismos responsáveis pela degradação biológica.

No FBAS não há retenção física de biomassa na etapa da filtração, fazendo-se necessária uma etapa de decantação secundária (etapa 5) para remoção de biofilme em excesso presente ao redor do material escolhido para o meio suporte do filtro. Este processo ocorre na no DEC, que opera em fluxo ascendente e possui placas paralelas, equidistantes e inclinadas a 55° em relação à horizontal.

Na etapa 6 encontra-se o filtro terciário (FT), onde sua principal finalidade é a retenção de sólidos suspensos remanescentes. O FT opera em fluxo ascendente e é composto por uma tela de aço inox que fica perpendicular ao fluxo, funcionando como uma peneira para retenção dos sólidos.

Após deixar a ETAC, a água tratada segue por tubulação de reuso onde é bombeada com uso de uma bomba centrífuga (etapa 7) até o reservatório elevado de água de reuso. Enquanto armazenada neste reservatório, a água pode passar ainda por mais um processo de desinfecção (etapa 8) por meio de uso de cloro com objetivo de destruir possíveis patógenos ainda presentes no efluente tratado. Após isso a água tratada é distribuída para os pontos de reuso (etapa 9), que seriam as bacias de caixa de descarga dos banheiros.

A estação de tratamento de águas cinzas (ETAC) foi dimensionada para tratar as águas cinzas produzidas por 126 pessoas (dado fornecido pela instituição), com um consumo per capita 40L/hab.dia, e um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 12h. A seguir, os passos desenvolvidos para o dimensionamento da ETAC com base nos passos seguidos por Bazzarella (2005):

### 5.1 CÁLCULO DA VAZÃO

A vazão média ( $Q_{med}$ ) da ETAC foi calculada multiplicando os valores dos dados de número pessoas na instituição pelo consumo per capita. Já a vazão máxima ( $Q_{max}$ ) foi calculado multiplicando o valor da vazão média por dois coeficientes,  $k_1$  e  $k_2$ . O  $k_1$  é o coeficiente do dia de maior consumo, que representa a relação entre o maior consumo diário verificado e a vazão média diária anual. Seu valor varia entre 1,2 e 2,0 dependendo das condições locais, porém foi adotado o valor de 1,2 por ser o valor usualmente adotado no Brasil. Já o  $k_2$  é o coeficiente da hora de maior consumo, que representa a relação entre a maior vazão horária do dia e a vazão média horária do dia. Seu valor pode variar de 1,5 a 3,0, no entanto, foi adotado o valor de 1,5, pois é o mais usual para fins de projeto.

**Quadro 6 - Cálculo da Vazão da ETAC.**

CÁLCULO DA VAZÃO		
$Q_{med}$	<b>0,21</b>	m <sup>3</sup> /h
$Q_{max}$	<b>0,378</b>	m <sup>3</sup> /h

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.2 DIMENSIONAMENTO DO RAC

Para o dimensionamento do reator anaeróbio compartimentado (RAC), primeiro foi calculado seu volume total ( $V_{rac}$ ) multiplicando a vazão máxima da estação de tratamento (ETAC) pelo seu tempo de detenção hidráulica. Após isso foi calculado a área do reator ( $A_{rac}$ ) dividindo o seu volume pela altura útil da estação, que teve um valor adotado de 1,8m. Para o dimensionamento da base ( $B_{rac}$ ) e largura ( $L_{rac}$ ) do reator, foi considerado que a sua largura seria o dobro da sua base, tendo assim uma forma geométrica retangular. O cálculo foi feito usando uma relação desta condição da base e largura com a área total do reator, chegando a uma dimensão de 1,12m x 2,24m, porém foi adotado valores construtivos de 1,15m x 2,25m. Finalmente, como o reator está dividido em três câmaras, dividiu-se a largura do reator por 3 e obteve-se uma dimensão de 1,15m x 0,75m para cada câmara do RAC.

**Quadro 7 - Dimensionamento do RAC.**

<b>DIMENSIONAMENTO RAC</b>		
$V_{rac}$	<b>4,536</b>	$m^3/h$
$A_{rac}$	<b>2,52</b>	$m^2$
Considerando $L_{rac} = 2B_{rac}$		
$B_{rac}$	<b>1,15</b>	m
$L_{rac}$	<b>2,25</b>	m
L dos compartimentos	<b>0,75</b>	m

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5.3 DIMENSIONAMENTO DO FBAS

O dimensionamento do filtro biológico aerado submerso (FBAS) foi feito calculando primeiramente a sua área, multiplicando o valor da vazão máxima da ETAC pela sua velocidade ascensional, na qual foi adotado um valor de 1,2m/h. Para calcular a largura ( $L_{fbas}$ ) do filtro foi considerado que sua base ( $B_{fbas}$ ) seria igual a base do reator ( $B_{rac}$ ), e esse processo se repetiu para o dimensionamento do decantador secundário e do filtro terciário, assim toda a ETAC manteria sua base com a mesma



dimensão, facilitando processos de cálculo e construtivos. Após aplicar esta consideração, o cálculo da largura do filtro (Lfbas) foi feito somente dividindo o valor da sua área (Afbas) pelo valor da sua base (Bfbas), chegando a dimensões do filtro de 1,12m x 0,28m, porém adotou-se valores construtivos, assim as dimensões finais do filtro foram 1,15m x 0,30m.

**Quadro 8 - Dimensionamento do FBAS.**

<b>DIMENSIONAMENTO FBAS</b>		
Afbas	<b>0,345</b>	m <sup>2</sup>
Considerando Bfbas = Brac		
Bfbas	<b>1,15</b>	m
Lfbas	<b>0,30</b>	m

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

#### 5.4 DIMENSIONAMENTO DO DEC

O dimensionamento do decantador secundário (DEC) foi feito tomando como parâmetro principal a taxa superficial (ts), que teve valor adotado de 20m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. A área do decantador foi calculada pela seguinte fórmula:

$$A_{dec} = \frac{Q_{max} * k_1 * k_2 * 24}{ts}$$

A largura (Ldec) do decantador foi calculada da mesma forma que a largura do filtro biológico (Lfbas), dividiu-se o valor da área do decantador (Adec) pelo valor da sua base (Bdec). As dimensões finais do decantador após os cálculos foram 1,12m x 0,73m, porém adotando-se valores construtivos suas dimensões adotadas foram 1,15m x 0,75m.

**Quadro 9 - Dimensionamento do DEC.**

<b>DIMENSIONAMENTO DEC SECUNDÁRIO</b>		
Adec	<b>0,8625</b>	m <sup>2</sup>
Considerando Bdec = Brac		
Bdec	<b>1,15</b>	m
Ldec	<b>0,75</b>	m

**Fonte: Elaborado pelo autor.**

## 5.5 DIMENSIONAMENTO DO FT

O dimensionamento do filtro terciário (FT) segue os mesmos passos do dimensionamento do FBAS. O cálculo da área (Aft) foi feito através da multiplicação do valor da vazão máxima da ETAC pelo valor da velocidade ascensional. E a largura (Lft) foi calculada através da divisão da sua área pelo valor da base (Bft). As dimensões finais adotadas para o filtro terciário foram 1,15m x 0,30m.

**Quadro 10 - Dimensionamento do FT.**

<b>DIMENSIONAMENTO FILTRO TERCIÁRIO</b>		
Aft	<b>0,315</b>	m <sup>2</sup>
Considerando Bft = Brac		
Bft	<b>1,15</b>	m
Lft	<b>0,30</b>	m

**Fonte:Elaborado pelo autor.**

## 6 CONCLUSÃO

Embora a técnica do reúso da água cinza seja cada vez mais reconhecida como uma inteligente opção para a racionalização dos recursos hídricos, após análises e estudos realizados durante o desenvolvimento dessa monografia, observou-se que em determinados empreendimentos, principalmente naqueles em que se consome menos água, a instalação de um sistema predial de reúso de águas cinzas não é, ainda, um fator atrativo ou acessível para as construtoras e empreendedoras.

Contudo, a partir do desenvolvimento desse trabalho, percebeu-se que os sistemas de reúso de águas cinzas desenvolvidos atualmente conseguem alcançar seus objetivos, executando adequadamente o tratamento, a reservação e a distribuição do efluente produzido, além de gerarem uma economia significativa em relação ao uso da água.

Portanto, com o conhecimento adquirido neste trabalho por meio de seu referencial teórico e do por meio do dimensionamento do layout de uma estação de tratamento de águas cinzas, conclui-se que com um espaço adequado, o modelo de sistema de reúso proposto na metodologia deste trabalho é possível de ser contruído e executado de forma que haja um retorno positivo para a instituição, tanto financeiro como em economia no uso de água, contanto que exista um projeto bem dimensionado da ETAC, com tecnologias, filtros, reatores e materiais corretos para o tratamento para cada etapa do tratamento.

## REFERÊNCIAS

- AISSE, M. M.; ALÉM SOBRINHO, P. **Avaliação do sistema reator UASB e filtro biológico aerado submerso para o tratamento de esgoto sanitário**. 2001.
- ASANO, T. **Wastewater reclamation and reuse**. Pennsylvania Technomic Publishing CO Inc., 1998. 1528 p. (Water Quality Management Library, v.10).
- ASANO, T. et al.; Metcalf & Eddy AECOM **Water reuse: issues, technologies and applications**. New York: McGraw Hill, 2007. 1750 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5626/1998 – **Instalação predial de água fria**. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8160/1999 – **Sistemas prediais de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1999.
- ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. Tese (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, RJ, 2005, 166 p.
- Bazzarella, Bianca Barcellos. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Bianca Barcellos Bazzarella. – 2005. 165 f. : il.
- Campos, C. M. M.; Carmo, F. R.; Botelho, C. G.; Costa; C. C. **Desenvolvimento e operação de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento dos efluentes da suinocultura em escala laboratorial**. Ciência e Agrotecnologia, v.30, n.1, p.140-147, 2006.

E. FRIEDLER, et al. **Water Science & Technology Vol 51 No 10 pp 187–194** © IWA Publishing 2005.

FIORI, J. V. **Reutilização das Águas Cinzas e Pluviais em Edificações Residenciais – Estudo de Caso: Edifício São Paulo**, Ijuí, RS.68p. TCC – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. 2004.

FIORI, S. et al. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006. ISSN 1415-8876 © 2006, ABNT Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. 38 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2009.

GONÇALVES, R. F. et al (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.

GONÇALVES, R. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; ANDRADE NETO, C. O.; ALÉM SOBRINHO, P.; KATO, M. T.; COSTA, R. H. R.; AISSE, M. M.; ZAIAT, M. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme**. Belo Horizonte: Segrac editora e gráfica, 2001. cap. 4, p. 171-278.

HESPAHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água no Brasil**: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/305306332\\_Potencial\\_de\\_Reuso\\_de\\_Agua\\_no\\_Brasil\\_Agricultura\\_Industria\\_Municipios\\_Recarga\\_de\\_Aquiferos](https://www.researchgate.net/publication/305306332_Potencial_de_Reuso_de_Agua_no_Brasil_Agricultura_Industria_Municipios_Recarga_de_Aquiferos). Acesso em: 11 maio 2020.

HILL, S.; BIRKS, R.; DIAPER, C.; JEFFREY, P. **An evaluating of single-house greywater recycling system**. In: Proc. IWA International Symposium on Wastewater Reclamation & Reuse, 4., 2003, Cidade do México.

JEFFERSON, B.; LAINE, A.; PARSONS, S.; STEPHERSON, T.; JUDD, S.  
Technologies for domestic wastewater recycling. **Urban Water**. V. 1, n. 4, p. 285-292, 1999.

OLIVEIRA, L. H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional de água em edifícios**. 1999. 344f. Tese de Doutorado - Escola Politécnica da USP, São Paulo.

Pereira-Ramires, O.; Quadro, M. S.; Antunes, R. M.; Koetz, P. R. **Influência da recirculação e da alcalinidade no desempenho de um reator UASB no tratamento de efluente de suinocultura**. Revista Brasileira de Agrociência, v.10, n.1, p.103-110, 2004.

REBOUÇAS, T. C. et al. Características físico-químicas e microbiológicas de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Belo Horizonte, 24, 2007. **Anais**. Minas Gerais: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

SANTOS, Daniel C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Curitiba: UFPR, 2002.

SCHERER, F. A.; FENDRICH, R. **Economia de Água Potável em Edifícios Escolares por Meio do Aproveitamento das Águas Pluviais**. NUTAU – Seminário Internacional – Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade. Anais. CD Rom, 2004.

SCHMIDT, W. Revisão de: GONÇALVES, O. M., IOSHIMOTO, E., OLIVEIRA, L. H. **Produtos economizadores de água nos sistemas prediais**. Brasília: Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana, 1999.  
(Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documentos Técnicos de

Apoio; F1). Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2004.

SELLA, M, B. **Reuso de águas cinzas**: avaliação da viabilidade da implantação do sistema em residências. 2011. 72 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SOARES, D. A. F.; SOARES, P. F.; PORTO, M. F. F.; GONÇALVES, O. M. (1997). Considerações a respeito da reutilização de águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 1997, Vitória. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 1997.*

SOARES, A. M. E.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C. A. L.; BRITO, L. H. N. C.; ZERBINI, A. M.; MELO, M. C.; BARCELLOS, F. N. M. **Avaliação da remoção de patógenos em duas lagoas de polimento com diferentes relações geométricas tratando o efluente de um reator UASB compartimentado**. In: CHERNICHARO, C. A. L. **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios - Coletânea de trabalhos técnicos - vol II**. Artigo 10, 2001.

SOUSA, A. F. S. **Diretrizes para implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle**. Estudo de caso Residencial Valville I. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica – Saneamento Ambiental) – Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 3ª ed. Belo Horizonte, MG, 2005, 452 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards*. Of a WHO meeting of experts. Technical report series n. 517. Geneva, 1973.