

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS, UNIS-MG**

**ENGENHARIA CIVIL**

**ELITON DA SILVA LEONARDO**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO  
REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR  
NO MUNICÍPIO DE ALFENAS**

**Varginha  
2016**

**ELITON DA SILVA LEONARDO**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO  
REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR  
NO MUNICÍPIO DE ALFENAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior.

**Varginha  
2016**

**ELITON DA SILVA LEONARDO**

**ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA E DO  
REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR  
NO MUNICÍPIO DE ALFENAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof. Leopoldo Uberto Ribeiro Júnior

---

Prof. Marina Santos Tavares

---

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

OBS.:

Dedico este trabalho a minha família que sempre me apoiou, aos professores e mestres pelo valioso aprendizado, aos meus amigos que viveram comigo ao longo desses anos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, minha família, minha esposa Larissa por todo apoio, aos meus colegas e professores por terem ajudado na construção deste trabalho.

“O amor é paciente, o amor é bondoso. Não inveja, não se vangloria, não se orgulha. Não maltrata, não procura seus interesses, não se ira facilmente, não guarda rancor. O amor não se alegra com injustiça, mas se alegra com a verdade. Tudo sofre, tudo crê, tudo espera, tudo suporta.” (1 Coríntios 13:4-7)

## RESUMO

O presente trabalho vem realizar um estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar na cidade de Alfenas – MG, onde foi analisado utilização das águas de chuvas e águas cinzas nos seguintes locais: em bacias sanitárias, lavagem de carros, lavagem de pisos e rega de jardim. Estes locais não exigem que a água seja potável. Primeiramente foi realizada uma pesquisa em normas, livros, sites e outros trabalhos acadêmicos, afim de adquirir os conceitos teóricos para desenvolver este projeto. Através desta pesquisa foi possível estimar as variáveis existente no desenvolvimento do projeto, tais como estimativa populacional da edificação, pois esta está em fase de construção, e também foram estimadas as demandas de água da edificação. Foi realizado o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de pluvial (SAAP) e reúso de águas afim de saber os custos com os empreendimentos. Para o SAAP o tempo de retorno fica em torno de 6 anos para o Caso 2 e 11 anos para o Caso 3, e percebeu-se que a seria inviável do ponto de vista econômico, por outro lado contribui para a preservação da água. Para o reúso de águas cinzas a coleta foi realizada por tubulações instalados nos locais de utilização onde o tratamento é menos complexo que é o caso da máquina de lavar roupas, tanque, chuveiro e lavatório, com isto foi escolhido uma Estação de tratamento de água cinza (ETAC). O tempo de retorno para reúso e de aproximadamente 3 anos e é totalmente viável economicamente. Foi proposto também neste trabalho um sistema misto com a junção dos SAAP e reúso, e verificou-se que também seria viável economicamente devido ao seu tempo de retorno ser de 3 anos e meio aproximadamente.

**Palavras-chaves:** Aproveitamento de água de chuva. Águas cinzas. Reúso.

## **ABSTRACT**

*The present work presents a case study in a multifamily residential building in the city of Alfenas, MG, where it was analyzed the use of rainwater and gray water in the following places: in sanitary basins, car wash, floor washing and irrigation garden. These locations do not require drinking water. First, a research was conducted on norms, books, websites and other academic works, in order to acquire the theoretical concepts to develop this project. Through this research it was possible to estimate the existing variables in the development of the project, such as the population estimate of the building, as it is under construction, and also the water demands of the building were estimated. The design of systems for the utilization of rainwater (SAAP) and reuse of waters was done in order to know the costs of the projects. For SAAP, the return time is around 6 years for Case 2 and 11 years for Case 3, and it was perceived that it would be impracticable from an economic point of view, on the other hand, it contributes to the preservation of water. For the reuse of gray water the collection was carried out by pipelines installed in the places of use where the treatment is less complex, such as washing machine, tank, shower and lavatory, with which a gray water treatment plant was chosen (ETAC). The return time for reuse is approximately 3 years and is fully economically feasible. It was also proposed in this work a mixed system with the SAAP junction and reuse, and it was verified that it would also be economically viable due to its return time being approximately 3 years and a half.*

**Keywords:** Rainwater utilization. Greywater. Reuse.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ciclo hidrológico.....	17
Figura 02 – Distribuição de água doce .....	18
Figura 03 – Sistema de aproveitamento de água de chuva.....	24
Figura 04 – Cobertura inclinada .....	26
Figura 05 – Área de platibanda .....	27
Figura 06 – Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira .....	27
Figura 07 – Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais.....	30
Figura 08 – Reservatório de autolimpeza com torneira boia.....	32
Figura 09 – Descarte da primeira chuva com sistema de bola flutuante .....	33
Figura 10 – Esquema de filtro volumétrico .....	38
Figura 11 – Exemplo de sistema de reúso de águas cinzas .....	45
Figura 12 – Sistema de reúso de águas cinzas.....	46
Figura 13 – Fotografia da edificação .....	61
Figura 14 – Estação de tratameto de águas cinzas .....	63
Figura 15 – Fluxograma das etapas da ETAC.....	64
Figura 16 – Precipitações médias mensais em Alfenas (mm).....	72
Figura 17 – Planta de cobertura.....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água de chuva.....	23
Quadro 02 – Necessidade de tratamento em relação à utilização das águas pluviais	24
Quadro 03 – Grau de pureza relacionado à área de coleta indicando sua utilização..	25
Quadro 04 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável.....	38
Quadro 05 – Frequência de manutenção .....	39
Quadro 06 – Água de reúso classe 1 .....	49
Quadro 07 – Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água* .....	49
Quadro 08 – Descrição dos tipos de tratamento para reúso de água e esgoto recuperado .....	50
Quadro 09 – Classificação de alguns edifícios e aplicabilidade dos sistemas.....	52
Quadro 10 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização .....	53
Quadro 11 – Vazões limites para os diâmetros usuais para PVC.....	54
Quadro 12 – Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.....	56
Quadro 13 – Dimensionamento de ramais de esgoto .....	56
Quadro 14 – Dimensionamento de tubo de queda.....	57
Quadro 15 – Dimensionamento de ramais de ventilação .....	57
Quadro 16 – Dimensionamento de coluna e barriletes de ventilação.....	58
Quadro 17 – Dimensionamento de subcoletores e coletor predial .....	58
Quadro 18 – Tarifas de água.....	66
Quadro 19 – Volumes dos Reservatórios para cada método .....	85
Quadro 20 – Perdas de carga localizadas .....	86
Quadro 21 – Perdas de cargas localizadas .....	97

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões .....	19
Tabela 02 – Produção hídrica de superfície da América do Sul.....	19
Tabela 03 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil.....	20
Tabela 05 – Coeficientes de rugosidade .....	29
Tabela 06 – Condutores verticais seção circular - área máxima de contribuição em m <sup>2</sup> .....	31
Tabela 07 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min) .....	31
Tabela 08 – Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água .....	41
Tabela 09 – Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de água potável para uso externo .....	42
Tabela 10 – Taxa de consumo de água.....	42
Tabela 11 – Estimativa de consumo predial médio diário.....	42
Tabela 12 – Volume de esgotos sanitários que se pode aproveitar para as águas cinzas .....	46
Tabela 13 – Tipos de sistemas.....	51
Tabela 14 – Perdas de carga localizadas (m).....	55
Tabela 15 – Resumo dos resultados para água não potável .....	70
Tabela 16 – Precipitações médias por mês (mm) .....	72
Tabela 17 – Resumo dos resultados .....	74
Tabela 18 – Método de Rippl (Caso 1).....	78
Tabela 19 – Método de simulação (Caso1) .....	79
Tabela 20 – Método prático australiano (Caso 1).....	79
Tabela 21 – Método de Rippl (Caso 2).....	80
Tabela 22 – Método de simulação (Caso 2) .....	81
Tabela 23 – Método prático australiano (Caso 2).....	81
Tabela 24 – Método de Rippl (Caso 3).....	82
Tabela 25 – Método de simulação (Caso 3) .....	83
Tabela 26 – Método prático australiano (Caso 3).....	83
Tabela 27 – Reservatório pelo Método Prático Alemão.....	84

Tabela 28 – Custo do Sistema de aproveitamento de água de chuva (Caso 2) .....	88
Tabela 29 – Custo do Sistema de aproveitamento de água de chuva (Caso 3) .....	89
Tabela 30 – Custo da água potável por apartamento .....	90
Tabela 31 – Custo da água por mês com aproveitamento da água de chuva (Caso 2). 90	
Tabela 32 – Custo da água por mês com aproveitamento da água de chuva (Caso 3). 91	
Tabela 33 – Tempo de retorno.....	91
Tabela 34 – UHC para os aparelhos .....	92
Tabela 35 – Dimensionamento das caixas sifonada e DN de saída.....	93
Tabela 36 – Diâmetro para os tubos de queda.....	93
Tabela 37 – Ramais de Ventilação .....	94
Tabela 38 – Colunas de Ventilação .....	95
Tabela 39 – Dimensionamento dos barriletes.....	96
Tabela 40 – Custo do Sistema de Reúso. ....	99
Tabela 41 – Custo da água com aproveitamento de água cinza .....	100
Tabela 42 – Tempo de retorno para reúso de águas cinzas .....	100
Tabela 43 – Custos dos Sistemas mistos .....	101
Tabela 44 – Tempo de retorno para sistemas mistos.....	101

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3 Revisão bibliográfica .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 O Ciclo hidrológico.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 Precipitação .....	18
<b>3.2 A Água no mundo .....</b>	<b>18</b>
3.2.1 A Água no brasil.....	19
<b>3.3 Aproveitamento da água de chuva.....</b>	<b>20</b>
3.3.1 Histórico .....	20
3.3.2 Aproveitamento de água de chuva em alguns países .....	20
3.3.3 Aproveitamento de água pluvial no Brasil .....	22
<b>3.4 Sistema de aproveitamento de água de pluvial (SAAP) .....</b>	<b>23</b>
3.4.1 Área de captação.....	25
3.4.1.1 Dimensionamento da área de contribuição.....	26
3.4.2 Calhas e condutores .....	27
3.4.2.1 Calhas .....	28
3.4.2.2 Condutores verticais .....	29
3.4.3 Condutores horizontais .....	31
3.4.4 Dispositivos para descarte da primeira chuva (first-flush).....	31
3.4.5 Reservatório.....	33
3.4.5.1 Método de Rippl.....	34
3.4.5.2 Método de Simulação .....	34
3.4.5.3 Método de Azevedo Neto .....	35
3.4.5.4 Método de Prático Alemão .....	35
3.4.5.5 Método de Prático Inglês .....	36
3.4.5.6 Método de Prático Australiano .....	36
3.4.5.5 Filtro volumétrico .....	37
<b>3.5 Qualidade da água de chuva.....</b>	<b>38</b>
3.5.1 Manutenção .....	39
<b>3.6 Bombeamento .....</b>	<b>39</b>
3.6.1 Determinação do diâmetro da tubulação de recalque .....	40
3.6.2 Determinação da potência da bomba.....	40
3.6.3 Bomba fotovoltaica .....	40
<b>3.7 Demanda de água por espaço .....</b>	<b>41</b>
<b>3.8 Águas cinzas .....</b>	<b>43</b>
3.8.1 Reúso de águas cinzas .....	43
3.8.2 Sistema de reúso .....	44
3.8.3 Quantidade de água que pode ser reaproveita em uma residência .....	46
3.8.4 Qualidade das águas cinzas .....	46
3.8.5 Padrões de qualidade da água para reúso .....	48
3.8.6 Tratamentos .....	49
3.8.6.1 Processos de tratamentos .....	50
<b>3.9 Reserva para combate a incêndio .....</b>	<b>51</b>

<b>3.10</b>	<b>Sistemas prediais água fria .....</b>	<b>52</b>
<b>3.11</b>	<b>Sistemas prediais de esgoto sanitário.....</b>	<b>55</b>
<b>3.12</b>	<b>Tempo de retorno .....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>60</b>
<b>4.1</b>	<b>Local de estudo .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>Dados pluviométricos utilizados.....</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Estimativa do consumo de água potável.....</b>	<b>61</b>
<b>4.4</b>	<b>Estimativa do volume de água cinza que pode ser aproveitado .....</b>	<b>61</b>
<b>4.5</b>	<b>Demanda de água para fins não potáveis .....</b>	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Sistema de aproveitamento de água de pluvial (SAAP).....</b>	<b>62</b>
<b>4.7</b>	<b>Sistema de reúso de águas cinzas .....</b>	<b>62</b>
4.7.1	Sistema de coleta .....	62
4.7.2	Sistema de distribuição .....	63
4.7.3	Sistema de tratamento.....	63
4.7.3.1	Descrição do tratamento .....	65
4.7.4	Sistema elevatório .....	65
<b>4.8</b>	<b>Sistema Misto .....</b>	<b>65</b>
<b>4.9</b>	<b>Tarifas aplicadas pela concessionária.....</b>	<b>66</b>
<b>4.9</b>	<b>Viabilidade econômica .....</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
<b>5.1</b>	<b>Estimativa populacional da edificação .....</b>	<b>68</b>
<b>5.2</b>	<b>Estimativa da demanda de água da edificação .....</b>	<b>68</b>
<b>5.3</b>	<b>Caracterização do consumo.....</b>	<b>68</b>
<b>5.4</b>	<b>Demanda de água para fins não potáveis .....</b>	<b>69</b>
5.4.1	Bacias sanitárias .....	69
5.4.2	Rega de jardim e limpeza de pátios .....	69
5.4.3	Lavagem de carros.....	70
<b>5.5</b>	<b>Estimativa de água cinza para o reúso .....</b>	<b>70</b>
<b>5.6</b>	<b>Estimativa de aproveitamento de água de chuva .....</b>	<b>71</b>
<b>5.6.1</b>	<b>Precipitação média em Alfenas .....</b>	<b>71</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Volume de água de chuva que pode ser aproveitada .....</b>	<b>72</b>
<b>5.7</b>	<b>Reserva para prevenção a incêndio .....</b>	<b>73</b>
<b>5.8</b>	<b>Resumo das demandas da edificação .....</b>	<b>73</b>
<b>5.9</b>	<b>Sistema de aproveitamento de água de chuva .....</b>	<b>74</b>
5.9.1	Calhas .....	74
5.9.2	Condutores Verticais .....	76
5.9.3	Condutores horizontais .....	77
5.9.4	Reservatórios .....	77
5.9.4.1	Reservatório de autolimpeza .....	77
5.9.4.2	Reservatório da água de chuva .....	77
5.9.4.2.1	Método de Rippl (Caso 1) .....	78
5.9.4.2.2	Método de simulação (Caso 1) .....	78
5.9.4.2.3	Método de prático australiano (Caso 1).....	79
5.9.4.2.4	Método de Rippl (Caso 2) .....	80
5.9.4.2.5	Método de simulação (Caso 2) .....	80
5.9.4.2.6	Método de prático australiano (Caso 2).....	81
5.9.4.2.7	Método de Rippl (Caso 3) .....	82

5.9.4.2.8 Método de simulação (Caso 3) .....	82
5.9.4.2.9 Método de prático australiano (Caso 3).....	83
5.9.4.2.10 Método de Azevedo Neto .....	84
5.9.4.2.11 Método Prático Alemão.....	84
5.9.4.2.12 Método Prático Inglês.....	84
5.9.5 Bombeamento .....	85
5.9.4 Estimativa de custo para SAAP.....	87
5.9.5 Simulação de tarifa da concessionara e economia gerada .....	89
5.9.6 Tempo de retorno do investimento .....	91
5.9.7 Projetos SAAP .....	92
<b>5.10 Sistema de reúso .....</b>	<b>92</b>
5.10.1 Projeto do sistema de coleta das águas cinzas .....	92
5.10.2 Projeto do sistema de distribuição das águas cinzas tratadas .....	95
5.10.3 Sistema de tratamento das águas cinzas .....	96
5.10.4 Bombeamento da água cinza .....	97
5.10.5 Estimativa de custo para o sistema de reúso.....	98
5.10.6 Simulação de tarifa da concessionara e economia gerada.....	100
5.10.7 Tempo de retorno do investimento .....	100
5.10.8 Projetos de Sistema de água cinza.....	101
<b>5.11 Sistema Misto .....</b>	<b>101</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE A – SAAP Caso 2 .....</b>	<b>107</b>
<b>APÊNDICE B – Pressões nos pontos de utilização.....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE C – Projetos para reúso de água cinza.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO A – Layout do pavimento tipo.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO B – Série histórica de precipitações de Alfenas (mm).....</b>	<b>112</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é considerada como o bem natural mais precioso do mundo, devido a ser uma fonte vital para sobrevivência dos seres vivos. Este recurso natural está cada vez mais escasso no mundo, pois a demanda vem aumentando anualmente em função do acelerado crescimento populacional e sua oferta é considerada constante todo ano. Este fato se deve ao ciclo hidrológico.

Segundo Shiklomanov (2001 apud MAY 2009) no planeta terra existe cerca de 1.386 milhões de Km<sup>3</sup> de águas, sob as formas líquida e congelada, deste volume 97,5% são águas salgadas e apenas 2,5 % são águas doces.

O Brasil possui 12 % da água doce do mundo, porém está água é mal distribuída no país. No Nordeste por exemplo, a disponibilidade hídrica é insuficiente para cobrir a demanda necessária da população nordestina, já no Norte é o contrário, a oferta de água é bem maior que a demanda da população devido a ter uma menor concentração demográfica (TOMAZ, 2001).

A fim de preservar este bem tão precioso a vida, faz-se necessário aprimorar estudos referentes a conservação de água potável. Existem várias maneiras de se conservar água, duas delas são: aproveitar águas de chuva e reutilizar águas cinzas para consumos não potáveis.

Fontes alternativas como aproveitamento de água de chuva e reúso de águas cinzas estão ganhando cada vez mais ênfase em várias partes do mundo. Estas fontes contribuem para reduzir o grave problema da escassez de água para consumo, pois elas são utilizadas para consumo não potável, que é o caso das bacias sanitárias, lavagem de carros, lavagem de pisos e rega de jardins, onde a qualidade da água pode ser inferior a água distribuída pelos órgãos competentes.

Além do aproveitamento de água chuva contribuir para preservação da água potável para fins onde ela é realmente necessária, também contribuem para reduzir o volume de água que escorre nas vias públicas, assim contribuindo para reduzir os problemas de drenagem urbana.

O presente trabalho pretende abordar o aproveitamento de água de chuva e o reúso de águas cinzas em um edifício para fins não potáveis onde sua potabilidade não é necessária. Além disso, avaliar a economia gerada ao optar por sistemas de reúso e aproveitamento de água de chuva. Para estimar os custos será analisado os pontos de utilização da água a fim de obter a quantidade de água potável que pode ser substituída por água não potável. Será apresentado um estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Alfenas, situado no Sul de Minas Gerais.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade do aproveitamento de água de chuva e o reúso de águas cinzas em uma residência multifamiliar no município de Alfenas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Analisar o sistema pluviométrico do local em estudo, afim de verificar a precipitação de chuva.
- Estimar através de pesquisas em outras teses as vazões decorrentes da utilização dos equipamentos hidráulicos constituídos na edificação, e verificar qual a demanda para elas.
- Estimar a demanda da população da edificação.
- Apresentar os critérios de dimensionamento de reservatórios que irão receber a água de chuva coletada pelo telhado.
- Dimensionar os sistemas de aproveitamento de água pluvial e reúso de águas cinzas.
- Calcular a economia gerada na conta de água com a implantação dos sistemas propostos neste trabalho.
- Determinar o custo e o tempo de retorno do investimento da implantação de sistemas de reúso e aproveitamento de água de chuva.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 O Ciclo hidrológico

O ciclo hidrológico é um fenômeno global de circulação fechada de água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação da terra (TUCCI, 1993). Portanto o ciclo hidrológico consiste na circulação da água no planeta devido a mudança do seu estado físico.

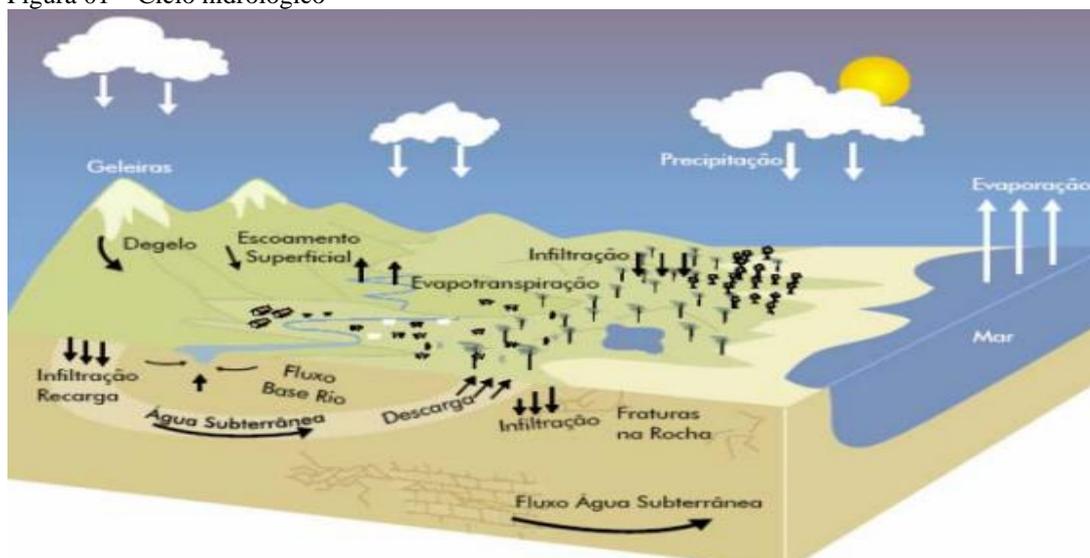
Segundo May (2004) a água é a única substância que passa pelos três estados da matéria (sólido, líquido e gasoso).

Segundo Villers (2002 apud MAY, 2004), o ciclo hidrológico é um sistema físico quase estável e auto regulável, que transfere a água de “reservatórios” para outro em ciclos complexos. Estes reservatórios são compostos pela umidade atmosférica, oceanos, rios, lagos, lençóis freáticos, aquíferos subterrâneos, calotas polares e solos saturados.

O sistema hidrológico funciona somente porque mais água evapora do oceano do que retorna a ele. Esta diferença cai na terra sob a forma de chuva ou neve tornando a nossa vida possível, pois quando cai, o faz em forma de água doce.

Segundo Villiers (2002 apud MAY, 2004), uma enorme quantidade de água evapora da terra e dos oceanos anualmente, consumindo cerca da metade da radiação solar que atinge a terra. Na Figura 01, demonstra o processo de mudança do estado da água na natureza.

Figura 01 – Ciclo hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente – MMA (2016)

### 3.1.1 Precipitação

Segundo Tomaz (2003) a precipitação consiste na água que chega à superfície terrestre, proveniente do vapor d'água na atmosfera, sob a forma de chuva, granizo, neve, orvalho, etc. As grandezas características das medidas pluviométricas são:

- Altura pluviométrica – medidas realizadas nos pluviômetros e expresso em milímetros. Representa a lâmina d'água que se formaria sobre o solo como resultado de uma certa chuva, caso não houvesse escoamento, infiltração ou evaporação da água precipitada;
- Duração – período de tempo de contato desde o início até o final da precipitação, expresso geralmente em horas ou minutos;
- Intensidade da precipitação – é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da chuva expressa em mm/h ou mm/min.

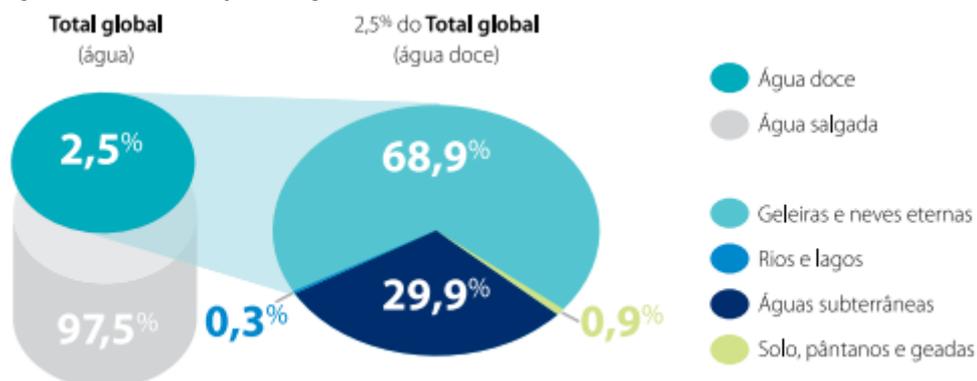
### 3.2 A Água no mundo

Segundo Tomaz (2001), a água é um recurso finito e praticamente constante durante os últimos milhões de anos.

De acordo com Shiklomanov (1998 apud TOMAZ, 2001) 97,5% do volume total de água do planeta é salgada e os 2,5% restantes são de água doce.

Da parcela de água doce, 68% encontra-se nas geleiras, calotas polares ou em regiões montanhosas, 29,9% em águas subterrâneas, 0,9% compõem a umidade do solo e dos pântanos e apenas 0,3% constitui a porção superficial de água doce presente em rios e lagos (MANUAL DE EDUCAÇÃO, 2005). A Figura 02 mostra um gráfico que ilustra a distribuição de água doce na superfície da terra.

Figura 02 – Distribuição de água doce



Fonte: (Manual de educação, 2005).

A água disponível para consumo representa uma porcentagem muito pequena em relação a toda água existente. Cerca de 54% de toda água doce disponível em lagos, rios e aquíferos são utilizados por mais de 6 bilhões de pessoas em todo o mundo (UNESCO apud MANUAL DE EDUCAÇÃO, 2005).

Devido a quantidade de água ser constante, isto é não mudar de volume e por outro lado a um crescimento populacional, isto faz com que a disponibilidade de água por habitante seja cada vez menor. Segundo Manuso e Santos (2003) com o crescimento de 80% nas áreas urbanas por volta de 2025, a população que sofrerá com a escassez de recursos hídricos será dez vezes maior que a atual. Isso faz com que o aproveitamento e reuso da água se torne um tema bastante atual e que merece toda atenção.

### 3.2.1 A Água no Brasil

De acordo com Tomaz (2003), o Brasil possui 12% da água doce do mundo, ou seja, possui uma das maiores bacias hídricas do planeta. Na Tabela 01 apresenta a quantidade de água doce do Brasil por regiões.

Tabela 01 – Disponibilidade hídrica no Brasil por regiões

<b>Regiões do Brasil</b>	<b>Vazão (km<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
<b>Norte</b>	3.845,5	68,5
<b>Nordeste</b>	186,2	3,3
<b>Sudeste</b>	334,2	6,0
<b>Sul</b>	365,4	6,5
<b>Centro-Oeste</b>	878,7	15,7
<b>Total</b>	5610,0	100,0%

Fonte: (TOMAZ, 2003)

Entre os países da América do Sul, o Brasil se destaca por possuir uma vazão média de água de 177,900 m<sup>3</sup>/s, o correspondente a 53% da vazão média total da América do Sul, conforme é apresentado na Tabela 02 (TOMAZ, 2003).

Tabela 02 – Produção hídrica de superfície da América do Sul

<b>América do Sul</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
<b>Brasil</b>	177.900	53
<b>Outros</b>	156.100	47
<b>Total</b>	334.000	100%

Fonte: (TOMAZ, 2003)

As principais bacias hidrográficas do Brasil são do Rio Amazonas, do Tocantins, Araguaia, do São Francisco, do Atlântico Norte Nordeste, do Uruguai, do Atlântico Leste, do Atlântico Sul e Sudeste, dos Rios Paraná e Paraguai (ANEEL, 2007 apud WEIERBACHER, 2008).

Apesar da grande disponibilidade hídrica do Brasil, está não é bem distribuída uniformemente, havendo um grande desequilíbrio entre oferta de água e demanda.

Segundo Ghisi (2006 apud WEIERBACHER, 2008) as regiões que possuem menor disponibilidade de água, são justamente as mais populosas, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional, conforme Tabela 03.

Tabela 03 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para as cinco regiões do Brasil

Região do Brasil	Área Territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: (adaptado de GHISI,2006 apud WEIERBACHER, 2008).

### 3.3 Aproveitamento da água de chuva

#### 3.3.1 Histórico

O aproveitamento de água chuva já existe desde a antiguidade. Estudos revelam que a utilização da água da chuva pelo homem acontece a milhares de anos (JAQUES, 2005).

Um exemplo que comprove este fato, é a pedra Moabita, encontrada a leste do mar Morto no Oriente Médio, nela contem inscrições do rei Mesha dos Moabitas datada de 830 a.C, que sugere a construção de reservatórios para aproveitamento de água de chuva em cada casa

Um outro exemplo e a fortaleza e convento dos Templários, localizado na cidade de Tomar, Portugal, nela existe dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215 m<sup>3</sup> e outro com 145 m<sup>3</sup>, e sua construção iniciou no ano de 1160 (TOMAZ, 2003).

#### 3.3.2 Aproveitamento de água de chuva em alguns países

A água de chuva está disponível na maioria das regiões e sua retenção e aproveitamento contribuem para reduzir problemas como as enchentes nas cidades e a ameaça de conflitos

sócias pela água (JAQUES, 2005).

Segundo Campos (2004) a prática moderna do aproveitamento de água pluvial ainda está em pleno desenvolvimento. Países como Austrália, Japão, Alemanha e Estados Unidos já apresentam um grande número de sistemas instalados.

Ainda nestes países, a retenção das águas pluviais através da captação da água de chuva começou como medida preventiva no combate a enchentes urbanas. Porém no decorrer do tempo o aproveitamento da água ganhou espaço em função do risco de escassez e, também, para promover a recarga dos solos que são a principal fonte de abastecimento de água para estes países (GROUP RAINDROPS, 2002 apud WEIERBACHER, 2008).

Em alguns países são oferecidos financiamentos para a construção de captação de água de chuva, que é o caso do Japão, da Califórnia e Alemanha. No Estado de Hamburgo (Alemanha), é concedido um auxílio financeiro para que aproveitar a água de chuva, já que esta medida também é capaz de combater picos de enchentes. Na Alemanha os aproveitamentos de águas pluviais são destinados para irrigação de jardins, descargas de bacias sanitárias e máquinas de lavar desde de 1980. Percebe-se que a água de chuva é utilizada para fins não potáveis (TOMAZ, 2003).

Nos Estados Unidos, por exemplo estima que cerca de meio milhão de pessoas utiliza água pluvial para fins não potáveis e que já existem sistemas instalados em pelo menos 15 estados e territórios americanos: Alasca, Havaí, Washington, Oregon, Arizona, Novo México, Texas, Kentucky, Ohio, Pensilvânia, Tennessee, Carolina do Norte, Virgínia, Virgínia do Oeste e Ilhas Virgens Americanas (KRISHNA, 2003 apud CAMPOS, 2004).

O aproveitamento de água de chuva nos EUA é destinado a irrigação de jardins, resfriamento evaporativo, lavagem de veículos e lavagem de vasos sanitários (GET 2002 e MOFFA 1996, apud, MAY, 2004)

Em áreas urbanas, a água de chuva geralmente é utilizada para fins não potáveis como descarga de vasos sanitários, sistemas de ar-condicionado e controle de incêndio, lavagem de veículos, pisos e irrigação de jardins (CIPRIANO, 2004). Além de reduzir o consumo de água potável, o armazenamento de água de chuva contribui para uma melhor distribuição da carga imposta pelas precipitações ao sistema de drenagem urbana, evitando enchentes e inundações (JAQUES, 2005).

Segundo TOMAZ (2010) os principais motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água de chuva;
- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200 m<sup>3</sup>/habitante x ano;

- Elevadas tarifa de água das concessionárias públicas;
- Retorno dos investimentos (pay back) muito rápido;
- Instabilidade do fornecimento de água pública;
- Exigência de lei específica;
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses;
- Locais ou regiões onde o índice de aridez seja menor ou igual a 0,50.

Segundo Gardner; Coombes; Marks (2002 apud MAY, 2004), o aproveitamento de água de chuva na Austrália proporciona uma economia de 45% do consumo total de uma residência e 65% na agricultura.

### 3.3.3 Aproveitamento de água pluvial no Brasil

Segundo Neto (2003) no Brasil, o uso de água de chuva e o seu armazenamento em cisternas domésticas ocorre há séculos, porém o uso destas águas no meio urbano afim de aproveitamento em usos diversos, ainda é insipiente.

Diferentemente de outras culturas e países, o aproveitamento da água de chuva no Brasil não acompanha o desenvolvimento do país, e só nas últimas décadas que esta prática tem ganhado destaque, principalmente na região do semiárido nordestino. A não utilização desta tecnologia talvez se deva a abundância de água encontrada principalmente em se considerando a ocupação litorânea do território, quase todo inscrito sobre o ecossistema da Mata Atlântica, no qual a média de precipitação varia entre 2000 a 2500 mm/ano (PHILIPPI et. al., 2006 apud COUTO, 2012).

Embora a prática do aproveitamento de água de chuva no Brasil seja pequena, a atual conjuntura renova a oportunidade dessa medida afim de utilizar menos águas potáveis para utilização onde não necessita de um tratamento mais nobre. No Brasil vários trabalhos e projetos estão sendo elaborados por pesquisadores da área (FENDRICH, 2002). Em Curitiba (PR) por exemplo, a ideia de coleta e utilização das águas pluviais tem por objetivo economizar a água tratada do sistema de abastecimento público, que vem sendo usada no setor de lavagem de veículos e em postos de combustíveis.

Ao optar pela utilização de água pluvial, ocorrem vantagens e desvantagens, algumas delas citadas no Quadro 01 (CAMPOS, 2004 apud, COUTO, 2012).

Quadro 01 – Vantagens e desvantagens do aproveitamento de água de chuva

<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
Conveniência (o suprimento ocorre no ponto de consumo).	Alto custo (principalmente quando comparado com outras fontes).
Baixos custos de operação e manutenção.	Suprimento é limitado (depende da qualidade de precipitação e área de telhado).
Qualidade relativamente boa (principalmente quando a captação é feita em telhado).	Custo inicial alto.
Baixo impacto ambiental.	Não atrativo as políticas públicas.
As tecnologias disponíveis são flexíveis.	Qualidade da água vulnerável.
Construção simples.	Possível rejeição cultural.
Serve além de fonte de água com uma medida de não-estrutural para drenagem urbana.	

Fonte: (adaptado CAMPOS, 2004 apud COUTO, 2012)

De acordo com Tomaz (2003), com o aproveitamento de água de chuva estima-se uma economia de 30% de água potável.

### 3.4 Sistema de aproveitamento de água de pluvial (SAAP)

O aproveitamento de água de chuva nada mais é do que a captação deste recurso em uma superfície, e direcionando-a para reservatórios de armazenamento para posterior utilização para fins não potáveis (MARTINS, 2013). Ao captar está água denota não só economia nas contas, mas combate aos ciclos de escassez e de enchentes nas cidades, pois boa parte da água deixa de escoar para os sistemas de drenagem devido ao seu armazenamento, assim amortece o impacto das enchentes.

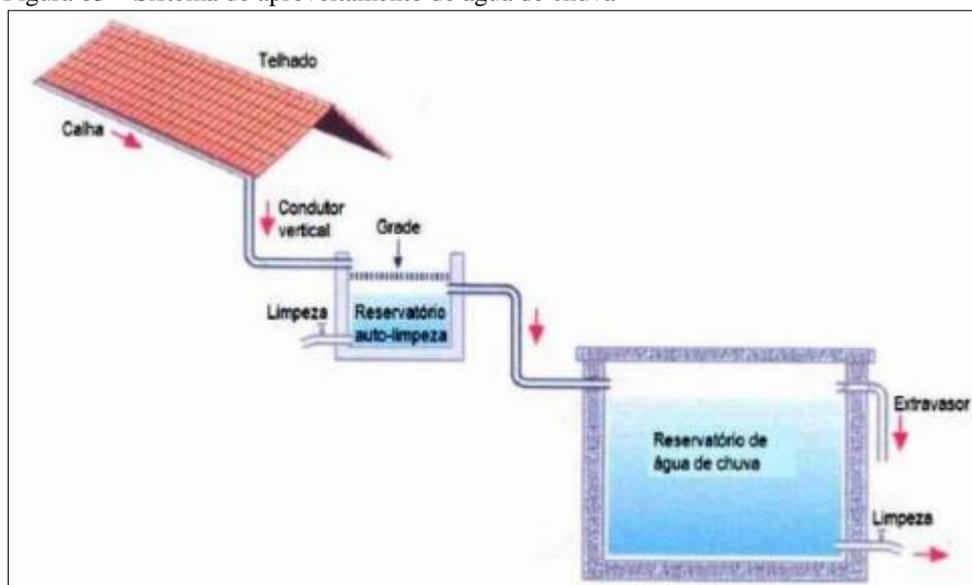
Segundo Tomaz (2003), as técnicas mais comuns para coleta da água chuva são através da superfície de telhados ou através de superfícies no solo, sendo que a água do telhado tem uma melhor qualidade e seu sistema de coleta é considerado simples se comparado aos sistemas que coletam água de superfície no solo.

Há diversos métodos para captação de águas pluviais, tanto para regiões rurais como para regiões urbanizadas. Genericamente, os sistemas de captação de águas pluviais necessitam dos seguintes elementos essenciais (BERTOLO, 2006):

- Superfície de captação;
- Elementos de condução (tubulações);
- Dispositivos de primeira lavagem (*first-flush*); e
- Reservatório de armazenamento.

Na Figura 03 é possível observar um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Figura 03 – Sistema de aproveitamento de água de chuva



Fonte: (TOMAZ, 2010)

Segundo May (2004), o sistema de captação de águas pluviais possui o seguinte funcionamento: primeiro a água é coletada por áreas impermeáveis, e em seguida, é filtrada e armazenada em reservatórios.

Segundo Diniz (2013) a água captada carece de seguir níveis de qualidade para os distintos modos de utilização. A qualidade da água coletada varia com o grau de poluição do ar e com a condição de limpeza da área de coleta. O Quadro 02 apresenta a necessidade de tratamentos da água pluvial para os diversos fins de utilização.

Quadro 02 – Necessidade de tratamento em relação à utilização das águas pluviais

USO DE ÁGUA PLUVIAL	NECESSIDADE DE TRATAMENTO
Rega de jardim.	Não é necessário.
Irigadores, combate a incêndio, ar condicionado.	É necessário para manter os equipamentos em boas condições.
Fontes de lagoas, banheiros, lavação de roupas e carros.	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Piscina/banho, para beber e para cozinhar.	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: (JABUR et al apud DINIZ, 2013)

O Quadro 03 mostra o grau de pureza da água referente ao local onde foi coletada.

Quadro 03 – Grau de pureza relacionado à área de coleta indicando sua utilização

GRAU DE PUREZA	ÁREA DE COLETA DAS ÁGUAS PLUVIAIS	UTILIZAÇÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS
A	Telhado (locais não utilizados por pessoas ou animais).	Vaso sanitário, regar plantas, e se purificadas, são potáveis para consumo.
B	Telhado (locais utilizados por pessoas e animais).	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para o consumo
C	Jardins artificiais, estacionamentos.	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para o consumo.
D	Estradas, estradas elevadas (viadutos, ferrovias e rodovias).	Vaso sanitário, regar plantas, outros usos, mas impróprias para o consumo.

Fonte: (FENDRICH e OLUYNIK, 2002 apud DINIZ, 2013)

Cabe ressaltar que a água pluvial captada deve ser usada para fins não potáveis, conforme a orientação da NBR 15.527/2007.

As normas NBR 5626 – Instalação predial de água fria e NBR 10844 – Instalações prediais de águas pluviais, fornecem orientações a respeito da instalação de sistemas de água fria não potáveis.

#### 3.4.1 Área de captação

A área de captação é geralmente o telhado da habitação, podendo este ser inclinado, pouco inclinado ou plano. Existe vários tipos de materiais que podem compor um telhado como por exemplo as telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, etc (TOMAZ, 2003).

O tipo do revestimento interfere diretamente na quantidade de água a aproveitar, devido ao seu índice de absorção de água, por este motivo o aconselhável é adotar revestimentos com Coeficiente de *Runoff* (C) mais elevado, com o objetivo de minimizar as perdas (SACADURA, 2011). De acordo com Tomaz (2003), de 10% a 33% do volume precipitado são as perdas que devem ser consideradas para efeito de cálculo.

Segundo Sacadura (2011) o coeficiente de *Runoff* representa a relação entre o volume total de água pluvial recolhida pela superfície de captação e encaminha para as caleiras e o volume total de água precipitada. Na Tabela 04 são apresentados alguns valores típicos de coeficientes de escoamento para diferentes tipos de superfícies.

Tabela 04 – Coeficientes de Runoff

MATERIAL	COEFICIENTE DE <i>RUNOFF</i>
Telha cerâmica	0,80 – 0,90
Telha esmaltada	0,90 – 0,95
Telha corrugada de metal	0,80 – 0,90
Cimento, amianto	0,80 – 0,90
Plástico, PVC	0,90 – 0,95

Fonte: Adaptado de Oliveira (2008), Tomaz (2003)

### 3.4.1.1 Dimensionamento da área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição do telhado será utilizado a seguinte expressão (NBR 10844:19890):

$$A_{\text{telhado}} = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (1)$$

Onde:

$A_{\text{telhado}}$  = área de contribuição do telhado (m<sup>2</sup>);

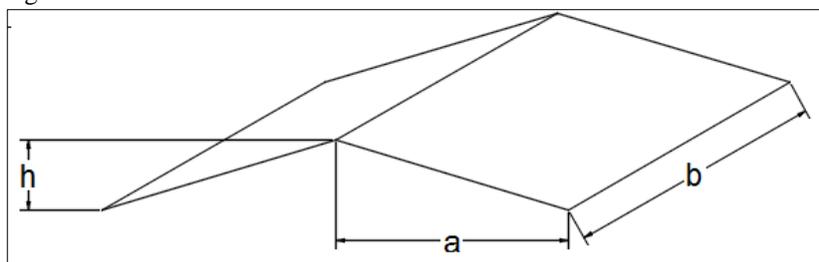
$a$  = é o comprimento na direção da inclinação do telhado (m);

$b$  = é o comprimento perpendicular a inclinação do telhado (m)

$h$  = altura do telhado (m).

Esta fórmula é utilizada para superfícies inclinadas como mostra a Figura 04.

Figura 04 – Cobertura inclinada



Fonte: (NBR 10844/1989)

Além da área do telhado, também existe para o edifício em questão, a área de contribuição da platibanda (Figura 05), e deve ser calculada com a seguinte expressão:

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{a_1 \times b_1}{2} \quad (2)$$

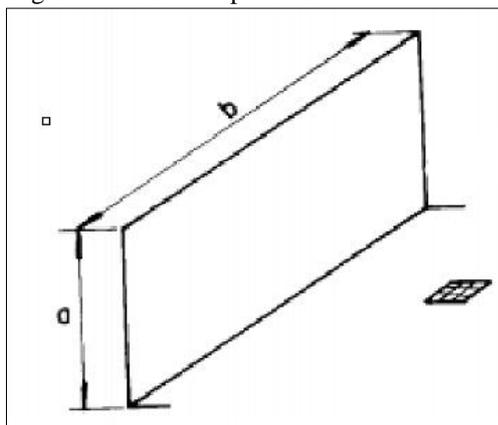
Onde:

$A_{\text{platibanda}}$  = área da platibanda (m<sup>2</sup>);

$a_1$  = altura da platibanda (m);

$b_1$  = comprimento da platibanda (m).

Figura 05 – Área de platibanda

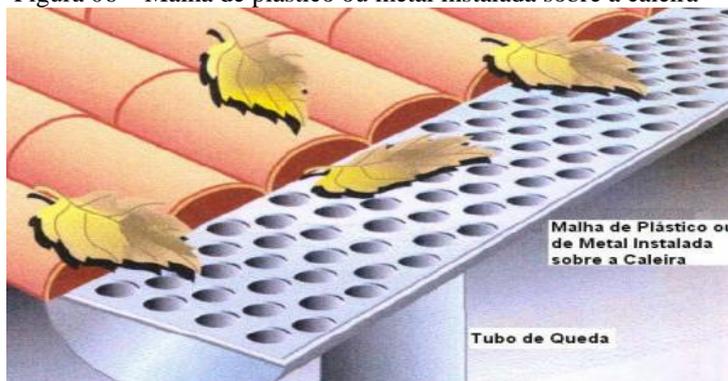


Fonte: (NBR 10844/1989)

### 3.4.2 Calhas e condutores

A água captada pelo telhado, flui para as caleiras e é conduzida através de tubos de queda até o reservatório. As calhas podem ser de PVC ou metálica e devem atender a NBR 10844:1989. Além disso, devem ser instalados dispositivos tais como grades e telas em toda extensão da calha para remoção de detritos de maior dimensão, como folhas ou galhos, como demonstrado na Figura 06.

Figura 06 – Malha de plástico ou metal instalada sobre a caleira



Fonte: (BERTOLO, 2006 apud SACADURA, 2011, p. 34)

### 3.4.2.1 Calhas

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender a ABNT NBR 10844/89 sendo que tais dimensionamentos são baseados em vazões de projeto que dependem dos fatores meteorológicos e do período de retorno escolhido (TOMAZ, 2012).

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) o período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, obedecendo ao estabelecido a seguir:

Tr= 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

Tr= 5 anos, para coberturas e áreas e/ou terraços;

Tr = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

A vazão na calha é dada pela equação (ANBT NBR 10844/89):

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (3)$$

Sendo:

Q = vazão de pico (l/min)

I = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área de contribuição (m<sup>2</sup>)

Devem ser considerados no cálculo da área de contribuição os incrementos devido à inclinação da cobertura e as paredes que interceptam água chuva que será drenada pela cobertura (ABNT NBR 10844/99). Estas podem ser calculadas conforme indicado no item 3.4.1.1.

Conforme a NBR 10844(1989) o dimensionamento das calhas deve ser realizado através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir:

$$Q = 60.000 \times \left( \frac{S}{n} \right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{0,5} \quad (4)$$

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (5)$$

Q – Vazão de projeto, em litros/min

S – Área da seção molhada, em m<sup>2</sup>

n – coeficiente de rugosidade

Rh – Raio hidráulico, em m

P – Perímetro molhado, em m

I – Declividade da calha, em m/m

Ainda a NBR 10844(1989) disponibiliza a Tabela 05 que indica os coeficientes de rugosidade dos materiais normalmente utilizados na confecção de calhas.

Tabela 04 – Coeficientes de rugosidade

<b>Material</b>	<b>n</b>
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: Adaptado, ABNT (1989)

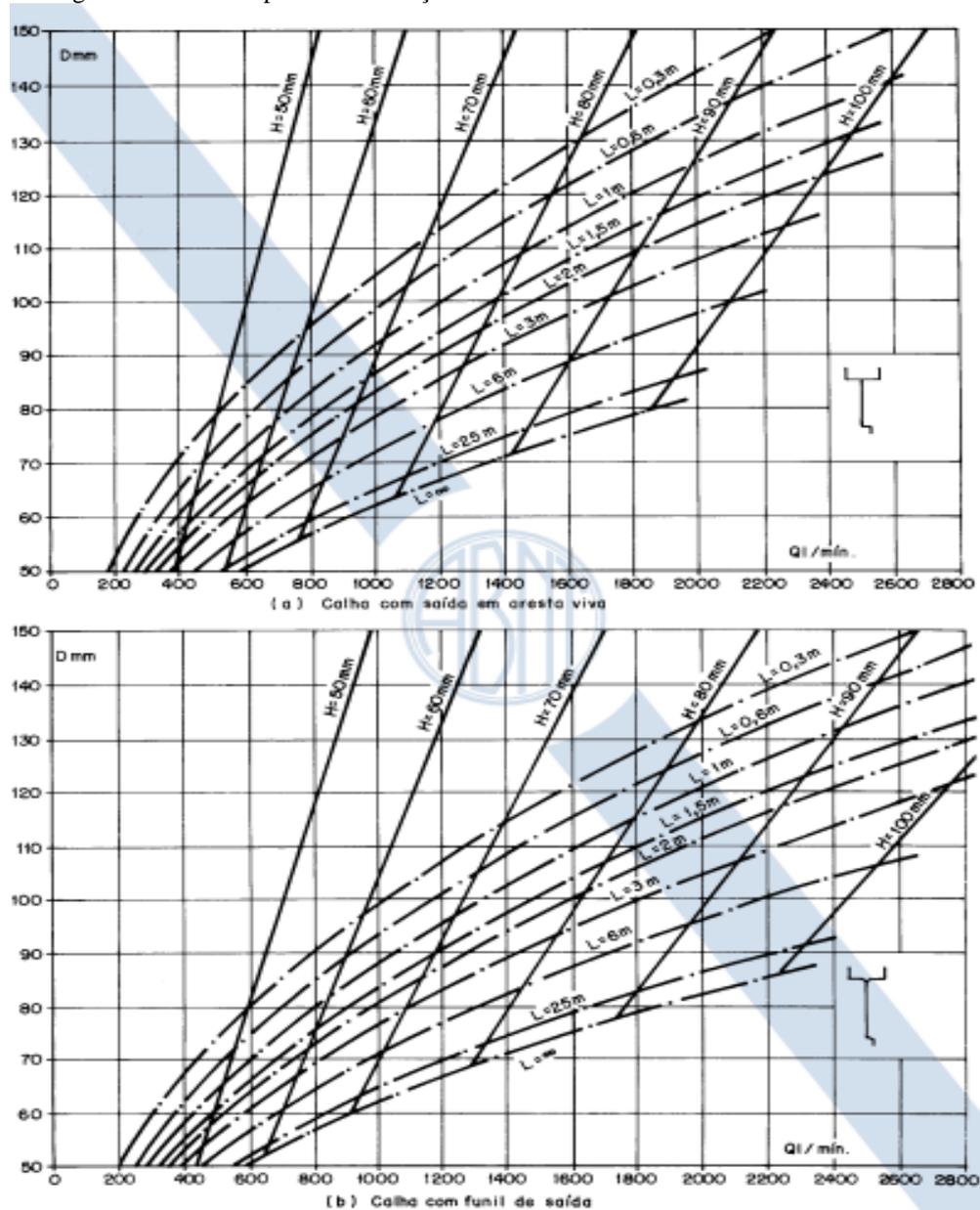
#### 3.4.2.2 Condutores verticais

De acordo com a NBR 10844 (1989) deve se projetar os condutores verticais em uma só prumada sempre que for possível. Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção. O dimensionamento dos condutores verticais deve feito a partir dos seguintes dados:

- Q = Vazão de projeto, em L/min
- H = altura da lâmina de água na calha, em mm
- L = comprimento do condutor vertical, em m

Através destes dados é possível encontrar o diâmetro interno do condutor vertical obtido através dos ábacos da Figura 07, sendo que o mínimo diâmetro para seção circular é 75 mm.

Figura 07 – Ábacos para determinação de diâmetros de condutores verticais



Fonte: ABNT- NBR 10844 (1989)

Segundo Neto (1998), para o dimensionamento de condutor vertical pode ser utilizado a Tabela 06, onde a capacidade máxima destes condutores pode ser estimada para escoamento em seção plena e limites de velocidade indicados pelo “National Plumbing Code” EUA.

Tabela 05 – Condutores verticais seção circular - área máxima de contribuição em m<sup>2</sup>

DN	Vmáx m/s	Qmáx ℓ/min	Intensidade em mm/h e ℓ/min × m <sup>2</sup>							
			100 1,67	125 2,08	150 2,50	175 2,92	200 3,33	225 3,75	250 4,17	275 4,58
75(3")	1,28	339,6	203,4	163,3	135,8	116,3	102,0	90,6	81,4	74,1
100(4")	1,50	706,9	423,3	340,0	228,8	242,1	212,3	188,5	169,5	154,3
125(5")	1,81	1 332,7	798,0	640,7	533,1	456,4	400,2	355,4	319,6	291,0
150(6")	1,97	2 088,8	1 250,8	1 004,2	835,5	715,3	627,3	557,0	500,9	456,1
200(8")	2,38	4 486,2	2 686,3	2 156,8	1 794,5	1 536,4	1 347,2	1 196,3	1 075,8	979,5
250(10")	2,75	8 099,4	4 849,9	3 893,9	3 239,8	2 773,8	2 432,3	2 159,8	1 942,3	1 768,4

Vmáx - Limites de velocidades do "National Plumbing Code".

Qmáx - Escoamento a seção plena.

Fonte: (NETO, 1998).

### 3.4.3 Condutores horizontais

De acordo com NBR 10844(1989) os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão na Tabela 07.

Tabela 06 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$				
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	218
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: (ABNT NBR 10844 – 1989)

Nota: as vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Stricker, com a altura de lâmina de água igual a 2/3 D.

### 3.4.4 Dispositivos para descarte da primeira chuva (*first-flush*)

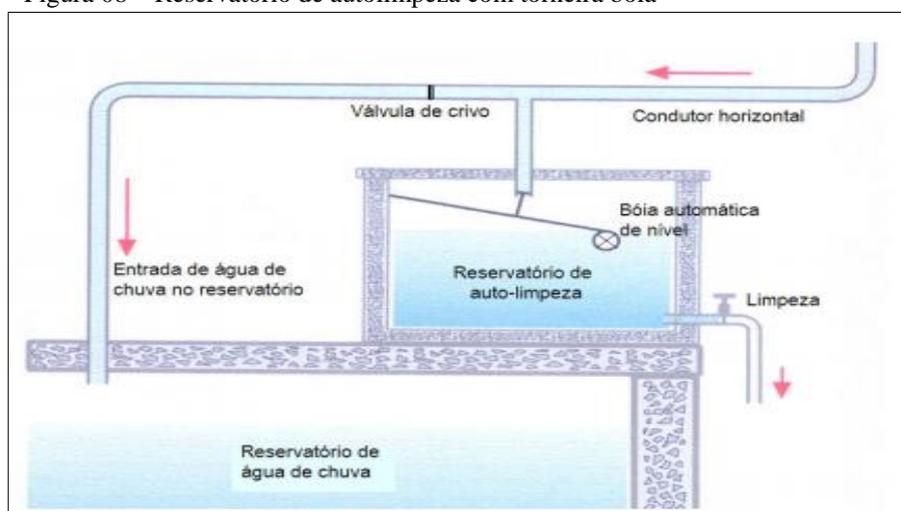
A primeira água de chuva que cai no telhado após um período seca, deve ser descartada, devido a sua composição apresentar vários tipos de impurezas. Estas impurezas podem ser

removidas manualmente com o uso de tubulações que conseguem desviar esta primeira água de chuva do reservatório, ou pode usar dispositivos de autolimpeza que são automáticos, em que o homem não precisa fazer nenhuma operação (TOMAZ, 2015).

No caso dos dispositivos manuais a uma certa inconveniência pois precisam ser acionados no início da precipitação, e também pode haver perdas desnecessárias ou a contaminação da água reservada devido a uma má operação do mecanismo (CARVALHO, 2007).

May (2004) apresentou alguns dispositivos para descarte da primeira chuva. Um deles é o reservatório de autolimpeza com torneira boia que está apresentado na Figura 08.

Figura 08 – Reservatório de autolimpeza com torneira boia

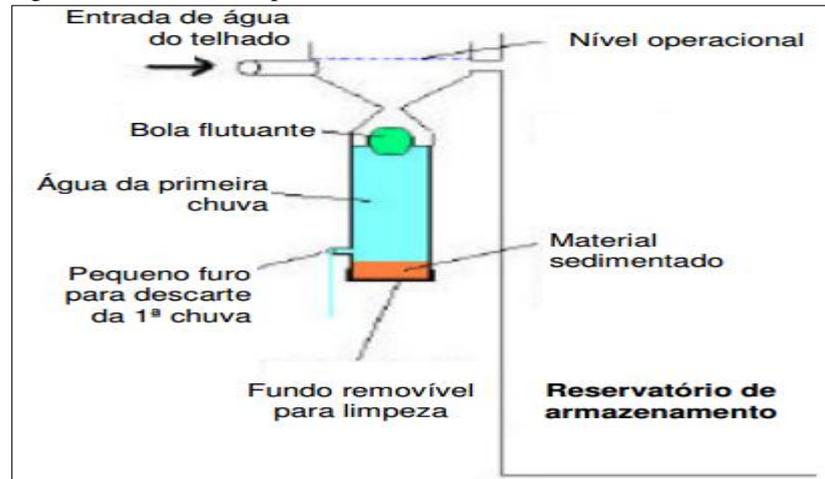


Fonte: Dacach (1990 apud MAY, 2004)

O funcionamento desse dispositivo da Figura 08 se dá da seguinte maneira: a água captada é direcionada para o reservatório de autolimpeza que se encontrasse vazio. Quando a água atinge um determinado nível, a boia de nível que está dentro do reservatório sobe e fecha automaticamente a torneira boia. Com isto, água começa a escoar diretamente para o reservatório de água de chuva.

Anecchini (2005) apresenta um outro tipo de dispositivo para descarte de primeira chuva, que está ilustrado na Figura 09. Segundo a autora, o funcionamento se dá da seguinte maneira: quando o volume do reservatório de descarte da primeira chuva é preenchido, a entrada de água é bloqueada por uma bola flutuante que se encontra dentro do reservatório e assim, a água de chuva captada passa a ser direcionada diretamente para o reservatório de acumulação.

Figura 09 – Descarte da primeira chuva com sistema de bola flutuante



Fonte: Ranatunga (1999 apud ANNECCHINI, 2005)

### 3.4.5 Reservatório

Segundo Tomaz (2003), os reservatórios podem ser apoiados, elevados ou enterrados, além disso, podem variar também em relação ao tipo de material, que podem ser de concreto armado, alvenaria ou plásticos. Geralmente o reservatório representa de 50% a 85% do valor total do sistema, sendo este muitas vezes o responsável pela viabilidade ou não do projeto (DIOGO, 2013).

O mesmo autor recomenda ser analisada no mínimo 10 anos de séries históricas e sintéticas das precipitações locais ou regionais para fazer o dimensionamento do reservatório.

De acordo com a NBR 15527:2007, o volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base nos critérios técnicos econômicos e ambientais. Além disso, a água de chuva reservada deve ser protegida da incidência direta da luz solar e do calor, bem como de animais que possam eventualmente adentrar o reservatório.

Esta mesma norma ressalta que o volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura, bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}} \quad (6)$$

V – é Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P – é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A – é a área de coleta;

C – é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta$  fator de captação – é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

A norma sugere alguns métodos para dimensionamento do reservatório, não sendo estes obrigatório o seu uso, mas a norma esclarece a necessidade de justificar o método adotado.

#### 3.4.5.1 Método de Rippl

Neste método podem ser usadas as séries históricas mensais ou diárias. Para obter o volume de chuva no reservatório, usa-se as seguintes equações (NBR 15527:2007):

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (7)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (8)$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

Sendo que:  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

$S_{(t)}$  – é o volume de água no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$  – é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$  – é a demanda ou consumo no tempo t;

V – é o volume do reservatório;

C – é o coeficiente de escoamento superficial.

#### 3.4.5.2 Método de Simulação

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplicam-se as seguintes equações (NBR 15527:2007):

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (9)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (10)$$

Sendo que:  $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$  – é o volume de água no reservatório no tempo t;

$S_{(t-1)}$  – é o volume de água no reservatório no tempo t – 1;

$Q_{(t)}$  – é o volume de chuva no tempo t;

$D_{(t)}$  – é o consumo ou demanda no tempo t;

V – é o volume do reservatório fixado;

C – é o coeficiente de escoamento superficial.

#### 3.4.5.3 Método de Azevedo Neto

Para obter o volume de chuva no reservatório usa-se a seguinte equação (NBR 15527:2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (11)$$

Onde:

P – é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T – é o valor numérico no número de meses de pouca chuva ou seca;

A – é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

V – é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água no reservatório, expresso em litros (L).

#### 3.4.5.4 Método de Prático Alemão

Este é um método empírico onde se toma o menor valor do reservatório entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume de precipitação aproveitável (NBR 15527:2007). Então o reservatório é obtido pela seguinte expressão:

$$V_{adotado} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (12)$$

Onde:

V – é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D – é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);  
 $V_{\text{adotado}}$  - é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

#### 3.4.5.5 Método de Prático Inglês

De acordo com a NBR 15527/2007, para este método o volume de chuva é obtido pela seguinte expressão:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (13)$$

Onde:

P – é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);  
 A – é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>);  
 V – é o valor numérico de água aproveitável e o volume da cisterna, expresso em litros (L).

#### 3.4.5.6 Método de Prático Australiano

Segundo a NBR 15527/2007, o volume de chuva por este método é obtido pela seguinte expressão:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (14)$$

Onde:

C – é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;  
 P – é a precipitação média mensal;  
 I – é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;  
 A – é a área de coleta;  
 Q – é o volume mensal produzido pela chuva.  
 O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (15)$$

Onde:

$Q_t$  – é o volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t$  – é o volume de água que está no tanque no fim do mês;

$V_{t-1}$  – é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ ;

$D_t$  – é a demanda mensal;

Nota: para o primeiro mês, considera o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então o  $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será  $T$ .

Confiança:

$$P_r = N_r/N \quad (16)$$

Onde:

$P_r$  – é a falha;

$N_r$  – é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$N$  – é o número de meses considerados, geralmente 12 meses;

Confiança =  $(1-P_r)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

#### 3.4.5.5 Filtro volumétrico

Segundo Tomaz (2003), o filtro volumétrico possui um alto grau de eficiência, independentemente do volume que passa, e elimina as sujeiras de forma contínua.

Na Figura 10 mostra um esquema de filtro volumétrico.

Figura 10 – Esquema de filtro volumétrico



Fonte: (EDIFICANT, 2016)

### 3.5 Qualidade da água de chuva

Como mencionado anteriormente, qualidade da água de chuva varia com o grau de poluição do ar, com o tipo de material utilizado na confecção e com o tipo de limpeza da área de captação. Por este motivo o descarte da primeira chuva é essencial para melhorar a qualidade da água captada, pois este elimina grande parte da sujeira contida nos telhados (TOMAZ, 2003).

Segundo a NBR 15527: 2007, os padrões de qualidade da água para usos restritivos, devem atender aos parâmetros representados no Quadro 04, o projetista responsável por definir os parâmetros de acordo com a utilização prevista.

Quadro 04 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

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

Fonte: ABNT- NBR 15527:2007

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

<sup>(a)</sup> no caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.

<sup>(b)</sup> uT é a unidade de turbidez.

<sup>(c)</sup> uH é a unidade Hazen.

Ainda segundo a norma a desinfecção fica a critério do projetista, podendo este utilizar derivado de clorado, raios ultravioletas, ozônio e outros. Segundo Tomaz (2010) essa desinfecção é necessária pois esta água pode vir a ter contanto com seus usuários.

O desinfetante químico mais comumente utilizado é o cloro (CL<sub>2</sub>), líquido ou gasoso. Pela norma NBR 15527 o cloro residual livre deve estar entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. Caso o sistema de aproveitamento necessite de bomba de recalque, seria interessante a instalação de um dosador de cloro paralelo a ela (DIOGO, 2013).

### 3.5.1 Manutenção

Segundo a NBR 15527:2007, devem ser previstas manutenções em todo o sistema de aproveitamento de água de acordo com um determinado tempo. No Quadro 05 estão representados a frequência das manutenções.

Quadro 05 – Frequência de manutenção

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivos de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT NBR-15527:2007

### 3.6 Bombeamento

Segundo a NBR 15527:2007, havendo a necessidade de bombeamento, o mesmo deve atender NBR 12214:1992. Também devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidade mínima de sucção e seleção do conjunto morto-bomba. Como já mencionado neste trabalho, é permitido e recomendado pela Norma a instalação de um dosador automático de derivado de cloro junto a bomba centrifuga, isto fica a critério do projetista.

### 3.6.1 Determinação do diâmetro da tubulação de recalque

Segundo a NBR 5626/1998 para a determinação do diâmetro na tubulação de recalque usa-se a fórmula de Forshheimer:

$$D_r = 1,3 \cdot X^{0,25} \cdot \sqrt{Q(m^3/s)} \quad (17)$$

Onde:

$D_r$  = diâmetro da tubulação de recalque (m);

$X$  = é a fração de horas de funcionamento da bomba por dia,  $X = n/24$

$n$  = número de horas de funcionamento por dia.

### 3.6.2 Determinação da potência da bomba

Para a determinação da potência da bomba deverá ser utilizada a seguinte equação (NETO, 1998)

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75\eta} \quad (18)$$

Onde:

$P$  = potência em cavalos (cv);

$\gamma$  = Peso específico do líquido a ser elevado (água ou esgoto: 1000 kgf/m<sup>3</sup>);

$Q$  = vazão ou descarga (m<sup>3</sup>/s);

$\eta$  = rendimento da global do conjunto elevatório (média de 67% segundo NETO);

$H_{man}$  = altura manométrica (m).

Obs: 1cv equivale a 0,986 HP

### 3.6.3 Bomba fotovoltaica

O sistema de bombeamento fotovoltaico se diferencia do sistema convencional pelo simples fato de não haver a necessidade do uso de energia elétrica, isto se deve pelo acionamento do motor da bomba ser através de um conjunto de módulos fotovoltaicos. Para suprir a necessidades energéticas do bombeamento de água para fins residências, apenas um

painel fotovoltaico é suficiente (FEDRIZZI, 1997).

### 3.7 Demanda de água por espaço

Segundo Tomaz (2015), o consumo de água residencial pode ser estimado usando parâmetros de engenharia, porém a uma grande dificuldade de se aplicar estes parâmetros devido ao grande volume de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

São apresentados na Tabelas 08 e 09 os parâmetros de engenharia utilizados no Estados Unidos para consumo residencial de água. No Brasil infelizmente não a pesquisas sobre os mesmos, e por isto os dados apresentados são estimados (TOMAZ, 2015).

Tabela 07 – Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /pessoa/mês	3,0	5,0	4,0
Números de pessoa na casa	Pessoa	2,0	5,0	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4,0	6,0	5,0
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18,0	9,0
Vazamento da bacia sanitária	Porcentagem	0,0	30,0	9,0
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0,0	1,0	1,0
Duração de banho	Minutos	5,0	15,0	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundos	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0,0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113,0	189,0	113,0
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litros/ciclo	18,0	70,0	18,0
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108,0	189,0	108,0
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4,0	4,0
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4,0	4,0
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz, 2015.

Nota: foi considerada a pressão nas instalações de 40 metros de coluna de água (m.ca.).

Tabela 08 – Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de água potável para uso externo

<b>Uso externo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valores</b>
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	2,0
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150,0
Lavagem carros: frequência	Lavagem/mês	4,0
Mangueira de jardim 1/2" x 20m	Litros/dia	50,0
Manutenção de piscinas	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3,0
Perdas para evaporação em piscina	Litros/dias/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10,0
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30,0 a 450,0
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125,0 a 750,0

Fonte: Tomaz, 2015

Na Tabela 10, Tomaz (2015) informa as taxas de consumo de água mais usadas na prática.

Tabela 9 – Taxa de consumo de água

Descarga em bacias sanitárias	9,0 L/descarga
Rega de jardim comum	2 L/m <sup>2</sup> xdia
Rega de jardim tipo campo de golfe	4 L/m <sup>2</sup> xdia
Limpeza de pátios comuns	2 L/m <sup>2</sup> xdia

Fonte: (Tomaz, 2015)

Segundo a Norma Técnica Sabesp (2012), a estimativa da demanda de água pode ser calculada utilizando os dados da Tabela 11.

Tabela 10 – Estimativa de consumo predial médio diário

<b>Prédio</b>	<b>Consumo per capita (L/dia)</b>
Alojamentos provisórios	80
Ambulatórios	25
Apartamentos	200
Casas populares ou rurais	120
Residências	150
Residências de luxo	300
Edifícios públicos ou comerciais	50

Fonte: adaptado da norma técnica Sabesp (2012)

### 3.8 Águas cinzas

De acordo com o Manual da FIESP (2005), os efluentes domésticos gerados pelo uso de máquinas de lavar roupas, chuveiros, banheiras e lavatórios são considerados águas cinzas. Os efluentes da pia de cozinha não são incluídos como águas cinzas devido a ser altamente poluído, putrescível e com inúmeros compostos indesejáveis, tais como óleos e gorduras (NOLDE, 1999 e CHRISTOVA-BOAL et al, 1996 apud MAY, 2009).

#### 3.8.1 Reúso de águas cinzas

A prática do reúso de águas cinzas como fonte alternativa de para usos não potáveis já existe em alguns países com EUA, Canadá, Alemanha, Reino Unido, Japão e Israel. No Brasil, já existem alguns condomínios residenciais que aplicam o sistema de reúso de águas cinzas para fins não potáveis (MAY, 2009)

Segundo May (2009) o reúso das águas cinzas para fins não potáveis apresentam um grande potencial quando devidamente tratados. Diferentemente das águas pluviais, as águas cinzas são mais fáceis de serem coletados devido as vazões serem oriundas do uso da água potável da edificação, já as águas pluviais dependem dos volumes produzidos diretamente dos índices pluviométricos da região.

A utilização de águas cinzas tratadas em residências contribui para uma redução no consumo de água potável da mesma. De acordo com Alves et al. (2009 apud MAY, 2009), o reúso apresenta-se como forma alternativa mais atrativa em edificações com grande porte, em termos econômicos, do que a utilização de águas pluviais.

Segundo o Manual da FIESP (2005), as águas cinzas tratadas podem ser empregadas em:

- Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos;
- Água para descarga em bacias sanitárias;
- Água para refrigeração e sistema de ar condicionado;
- Água para lavagem de veículos;
- Água para lavagem de roupa;
- Água para uso ornamenta;
- Água para uso em construção civil, na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação do solo.

### 3.8.2 Sistema de reúso

Segundo Manual da FIESP (2005), alguns cuidados básicos merecem destaque a respeito do sistema de reúso, são eles:

- O sistema hidráulico deve ser identificado e totalmente independente do sistema de abastecimento de água potável;
- Todos os pontos de acesso à água de reúso devem ter acesso restrito, e devem ser identificados adequadamente;
- As pessoas que trabalharem em atividades inerentes ao sistema de reúso devem receber instruções;
- Os reservatórios de armazenamento devem ser específicos.

Segundo May (2009), o sistema necessário para o aproveitamento desses efluentes constitui-se basicamente de:

- Coletores: um sistema de condutores, tanto verticais como horizontais, que possibilite o transporte do efluente do chuveiro, do lavatório e máquina de lavar, até o sistema de armazenamento;
- Armazenamento: composto por um ou mais reservatórios que irão armazenar o conteúdo proveniente dos coletores;
- Tratamento: esse dependerá da qualidade que a água coletada deverá receber, para atender às necessidades do seu destino.

A Figura 11 ilustra um sistema de reúso de águas cinzas.

Figura 11 – Exemplo de sistema de reúso de águas cinzas



Fonte: Acquanova (2016)

De acordo com o Manual da FIESP (2005), o sistema de coleta e uso de águas cinzas está associado aos seguintes itens:

- Verificação dos pontos de coleta e pontos de uso;
- Levantamento das vazões disponíveis;
- Dimensionamento do sistema que captará e transportará os efluentes;
- Dimensionamento do reservatório que abrigará as águas;
- Definição do tratamento que será necessário, relacionado ao uso que a água terá;
- Tratamento da água;
- Dimensionamento do sistema de distribuição do efluente já tratado.

O esquema básico do sistema de reúso de águas cinzas é representado na Figura 12.

Figura 12 – Sistema de reúso de águas cinzas



Fonte: (Manual da FIESP,2005).

### 3.8.3 Quantidade de água que pode ser reaproveitada em uma residência

Segundo Tomaz (2010) a quantidade de águas cinzas que pode ser aproveitada para reúso está representado na Tabela 12.

Tabela 11 – Volume de esgotos sanitários que se pode aproveitar para as águas cinzas

Tipos de usos de água	Porcentagem (%)	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Chuveiro	17 %	27
Lavagem de roupa	22 %	35
Consumo nas torneiras (consideramos somente a torneira do lavatório no banheiro)	8 %	13
Total	47 %	75

Fonte: (TOMAZ, 2010)

### 3.8.4 Qualidade das águas cinzas

Segundo May (2009) existe vários fatores que influenciam nas características físicas, químicas e bacteriológicas das águas cinzas, são elas:

- Qualidade da água de abastecimento;
- O material que compõe a rede de distribuição onde podem ocorrer a lixiviação;
- Transporte de substâncias químicas;

- Processos biológicos, como formação de biofilme nas paredes da tubulação e;
- Atividades exercidas na residência.

Segundo a mesma autora a composição das águas cinzas variam de local para local, de acordo com o estilo de vida, os costumes, as instalações e as utilizações de produtos químicos. Outro fator que interfere nesta composição é o comportamento do usuário.

De acordo com Nolde (1999 apud MAY, 2009) o ponto de coleta de águas cinzas e outro fator que interfere em sua qualidade, que pode variar dependendo do ponto de utilização como por exemplo, lavatório, chuveiro, máquina de lavar roupas, etc.

Segundo o Manual da FIESP (2005), as exigências mínimas para utilização de águas não-potáveis em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações são:

a) Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve conter componentes que agriem as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

b) Água para descarga em bacias sanitárias:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar os metais sanitários;
- não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

c) Água para refrigeração e sistema de ar condicionado:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;
- não deve manchar superfícies;
- não deve deteriorar máquinas;
- não deve formar incrustações.

d) Água para lavagem de veículos:

- não deve apresentar mau-cheiro;
- não deve ser abrasiva;

- não deve manchar superfícies;
  - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- e) Água para lavagem de roupas:
- deve ser incolor;
  - não deve ser turva;
  - não deve apresentar mau-cheiro;
  - deve ser livre de algas;
  - deve ser livre de partículas solidas;
  - deve ser livre de metais;
  - não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
  - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- f) Água para uso ornamental:
- deve ser incolor;
  - não deve ser turva;
  - não deve apresentar mau-cheiro;
  - não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos;
  - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
- g) Água para uso na construção civil (na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo):
- não deve apresentar mau-cheiro;
  - não deve alterar as características de resistência dos materiais;
  - não deve favorecer o aparecimento de eflorescência de sais;
  - não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.

### 3.8.5 Padrões de qualidade da água para reúso

No Brasil não existe legislação a respeito do reúso, entretanto o Manual da FIESP (2005) definiu 4 classes de água para reúso, sendo que neste trabalho trataremos apenas da classe 1, por tratar-se de águas tratadas, destinadas a edifícios em descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos, chafariz, espelhos de água, lavagem de roupas, lavagem de veículos, etc. No Quadro

06 estão representados os parâmetros da qualidade da água para a classe 1.

Quadro 06 – Água de reúso classe 1

Parâmetros	Concentrações
Coliformes fecais <sup>1</sup>	Não detectáveis
pH	Entre 6,0 e 9,0
Cor (UH)	≤ 10 UH
Turbidez (UT)	≤ 2 UT
Odor e aparência	Não desagradáveis
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1 mg/L
DBO <sup>2</sup> (mg/L)	≤ 10 mg/L
Compostos orgânicos voláteis <sup>3</sup>	Ausentes
Nitrato (mg/L)	< 10 mg/L
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20 mg/L
Nitrito (mg/L)	≤ 1 mg/L
Fósforo total <sup>4</sup> (mg/L)	≤ 0,1 mg/L
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5 mg/L
Sólido dissolvido total <sup>5</sup> (SDT) (mg/L)	≤ 500 mg/L

Fonte: (Manual da FIESP, 2005)

Nota:

<sup>1</sup> Esse parâmetro é prioritário para os usos considerados.

<sup>2</sup> O controle da carga orgânica biodegradável evita a proliferação de microrganismos e cheiro desagradável, em função do processo de decomposição, que podem ocorrer em linhas e reservatórios de decomposição.

<sup>3</sup> O controle deste composto visa <sup>4</sup>evitar odores desagradáveis, principalmente em aplicações externas em dias quentes.

<sup>4</sup> O controle de formas de nitrogênio e fósforo visa evitar a proliferação de algas e filmes biológicos que podem formar depósitos em tubulações, peças sanitárias, reservatórios, tanques etc.

<sup>5</sup> Valor recomendado para lavagem, de roupas e veículos.

### 3.8.6 Tratamentos

Segundo Manual da FIESP (2005), os níveis de tratamento para reúso de águas, vem da necessidade da qualidade da água desejada e o seu fim específico, e com isto estabelecer os critérios de segurança e os investimentos a serem locados.

O Quadro 07 apresenta os possíveis tratamentos que podem ser implantados nas diferentes fontes alternativas de água em um empreendimento (MANUAL da FIESP, 2005).

Quadro 07 – Sistemas de tratamento recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água\*

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVA DE ÁGUA			
	Pluvial	Drenagem	Máquina de lavar roupas	Lavatório + Chuveiro
Lavagem de roupas	A+B+F+G	C ou D+F	(D ou E)+B+F+G	(D ou E)+B+F+G
Descargas em bacias sanitárias				
Limpeza de pisos		C+F+G		
Irrigação, rega de jardins		C ou D+F+G		
Lavagem de veículos				
Uso ornamental				

Fonte: (Manual da FIESP, 2005)

\* Os sistemas de tratamento sugeridos devem ser verificados para cada específico.

Obs.: Para os fins relacionadas à construção civil e refrigeração de máquinas os tratamentos devem ser avaliados a cada caso particular.

Tratamentos convencionais:

A = sistema físico: gradeamento.

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

C = sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito).

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

E = sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados.

F = desinfecção.

G = correção de pH.

### 3.8.6.1 Processos de tratamentos

O Manual da FIESP (2005) apresenta no Quadro 08 de forma sucinta os processos de tratamento mais apropriados para os sistemas de esgoto e reúso de águas em edifícios.

Quadro 08 – Descrição dos tipos de tratamento para reúso de água e esgoto recuperado

Processo	Descrição	Aplicação
<b>Separação líquido/sólido</b>		
SEDIMENTAÇÃO	Sedimentação por gravidade de substância particulada, flocos químicos e precipitação.	Remove partículas suspensas que são maiores que 30µm. Tipicamente usado como tratamento primário e depois do processo biológico secundário.
FILTRAÇÃO	Remove partículas através da passagem de água por areia ou outro meio poroso.	Remoção de partículas suspensas que são maiores que 3µm. Tipicamente usados depois da sedimentação (tratamento convencional) ou seguido de coagulação/floculação.
<b>Tratamento Biológico</b>		
TRATAMENTO AERÓBIO BIOLÓGICO	Metabolismo biológico do esgoto através de microrganismos e abacia de aeração ou processo de biofilme.	Remoção de matéria orgânica suspensa e dissolvida no esgoto.
DESINFECÇÃO	Inativação de organismos patogênicos usando químicos oxidantes, raios ultravioletas, químicos corrosivos, calor ou processos de separação física (membranas).	Proteção da saúde pública através da remoção de organismos patogênicos.
<b>Tratamento avançado</b>		
COAGULAÇÃO FLOCULAÇÃO QUÍMICA	Uso de sais de ferro ou alumínio, polieletrólise e/ou ozônio para promover desestabilização das partículas coloides do esgoto recuperado e precipitação de fósforo.	Formação de fósforos precipitados e floculação de partículas para remoção através de sedimentação e filtração.
TRATAMENTO COM CAL	Precipita cátions e metais de solução.	Usado para reduzir escala formando potencial de água, precipitação de fósforo e modificação de pH.
FILTRAÇÃO DE MEMBRANA	Microfiltração, nanofiltração e ultrafiltração.	Remoção de partículas e microrganismos da água.
OSMOSE REVERSA	Sistema de membrana para separar íons de solução baseados no diferencial da pressão osmótica reversa.	Remoção de sais dissolvidos e minerais de solução; é também eficiente na remoção de partículas.

Fonte: (Manual da FIESP, 2005)

### 3.9 Reserva para combate a incêndio

Segundo a NBR 13714:2000, a reserva de incêndio é exclusivamente destinada ao combate a incêndio, e seu volume de água deve permitir o primeiro combate ao incêndio durante determinado tempo.

Ainda conforme esta norma, o volume mínimo para reserva de incêndio deve ser determinado pela seguinte equação:

$$V = Q \times t \quad (19)$$

Onde:

Q é a vazão de duas saídas do sistema aplicado, em litros por minuto;

t é o tempo de 60 min para sistemas dos tipos 1 e 2, e de 3 min para sistemas do tipo 3;

V é o volume da reserva, em litros.

Segundo a NBR 13714:2000, os sistemas de combate a incêndio estão divididos em sistemas de mangotinhos (tipo 1) e sistemas de hidrantes (tipos 2 e 3), conforme Tabela 13.

Tabela 12 – Tipos de sistemas

Tipo	Esguicho	Mangueiras		Saídas	Vazão L/min
		Diâmetro mm	Comprimento máximo m		
1	Regulável	25 ou 32	30	1	80 <sup>1)</sup> ou 100 <sup>2)</sup>
2	Jato compacto Ø16 mm ou regulável	40	30	2	300
3	Jato compacto Ø25 mm ou regulável	65	30	2	900

Fonte: (ABNT- NBR 13714:2000)

Notas:

1) os diâmetros dos esguichos e das mangueiras são nominais.

2) as vazões correspondem a cada saída.

De acordo com a NBR 13714:2000, as edificações com área construída superior a 750 m<sup>2</sup> e/ou altura superior a 12 metros devem ser protegidas por algum tipo de sistema. O Quadro 09, demonstra a classificação de alguns edifícios e a aplicabilidade dos sistemas.

Quadro 09 – Classificação de alguns edifícios e aplicabilidade dos sistemas

Grupo	Ocupação/uso	Sistema	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	1	A-1	Habitações multifamiliares	Edifícios de apartamentos em geral.
B	Serviços de hospedagem	1	B-1	Hotéis e assemelhados	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, albergues.
			B-2	Hotéis residenciais	Hotéis e assemelhados, com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais).
C	Comercial Varejista	2	C-1	Comercio em geral, de pequeno, médio e grande portes	Armarinhos, tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques e outros. Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros.
			C-2	Centros comerciais	Centros de compras em geral ( <i>shopping centers</i> ).

Fonte: (adaptado da ABNT- NBR 13714:2000)

### 3.10 Sistemas prediais água fria

O sistema hidráulico deve ser dimensionado seguindo as orientações da NBR 5626/1998.

O subsistema de distribuição interna é composto por Barriletes, colunas, ramais e sub-ramais.

De acordo com a NBR 5626/1998, para os pontos de utilização de água, a vazão de projeto não deve estar abaixo do estabelecido na Quadro 10, onde cada peça tem seu respectivo peça e vazão.

Quadro 10 – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

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 roupas		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	0,15 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).

Ainda segundo esta norma, o dimensionamento dos ramais se faz basicamente pela somatória de pesos. Para isto, primeiramente verifica o peso relativo de cada peça sanitária (Quadro 10), após este procedimento determina-se a vazão em cada trecho conforme a seguinte expressão:

$$Q = 0,3\sqrt{\sum P} \quad (20)$$

Onde:

Q = vazão estimada na seção considerada (l/s)

$\sum P$  = soma dos pesos relativos de todas as peças da seção considerada.

Através desta vazão é possível encontrar o diâmetro nominal (DN) do trecho analisado com o auxílio do Quadro 11, que contém as vazões limites para diâmetros usuais de PVC (NETO, 1998).

Quadro 11 – Vazões limites para os diâmetros usuais para PVC

Diâmetro		Vazão limite (l/s)	Velocidade (m/s)	
pol	mm		Caso 1 <sup>(1)</sup>	Caso 2 <sup>(2)</sup>
1/2	15	0,20	1,60	1,71
3/4	20	0,55	1,93	1,98
1	25	1,10	2,21	2,21
1 1/4	30	2,00	2,50	2,50
1 1/2	40	3,00	2,73	2,80
2	50	5,90	3,00	3,13
2 1/2	60	8,50	3,00	3,43
3	75	13,26	3,00	3,83
4	100	23,55	3,00	4,43
5	125	36,78	3,00	4,95

(1) – Onde o ruído possa perturbar o repouso ou o desenvolvimento das atividades

(2) – Onde o ruído não seja fator impeditivo. Valores calculados por  $V = 14 \sqrt{D}$

Fonte: (NETO 1998).

Para o dimensionamento das colunas e barriletes, utiliza-se o Método Máximo Provável. Neste método é levado em conta a perda de carga nos tubos e nas conexões. Para a perda de carga nos tubos utiliza-se a formula de Fair-Whipple-Hsião:

$$J = 0,000865 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (21)$$

Onde:

J = perda de carga unitária (kPa/m);

Q = vazão estimada na seção considerada (L/s);

D = diâmetro interno do tubo (mm).

As perdas de cargas nas conexões da tubulação devem ser expressas em termos de comprimentos equivalentes, e para encontrar este comprimento pode-se utilizar a Tabela 14, fornecida pela empresa Tigre.

Tabela 13 – Perdas de carga localizadas (m)

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: (TIGRE, 2016)

Após feito todo o lançamento e dimensionamento da rede de distribuição é necessário a verificação da pressão disponível de cada trecho, sendo que, a pressão em pontos altos não deve ser menor que 10 kPa, e em toda a tubulação não pode ser menor de 5 kPa (NBR 5626/1998).

### 3.11 Sistemas prediais de esgoto sanitário

Segundo Tomaz (1998), esgoto sanitário predial tem como objetivo a coleta e encaminhamento do despejo líquido para o sistema público de esgoto sanitário de forma rápida e segura, sem haver nenhum tipo de obstrução.

De acordo com a NBR 8160/1999, o dimensionamento do sistema de esgoto sanitário pode ser realizado através do método hidráulico ou pelo método de unidade de Hunter de contribuição (UHC), em ambos os casos devem ser respeitados os diâmetros nominais mínimos dos ramais de descargas indicados no Quadro 12.

Quadro 12 – Unidades de Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i>
Bacia sanitária		6	100 <sup>1)</sup>
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2 <sup>2)</sup>	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 <sup>3)</sup>
Máquina de lavar roupas		3	50 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

<sup>2)</sup> Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

<sup>3)</sup> Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: (NBR 8160/1999)

Para o dimensionamento dos ramais pelo método UHC, basta somar os pesos das pesas que o compõem, e escolher o diâmetro de acordo com a Quadro 13.

Quadro 13 – Dimensionamento de ramais de esgoto

Diâmetro nominal mínimo do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição UHC
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: (NBR 8160/1999)

Segunda a mesma norma em ramais onde a contribuição da bacia sanitária, o diâmetro nominal não deve ser menor que 100 mm e a declividade mínima deve ser 2% para  $DN \leq 75$  mm e de 1% para  $DN \geq 100$  mm.

Para o dimensionamento dos tubos de queda se faz o somatório de UHC que contribui para o referido tubo, e encontra o DN através do Quadro 14.

Quadro 14 – Dimensionamento de tubo de queda

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição	
	Prédio de até três pavimentos	Prédio com mais de três pavimentos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

Fonte: (NBR 8160/1999)

Segundo a NBR 8160/1999 os ramais de ventilação devem ser dimensionados através do Quadro 15.

Quadro 15 – Dimensionamento de ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: NBR 8160/1999.

Para dimensionamento dos tubos de ventilação usa-se a Quadro 16.

Quadro 16 – Dimensionamento de coluna e barriletes de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto <i>DN</i>	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido m							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-

Fonte: NBR 8160/1999.

Segundo a NBR 8160/1999 para sub-coletores e coletores utiliza-se o aparelho de maior contribuição de cada aparelho para fazer a somatória de UHC, e através deste somatório encontrar o DN no Quadro 17, e este não deve ser menor que 100 mm.

Quadro 17 – Dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i>	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas %			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

Fonte: (NBR 8160/1999).

### 3.12 Tempo de retorno

O período de retorno pode ser definido como sendo a divisão do valor do investimento pelo valor economizado com o sistema de reúso ou SAAP (SELLA, 2011), conforme a expressão a seguir:

$$n = \frac{P}{U}$$

Onde:

n = o número de anos;

P = valor do investimento;

U = valor economizado na conta de água pelos sistemas.

## **4 METODOLOGIA**

Para a realização do presente trabalho, serão estimados o consumo de água potável da edificação, o volume de águas cinzas que podem ser aproveitadas para fins não potáveis e as demandas de água para as bacias sanitárias, rega de jardim, limpeza de pátio e lavagem de carros. Também será estimado o volume de água de chuva através da área de captação (telhado) e dados pluviométricos do local de estudo.

Será desenvolvido para este trabalho três tipos de sistemas, sendo um para aproveitamento de água de chuva, um para reúso de águas cinzas e o outro com a combinação destes dois. Através da análise desses sistemas, será realizado um comparativo, para verificar qual é o mais viável economicamente para a edificação.

### **4.1 Local de estudo**

O estudo será feito em um edifício multifamiliar localizado na Rua João Custódio da Silva, esquina com a Rua Guaxupé, no residencial Júlio Alves em Alfenas-MG. A edificação em questão está em fase de construção, conforme Figura 13, e sua concepção final terá 5 pavimentos sendo o primeiro a garagem e o demais pavimento tipo.

Cada pavimento tipo terá 6 apartamentos e cada um com layout conforme contido na planta baixa no Anexo A.

O pé direito é de 2,80 metros e a altura da platibanda é de 1,0 m, a altura total da edificação será de 15,50 metros no final da sua construção.

Figura 13 – Fotografia da edificação



Fonte: o autor

## **4.2 Dados pluviométricos utilizados**

A estação pluviométrica utilizada para coleta de dados foi a de Alfenas, código 02145052. Sua operadora e responsável é a COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais). A série histórica utilizada foi de 1983 a 2006 (Anexo B). Através dos dados pluviométricos encontrados é possível determinar a média de precipitação que ocorre em Alfenas.

## **4.3 Estimativa do consumo de água potável**

Para estimar o consumo de água potável da edificação será utilizada os dados disponíveis na Tabela 10.

Por se tratar de um edifício destinado para apartamentos, será considerado um consumo por habitante de 200 L/dia e também será considerado ocupação de 2 pessoas por dormitório.

## **4.4 Estimativa do volume de água cinza que pode ser aproveitado**

Para estimar o volume de água cinza da edificação será utilizada a Tabela 11. Para este volume não estão sendo consideradas as águas provenientes das pias de cozinha nem vasos sanitários, por motivos já descritos em itens anteriores.

#### **4.5 Demanda de água para fins não potáveis**

No presente trabalho será estimado a demanda de água utilizada para fins menos nobres, que são os seguintes casos: usos nas bacias sanitárias, irrigação de jardim, na lavagem de pátio e lavagem de carro. Com esta estimativa é possível determinar o quanto de água potável pode ser economizada e o quanto de água cinza ou água de chuva será necessária para cobrir a demanda destes usos.

Para fazer esta estimativa será utilizada as Tabelas 07, 08 e 09, que contêm os parâmetros de engenharia.

#### **4.6 Sistema de aproveitamento de água de pluvial (SAAP)**

Para realização deste sistema será realizado o dimensionamento de todos componentes necessários, bem como:

- Área de cobertura contribuinte;
- Dimensionamento das calhas e condutores (vertical e horizontais);
- Reservatório de descarte da primeira chuva (*first-flush*);
- Reservatório para água de chuva e
- Sistema elevatório.

Ainda neste SAAP será analisado três hipóteses para aproveitamento de água. A primeira, será a determinação do reservatório para atender a demanda total de água para fins não potáveis, a segunda para determinar o reservatório para a demanda de lavagem de pátios, rega de jardim e lavagem de carros, a terceira para a demanda de lavagem de pátios e rega de jardim.

Realizado todo o dimensionamento do sistema, é possível determinar o custo total do empreendimento e verificar a sua viabilidade econômica.

#### **4.7 Sistema de reúso de águas cinzas**

##### **4.7.1 Sistema de coleta**

Para o sistema de reúso será realizado o dimensionamento de toda a tubulação de esgoto da edificação conforme a NBR 8160/1999, sendo que deverá ter uma tubulação destinada apenas para a coleta das águas cinzas e outra para o restante do esgoto sanitário (esgoto das bacias sanitárias e pias de cozinha).

#### 4.7.2 Sistema de distribuição

A água de reúso tratada será destinada apenas para as descargas das bacias sanitárias, para isto será necessário o dimensionamento da tubulação que fará esta distribuição. Este dimensionamento deve seguir as orientações da NBR 5626/1998, e segundo esta norma não deve haver a conexão cruzada entre as tubulações de água potável e águas para reúso.

#### 4.7.3 Sistema de tratamento

Para a edificação em questão foi realizado uma pesquisa em algumas empresas que produzem estações de tratamento de águas cinzas (ETAC) pré-fabricadas, e percebeu-se que seria viável a sua utilização, visto que exige tempo para projetar e construir uma ETAC no local. Na Figura 14, mostra o tipo de sistema que será utilizado na edificação em estudo.

Figura 14 – Estação de tratameto de águas cinzas

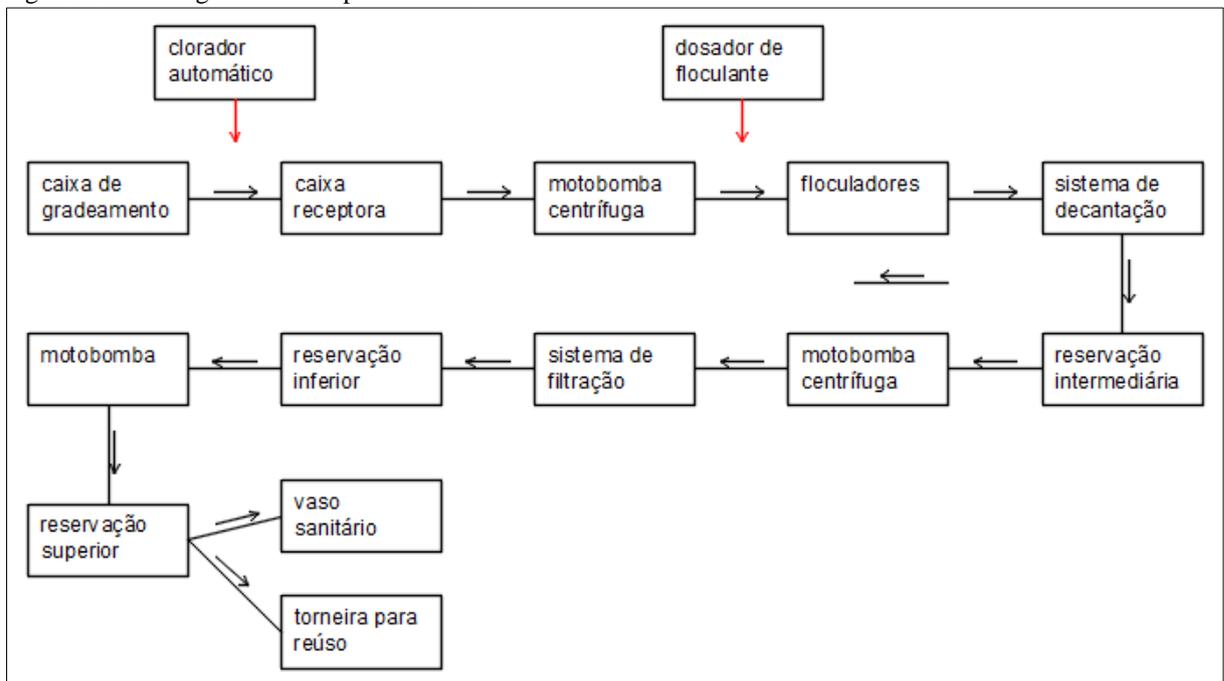


Fonte: (ACQUANOVA, 2016)

Este sistema da Figura 14, de acordo com o fabricante pode tratar 1000 l/h de águas cinzas, e visto que a edificação em estudo necessita de 3456 litros por dia para a descarga das bacias sanitárias, este sistema atende bem as necessidades da edificação.

Na figura 15 mostra o fluxograma das etapas da ETAC.

Figura 15 – Fluxograma das etapas da ETAC



Fonte: (ACQUANOVA, 2016)

Segundo Acquanova (2016), a função de cada etapa são

- **GRADEAMENTO** – Processo em que se remove por intermédio de grades ou telas, materiais sólidos, grosseiros em suspensão e flotação.
- **DOSAGEM DE HIPOCLORITO DE CÁLCIO** – Por intermédio de um sistema de cloração automática é efetuada a dosagem de cloro, a fim de eliminar odores e cheiros, além de segregar as unidades patogênicas contidas na água.
- **ARMAZENAMENTO INICIAL (caixa receptora)** – Toda água oriunda da prumada secundária, após “passar” pelo gradeamento e clorada, é armazenada nesta caixa.
- **DOSAGEM DE FLOCULANTE** – Processo em que é dosado automaticamente polímeros, a fim de agregar as partículas, tornando-as mais densas, as quais decantarão no processo a seguir.
- **SISTEMA DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO** – Processo da água é submetida à agitação mecânica para possibilitar que os flocos se agreguem, tornando-se sólidos em suspensão, possibilitando uma decantação mais rápida.
- **SISTEMA DE DECANTAÇÃO** – Processo em que as partículas já flocculadas e

- coaguladas, mais densas e em suspensão sejam depositadas no fundo do decantador
- ARMAZENAMENTO INTERMEDIÁRIO (caixa intermediária) – A água proveniente do sistema de decantação é destinada por gravidade e armazenada, nesta caixa, a qual será bombeada automaticamente para o sistema de filtração,
  - SISTEMA DE FILTRAÇÃO – Processo no qual é efetuado a filtração fina, o polimento da água para adequar-se aos parâmetros das Portarias vigentes.
  - ARMAZENAMENTO FINAL (caixa para distribuição) – Reserva e armazenamento final da água para reuso, devidamente tratada.

#### 4.7.3.1 Descrição do tratamento

A água proveniente da prumada secundária, passa pelo gradeamento, após é injetado automaticamente o cloro, para evitar, cheiro, odor, evitando assim o desenvolvimento de “unidades patogênicas”, esta será armazenada na chamada caixa receptora. Depois é bombeada, inserido polímeros, para ser floculada, e passa pelo processo de decantação. Após é armazenada (chamado armazenamento intermediário), e é bombeada para o sistema de filtração e armazenada uma caixa de reserva inferior.

A partir destes processos estará apta para os usos não nobres conforme Portarias do Ministério da Saúde, vigentes (ACQUANOVA, 1016).

#### 4.7.4 Sistema elevatório

Como a ETAC fica localizada no pavimento garagem do edifício, a então a necessidade do bombeamento para o reservatório superior. Este com capacidade de 5000 litros de água, devido a ser o valor comercial mais próximo da demanda necessária. Para fazer o recalque das águas cinzas é necessário dimensionar dois conjuntos de bombas hidráulicas, sendo que um é o reserva. Para este dimensionamento deve seguir as orientações da NBR 12214:1992.

Segundo a NBR 5626/1998, o tempo recomendado de enchimento de grandes reservatórios é de seis horas. Desse modo, para o projeto em questão será adotado o tempo de enchimento de duas horas.

### 4.8 Sistema Misto

Será realizado neste sistema uma união entre os dois sistemas anteriores, porém, visando aproveitar o máximo de água de chuva devido ao seu custo de operação e manutenção ser bem mais viável do que o tratamento de água cinzas.

#### 4.9 Tarifas aplicadas pela concessionária

Para a cidade de Alfenas, Minas Gerais, a COPASA (Companhia de Saneamento Básico) é a responsável pelo tratamento da água potável e do esgoto sanitário da região. O Quadro 18 demonstra as tarifas cobradas por esta concessionária para o tipo de edificação do estudo.

Quadro 18 – Tarifas de água

Categorias	Faixas	Tarifas			
		Água	EDC	EDT	Unidade
Residencial Social	Fixa	8,49	4,25	7,64	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,44	0,23	0,39	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	2,230	1,116	2,008	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	5,256	2,628	4,730	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	6,820	3,411	6,138	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	7,158	3,580	6,442	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	12,056	6,028	10,850	R\$/m <sup>3</sup>
Residencial	Fixa	14,15	7,08	12,74	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	0,74	0,38	0,67	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	2,788	1,395	2,510	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	5,839	2,920	5,256	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	6,820	3,411	6,138	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	7,158	3,580	6,442	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	12,056	6,028	10,850	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: (COPASA, 2016).

EDC – esgoto dinâmico com coleta

EDT – esgoto dinâmico com coleta e tratamento

#### 4.9 Viabilidade econômica

Através dos dimensionamentos dos sistemas propostos neste trabalho, é possível determinar todos os componentes necessários para sua execução, e com isto determinar os custos para implantação de cada tipo de sistema na edificação. Através dos custos de cada sistema, é possível determinar o tempo de retorno de cada um e assim verificando a sua viabilidade econômica.

Para o cálculo do retorno do investimento usa-se a seguinte expressão:

$$\textit{Tempo de retorno} = \frac{\textit{custo total}}{\textit{economia mensal}}$$

Onde o custo total refere-se ao investimento do sistema, e a economia mensal refere-se a economia gerada por este sistema nas contas de água da edificação.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Estimativa populacional da edificação

Para fazer a estimativa populacional da edificação será adotado 4 pessoas por apartamento conforme a Tabela 07. A quantidade de pessoas no edifício será:

$$Q_{pessoas} = 4hab \times 24apartamentos$$

$$Q_{pessoas} = 96$$

### 5.2 Estimativa da demanda de água da edificação

Para estimar o consumo total de água para atender a demanda da edificação será utilizada a Tabela 10, disponibilizada pela SABESP. Por se tratar de uma edificação multifamiliar, será adotado o consumo de 200 L/dia.hab.

A demanda por apartamento ( $D_{apartamento}$ ) será:

$$D_{apartamento} = 200L/dia.hab \times 4 h$$

$$D_{apartamento} = 800 L/dia$$

Demanda total da edificação por dia:

$$D_{total/dia} = 800L/dia \times 24 apartamento$$

$$D_{total/dia} = 19200L/dia$$

Demanda total da edificação por mês:

$$D_{total/mês} = 19200L/dia \times 30 dias$$

$$D_{total/mês} = 576000L/mês$$

Percebe-se que por mês a edificação terá um consumo de 576 m<sup>3</sup> de água.

### 5.3 Caracterização do consumo

As águas cinzas e as águas de chuvas serão utilizadas em locais onde a qualidade da água pode ser inferior, como é o caso das bacias sanitárias e nas torneiras destinadas para lavagem de carros, lavagem de pisos e rega de jardim, e também serão utilizadas na reserva para combate a incêndio. Já nos demais locais da edificação onde exige uma certa qualidade, que são os casos da pia de cozinha, do chuveiro, da lavanderia, do lavatório e todos os locais onde é para o uso higiênico ou para o consumo humano, será utilizada água potável, está fornecida pelo órgão competente do município em questão, que é a COPASA.

## 5.4 Demanda de água para fins não potáveis

### 5.4.1 Bacias sanitárias

Para estimar a demanda de água para as bacias sanitárias, será utilizado os dados da Tabela 13, que contêm os parâmetros da engenharia. Será considerado que cada morador utilize a bacia sanitária 4 vezes ao dia, e que cada descarga corresponde a 9 L. Então a demanda para as bacias sanitárias de cada apartamento será:

$$D_{\text{bacia sanitária/ap}} = 4 \text{ descarga/hab} \times 4 \text{ hab} \times 9\text{L/descarga}$$

$$D_{\text{bacia sanitária/AP}} = 144 \text{ L/AP.dia}$$

Demanda para todas as bacias sanitárias da edificação por dia:

$$D_{\text{bacia sanitária da edificação/dia}} = 144 \text{ L/AP} \times 24 \text{ AP}$$

$$D_{\text{bacia sanitária da edificação/dia}} = 3456 \text{ L/dia}$$

Demanda das bacias sanitárias da edificação por mês:

$$D_{\text{bacia sanitária da edificação/mês}} = 3456 \text{ L/dia} \times 30 \text{ dias}$$

$$D_{\text{bacia sanitária da edificação/mês}} = 103680 \text{ L/mês}$$

### 5.4.2 Rega de jardim e limpeza de pátios

Para estimar a demanda de água para a rega de jardim e limpeza de pátios será

considerado 2 L/dia/m<sup>2</sup> e com frequência de uso de 2 vezes por semana. Sendo assim:

$$D_{\text{rega e limpeza}} = 504 \text{ m}^2 \times 2 \text{ vezes/semana} \times 2 \text{ L/dia/m}^2$$

$$D_{\text{rega e limpeza}} = 2016 \text{ L/semana}$$

Demanda de água para rega de jardim e limpeza de pátios no mês:

$$D_{\text{rega e limpeza/mês}} = 2016 \text{ L/semana} \times 4 \text{ semanas}$$

$$D_{\text{rega e limpeza/mês}} = 8064 \text{ L/mês}$$

#### 5.4.3 Lavagem de carros

Para estimar a demanda de água usada na lavagem de carros será considerado 150 L/lavagem/carro com uma frequência de 4 Lavagem/mês. Também será considerado 1 carro para cada apartamento. Sendo assim:

$$D_{\text{lavagem de carro/mês}} = 24 \text{ carros} \times 4 \text{ Lavagem/mês} \times 150 \text{ L/lavagem/mês}$$

$$D_{\text{lavagem de carro/mês}} = 14400 \text{ L/mês}$$

Estão dispostos na Tabela 15 o resumo dos resultados para demanda de água não potável

Tabela 14 – Resumo dos resultados para água não potável

USOS	DEMANDA POR MÊS (M <sup>3</sup> )
Bacias sanitárias	103,680
Rega de jardim e limpeza de pátios	8,064
Lavagem de carros	14,400
Total	126,144

Fonte: O autor

Através da Tabela 15 percebe-se que para fins não potáveis são necessários 126,144 m<sup>3</sup> de água por mês. Se for utilizada água de chuva ou água cinza para estes fins, terá uma redução na demanda de água potável da edificação.

#### 5.5 Estimativa de água cinza para o reúso

Segundo TOMAZ (2008) a volume de água cinza corresponde à 47% do consumo de água potável da edificação. Esta porcentagem se deve ao uso do chuveiro, lavagem de roupas e da torneira do lavatório.

Sendo assim:

O volume de água cinza por apartamento ( $V_{cinza/apartamento}$ ) será:

$$V_{cinza/apartamento} = 800L/dia \times 0,47$$

$$V_{cinza/apartamento} = 376L/dia$$

Volume de água cinza total da edificação por dia:

$$V_{cinza\ total/dia} = 376L/dia \times 24\ apartamento$$

$$V_{cinza\ total/dia} = 9024L/dia$$

Volume de água cinza total da edificação por mês:

$$V_{cinza\ total/mês} = 9024L/dia \times 30\ dias$$

$$V_{total/mês} = 270720L/mês$$

Percebe-se que pode ser aproveitada aproximadamente 270 m<sup>3</sup>/mês de águas cinzas para fins não potáveis.

## **5.6 Estimativa de aproveitamento de água de chuva**

### **5.6.1 Precipitação média em Alfenas**

Com os dados coletados através do hidroweb, foi possível obter a média de chuva mensal para a cidade de Alfenas. A Tabela 16 contém as médias mensais obtidas através dos dados pluviométricos.

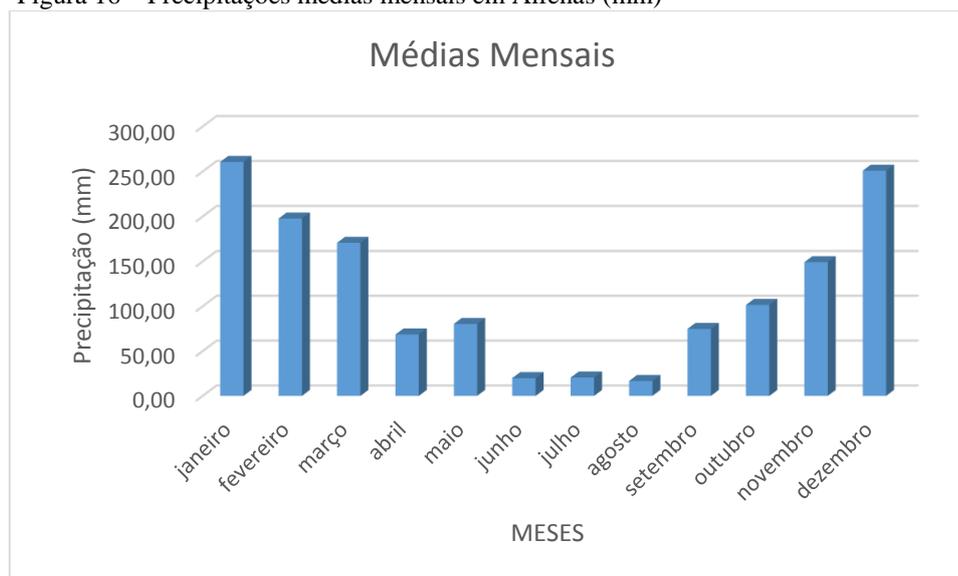
Tabela 15 – Precipitações médias por mês (mm)

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
260,62	197,70	170,74	68,60	80,33	19,83	20,51	16,69	74,77	101,57	149,22	250,87

Fonte: (HIDROWEB, 2016)

Para uma melhor visualização, a Figura 16 demonstra um gráfico das médias mensais.

Figura 16 – Precipitações médias mensais em Alfenas (mm)



Fonte: (HIDROWEB, 2016)

Através destes dados, percebe-se que nos meses de abril até setembro as precipitações são baixas.

### 5.6.2 Volume de água de chuva que pode ser aproveitada

Para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável será utilizado a seguinte expressão:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

V – é Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P – é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A – é a área de coleta;

C – é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\eta_{\text{fator de captação}}$  – é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de

descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Será considerado telhado fabricado com telha de fibrocimento, portanto  $C=0,9$ . Segundo TOMAZ (2009) deve-se considerar  $\eta_{fator\ de\ capita\c{c}\tilde{a}o} = 0,85$ . A área do telhado foi determinada através do layout do mesmo.

Portanto:

$$V_{mensal} = 0,1166 \times 405,86 \times 0,9 \times 0,85$$

$$V_{mensal} = 36\ m^3$$

### 5.7 Reserva para prevenção a incêndio

Segundo a NBR 13714-2000, o volume da reserva de incêndio deve ser determinado pela seguinte equação:

$$V = Q \times t$$

Onde:

Q é a vazão de duas saídas do sistema aplicado, em litros por minuto;

t é o tempo de 60 min para sistemas dos tipos 1 e 2, e de 30 min para sistemas do tipo 3;

V é o volume da reserva, em litros.

Como a edificação em estudo será destinada a apartamentos e sua área construída terá mais de 750 m<sup>2</sup> no fim da execução, ela se encaixa no grupo A da Tabela da NBR 13714-2000, por isto será adotado um a  $Q = 100\ L/min$ .

Portanto:

$$V = 100\ L/min \times 2 \times 60\ min$$

$$V = 12000\ L$$

### 5.8 Resumo das demandas da edificação

Na Tabela 17 estão representados os resultados mencionados nos itens anteriores.

Tabela 16 – Resumo dos resultados

RESUMO DOS RESULTADOS	
Demanda de água para edificação	576 m <sup>3</sup> /mês
Demanda de água para fins não potáveis	126,144 m <sup>3</sup> /mês
Estimativa de água cinza para reúso	270 m <sup>3</sup> /mês
Estimativa de aproveitamento de água de chuva	36 m <sup>3</sup> /mês
Reserva para incêndio	12 m <sup>3</sup> /ano

Fonte: o autor

Analisando os resultados nota-se que, para atender a demanda da população da edificação são necessários 576 m<sup>3</sup> de água por mês. Porém 126,144 m<sup>3</sup>/mês de água da demanda da edificação é destinada para fins menos nobres. Portanto, para estes fins, pode-se utilizar outras fontes como o reúso de águas cinzas e o aproveitamento de água chuva para cobrir esta demanda, e assim reduzindo 21,95 % do volume de água potável gasto no mês.

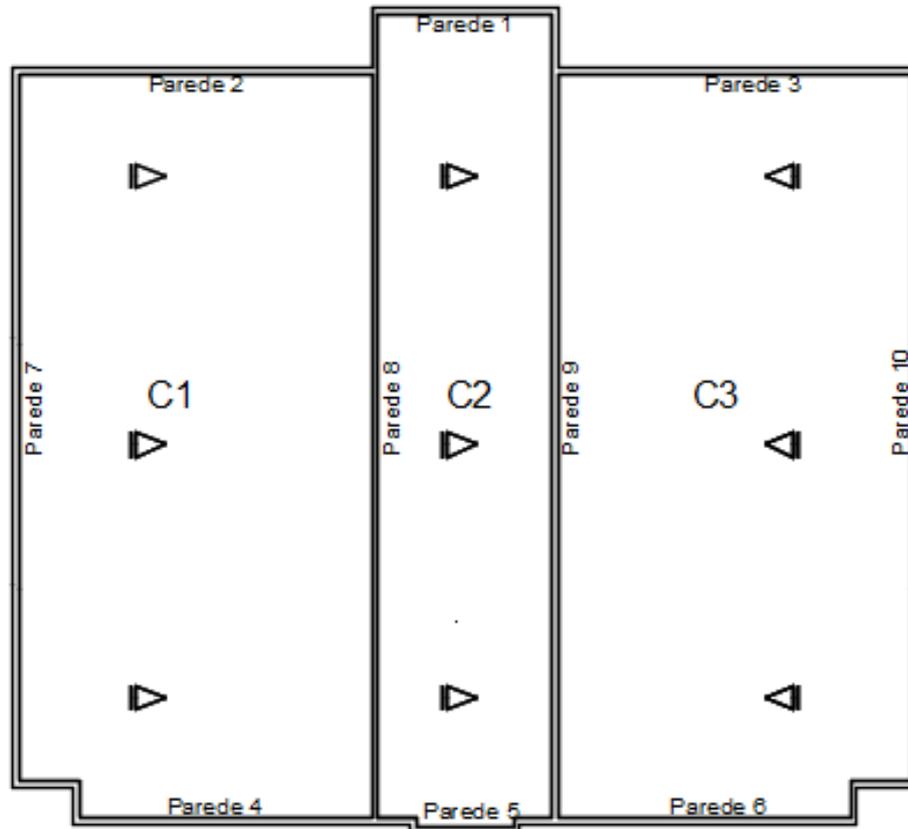
## 5.9 Sistema de aproveitamento de água de chuva

### 5.9.1 Calhas

Para o dimensionamento da calha é necessário saber qual é a área total da cobertura, para isso será utilizada as equações 1 e 2.

A cobertura será dividida em três águas, Figura 17. Para esta cobertura serão utilizadas três calhas, que por sua vez, farão a coleta da chuva que cai em sua respectiva parte do telhado.

Figura 17 – Planta de cobertura



Fonte: O autor.

Área de cobertura 1

$$A_1 = \left( 8,7 + \frac{0,87}{2} \right) \cdot 18,44 = 168,45 \text{ m}^2$$

Para a cobertura 1 as paredes que contribuem são:

$$\text{Parede 2 e 4} = \left( \frac{8,7 \cdot 0,87}{4} \right) = 1,89 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede 8} = \left( \frac{18,44 \cdot 2,87}{2} \right) = 26,46 \text{ m}^2$$

A área total da cobertura 1 =  $168,45 + (1,89 \cdot 2) + 26,46 \cong 198,7 \text{ m}^2$

A área da cobertura 3 tem as mesmas dimensões da cobertura 1, por isto será utilizado o mesmo valor de área de cobertura.

Área da cobertura 3

$$A_3 = \left( 4,30 + \frac{0,47}{2} \right) \cdot 20,14 \cong 91,34 \text{ m}^2$$

Para a cobertura 2 as paredes que contribuem são:

$$\text{Parede 1 e 5} = \left( \frac{4,30 \cdot 0,47}{4} \right) = 0,50 \text{ m}^2$$

$$\text{Parede 8} = \left( \frac{20,14 \cdot 0,47}{2} \right) = 4,73 \text{ m}^2$$

$$\text{A área total da cobertura 3} = 91,34 + (0,50 \cdot 2) + 4,73 \cong 97,07 \text{ m}^2$$

Para calcular a vazão de projeto será utilizada a equação 3. A intensidade pluviométrica (I) a ser utilizada será da cidade de Bonsucesso, devido a sua similaridade de clima com a cidade de Alfenas. Esta I terá um período de retorno de 5 anos conforme recomendações da NBR 10844/1989. Através da tabela contida no anexo desta norma retirasse a I (mm/h), que no caso da cidade de Bonsucesso é 196 mm/h. com isto é possível calcular a vazão de projeto (Q), para as calhas do projeto.

Para calha 1 e 3, com área de cobertura de 198,7 m<sup>2</sup>

$$Q = \frac{196 \cdot 198,7}{60} \cong 649 \text{ l/min}$$

Para a calha 2, com área de cobertura de 97,07 m<sup>2</sup>

$$Q = \frac{196 \cdot 97,07}{60} \cong 317,09 \text{ l/min}$$

Para a determinação das dimensões da calha, utilizou-se a fórmula de Manning, (equação 4), adotando-se uma calha com largura (a) de 20,0cm, altura (b) de 15,0 cm, inclinação (i) de 0,5%, e de aço galvanizado. Para este material o coeficiente de rugosidade (n) é igual a 0,011. Dessa forma, tem-se:

$$Q = 60.000 \times \left( \frac{0,20 \times 0,15}{0,011} \right) \times \left( \frac{0,20 \times 0,150}{(0,15 + 0,20 + 0,15)} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,05^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 1773,37 \text{ l/min}$$

Percebe-se que a Q encontrada pela equação anterior e bem maior que as vazões de projeto, neste caso atendendo com folga a capacidade de captação da água de chuva.

### 5.9.2 Condutores Verticais

Para determinar o condutor vertical usou se a Tabela 06. Considerando a vazão de projeto de todas as calhas igual a 649 l/min, e sabendo que a vazão limite para tubo de 100 mm é de 707,9 L/min, neste caso adotou tubos com o diâmetro de 100 mm para todos os condutores verticais

### 5.9.3 Condutores horizontais

Para o dimensionamento desta tubulação usa-se a Tabela 07, onde para cada diâmetro existe uma vazão limite de escoamento que depende do coeficiente de rugosidade ( $\eta$ ) e da declividade. A declividade utilizada é de 1% e  $\eta$  para tubo de PVC é de 0,011, com isto o diâmetro encontrado é de 150 mm para a vazão de 649 L/min.

### 5.9.4 Reservatórios

#### 5.9.4.1 Reservatório de autolimpeza

O reservatório a ser utilizado para fazer a coleta de descarte da primeira chuva é do tipo apresentado na Figura 08, ou seja, seu funcionamento é semiautomático, devido a ser necessário a interferência humana para abrir o registro de descarte deste reservatório. Assim sendo, para o cálculo do volume de descarte da primeira chuva considerou-se 2,0 l/m<sup>2</sup>, conforme orientações da NBR 15327/2007.

A área da cobertura é de 422,68 m<sup>2</sup>, portanto o volume de descarte  $V_{\text{descarte}}$  é:

$$V_{\text{descarte}} = 422,68 \times 2,0 = 845,36 \text{ litros}$$

Foi adotado um reservatório de 1000 litros devido a ser um valor mais próximo comercialmente vendido.

#### 5.9.4.2 Reservatório da água de chuva

Para dimensionamento do reservatório será utilizado três tipos de situações:

- Caso 1: Demanda total de água não potável a ser utilizada no edifício;
- Caso 2: demanda para rega de jardim, limpeza de pátios e lavagem de carros;
- Caso 3: demanda para a rega de jardim.

Afim de encontra um reservatório que atenda a demanda da edificação, será realizado o dimensionamento através dos métodos contidos na NBR 15327/2007.

## 5.9.4.2.1 Método de Rippl (Caso 1)

Para este método foi elaborado a Tabela 18, afim de agilizar o processo de cálculo. Para a demanda foi utilizado a quantidade total necessária para atender as necessidades dos pontos onde não é necessário o uso de água potável.

Tabela 17 – Método de Rippl (Caso 1)

Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre a Demanda e o Volume	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m <sup>3</sup> )	Obs.
Janeiro	260,62	126,14	422,68	99,14	27,00	27,00	D
Fevereiro	197,70	126,14	422,68	75,21	50,94	77,94	D
Março	170,74	126,14	422,68	64,95	61,19	139,13	D
Abril	68,60	126,14	422,68	26,10	100,05	239,18	D
Maiο	80,33	126,14	422,68	30,56	95,58	334,76	D
Junho	19,83	126,14	422,68	7,54	118,60	453,36	D
Julho	20,51	126,14	422,68	7,80	118,34	571,70	D
Agosto	16,69	126,14	422,68	6,35	119,80	691,50	D
Setembro	74,77	126,14	422,68	28,44	97,70	789,20	D
Outubro	101,57	126,14	422,68	38,64	87,51	876,71	D
Novembro	149,22	126,14	422,68	56,77	69,38	946,09	D
Dezembro	250,87	126,14	422,68	95,43	30,71	976,80	D

Fonte: O autor.

E – água escoando pelo extravassor

D – nível de água descendo

S – nível de água subindo

Com os resultados obtidos nesta tabela, percebe-se que, a capacidade de coleta da cobertura é menor que a demanda total, neste caso seria necessário utilizar água da concessionária para complementar o volume do reservatório para atender esta demanda.

## 5.9.4.2.2 Método de simulação (Caso 1)

Neste método é necessário fazer a escolha arbitrária do reservatório e este no início deverá estar vazio. Para o Caso 1 o reservatório adotado é de 100 m<sup>3</sup>, esta escolha foi pelo fato da demanda de água ser maior que a capacidade da coleta do telhado, pois mesmos com um reservatório com capacidade maior que a demanda, não seria suficiente. Conforme apresentado na Tabela 19.

Tabela 18 – Método de simulação (Caso1)

meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Nível do res. antes (m <sup>3</sup> )	Nível do res. depois (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	suprimento de água externa (m <sup>3</sup> )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Janeiro	260,62	126,14	422,68	99,14	100,00	0,00	-27,00	0,00	27,00
Fevereiro	197,70	126,14	422,68	75,21	100,00	0,00	-50,94	0,00	50,94
Março	170,74	126,14	422,68	64,95	100,00	0,00	-61,19	0,00	61,19
Abril	68,60	126,14	422,68	26,10	100,00	0,00	-100,05	0,00	100,05
Mai	80,33	126,14	422,68	30,56	100,00	0,00	-95,58	0,00	95,58
Junho	19,83	126,14	422,68	7,54	100,00	0,00	-118,60	0,00	118,60
Julho	20,51	126,14	422,68	7,80	100,00	0,00	-118,34	0,00	118,34
Agosto	16,69	126,14	422,68	6,35	100,00	0,00	-119,80	0,00	119,80
Setembro	74,77	126,14	422,68	28,44	100,00	0,00	-97,70	0,00	97,70
Outubro	101,57	126,14	422,68	38,64	100,00	0,00	-87,51	0,00	87,51
Novembro	149,22	126,14	422,68	56,77	100,00	0,00	-69,38	0,00	69,38
Dezembro	250,87	126,14	422,68	95,43	100,00	0,00	-30,71	0,00	30,71

Fonte: O autor.

Da mesma maneira que no método anterior, para que a demanda seja atendida deve haver a contribuição da água da concessionária.

#### 5.9.4.2.3 Método de prático australiano (Caso 1)

Para este método foi desenvolvida a Tabela 20, considerando reservatório vazio no primeiro mês.

Tabela 19 – Método prático australiano (Caso 1)

Meses	Chuva média (mm)	área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff	Interceptação (mm)	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )
Janeiro	260,62	422,68	0,8	2	87,45	126,14	0,00
Fevereiro	197,70	422,68	0,8	2	66,17	126,14	0,00
Março	170,74	422,68	0,8	2	57,06	126,14	0,00
Abril	68,60	422,68	0,8	2	22,52	126,14	0,00
Mai	80,33	422,68	0,8	2	26,49	126,14	0,00
Junho	19,83	422,68	0,8	2	6,03	126,14	0,00
Julho	20,51	422,68	0,8	2	6,26	126,14	0,00
Agosto	16,69	422,68	0,8	2	4,97	126,14	0,00
Setembro	74,77	422,68	0,8	2	24,61	126,14	0,00
Outubro	101,57	422,68	0,8	2	33,67	126,14	0,00
Novembro	149,22	422,68	0,8	2	49,78	126,14	0,00
Dezembro	250,87	422,68	0,8	2	84,15	126,14	0,00

Fonte: O autor.

Conforme a tabela acima o volume do reservatório (Vt) em todos os meses é zero, isto acontece devido a demanda ser maior que o volume de chuva captada.

#### 5.9.4.2.4 Método de Rippl (Caso 2)

Para o Caso 2 a demanda utilizada é de 22,50 m<sup>3</sup>, que corresponde ao uso de rega de jardim, limpeza de pátios e lavagem de carros. Para o dimensionamento usou-se a Tabela 21.

Tabela 20 – Método de Rippl (Caso 2)

Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre a Demanda e o Volume	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m <sup>3</sup> )	Obs.
Janeiro	260,62	22,50	422,68	99,14	-76,64	-	E
Fevereiro	197,70	22,50	422,68	75,21	-52,71	-	E
Março	170,74	22,50	422,68	64,95	-42,45	-	E
Abril	68,60	22,50	422,68	26,10	-3,60	-	E
Mai	80,33	22,50	422,68	30,56	-8,06	-	E
Junho	19,83	22,50	422,68	7,54	14,96	14,96	D
Julho	20,51	22,50	422,68	7,80	14,70	29,65	D
Agosto	16,69	22,50	422,68	6,35	16,15	45,81	D
Setembro	74,77	22,50	422,68	28,44	-5,94	39,86	S
Outubro	101,57	22,50	422,68	38,64	-16,14	23,73	S
Novembro	149,22	22,50	422,68	56,77	-34,27	-	E
Dezembro	250,87	22,50	422,68	95,43	-72,93	-	E

Fonte: O autor.

Neste caso o volume do reservatório é de 45,81 m<sup>3</sup>, para atender a esta demanda.

#### 5.9.4.2.5 Método de simulação (Caso 2)

Para o dimensionamento do volume do reservatório utilizou a mesma demanda que o item anterior conforme Tabela 22.

Tabela 21 – Método de simulação (Caso 2)

meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Nível do res. antes (m <sup>3</sup> )	Nível do res. depois (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	suprimento de água externa (m <sup>3</sup> )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Janeiro	260,62	22,50	422,68	99,14	30,00	0,00	30,00	46,64	0,00
Fevereiro	197,70	22,50	422,68	75,21	30,00	30,00	30,00	52,71	0,00
Março	170,74	22,50	422,68	64,95	30,00	30,00	30,00	42,45	0,00
Abril	68,60	22,50	422,68	26,10	30,00	30,00	30,00	3,60	0,00
Mai	80,33	22,50	422,68	30,56	30,00	30,00	30,00	8,06	0,00
Junho	19,83	22,50	422,68	7,54	30,00	30,00	15,04	0,00	0,00
Julho	20,51	22,50	422,68	7,80	30,00	15,04	0,35	0,00	0,00
Agosto	16,69	22,50	422,68	6,35	30,00	0,35	-15,81	0,00	15,81
Setembro	74,77	22,50	422,68	28,44	30,00	0,00	5,94	0,00	0,00
Outubro	101,57	22,50	422,68	38,64	30,00	5,94	22,08	0,00	0,00
Novembro	149,22	22,50	422,68	56,77	30,00	22,08	30,00	26,34	0,00
Dezembro	250,87	22,50	422,68	95,43	30,00	30,00	30,00	72,93	0,00

Fonte: O autor.

Neste caso, para um reservatório adotado de 30 m<sup>3</sup>, apenas no mês de agosto não seria atendida a demanda.

#### 5.9.4.2.6 Método de prático australiano (Caso 2)

Para o dimensionamento do volume do reservatório utilizou a mesma demanda que o item anterior conforme Tabela 23.

Tabela 22 – Método prático australiano (Caso 2)

Meses	Chuva média (mm)	área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff	Interceptação (mm)	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )
Janeiro	260,62	422,68	0,8	2	87,45	22,50	64,95
Fevereiro	197,70	422,68	0,8	2	66,17	22,50	108,62
Março	170,74	422,68	0,8	2	57,06	22,50	143,18
Abril	68,60	422,68	0,8	2	22,52	22,50	143,20
Mai	80,33	422,68	0,8	2	26,49	22,50	147,19
Junho	19,83	422,68	0,8	2	6,03	22,50	130,72
Julho	20,51	422,68	0,8	2	6,26	22,50	114,48
Agosto	16,69	422,68	0,8	2	4,97	22,50	96,95
Setembro	74,77	422,68	0,8	2	24,61	22,50	99,05
Outubro	101,57	422,68	0,8	2	33,67	22,50	110,22
Novembro	149,22	422,68	0,8	2	49,78	22,50	137,50
Dezembro	250,87	422,68	0,8	2	84,15	22,50	199,15

Fonte: O autor.

Para este método o volume do reservatório é de 199,15 m<sup>3</sup>, e a confiança é de 100% devido a demanda ser atendida todo mês.

#### 5.9.4.2.7 Método de Rippl (Caso 3)

Para o Caso 3 a demanda utilizada é de 8,06 m<sup>3</sup>, que corresponde ao uso apenas para rega de jardim e limpeza de pátios. Para o dimensionamento usou-se a Tabela 24.

Tabela 23 – Método de Rippl (Caso 3)

Meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença entre a Demanda e o Volume	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m <sup>3</sup> )	Obs.
Janeiro	260,62	8,06	422,68	99,14	-91,08	-	E
Fevereiro	197,70	8,06	422,68	75,21	-67,14	-	E
Março	170,74	8,06	422,68	64,95	-56,89	-	E
Abril	68,60	8,06	422,68	26,10	-18,03	-	E
Mai	80,33	8,06	422,68	30,56	-22,50	-	E
Junho	19,83	8,06	422,68	7,54	0,52	0,52	D
Julho	20,51	8,06	422,68	7,80	0,26	0,78	D
Agosto	16,69	8,06	422,68	6,35	1,72	2,50	D
Setembro	74,77	8,06	422,68	28,44	-20,38	-	E
Outubro	101,57	8,06	422,68	38,64	-30,57	-	E
Novembro	149,22	8,06	422,68	56,77	-48,70	-	E
Dezembro	250,87	8,06	422,68	95,43	-87,37	-	E

Fonte: O autor.

Como mostra a tabela acima, seria necessário um reservatório de 2,50 m<sup>3</sup> para atender a demanda, porém o reservatório não pode ser menor do que o volume da demanda, neste caso o volume real do reservatório é de 8,06 m<sup>3</sup>.

#### 5.9.4.2.8 Método de simulação (Caso 3)

Para o dimensionamento do volume do reservatório utilizou a mesma demanda que o item anterior conforme Tabela 25.

Tabela 24 – Método de simulação (Caso 3)

meses	Chuva média (mm)	Demanda constante (m <sup>3</sup> )	área de captação (m <sup>2</sup> )	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	volume do reservatório fixado (m <sup>3</sup> )	Nível do res. antes (m <sup>3</sup> )	Nível do res. depois (m <sup>3</sup> )	Overflow (m <sup>3</sup> )	suprimento de água externa (m <sup>3</sup> )
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Janeiro	260,62	8,06	422,68	99,14	10,00	0,00	10,00	81,08	0,00
Fevereiro	197,70	8,06	422,68	75,21	10,00	10,00	10,00	67,15	0,00
Março	170,74	8,06	422,68	64,95	10,00	10,00	10,00	56,89	0,00
Abril	68,60	8,06	422,68	26,10	10,00	10,00	10,00	18,04	0,00
Mai	80,33	8,06	422,68	30,56	10,00	10,00	10,00	22,50	0,00
Junho	19,83	8,06	422,68	7,54	10,00	10,00	9,48	0,00	0,00
Julho	20,51	8,06	422,68	7,80	10,00	9,48	9,23	0,00	0,00
Agosto	16,69	8,06	422,68	6,35	10,00	9,23	7,51	0,00	0,00
Setembro	74,77	8,06	422,68	28,44	10,00	7,51	10,00	17,90	0,00
Outubro	101,57	8,06	422,68	38,64	10,00	10,00	10,00	30,58	0,00
Novembro	149,22	8,06	422,68	56,77	10,00	10,00	10,00	48,71	0,00
Dezembro	250,87	8,06	422,68	95,43	10,00	10,00	10,00	87,37	0,00

Fonte: O autor.

Como demonstra a tabela acima, para um reservatório adotado de 10 m<sup>3</sup>, não teria a necessidade de suprimento de água externa em nenhum dos meses.

#### 5.9.4.2.9 Método de prático australiano (Caso 3)

Para o dimensionamento do volume do reservatório utilizou a mesma demanda que o item anterior conforme Tabela 26.

Tabela 25 – Método prático australiano (Caso 3)

Meses	Chuva média (mm)	área de captação (m <sup>2</sup> )	Runoff	Interceptação (mm)	volume de chuva (m <sup>3</sup> )	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vt (m <sup>3</sup> )
Janeiro	260,62	422,68	0,8	2	87,45	8,06	79,39
Fevereiro	197,70	422,68	0,8	2	66,17	8,06	137,50
Março	170,74	422,68	0,8	2	57,06	8,06	186,50
Abril	68,60	422,68	0,8	2	22,52	8,06	200,96
Mai	80,33	422,68	0,8	2	26,49	8,06	219,39
Junho	19,83	422,68	0,8	2	6,03	8,06	217,36
Julho	20,51	422,68	0,8	2	6,26	8,06	215,56
Agosto	16,69	422,68	0,8	2	4,97	8,06	212,47
Setembro	74,77	422,68	0,8	2	24,61	8,06	229,01
Outubro	101,57	422,68	0,8	2	33,67	8,06	254,62
Novembro	149,22	422,68	0,8	2	49,78	8,06	296,34
Dezembro	250,87	422,68	0,8	2	84,15	8,06	372,43

Fonte: O autor

Através deste método para o caso 3, a confiança é de 100 %, porem percebe-se que exige um reservatório muito elevado, cerca de 372,43 m<sup>3</sup>.

#### 5.9.4.2.10 Método de Azevedo Neto

Neste método não é levado em consideração a demanda do edifício, por este motivo não será calculado o volume do reservatório como os métodos descritos acima. Para este dimensionamento usa a equação 11. Para esta formula é necessário a área de captação (A=422,68 m<sup>2</sup>), a precipitação média anual (P = 1371 mm) e o número de meses de pouca chuva, tomado como 6 meses, conforme demonstra na Figura 14, onde os meses entre abril e setembro tem baixa precipitação. Portanto, substituindo-se os valores na equação 11, obteve-se:

$$V = 0,042 \times 1371 \times 422,68 \times 6$$

$$V = 146032,55 \text{ litros}$$

$$V \cong 146,03 \text{ m}^3$$

#### 5.9.4.2.11 Método Prático Alemão

A Tabela 27 apresenta o dimensionado utilizando a equação 12. Nesta tabela está contida os volumes dos reservatórios para os Casos 1,2 e 3.

Tabela 26 – Reservatório pelo Método Prático Alemão

Caso	Área da cobertura (m <sup>2</sup> )	Precipitação Anual (mm)	Volume de chuva anual (m <sup>3</sup> )	Demanda anual (m <sup>3</sup> )	Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )
1	422,68	1371,4	463,730682	1513,68	27,8
2	422,68	1371,4	463,730682	270	16,2
3	422,68	1371,4	463,730682	96,72	5,8

Fonte: O autor

#### 5.9.4.2.12 Método Prático Inglês

Assim como no método de Azevedo Neto, neste método não é levado em consideração a demanda do edifício, neste caso não sendo necessário o dimensionamento separado para os Casos 1,2 e 3. Então para calcular o volume do reservatório usa a equação 13, onde a

precipitação a ser utilizada é a média anual.

$$V = 0,05 \times 1371,4 \times 422,68$$

$$V = 28983,16 \text{ litros}$$

$$V = 28,98 \text{ m}^3$$

### 5.9.5 Comparativo entre os métodos

No Quadro 19 é possível verificar um comparativo entre os volumes do reservatório obtido por cada método e por cada Caso.

Quadro 19 – Volumes dos Reservatórios para cada método

Casos	Volume do Reservatório (m <sup>3</sup> )					
	Rippl	Simulação	Prático Australiano	Azevedo Neto	Prático Alemão	Prático Inglês
1	-	100	-	146,03	27,8	29,0
2	46	30	199		16,2	
3	8,06	10	372		5,8	

Fonte: O autor

Percebe-se no quadro acima, que tanto para o método de Rippl como para o método Prático Australiano, no Caso 1 não é possível determinar o volume do reservatório, isto acontece devido a demanda ser maior que o volume de chuva captado.

Neste trabalho será utilizado os reservatórios calculados pelo método de Rippl, e será ignorado o Caso 1, pois mesmo que dimensionado por qualquer método o seu volume não seria suficiente para cobrir a demanda de água não potável.

A escolha por este método foi devido a atender a demanda sem a necessidade de utilizar a água da concessória e é também o método mais utilizado no Brasil.

### 5.9.5 Bombeamento

Para dimensionar a bomba hidráulica é necessário definir o tempo de funcionamento do conjunto de bomba. Neste projeto será utilizado um tempo de bombeamento de 2 horas.

Sendo então a demanda por mês de 22,50 m<sup>3</sup> para o Caso 2, isto daria 0,75 m<sup>3</sup>/dia que é igual a vazão de  $8,68 \times 10^{-6}$  m<sup>3</sup>/s.

Para 2 horas seria necessária uma vazão de 0,00010416 m<sup>3</sup>/s.

Para a determinação da tubulação de recalque é utilizada a equação 17.

$$D_r = 1,3 \times \left(\frac{2}{24}\right)^{0,25} \times \sqrt{0,00010416}$$

$$D_r = 0,0071 \text{ m}$$

O diâmetro da tubulação de recalque adotada é de 20 mm e o de sucção é de 25 mm. Para o dimensionamento da potência da bomba usa a equação 18, onde é necessária encontrar a altura manométrica da tubulação de recalque e para sucção.

As perdas de carga localizadas estão contidas no Quadro 20.

Quadro 20 – Perdas de carga localizadas

trecho	Diâmetro (mm)	L Tubo (m)	Peças de PVC	Quant.	L peças (m)	L total (m)
Sucção	25	2,0	válvula de pé de crivo	1	9,5	12,9
	25		curva 90°	1	1,2	
	25		registro de gaveta	1	0,2	
recalque	20	21,6	válvula de retenção	1	3,6	28,5
	20		registro de gaveta	1	0,1	
	20		curva 90°	2	1,1	
	20		Saída de canalização	1	0,8	

Fonte: O autor

Para as perdas de cargas na tubulação usa a equação 21.

$$H_{sucção} = 0,000865 \times \frac{0,00010416^{1,75}}{0,025^{4,75}} \times 12,90$$

$$H_{sucção} = 0,048 \text{ m}$$

$$H_{recalque} = 0,000865 \times \frac{0,00010416^{1,75}}{0,02^{4,75}} \times 28,5$$

$$H_{recalque} = 0,31 \text{ m}$$

$$H_{total} = 15,30 + 0,048 + 0,31 = 15,66 \text{ m}$$

Utilizando a equação 18 tem-se:

$$P = \frac{1000 \times 15,66 \times 0,00010416}{75 \times 0,69}$$

$$P = 0,031 \text{ cv}$$

A potência da bomba encontrada é de 0,031 CV, o que equivale a 22,80 W. Será utilizado neste trabalho bomba fotovoltaica que dispensa o uso de energia elétrica, e para atender a demanda de água de chuva a bomba escolhida é da marca SHURFLO 8000, que tem capacidade de transportar uma vazão de 1905 L/dia a uma altura de 28 m.c.a.

#### 5.9.4 Estimativa de custo para SAAP

Na Tabela 28 apresenta uma lista de materiais e serviços necessários para a implantação do SAAP para o Caso 2. Para este sistema adotou-se três reservatórios com capacidade de 10000 litros cada, estes faram a reserva da água chuva captada pela cobertura, mas antes da água de chuva escoar para eles, ela passa por um outro reservatório com capacidade de 1000 litros que fará a captação da primeira chuva do telhado, quando este estiver cheio, a água passará a escoar pela tubulação e passará por um filtro que servira para reter as impurezas e depois disso segue em direção aos reservatórios de água chuva.

Tabela 27 – Custo do Sistema de aproveitamento de água de chuva (Caso 2)

Descrição	Un.	Quantidade	PR. UNIT.	PR. TOTAL
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA E BASE DO RESERVATÓRIO</b>				
Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria profundidade até 2 m	m³	55,13	R\$ 72,04	R\$ 3.971,57
Lastro de brita 3 e 4 apiloado com soquete manual para regularização	m³	1,06	R\$ 133,75	R\$ 141,77
Concreto estrutural dosado em central, fck 20 MPa, abatimento 8±1 cm	m³	2,12	R\$ 246,35	R\$ 522,26
Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 5,00 mm, corte, dobra e montagem	kg	169,60	R\$ 10,79	R\$ 1.830,77
Reaterro e compactação manual de vala por apiloamento com soquete	m³	5,51	R\$ 73,86	R\$ 406,97
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 10000 litros	un.	3,00	R\$ 3.234,25	R\$ 9.702,76
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 1000 litros	Un.	1,00	R\$ 700,67	R\$ 700,67
Tubo de PVC soldável, água fria, 25 mm	m	25,00	R\$ 13,90	R\$ 347,50
Valvula de pé de crivo Ø 25 mm	un.	1,00	R\$ 139,00	R\$ 139,00
Registro de gaveta bruto ABNT 3/4"	un.	2,00	R\$ 28,42	R\$ 56,84
Curva 90 soldável 25 mm	un.	4,00	R\$ 5,17	R\$ 20,68
Tubo de PVC serie normal, esgoto predial, DN 100 mm	m	30,00	R\$ 35,73	R\$ 1.071,90
Curva 90 curta, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm	un.	4,00	R\$ 22,93	R\$ 91,72
Junção simples, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm-100mm	un.	3,00	R\$ 29,26	R\$ 87,78
bomba fotovoltaica	Un.	1,00	R\$ 1.090,60	R\$ 1.090,60
Filtro Volumétrico 3P Twin	Un.	1,00	R\$ 4.221,00	R\$ 4.221,00
boia de nivel Anauger Sensor Control	Un.	2,00	R\$ 32,90	R\$ 65,80
<b>TOTAL DO EMPREENDIMENTO</b>				<b>R\$ 24.469,59</b>

Fonte: (SINAPI, 2016)

Para o Caso 3 o custo do empreendimento está apresentado na Tabela 29. Neste sistema é necessário apenas um reservatório de 10000 Litros. E o processo segue o mesmo do Caso 2.

Tabela 28 – Custo do Sistema de aproveitamento de água de chuva (Caso 3)

Descrição	Un.	Quantidade	PR. UNIT.	PR. TOTAL
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA E BASE DO RESERVATÓRIO</b>				
Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria profundidade até 2 m	m³	18,37	R\$ 72,04	R\$ 1.323,37
Lastro de brita 3 e 4 apiloado com soquete manual para regularização	m³	0,35	R\$ 133,75	R\$ 46,81
Concreto estrutural dosado em central, fck 20 MPa, abatimento 8±1 cm	m³	0,70	R\$ 246,35	R\$ 172,45
Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 5,00 mm, corte, dobra e montagem	kg	56,00	R\$ 10,79	R\$ 604,50
Reaterro e compactação manual de vala por apiloamento com soquete	m³	2,00	R\$ 73,86	R\$ 147,72
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 10000 litros	un.	1,00	R\$ 3.234,25	R\$ 3.234,25
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 1000 litros	un.	1,00	R\$ 700,67	R\$ 700,67
Tubo de PVC soldável, água fria, 25 mm	m	25,00	R\$ 13,90	R\$ 347,50
Valvula de pé de crivo Ø 25 mm	un.	1,00	R\$ 139,00	R\$ 139,00
Registro de gaveta bruto ABNT 3/4"	un.	2,00	R\$ 28,42	R\$ 56,84
Curva 90 soldável 25 mm	un.	4,00	R\$ 5,17	R\$ 20,68
Tubo de PVC serie normal, esgoto predial, DN 100 mm	m	30,00	R\$ 35,73	R\$ 1.071,90
Curva 90 curta, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm	un.	4,00	R\$ 22,93	R\$ 91,72
Junção simples, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm-100mm	un.	3,00	R\$ 29,26	R\$ 87,78
bomba fotovoltaica	un.	1,00	R\$ 1.090,60	R\$ 1.090,60
Filtro Volumétrico 3P Twin	un.	1,00	R\$ 4.221,00	R\$ 4.221,00
Boia de nível Anauger Sensor Control	un.	2,00	R\$ 32,90	R\$ 65,80
<b>TOTAL DO EMPREENDIMENTO</b>				<b>R\$ 13.422,59</b>

Fonte: (SINAPI, 2016)

Percebe -se que a diferença de preço entre o Caso 2 e o Caso3 se dá basicamente pelo valor dos reservatórios.

#### 5.9.5 Simulação de tarifa da concessionara e economia gerada

A água potável do edifício será distribuída de forma unitária, ou seja, cada apartamento terá seu próprio hidrômetro, facilitando assim a cobrança pela conta de água, pois cada apartamento pagará só o que foi gasto pelos seus moradores.

Como a conta de água é dividida por apartamento, e a demanda de água potável e a

mesma para cada, se estima que os gastos também sejam os mesmos. Na Tabela 30 estão representados os gastos por mês para um apartamento de acordo com as tarifas compradas pela COPASA.

Tabela 29 – Custo da água potável por apartamento

Faixas de consumo em 1000 litros	Consumo da faixa em 1000 litros	R\$/ Mil litros Água	Valor Água R\$	R\$/ Mil litros Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$
Fixa	--	--	14,15	--	12,74	26,89
0 A 5	5	0,74	3,7	0,67	3,35	7,05
5 A 10	5	2,788	13,94	2,51	12,55	26,49
10 A 15	5	5,839	29,195	5,256	26,28	55,475
15 A 20	5	6,82	34,1	6,138	30,69	64,79
20 A 40	4	7,158	28,632	6,442	25,768	54,4
SOMA	24	23,345		21,016		<b>R\$ 235,10</b>

Fonte: O autor

De acordo com está tabela o custo por mês é de R\$ 235,10 por apartamento, isto gera um custo de R\$ 5642,40 por mês para todo o edifício.

Para calcular a economia gerada com o aproveitamento de água de chuva para a demanda do Caso 2 (22,50 m<sup>3</sup>), basta subtrair da demanda total de água do edifício e dividi-la pelo número de apartamentos. Isto gera uma demanda de 23,063 m<sup>3</sup> por mês e o custo gerado está representado na Tabela 31.

Tabela 30 – Custo da água por mês com aproveitamento da água de chuva (Caso 2)

Faixas de consumo em 1000 litros	Consumo da faixa em 1000 litros	R\$/ Mil litros Água	Valor Água R\$	R\$/ Mil litros Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$
Fixa	--	--	14,15	--	12,74	26,89
0 A 5	5	0,74	3,7	0,67	3,35	7,05
5 A 10	5	2,788	13,94	2,51	12,55	26,49
10 A 15	5	5,839	29,195	5,256	26,28	55,475
15 A 20	5	6,82	34,1	6,138	30,69	64,79
20 A 40	3	7,158	21,474	6,442	19,326	40,8
SOMA	23	23,345		21,016		<b>R\$ 221,50</b>

Fonte: O autor

Como apresentado na tabela acima o custo da água fazendo o aproveitamento de água de chuva seria de R\$ 221,50, isto gera uma economia aproximada de 5,78 % por mês. Com isto

a economia com uso de água de chuva para todo o edifício é de R\$ 326,40 por mês.

Considerando agora a demanda do Caso 3 (8,064 m<sup>3</sup>), a Tabela 32 contém o custo gerado com a utilização da água de chuva para rega de jardim e limpeza de pátios.

Tabela 31 – Custo da água por mês com aproveitamento da água de chuva (Caso 3)

<b>Faixas de consumo em 1000 litros</b>	<b>Consumo da faixa em 1000 litros</b>	<b>R\$/ Mil litros Água</b>	<b>Valor Água R\$</b>	<b>R\$/ Mil litros Esgoto</b>	<b>Valor Esgoto R\$</b>	<b>Sub Total R\$</b>
Fixa	--	--	14,15	--	12,74	26,89
0 A 5	5	0,74	3,7	0,67	3,35	7,05
5 A 10	5	2,788	13,94	2,51	12,55	26,49
10 A 15	5	5,839	29,195	5,256	26,28	55,475
15 A 20	5	6,82	34,1	6,138	30,69	64,79
20 A 40	3,66	7,158	26,19828	6,442	23,5777	49,776
<b>SOMA</b>	<b>23,66</b>	<b>23,345</b>		<b>21,016</b>		<b>R\$ 230,47</b>

Fonte: O autor

Como demonstra Tabela 32, o custo da água com aproveitamento de água de chuva para o Caso 3 é de R\$ 230,47 por mês, gerando uma economia de 1,97 % ao mês. Através deste sistema a economia gerada para toda a edificação é de R\$ 111,12 por mês.

### 5.9.6 Tempo de retorno do investimento

O tempo de investimento para os Casos 2 e 3 propostos nestes trabalhos estão apresentados na Tabela 33.

Tabela 32 – Tempo de retorno

<b>Caso</b>	<b>Custo do Sistema (R\$)</b>	<b>Economia Gerada por Ano (R\$)</b>	<b>Tempo de Retorno (anos)</b>
CASO 2	R\$ 24.469,58	R\$ 3.916,80	6,2
CASO 3	R\$ 13.422,59	R\$ 1.333,44	10,1

Fonte: O autor

O tempo de retorno para ambos os casos é menor que a vida útil da edificação, porém do ponto de vista econômico não seria viável a implantação de nenhum dos dois sistemas. Contudo os sistemas são totalmente sustentáveis e contribuem para preservação da água potável.

### 5.9.7 Projetos SAAP

No Apêndice A, contêm o projeto referente a SAAP do Caso 2, para o Caso 1 basta considerar um reservatório.

## 5.10 SISTEMA DE REÚSO

### 5.10.1 Projeto do sistema de coleta das águas cinzas

Para a realização do projeto do sistema de coleta das águas cinzas, foram seguidas as orientações contidas na NBR 8160/1999. Como ponto inicial para o projeto, foram relacionados todos os aparelhos que contribuem com águas cinzas. Com isto sabendo o tipo de aparelho e possível determinar o diâmetro nominal ( $\emptyset$ ) dos seus respectivos ramais de descarga, de acordo com o Número de Unidades Hunter (UHC), conforme Tabela 34.

Tabela 33 – UHC para os aparelhos

Aparelho	UHC	$\emptyset$ do Ramal de descarga (mm)
Lavatório de residência (LV)	1	40
Chuveiro de residência (CH)	2	40
Tanque de Lavar roupa (TLR)	3	40
Máquina de lavar roupa (MLR)	3	50

Fonte: O autor

Apresentados as contribuições dos aparelhos sanitários, podemos dimensionar as caixas sifonadas de cada cômodo de acordo com a somatória de UHC. A Tabela 35 mostra o número de UHC que chega em cada caixa e o respectivo diâmetro nominal de saída.

Tabela 34 – Dimensionamento das caixas sifonada e DN de saída

Caixa sifonada	Número de UHC	DN da Caixa (mm)	DN da Saída (mm)
Área de serviço	6	100	50
Banheiro	3	100	50
Conjunto de banheiros	6	100	50

Fonte: O autor

Na sequência foram dimensionados os ramais de esgoto, que saem das caixas sifonadas. Todos os ramais de esgoto foram dimensionados com diâmetro nominal de 50 mm, já que o limite máximo de 6 UHC não foi excedido em nenhum caso. Conforme recomendação da NBR 8160/1999, a declividade para tubos com diâmetro nominal menor ou igual a 75 mm é de 2 %.

O próxima etapa no dimensionamento do sistema de coleta das águas, é determinar o diâmetro dos tubos de queda. Para o projeto em questão foram projetadas doze tubulações, e estes serem representados pela sigla TQAC (tubo de queda de água cinza). A Tabela 36 apresenta o número de UHC que chega em cada tubo de queda e o seu respectivo diâmetro. Este calculado é realizada através da somatória de números de UHC que chega no tubo de queda e a quantidade de pavimentos, conforme Quadro 14.

Tabela 35 – Diâmetro para os tubos de queda

Tubo de queda	Número de UHC	Diâmetro nominal (mm)
TQAC1	12	50
TQAC2	12	50
TQAC3	24	50
TQAC4	24	50
TQAC5	12	50
TQAC6	12	50
TQAC7	24	50
TQAC8	24	50
TQAC9	24	50
TQAC10	24	50
TQAC11	24	50
TQAC12	24	50

Fonte: O autor

Percebe-se que o diâmetro de 50 mm atende à orientação da Norma, sendo ainda o mesmo diâmetro dos ramais de esgoto que chegam até os tubos de queda, tornando o projeto ainda mais simples.

No final dos tubos de queda, no pavimento garagem, é necessário fazer o transporte dos esgostos na horizontal, até a estação de tratamento das águas cinzas. A NBR 8160/1999 recomenda que o dimensionamento dos coletores e subcoletores seja feito considerando apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro, assim foram consideradas apenas a contribuição dos chuveiros, nos banheiros, e da máquina de lavar roupas na área de serviço. A mesma norma limita o diâmetro mínimo em 100 mm para coletores e subcoletores. O somatório de aparelhos de maior descarga em toda a edificação é de 136 UHC, que corresponde ao diâmetro nominal de 100 mm com declividade de 1%, a Norma

Para as tubulações de esgoto sanitário devem ser previstos tubos de ventilação, sendo que, para o dimensionamento dos ramais de ventilação utiliza-se o Quadro 15. A Tabela 37 apresenta o diâmetro dos tubos de acordo com o número de UHC, e para os banheiros será levado em consideração a contribuição da bacia sanitária para poder utilizar apenas uma coluna de ventilação.

Tabela 36 – Ramais de Ventilação

Local	Número de UHC	DN Ramais de ventilação (mm)
Área de serviço	6	50
Banheiro	9	50
Conjunto de banheiros	12	50

Fonte: O autor

Para as colunas de ventilação é utilizada o Quadro 16 para realizar o dimensionamento, onde depende da altura da tubulação e da somatória de UHC que contribui para cada coluna de ventilação de queda.

Estão dispostos na Tabela 38 os diâmetros das colunas de ventilação de acordo com o número de UHC de contribuição e a altura da coluna que é de aproximadamente de 13 m.

Tabela 37 – Colunas de Ventilação

Local	Número de UHC	DN Tubo de queda (mm)	DN Coluna Ventilação (mm)
Área de serviço	24	50	50
Banheiro	36	100	75
Conjunto de banheiros	48	100	75

Fonte: O autor

A conexão do tubo de ventilação com os ramais de esgoto devem ser feitas através de reduções, quando este houver redução. O projeto da coleta de águas cinzas está no Apêndice D.

### 5.10.2 Projeto do sistema de distribuição das águas cinzas tratadas

Para o projeto em questão as águas cinzas tratadas serão destinadas apenas para as bacias sanitárias. Para atender os pontos de utilização serão necessárias 8 colunas de água cinza (AC), e cada uma destas atenderam 4 bacias sanitárias com caixa acoplada.

Para o dimensionamento dos ramais é utilizado a equação 20, onde é necessário a somatória de pesos dos aparelhos sanitários. Como os ramais atende apenas uma bacia sanitária e o peso para este aparelho é de 0,3, o diâmetro adotado é de 15 mm conforme estipulado no Quadro 11.

Para o dimensionamento das colunas utiliza-se a equação 21. A somatória de pesos correspondente para 4 bacias sanitárias é de 1,2 e sua a vazão é calculada pela equação 20.

$$Q = 0,3 \times \sqrt{1,2} = 0,32 \text{ L/s}$$

Utilizando a equação 21, com  $J_{\text{máximo}} = 8\%$  tem-se:

$$0,08 = 0,000865 \cdot \frac{(0,32)^{1,75}}{D^{4,75}}$$

$$D \cong 0,019 \text{ m} \rightarrow 20 \text{ mm}$$

Recalculando  $J_{\text{real}}$ :

$$J_{\text{real}} = 0,000865 \cdot \frac{(0,32)^{1,75}}{0,020^{4,75}}$$

$$J_{\text{real}} = 0,0778 \text{ m/m}$$

O diâmetro adotado é de 20 mm para todas as AFs, devido a atender as mesmas quantidades de aparelhos.

Para os barriletes utiliza o mesmo método utilizado nas colunas. A Tabela 39 contém o dimensionamento para cada trecho do barrilete.

Tabela 38 – Dimensionamento dos barriletes

Barriletes	PESO	Q (l/s)	D (m)	Øadotado (mm)	J <sub>real</sub> (m/m)
BAR 1	9,6	0,930	0,029	30	0,073
BAR 1.1	1,2	0,329	0,020	25	0,028
BAR 1.2	1,2	0,329	0,020	25	0,028
BAR 1.3	7,2	0,805	0,028	30	0,057
BAR 1.4	1,2	0,329	0,020	25	0,028
BAR 1.5	6	0,735	0,027	30	0,049
BAR 1.6	1,2	0,329	0,020	25	0,028
BAR 1.7	4,8	0,657	0,026	30	0,040
BAR 1.8	2,4	0,465	0,023	25	0,052
BAR 1.9	2,4	0,465	0,023	25	0,052
BAR 1.10	1,2	0,329	0,020	25	0,028
BAR 1.11	1,2	0,329	0,020	25	0,028

Fonte: O autor

Após determinado os diâmetros das tubulações é necessário fazer a verificação da pressão nos pontos de utilização, e esta não deve ser menor que 5 kPa (0,5 m.c.a). As verificações das pressões estão contidas no Apêndice B.

### 5.10.3 Sistema de tratamento das águas cinzas

A água cinza coleta do edifício, será direcionada para um reservatório enterrado no pavimento garagem, este com capacidade de 3000 litros, esta água passará pelo processo de tratamento da ETAC. A água tratada será reservada em outro reservatório com capacidade de 3000 litros e em seguida será bombeada para o reservatório superior, que por fim irá distribuir para os pontos de utilização.

Segundo o fabricante a ETAC escolhida tem capacidade de tratamento de 1000 l/h, que é o suficiente para a demanda das bacias sanitárias do edifício, e este sistema ocupa uma área de 3 m<sup>2</sup> para sua instalação. O custo de operação (energia consumida e produtos designados ao

tratamento) gira em torno de R\$ 2,00 o m<sup>3</sup> de água tratada.

#### 5.10.4 Bombeamento da água cinza

A demanda para as bacias sanitárias é de 103,68 m<sup>3</sup> por mês, isto equivale a uma vazão de  $4,0 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s. Para o tempo de funcionamento da bomba em 2 horas a vazão de projeto corresponde a uma vazão de 0,00048 m<sup>3</sup>/s.

Para a determinação da tubulação de recalque é utilizada a equação 17.

$$D_r = 1,3 \times \left(\frac{2}{24}\right)^{0,25} \times \sqrt{0,00048}$$

$$D_r = 0,015 \text{ m}$$

O diâmetro da tubulação de recalque adotada é de 20 mm e o de sucção é de 25 mm. Para o dimensionamento da potência da bomba usa a equação 18, onde é necessária encontrar a altura manométrica da tubulação de recalque e para sucção.

As perdas de carga localizadas estão contidas no Quadro 21.

Quadro 21 – Perdas de cargas localizadas

trecho	Diâmetro (mm)	L Tubo (m)	Peças de PVC	Quant.	L peças (m)	L total (m)
Sucção	25	2,0	válvula de pé de crivo	1	9,5	12,9
	25		curva 90°	1	1,2	
	25		registro de gaveta	1	0,2	
recalque	20	31,6	válvula de retenção	1	3,6	39,6
	20		registro de gaveta	1	0,1	
	20		curva 90°	3	1,1	
	20		Saída de canalização	1	0,8	

Fonte: O autor

Para as perdas de cargas na tubulação usa a equação 21.

$$H_{sucção} = 0,000865 \times \frac{0,00048^{1,75}}{0,025^{4,75}} \times 12,90$$

$$H_{sucção} = 0,71 \text{ m}$$

$$H_{recalque} = 0,000865 \times \frac{0,00048^{1,75}}{0,02^{4,75}} \times 39,5$$

$$H_{sucção} = 6,25 \text{ m}$$

$$H_{total} = 15,30 + 0,71 + 6,25 = 22,26 \text{ m}$$

Utilizando a equação 18 tem-se:

$$P = \frac{1000 \times 22,26 \times 0,00048}{75 \times 0,69}$$

$$P = 0,206 \text{ CV}$$

A potência da bomba encontrada é de 0,206 CV, que corresponde à 151,51 W. Para este trabalho o bombeamento será realizado por bombas fotovoltaicas, ou seja, não necessite de energia elétrica para seu funcionamento, então para o edifício em questão a bomba escolhida é da marca Anauger Solar R100, esta bomba tem capacidade de transportar uma vazão de 3650 L/dia com altura manométrica de 20 m.c.a.

#### 5.10.5 Estimativa de custo para o sistema de reúso

A Tabela 40 contém os custos dos materiais e serviços correspondente ao sistema de reúso de água cinza.

Tabela 39 – Custo do Sistema de Reúso.

Descrição	Un.	Quantidade	PR. UNIT.	PR. TOTAL
<b>MOVIMENTAÇÃO DE TERRA E BASE DO RESERVATÓRIO</b>				
Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria	m³	13,74	R\$ 72,04	R\$ 989,83
Lastro de brita 3 e 4 apiloado com soquete manual para regularização	m³	0,38	R\$ 133,75	R\$ 50,82
Concreto estrutural dosado em central, fck 20 MPa, abatimento 8±1 cm	m³	1,14	R\$ 246,35	R\$ 280,84
Armadura de aço CA-50 para estruturas de concreto armado, Ø até 5,00 mm, corte, dobra e montagem	kg	91,23	R\$ 10,79	R\$ 984,80
Reaterro e compactação manual de vala por apiloamento com soquete	m³	4,00	R\$ 73,86	R\$ 295,44
<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS</b>				
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 3000 litros	un.	2,00	R\$ 1.629,87	R\$ 3.259,74
Reservatório d'água cilíndrico de fibra de vidro capacidade 2000 litros		1,00	R\$ 1.149,47	R\$ 1.149,47
Valvula de pé de crivo Ø 25 mm	un.	1,00	R\$ 139,00	R\$ 139,00
Registro de gaveta bruto ABNT 3/4"	un.	32,00	R\$ 28,42	R\$ 909,44
Registro de gaveta bruto ABNT Ø 50 mm (1.1/2")	un.	1,00	R\$ 60,14	R\$ 60,14
Tubo de PVC soldável, água fria, 25 mm	m	196,92	R\$ 13,90	R\$ 2.737,19
Tubo de PVC soldável, água fria, 50 mm	m	40,41	R\$ 22,23	R\$ 898,31
Adapt sold.curto c/bolsa-rosca p registro 50 mm - 1.1/2"	un.	2,00	R\$ 10,91	R\$ 21,82
Bucha de redução sold. Longa 50 mm - 25 mm	un.	4,00	R\$ 7,02	R\$ 28,08
Curva 90 soldável 25 mm	un.	50,00	R\$ 5,17	R\$ 258,50
Curva 90 soldável 50 mm	un.	3,00	R\$ 12,56	R\$ 37,68
Luva soldável 25 mm	un.	26,00	R\$ 4,16	R\$ 108,16
Tê soldável de 25 mm	un.	24,00	R\$ 7,67	R\$ 184,08
Tê soldável de 50 mm	un.	3,00	R\$ 13,16	R\$ 39,48
Tê de redução 90 soldável, 50mm - 25mm	un.	4,00	R\$ 12,94	R\$ 51,76
bomba fotovoltaica	un.	1,00	R\$ 2.575,44	R\$ 2.575,44
Filtro Volumétrico 3P Twin	un.	1,00	R\$ 4.221,00	R\$ 4.221,00
Tubo de PVC serie normal, esgoto predial, DN 100 mm	m	71,22	R\$ 35,73	R\$ 2.544,69
Tubo de PVC serie normal, esgoto predial, DN 50 mm	m	69,60	R\$ 18,98	R\$ 1.321,01
Caixa de inspeção esgoto simples 60x60 cm	un.	2,00	R\$ 59,90	R\$ 119,80
Curva 45 longa, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm	un.	4,00	R\$ 40,31	R\$ 161,24
Curva 90 curta, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm	un.	8,00	R\$ 22,93	R\$ 183,44
Junção simples, PVC serie normal, esgoto predial DN 100mm-100mm	un.	5,00	R\$ 29,26	R\$ 146,30
Estação de tratamento de água cinza	un.	1,00	R\$ 23.601,00	R\$ 23.601,00
<b>TOTAL DO EMPREENDIMENTO</b>				<b>R\$ 47.358,50</b>

Fonte: (SINAPI, 2016)

### 5.10.6 Simulação de tarifa da concessionara e economia gerada

A Tabela 41 apresenta o custo da água potável por apartamento utilizando água de reúso nas bacias sanitárias. Para estimar este custo, a demanda utilizada é o total para cada apartamento subtraindo o volume gasto pela bacia sanitária.

Tabela 40 – Custo da água com aproveitamento de água cinza

<b>Faixas de consumo em 1000 litros</b>	<b>Consumo da faixa em 1000 litros</b>	<b>R\$/ Mil litros Água</b>	<b>Valor Água R\$</b>	<b>R\$/ Mil litros Esgoto</b>	<b>Valor Esgoto R\$</b>	<b>Sub Total R\$</b>
Fixa	--	--	14,15	--	12,74	26,89
0 A 5	5	0,74	3,70	0,67	3,35	7,05
5 A 10	5	2,79	13,94	2,51	12,55	26,49
10 A 15	5	5,84	29,20	5,26	26,28	55,48
15 A 20	4,68	6,82	31,92	6,14	28,73	60,64
<b>SOMA</b>	<b>19,68</b>		<b>78,75</b>		<b>70,91</b>	<b>R\$ 176,55</b>

Fonte: O autor

Como apresentado na tabela 41 o custo por mês é de R\$ 176,55 por apartamento, com isto a economia gerada com o reúso de águas cinzas é de 24,9% por mês. Utilizando águas cinzas o edifício economizaria R\$ 1404,95 por mês.

### 5.10.7 Tempo de retorno do investimento

A tabela 42 apresenta o tempo de retorno utilizado o sistema de reúso de águas cinzas.

Tabela 41 – Tempo de retorno para reúso de águas cinzas

<b>Custo do Sistema (R\$)</b>	<b>Economia Gerada por Ano (R\$)</b>	<b>Tempo de Retorno (anos)</b>
R\$ 47.358,50	R\$ 16.859,40	2,8

Fonte: O autor

Para este sistema percebe-se que é uma alternativa bem mais viável economicamente que para os sistemas propostos de aproveitamento de água de chuva, isto se deve pelo fato do sistema de reúso não necessitar de reservar grandes volumes de água cinza, isto acontece devido ao volume de água cinza tratada ser maior que o da demanda da mesma e de forma contínua.

### 5.10.8 Projetos de Sistema de água cinza

No Apêndice B contêm os projetos referentes ao sistema de água cinza, bem como, projeto distribuição de água cinza e projeto de capitação de água cinza.

### 5.11 Sistema Misto

O sistema misto basicamente é a junção entre os sistemas anteriores apresentados, para isto serão demonstrados apenas os custos e o tempo de retorno para cada tipo de situação.

Para estimativa de custo, a Tabela 43 simula os valores com a utilização dos sistemas de água de chuva e reúso de água cinza.

Tabela 42 – Custos dos Sistemas mistos

Sistemas	Custo (R\$)
Reúso + SAAP (Caso 2)	71.818,08
Reúso + SAAP (Caso 3)	60.781,09

Fonte: O autor

Os custos apresentados na tabela acima referem-se aos materiais e serviços necessários para execução da união dos sistemas.

A tabela 44 apresenta o tempo de retorno para os sistemas mistos.

Tabela 43 – Tempo de retorno para sistemas mistos

Sistemas	Custo do Sistema (R\$)	Economia Gerada por Ano (R\$)	Tempo de Retorno (anos)
Reúso + SAAP (Caso 2)	R\$ 71.828,08	R\$ 20.776,20	3,5
Reúso + SAAP (Caso 3)	R\$ 60.781,09	R\$ 18.192,84	3,3

Fonte: O autor

Através da Tabela 44 percebe-se que a diferença do tempo de retorno entre os sistemas é bem pouco, e que qualquer um dos sistemas mistos são economicamente viáveis para a edificação em estudo.

## 6 CONCLUSÃO

O aproveitamento de água de chuva e o reúso de águas cinzas são práticas pouco utilizadas no Brasil, porém este cenário tende a mudar, pois a disponibilidade hídrica é sempre a mesma devido a ciclo hidrológico, porém a um grande crescimento populacional. Com este crescimento da população em ritmo acelerado e a demanda de água que não muda, faz com a disponibilidade hídrica por habitante diminua. Por este motivo a busca por fontes alternativas para preservar a água e de grande importância, uma vez que este recurso é tão vital para os seres vivos.

Além de contribuir para reduzir o consumo de água potável em uma residência, o sistema de aproveitamento de água de chuva também contribui para diminuir os problemas de drenagem urbana, pois este sistema armazena a água de chuva que seria lançada nas vias públicas.

O desenvolvimento desse trabalho demonstrou que as águas de chuvas e as águas cinzas podem ser utilizadas em uma residência, desde que, para fins não potáveis, onde a sua qualidade pode de ser inferior ao da água potável, e seu uso é destinado para bacias sanitárias, rega de jardim, lavagem de carros, lavagem de pisos e reserva de incêndio.

A qualidade da água de chuva está relacionada a vários fatores como, tipos materiais utilizados no telhado, descarte da primeira chuva e outros. Já qualidade das águas cinzas pode variar de acordo com o ponto de coleta, como por exemplo, o chuveiro e o lavatório. Cabe então a projetista do sistema definir os melhores métodos e materiais para garantir uma qualidade de água que não necessite de um tratamento muito rigoroso, o que tornaria o projeto inviável do ponto de vista econômico.

Como demonstrado neste trabalho a área de captação de água de chuva é pequena para atender toda a demanda de água não potável do edifício, e mesmo que se atenda, não há espaço para armazenar a água de chuva captada, com isto foram apresentadas duas hipóteses: a primeira para o aproveitamento da água de chuva para rega de jardim, limpeza de pátios e lavagem de carros e a segunda destinada para os mesmos fins que a primeira hipótese sem considerar o uso para lavagem de carros.

Através do dimensionamento dos sistemas foi possível fazer o levantamento de custo e fazer a verificação do tempo de retorno para cada situação. Para o Caso 2 o tempo de retorno encontrado foi de aproximadamente 6 anos e para o Caso 3 aproximadamente 11 anos. Percebe-se que os sistemas propostos não são viáveis do ponto de vista econômico, por outro lado contribuem para preservação da água e ajudam a controlar enchentes.

Para o sistema de reúso também foi realizado o dimensionamento dos componentes necessários para captação e distribuição da água cinza. Após todo o dimensionamento foi realizado a estimativa de custo de todos os componentes necessários do sistema, com isto percebeu-se que o tempo de retorno do investimento em relação ao custo do sistema é relativamente pequeno, aproximadamente 3 anos, isto se deve ao grande volume de água cinza que pode ser tratada por ano. E também na realização da pesquisa por sistema pré-fabricados verificou-se que nos dias atuais já existem empresas que desenvolvem sistema de reúso com capacidade de tratar as águas cinzas de forma eficiente e que atenda as normas vigentes, porém os custos destes sistemas ainda são altos, com isto podendo não ser viável para residências menores.

No caso de sistemas misto é possível perceber que o tempo de retorno do investimento é relativamente pequeno, porém para existência de dois sistemas funcionando em conjunto para o edifício em questão, necessitaria de uma área maior para sua execução.

Conclui-se que todos os sistemas deste trabalho contribuem para preservação da água potável e do meio ambiente, e que nos sistemas mistos são totalmente viáveis do ponto de vista econômico.

## REFERÊNCIAS

- ACQUANOVA. **Sistema de Reúso de Água Cinza**. 2013. Disponível em: <<http://www.acquanova.com.br/wp-content/uploads/2013/04/sistema-reuso-aguas-cinzas.jpg>>. Acesso em 05 de maio 2016.
- ANA – Agência Nacional das Águas. **Hidroweb**. 2016. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em 01 de maio 2016.
- ANAUGER. **Bombas fotovoltaicas**. 2016. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/bomba-solar.html>>. Acesso em 01 de maio 2016.
- ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Vitória, ES, 2005.
- ARSEA. **Tabelas Tarifárias da COPASA-MG**. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/component/gmg/page/262>>. Acesso em 06 de outubro 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. set.
- \_\_\_\_\_. **NBR 8160**: sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. set.
- \_\_\_\_\_. **NBR 15527**: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. out.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. dez.
- \_\_\_\_\_. **NBR 12214**: projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. abr.
- \_\_\_\_\_. **NBR 13714**: sistemas de hidrante e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. jan.
- BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento de água de chuva em edificações**. 2006. 204p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.
- CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2004. 143p. Dissertação (Mestrado) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- CARVALHO, Gabriela dos Santos. **Análise de uma proposta de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para uso em bacias sanitárias com caixa acoplada em residências unifamiliares**. 2007. 64p. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2007.
- CIPRIANO, Rodrigo Felipe Pfau. **Tratamento das águas de chuva escoadas sobre telhado**

**e avaliação do seu uso.** 2004. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2004.

**CONSUMO SUSTENTÁVEL:** Manual de educação. Brasília: Consumers international/MMA/ MEC/ IDEC, 2005. 169 p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/publicacao8.pdf>>. Acesso em 05 de maio 2016.  
COUTO, Vanessa Bacca. **Projeto de aproveitamento da água de chuva para o ginásio de esportes da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) em Joinville.** 2012. 205p. Tese (Graduação) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2012.

DINIZ, Shirley Andréia. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura:** irrigação de jardins e lavagem de pisos. 2013. 44p. Monografia (Graduação) – Faculdade Pitágoras, Betim, 2013.

DIOGO, Vitor Hugo Friedrich. **Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, no edifício sede institucional da procuradoria geral de justiça do Estado do Rio Grande do Sul.** 2013. 72p. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

EDIFICANT. **Filtro Volumétrico.** Disponível em: <<http://www.edificant.com.br/wp-content/uploads/2016/04/Filtro-de-agua.jpg>>. Acesso em 06 de outubro 2016.

FEDRIZZI, Maria Cristina. **Fornecimento de água com sistemas de bombeamento fotovoltaicos.** 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana.** 2002. 263p. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FIESP – Federação das Indústrias do estado de São Paulo. **Manual de Conservação e reúso de águas em edificações.** São Paulo: Prol editora Gráfica, 2005.

JAKES, Reginaldo Campolino. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.** 2005. 102p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MANUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício. **Reúso de água.** 1ª Edição, Barueri. Manole, 2003. p. 576.

MARTINS, Bruno de Mesquita. **Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis em Brasília – DF:** aspectos políticos e ambientais. 2013. 64p. Monografia (Graduação) Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina, 2013.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 189p. Dissertação (Mestrado) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MAY, Simone. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. 222 p. Tese (doutorado) – Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MMA. Ciclo hidrológico. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em 01 maio 2016.

NETO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Blucher, 1988.

NETO, Cícero Onofre de Andrade. Aproveitamento imediato de água de chuva. In: Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, Vol. 1, 2003. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/gesta/article/view/7106/4878>>. Acesso em 05 maio 2016.

SABESP. **Norma Técnica Sabesp, NTS 181**. 2012. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>. Acesso em 05 de maio 2016.

SACADURA, Francisco Oliveira Martins Oom. **Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios**. 2011. 153p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências e tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2011.

SELLA, Marcelino Blacene. **Reúso de Águas Cinzas: Avaliação da viabilidade da implantação do Sistema em Residências**. 2011. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SINAPI. **Custo referente a composição de setembro**. 2016. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648)>. Acesso em 15 de setembro 2016.

TOMAZ, Plínio. **Água: pague menos**. 2010. 134p. Disponível em: <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em 01 maio 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 1. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2015. 530p. <<http://pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em 01 maio 2016.

TOMAZ, Plínio. **Economia de água: para empresas e residências**. São Paulo: Navegar Editora, 2001, 112 p.

TUCCI, Carlos E.M.. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Editora da Universidade. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre, 1ª Edição, 1993.

WEIERBACHER, Leonardo. **Estudo de captação e aproveitamento de água de chuva na indústria moveleira de Alvorada – RS**. 2008. 69 p. Tese (Graduação) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

**APÊNDICE A – SAAP CASO 2**

### APÊNDICE B – Pressões nos pontos de utilização

Vaso 1 e 2 do 4º pavimento												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.93	40.00	0.74	0.80	2.30	3.10	0.0163	0.05	12.80	0.80	0.80	0.75
2-3	0.93	40.00	0.74	0.70	0.72	1.42	0.0163	0.02	12.00	0.70	1.45	1.43
3-4	0.93	40.00	0.74	4.00	1.30	5.30	0.0163	0.09	11.30	0.00	1.43	1.34
4-5	0.87	40.00	0.69	0.38	2.30	2.68	0.0145	0.04	11.30	0.00	1.34	1.30
5-6	0.33	20.00	1.05	9.84	7.60	17.44	0.0708	0.72	11.30	0.00	1.30	0.59
6-7	0.33	20.00	1.05	0.10	0.60	0.70	0.0708	0.05	11.30	0.10	0.69	0.64
7-8	0.33	20.00	1.05	0.60	0.01	0.61	0.0708	0.04	11.20	0.60	1.24	1.19
8-9	0.16	20.00	0.52	0.15	3.10	3.25	0.0212	0.07	10.60	0.00	1.19	1.12
9-10	0.16	20.00	0.52	0.40	0.60	1.00	0.0212	0.02	10.60	0.40	1.52	1.50
10-11	0.16	20.00	0.52	1.60	0.22	1.82	0.0212	0.04	10.20	1.60	3.10	3.06
11-12	0.16	20.00	0.52	0.00	2.00	2.00	0.0212	0.04	8.60	0.00	3.06	3.02

Vaso 3 e 4 do 4º pavimento												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.93	40.00	0.74	0.80	2.30	3.10	0.0163	0.05	12.80	0.80	0.80	0.75
2-3	0.93	40.00	0.74	0.70	0.72	1.42	0.0163	0.02	12.00	0.70	1.45	1.43
3-4	0.93	40.00	0.74	4.00	1.30	5.30	0.0163	0.09	11.30	0.00	1.43	1.34
4-5	0.87	40.00	0.69	0.38	2.30	2.68	0.0145	0.04	11.30	0.00	1.34	1.30
5-6	0.80	40.00	0.64	3.50	2.30	5.80	0.0126	0.07	11.30	0.00	1.30	1.23
6-7	0.73	40.00	0.58	0.41	2.30	2.71	0.0108	0.03	11.30	0.00	1.23	1.20
7-8	0.33	20.00	1.05	8.18	7.60	15.78	0.0708	0.60	11.30	0.00	1.20	0.60
8-9	0.33	20.00	1.05	0.10	0.60	0.70	0.0708	0.05	11.30	0.10	0.70	0.65
9-10	0.33	20.00	1.05	0.60	0.00	0.60	0.0708	0.04	11.20	0.60	1.25	1.21
10-11	0.16	20.00	0.52	0.15	3.10	3.25	0.0212	0.07	10.60	0.00	1.21	1.14
11-12	0.16	20.00	0.52	0.40	0.60	1.00	0.0212	0.02	10.60	0.40	1.54	1.52
12-13	0.16	20.00	0.52	1.60	0.22	1.82	0.0212	0.04	10.20	1.60	3.12	3.08
13-14	0.16	20.00	0.52	0.00	2.00	2.00	0.0212	0.04	8.60	0.00	3.08	3.04

Vaso 5 e 6 do 4º pavimento												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.93	40.00	0.74	0.80	2.30	3.10	0.0163	0.05	12.80	0.80	0.80	0.75
2-3	0.93	40.00	0.74	0.70	0.72	1.42	0.0163	0.02	12.00	0.70	1.45	1.43
3-4	0.93	40.00	0.74	4.00	1.30	5.30	0.0163	0.09	11.30	0.00	1.43	1.34
4-5	0.87	40.00	0.69	0.38	2.30	2.68	0.0145	0.04	11.30	0.00	1.34	1.30
5-6	0.80	40.00	0.64	3.50	2.30	5.80	0.0126	0.07	11.30	0.00	1.30	1.23
6-7	0.73	40.00	0.58	0.41	2.30	2.71	0.0108	0.03	11.30	0.00	1.23	1.20
7-8	0.66	40.00	0.52	7.97	2.30	10.27	0.0088	0.09	11.30	0.00	1.20	1.11
8-9	0.46	40.00	0.37	9.39	7.60	16.99	0.0048	0.08	11.30	0.00	1.11	1.03
9-10	0.33	40.00	0.26	1.51	7.60	9.11	0.0026	0.02	11.30	0.00	1.03	1.00
10-11	0.33	40.00	0.26	0.52	1.30	1.82	0.0026	0.00	11.30	0.00	1.00	1.00
11-12	0.33	20.00	1.05	0.10	0.06	0.16	0.0708	0.01	11.30	0.10	1.10	1.09
12-13	0.33	20.00	1.05	0.60	0.00	0.60	0.0708	0.04	11.20	0.60	1.69	1.65
13-14	0.16	20.00	0.52	0.11	3.10	3.21	0.0212	0.07	10.60	0.00	1.65	1.58
14-15	0.16	20.00	0.52	0.40	0.60	1.00	0.0212	0.02	10.60	0.40	1.98	1.96
15-16	0.16	20.00	0.52	1.60	0.22	1.82	0.0212	0.04	10.20	1.60	3.56	3.52
16-17	0.16	20.00	0.52	0.00	2.00	2.00	0.0212	0.04	8.60	0.00	3.52	3.48

Vaso 7 e 8 do 4º pavimento												
Trecho	Vazão (l/s)	Ø (mm)	Veloc. (m/s)	Comprimento (m)			J (m/m)	Perda (m.c.a)	Altura (m)	Desnível (m)	Pressões (m.c.a.)	
				Tubo	Equiv.	Total					Disp.	Jusante
1-2	0.93	40.00	0.74	0.80	2.30	3.10	0.0163	0.05	12.80	0.80	0.80	0.75
2-3	0.93	40.00	0.74	0.70	0.72	1.42	0.0163	0.02	12.00	0.70	1.45	1.43
3-4	0.93	40.00	0.74	4.00	1.30	5.30	0.0163	0.09	11.30	0.00	1.43	1.34
4-5	0.87	40.00	0.69	0.38	2.30	2.68	0.0145	0.04	11.30	0.00	1.34	1.30
5-6	0.80	40.00	0.64	3.50	2.30	5.80	0.0126	0.07	11.30	0.00	1.30	1.23
6-7	0.73	40.00	0.58	0.41	2.30	2.71	0.0108	0.03	11.30	0.00	1.23	1.20
7-8	0.66	40.00	0.52	7.97	2.30	10.27	0.0088	0.09	11.30	0.00	1.20	1.11
8-9	0.46	40.00	0.37	9.39	7.60	16.99	0.0048	0.08	11.30	0.00	1.11	1.03
9-10	0.33	40.00	0.26	0.53	2.30	2.83	0.0026	0.01	11.30	0.00	1.03	1.02
10-11	0.33	20.00	1.05	0.10	0.06	0.16	0.0708	0.01	11.30	0.10	1.12	1.11
11-12	0.33	20.00	1.05	0.60	0.00	0.60	0.0708	0.04	11.20	0.60	1.71	1.67
12-13	0.16	20.00	0.52	0.15	3.10	3.25	0.0212	0.07	10.60	0.00	1.67	1.60
13-14	0.16	20.00	0.52	0.40	0.60	1.00	0.0212	0.02	10.60	0.40	2.00	1.98
14-15	0.16	20.00	0.52	1.60	0.22	1.82	0.0212	0.04	10.20	1.60	3.58	3.54
15-16	0.16	20.00	0.52	0.00	2.00	2.00	0.0212	0.04	8.60	0.00	3.54	3.50

**APÊNDICE C – Projetos para reúso de água cinza**

**ANEXO A – Layout do pavimento tipo**

## ANEXO B – Série histórica de precipitações de Alfenas (mm)

	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Média Anual
1983			364,5	128	197,2	148,7	72,8	0	331,9	201,5	212,6	467	212,42
1984	193,6	135,8	90,1	173,9	95,5	0	0	21,7	109,8	30,5	156,1	265,4	106,03
1985	363,7	123,5	258,1	112,8	45,6	0	0	13,2	63,3	35,9	119,2	211	112,19
1986	250,5	200,9	129,6	66,9	155,6	0	69	66,6	35,1	30,8	80,1	415,2	125,03
1987	204,2	61,9	93,3	89,3	53,1	23,8	15,2	6	80,5	124,6	153,6	153,8	88,28
1988	116,4	310,5	118,6	86,9	90,6	38,2	0,2	0	37	143	88,9	180,2	100,88
1989	250,8	233,9	196,5	57,6	11,6	32,4	44,2	23,2	80	43,7	241,4	397,4	134,39
1990	147,5	197,8	131,7	62,8	79,4	6	28	61,3	83,7	63,8	121,4	157,5	95,08
1991	362,8	189,2	369,2	99,4	15	0	39,2	0	88,4	110,3	36,2	185,4	124,59
1992	260,1	167,9	188,3	123,9	123,4	0	49,4	8,4	140,6	253,3	140,4	202,8	138,21
1993	245,1	308,2	161,3	34,6	100	19,8	0	13,1	88,8	85	38,9	142,7	103,13
1994	305	96,6	256,6	34	126,6	16	9,1	0	0	45,2	133,4	255,3	106,48
1995	191,6	440,4	112,8	74	68,5	14,1	12,9	0	0,9	176	131,6	204,8	118,97
1996	304,9	187,5	156,4	75,4	65,3	25,1	1,6	41,5	137,2	138,4	284	395	151,03
1997	320,3	84,3	111,3	96,2	43	89,8	16,5	0	47	88,1	311,4	208,8	118,06
1998	203,1	172,6	113	64,3	78	0	0	33,6	34,6	132,8	90,2	291	101,10
1999	313	198,8	140,8	11,9	20	23,5	0,9	0	51,5	79,6	125,4	196,3	96,81
2000	391,1	208,7	161,3	35,9	13,4	0	33,9	49,7	117	79,1	157,5	188,6	119,68
2001	213,5	77,7	188	5,2	66,6	0	0	12,5	68,9	141,3	178,4	202,5	96,22
2002	169,2	250,5	65,6	20,7	95,8	0	7,7	7,6	54,9	51	231,9	331,6	107,21
2003	516,1	86,3	212,9	91,4	86,7	0	26,2	20	12,7	105	110,1	281,3	129,06
2004	314,4	503,4	99,1	58,4	156	20	34	0	30	145,1	130,4	201,2	141,00
2005	163	73,7	161,5	36,8	132,2	13,3	29,2	6,1	51,4	32	159	235,1	91,11
2006	194,3	237	217,2	6,2	8,9	5,3	2,2	16	49,2				81,81
<b>Média Mensal</b>	<b>260,617</b>	<b>197,7</b>	<b>170,738</b>	<b>68,6042</b>	<b>80,3333</b>	<b>19,8333</b>	<b>20,5083</b>	<b>16,6875</b>	<b>74,7667</b>	<b>101,565</b>	<b>149,2217</b>	<b>250,865</b>	<b>116,61</b>