

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

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**IGOR AUGUSTUS SANTOS**

**ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, do Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizado no município de Paraguaçu-MG.**

**VARGINHA  
2018**

**IGOR AUGUSTUS SANTOS**

**ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, do Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizado no município de Paraguaçu-MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso II, apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes.

**VARGINHA  
2018**

**IGOR AUGUSTUS SANTOS**

**ESTUDO DE CASO: Projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial, do Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizado no município de Paraguaçu-MG.**

Trabalho de Conclusão de Curso II, apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

---

Membro da Banca Examinadora 1

---

Membro da Banca Examinadora 2

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, aos meus familiares, professores, amigos e a todos que de alguma forma colaboraram e me apoiaram nesta grande etapa da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que é uma torre forte para mim, onde ele me proporciona saúde, capacidade e força de vontade para vencer todos os desafios. A todos meus familiares, que sempre me apoiaram em todas minhas decisões. A todos os professores, que fizeram eu me empenhar e me passaram lições que vão além das salas de aula. A minha mãe, que sempre fez o máximo para me ajudar em qualquer decisão que eu tomasse. A minha querida orientadora, professora Luana, que sem ela este trabalho não seria possível de se realizar.

## RESUMO

Os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são dispositivos com grande capacidade de amenizar inundações dos centros urbanos, de combater a falta de água e de diminuir gastos financeiros, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo principal, apresentar um projeto de captação e aproveitamento de água da chuva para a edificação religiosa da igreja Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizada no município de Paraguaçu-MG. Para elaboração do projeto fez-se necessário a realização de pesquisas para a obtenção de dados correspondentes a séries históricas de precipitação que permitiram a caracterização do regime de chuva da região. Na sequência, foram coletados valores referentes às dimensões da edificação e da sua cobertura. E também, encontrou-se as informações relacionadas ao número de pessoas que utilizam a edificação e a quantidade de água potável que é consumida todos os dias. Assim, iniciou-se os cálculos de todos os elementos do sistema, onde determinou-se a intensidade de precipitação, a área contribuinte, a vazão de projeto, a estimativa de consumo de água potável, a estimativa de demanda de água não potável, a estimativa de economia de água potável, as calhas, os condutores verticais, os condutores horizontais, o volume aproveitável de água da chuva, os reservatórios inferior e superior, o sistema elevatório e a rede de distribuição. Dessa maneira, depois de realizado todo o dimensionamento do sistema, foi possível desenvolver o levantamento do quantitativo e a estimativa de custos, onde estima-se que para a execução do projeto de aproveitamento de água pluvial para a edificação em estudo, deverão ser investidos aproximadamente R\$ 37.352,16, que será recuperado em um período de retorno de 52 anos.

**Palavras-chave:** Sistema de Captação. Água da Chuva. Edificação Religiosa.

## **ABSTRACT**

*Rainwater harvesting and utilization systems are devices with great capacity to alleviate floods in urban centers, to combat water shortages and to reduce financial expenses, as well as contribute significantly to the preservation of the environment. Thus, the present work has as main objective, to present a project of capture and use of rainwater for the religious building of the Kingdom Hall of Jehovah's Witnesses church, located in the municipality of Paraguaçu-MG. In order to prepare the project, it was necessary to conduct research to obtain data corresponding to historical series of precipitation that allowed the characterization of the region's rainfall regime. Subsequently, values were collected referring to the dimensions of the building and its coverage. Also, the information related to the number of people using the building and the amount of drinking water consumed every day was found. Thus, the calculations of all the elements of the system were started, where the precipitation intensity, the contributor area, the project flow, the estimation of drinking water consumption, the estimation of non-potable water demand, drinking water saving estimation, gutters, vertical conductors, horizontal conductors, the usable volume of rainwater, the lower and upper reservoirs, the lifting system and the distribution network. In this way, after carrying out all the system design, it was possible to develop the quantitative survey and the cost estimate, where it is estimated that for the execution of the project for the use of rainwater for the building under study, approximately R\$ 37,352.16, which will be recovered in a 52 year payback period.*

**Keywords:** *Capture System. Rain water. Religious building.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água pluvial .....	14
Figura 2 - Áreas de contribuição .....	16
Figura 3 - Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical .....	21
Figura 4 - Modelo de filtro volumétrico e o seu processo de filtração .....	23
Figura 5 - Parâmetros para a utilização do método de separação atmosférica .....	29
Figura 6 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até dezembro de 2017 .....	33
Figura 7 - Mapa de Paraguaçu-MG .....	41
Figura 8 - Edificação religiosa em estudo .....	42
Figura 9 - Caixas d'água em polietileno da Fortlev .....	55
Figura 10 - Motobombas centrífugas monoestágio residenciais e industriais da Schulz .....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de <i>run off</i> médios .....	18
Tabela 2 - Coeficiente de rugosidade .....	19
Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min) .....	20
Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min) .....	22
Tabela 5 - Frequência de manutenção .....	30
Tabela 6 - Demanda de água não potável .....	32
Tabela 7 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até dezembro de 2017 (mm) .....	33
Tabela 8 - Determinação do período de retorno .....	34
Tabela 9 - Precipitação média mensal (mm) .....	43
Tabela 10 - Consumo diário de água potável da edificação .....	45
Tabela 11 - Consumo médio histórico representativo .....	46
Tabela 12 - Estimativa de demanda de água não potável .....	48
Tabela 13 - Demanda de água não potável para o período de 01/05/2018 a 31/05/2018 .....	49
Tabela 14 - Volume aproveitável da precipitação média mensal .....	53
Tabela 15 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl .....	54
Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Azevedo Netto .....	54
Tabela 17 - Comprimento equivalente de sucção ( $\varnothing=25\text{mm}$ ) .....	57
Tabela 18 - Comprimento equivalente de recalque ( $\varnothing=20\text{mm}$ ) .....	57
Tabela 19 - Dimensionamento da rede de distribuição .....	59
Tabela 20 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Setor de captação) .....	60
Tabela 21 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Rede de distribuição) ....	61
Tabela 22 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Sistema elevatório) .....	61
Tabela 23 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Reservatório inferior) ....	62
Tabela 24 - Estimativa de custo total do sistema .....	62

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

COSAGUA - Concessionária de Saneamento Básico Ltda

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IDF - Intensidade, Duração e Frequência

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

UFV - Universidade Federal de Viçosa

UNIS-MG - Centro Universitário do Sul de Minas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
<b>3 MEMORIAL DESCRITIVO</b>	<b>14</b>
3.1 Dados do projeto	14
3.2 Utilização da água da chuva	14
3.3 Normas de referência	15
3.4 Elementos que compõem um sistema de aproveitamento de água pluvial	15
3.4.1 Área de contribuição	15
3.4.2 Vazão de projeto	17
3.4.3 <i>First Flush</i> ou descarte da primeira água	17
3.4.4 Coeficiente de <i>run off</i>	17
3.4.5 Calhas	18
3.4.6 Condutores verticais	20
3.4.7 Condutores horizontais	21
3.4.8 Filtros	22
3.4.9 Reservatórios	24
3.4.9.1 Método de Rippl	24
3.4.9.2 Método da Simulação	24
3.4.9.3 Método Azevedo Neto	25
3.4.9.4 Método Prático Alemão	25
3.4.9.5 Método Prático Inglês	26
3.4.9.6 Método Prático Australiano	26
3.4.10 Bombas	27
3.4.11 Complementação do reservatório com água potável	29
3.5 Manutenção do sistema	30
3.6 Indicador de consumo - IC	30
3.7 Estimativa de demanda de água não potável	31
3.8 Estimativa de precipitação	32
3.9 Intensidade de precipitação	34
3.10 Especificações do projeto e dos serviços	35
3.10.1 Local de estudo	35
3.10.2 Estimativa de precipitação média mensal	35
3.10.3 Definição da intensidade de precipitação	35
3.10.4 Demarcação da área de cobertura contribuinte	35
3.10.5 Definição da vazão de projeto	36
3.10.6 Estimativa de consumo de água potável	36
3.10.7 Estimativa de demanda de água não potável	36
3.10.8 Estimativa de economia de água potável	37
3.10.9 Dimensionamento das calhas	37
3.10.10 Dimensionamento dos condutores verticais	37
3.10.11 Dimensionamento dos condutores horizontais	38
3.10.12 Obtenção do volume aproveitável da precipitação média mensal	38
3.10.13 Dimensionamento dos reservatórios	38

3.10.14 Dimensionamento do sistema elevatório .....	39
3.10.15 Dimensionamento da rede de distribuição .....	40
3.10.16 Elaboração do projeto hidráulico .....	40
3.10.17 Levantamento do quantitativo e estimativa de custos .....	40
<b>4 MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Apresentação do local de estudo .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 Estimativa de precipitação média mensal .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3 Cálculo da intensidade de precipitação .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4 Cálculo da área contribuinte .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5 Cálculo da vazão de projeto .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6 Cálculo da estimativa de consumo de água potável .....</b>	<b>44</b>
<b>4.7 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável .....</b>	<b>47</b>
<b>4.8 Cálculo da estimativa de economia de água potável .....</b>	<b>48</b>
<b>4.9 Dimensionamento das calhas .....</b>	<b>50</b>
<b>4.10 Dimensionamento dos condutores verticais .....</b>	<b>51</b>
<b>4.11 Dimensionamento dos condutores horizontais .....</b>	<b>51</b>
<b>4.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal .....</b>	<b>52</b>
<b>4.13 Dimensionamento dos reservatórios .....</b>	<b>53</b>
4.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior .....	53
4.13.2 Dimensionamento do reservatório superior .....	55
<b>4.14 Dimensionamento do sistema elevatório .....</b>	<b>56</b>
<b>4.15 Dimensionamento da rede de distribuição .....</b>	<b>58</b>
<b>5 ESTIMATIVA DE CUSTO .....</b>	<b>60</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO B .....</b>	<b>69</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, pode-se notar uma enorme preocupação da sociedade, com a preservação dos recursos naturais. Assim sendo, o que mais tem se colocado em pauta é a água, devido as diversas dificuldades encontradas por toda a população pela falta dela.

A água é o recurso mais precioso que temos, porque além dela ser indispensável para a vida em nosso planeta, ela é um importante fator de produção para diversas atividades, de modo que é essencial para que haja desenvolvimento econômico e tecnológico.

Assim, há vários fatores com que se preocupar, como por exemplo, o crescimento populacional, que a cada ano aumenta de forma desordenada, resultando no aumento da utilização dos recursos naturais sem qualquer controle, onde a água é sem dúvida o elemento mais degradado.

Outro fator preocupante, é a questão da má distribuição das pessoas em função das reservas hídricas. Segundo Ghisi (2006), os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional.

Além dos fatores citados acima, o que também contribui para este cenário ruim, é o desperdício de água potável, que pode ocorrer no mau uso dos aparelhos sanitários, o vazamento nas instalações, a lavagem de calçadas e carros, e entre outros, onde todos eles contribuindo para um consumo maior deste recurso.

Diante deste cenário, pode-se notar a necessidade de se conscientizar as pessoas que o uso sustentável da água, é uma das bases para o desenvolvimento humano. Então, a preservação dos recursos hídricos em quantidade e qualidade, é de suma importância hoje e também para as futuras gerações.

Logo, é inevitável a utilização de novas técnicas de aproveitamento da água. Neste estudo, será abordado uma alternativa que tem por objetivo suprir a demanda da edificação em relação ao uso dela para fins não potáveis, que é o aproveitamento da água da chuva, onde é um recurso natural amplamente disponível na maioria das regiões do Brasil.

Dessa maneira, a água pluvial coletada, será utilizada para a descarga dos vasos sanitários e para as torneiras de jardim. Assim, através da implantação do sistema de captação e aproveitamento desse recurso hídrico, será possível reduzir o consumo de água potável da edificação, e contribuir para minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos e preservar o meio ambiente, reduzindo assim a escassez desse elemento importante.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem por objetivo apresentar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, no Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, no município de Paraguaçu-MG.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

Caracterizar o local de estudo;

Averiguar o volume de chuva da região;

Averiguar a vazão de projeto da cobertura;

Estimar a demanda de água potável e não potável;

Estimar a economia de água potável;

Dimensionar os componentes do sistema;

Elaborar o projeto hidráulico de aproveitamento de água pluvial;

Elaborar o memorial descritivo e de cálculo;

Estimar os custos;

Estimar o tempo de retorno do investimento.

### 3 MEMORIAL DESCRITIVO

#### 3.1 Dados do projeto

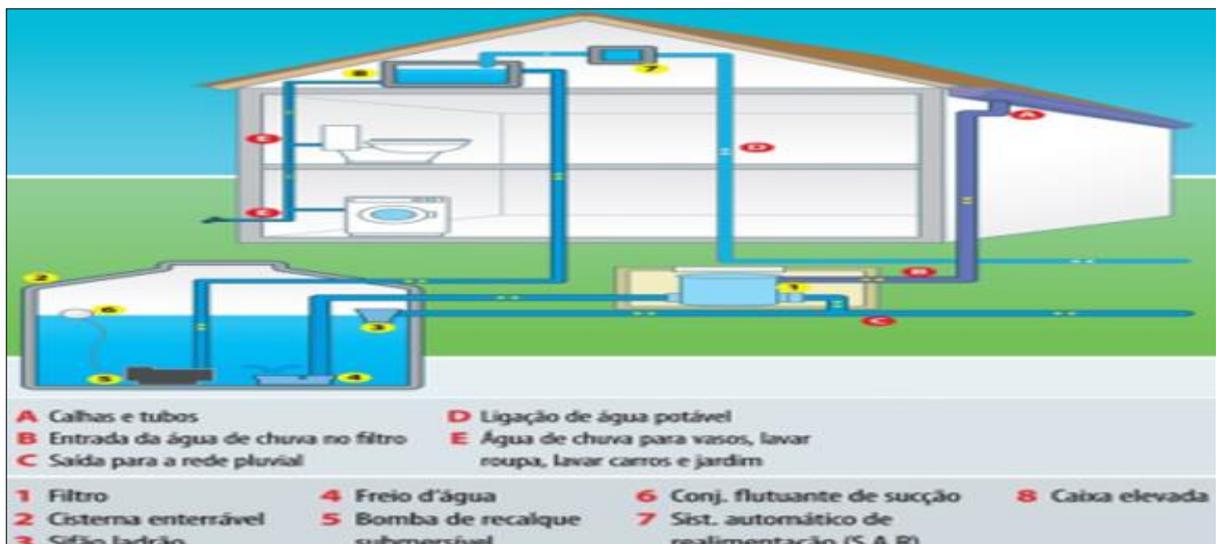
- Empreendimento: Sistema de aproveitamento de água da chuva;
- Destinação: Edificação religiosa;
- Endereço: Rua Djanira Costa Moraes, 155, Loteamento Dom Bosco, Paraguaçu-MG;
- Número de Pavimentos: Um pavimento;
- Pontos de Água Não Potável: Quatro pontos de água não potável (Duas bacias sanitárias e duas torneiras de jardim);
- Área do Terreno: 319,20 m<sup>2</sup> e Área da Construção: 144,50 m<sup>2</sup>.

#### 3.2 Utilização da água da chuva

A utilização do sistema de aproveitamento de água da chuva para o consumo não potável, está cada vez mais sendo aplicado ao redor do mundo, onde isso acontece para diversos fins, como o industrial, residencial e agrícola, sendo considerado um meio simples e eficaz para se atenuar o problema de escassez de água e das inundações urbanas.

Assim sendo, a NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que ao receber o tratamento adequado, a água pluvial pode ser utilizada para fins não potáveis, como por exemplo, para as descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, irrigação de gramados e plantas, e lavagem de calçadas e pátios. A figura 1 abaixo, demonstra de maneira inteligível, como funciona o processo de captação e aproveitamento de água da chuva.

Figura 1 - Sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: Casa da Sustentabilidade (2016).

### **3.3 Normas de referência**

A NBR 15527 (ABNT, 2007) que fala sobre o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbana para fins não potáveis, é uma das principais normas que se utiliza para a elaboração de projetos de sistema de aproveitamento de água pluvial para centros urbanos. Assim como já descrito anteriormente, ela diz que a água de chuva após receber um tratamento adequado, pode ser usada para fins não potáveis, como, por exemplo, para a lavagem de veículos, para a irrigação de gramados e plantas, para a descarga em bacias sanitárias, para a lavagem de calçadas e pátios, e para setores industriais.

Então, para que possa se obter uma maior precisão na construção desse projeto, é necessário que se utilize não só todos os parâmetros que a NBR 15527 (ABNT, 2007) fornece, mas sim todas as outras normas que ela indica para o desenvolvimento de todos os elementos que compõe este tipo de sistema.

Assim sendo, as outras normas que a compõe, são as seguintes: a NBR 5626 (ABNT, 1998) é relacionada a instalação predial de água fria; a NBR 10844 (ABNT, 1989) é relacionada a instalações prediais de águas pluviais; a NBR 12213 (ABNT, 1992) é relacionada a projeto de captação de água de superfície para abastecimento público; a NBR 12214 (ABNT, 1992) é relacionada a projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público; e a NBR 12217 (ABNT, 1994) é relacionada a projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

### **3.4 Elementos que compõem um sistema de aproveitamento de água pluvial**

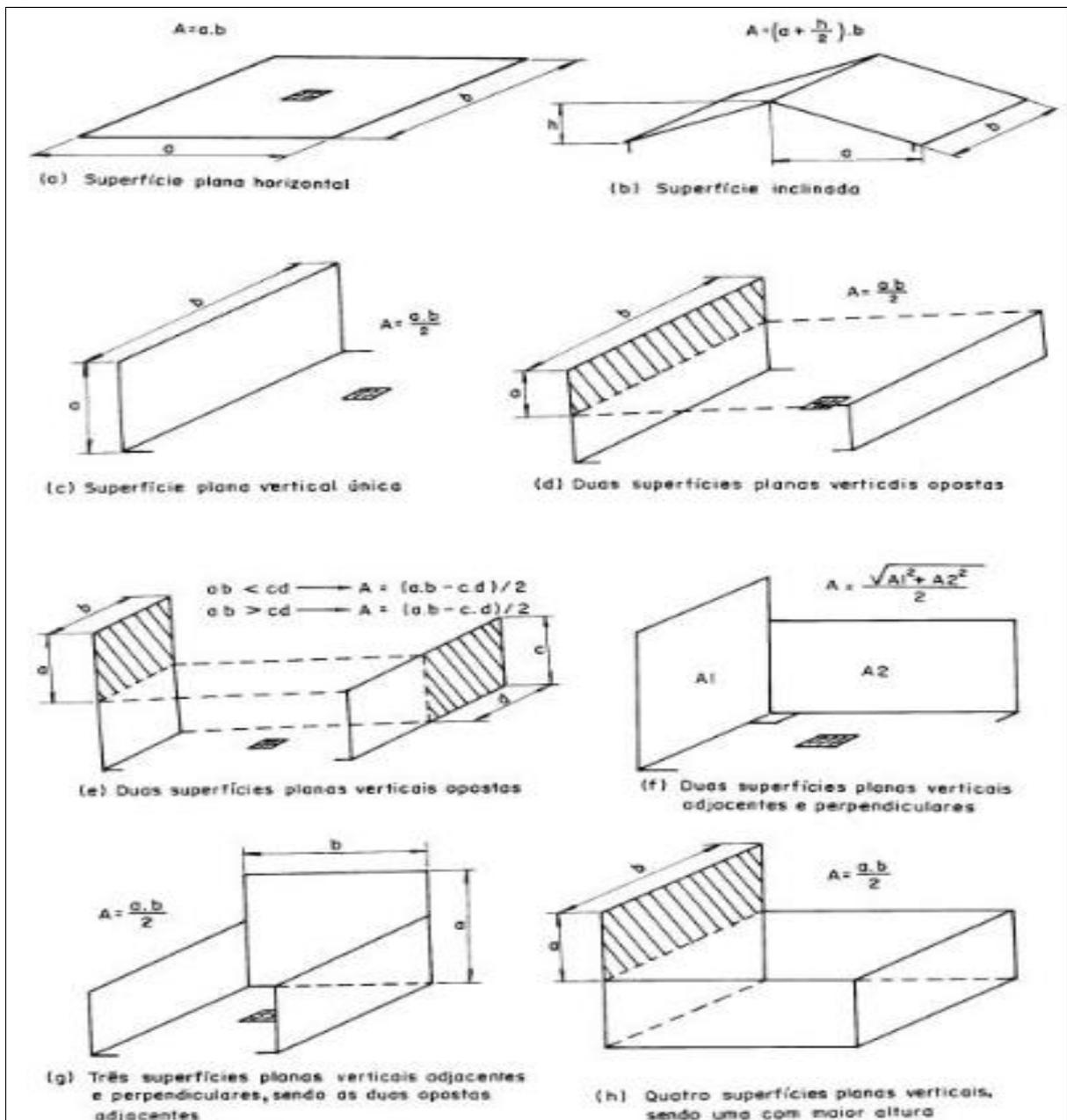
Os elementos que compõe um sistema de aproveitamento de água da chuva têm como função principal, o funcionamento eficaz do processo de captação, filtração, armazenagem e distribuição da água obtida através das precipitações. Dessa forma, será descrito a seguir os itens que constituem este sistema e o seus métodos de dimensionamento.

#### **3.4.1 Área de contribuição**

O cálculo da área de contribuição pode ser realizado conforme a NBR 10844 (ABNT,1989), onde relata que deve ser considerado os incrementos referentes à inclinação da cobertura e as paredes que retêm água pluvial que também pode ser drenada pela cobertura. Esta norma, diz que a área de contribuição nada mais é, que a “soma das superfícies que,

interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação”. Desse jeito, a norma descreve algumas fórmulas para encontrar essa área, como demonstra a figura 2 abaixo.

Figura 2 - Áreas de contribuição.



Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Dessa maneira, como já descrito anteriormente e averiguado na figura 2, para efeito de cálculo da área de contribuição, as áreas de paredes que contornam a cobertura não devem ser consideradas, pois a NBR 15527 (ABNT, 2007), define como área de captação apenas a área projetada paralelamente à superfície impermeável da cobertura.

### 3.4.2 Vazão de projeto

Quando ocorre as precipitações, a água pluvial é captada pelo telhado e imediatamente conduzida para as calhas e os condutores. Deste modo, a NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que a vazão de projeto é a vazão de referência para se dimensionar calhas e condutores. E de acordo com essa norma, a vazão pode ser encontrada pela seguinte fórmula:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

Onde:

$Q$  - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

$I$  - é a intensidade pluviométrica, devendo ser expressa em milímetros por hora (mm/h);

$A$  - é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

### 3.4.3 *First flush* ou descarte da primeira água

A grande parte de toda a sujeira contida no telhado é movida juntamente com a primeira água da chuva. Sendo assim, quando se implanta o sistema *first flush*, toda a água contaminada nos primeiros minutos de chuva será descartada através de uma derivação auto-limpante. E ainda que sendo poucas as pesquisas sobre o first flush em superfícies impermeáveis como as avenidas e ruas, essas ainda são maiores do que as averiguações desenvolvidas para as coberturas de sistemas de captação e aproveitamento de água pluvial (TOMAZ, 2003).

Por conseguinte, como descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007), ela não requer o uso do *first flush* e nem estabelece parâmetros para a sua determinação, ficando assim sobre o critério do projetista de utilizar ou não este sistema. A norma apenas recomenda que na ausência de dados para o dimensionamento, pode-se adotar um descarte de 2mm ou 2L/m<sup>2</sup>.

### 3.4.4 Coeficiente de *run off*

O coeficiente de *run off*, estabelece a relação entre todo o volume de escoamento superficial e todo o volume precipitado, havendo variação com o determinado tipo de superfície, conforme está descrito na NBR 15527 (ABNT, 2007).

Desse modo, em concordância com a norma descrita anteriormente, para se realizarem os cálculos desse coeficiente, é necessário salientar que o volume de água pluvial que pode ser

empregado é diferente do volume de água obtido através da precipitação, pois acontecem perdas desse volume por evaporação, limpeza do telhado, processos de autolimpeza, entre outros (TOMAZ, 2003).

Então, para os variados tipos de materiais que usualmente encontra-se na cobertura das edificações, pode-se adotar o seguinte coeficiente de *run off* apresentado na tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Coeficientes de *run off* médios.

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de <i>run off</i></b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2003).

Por conseguinte, mesmo depois de apresentar a tabela acima com os coeficientes de acordo com o material, o autor afirma que o valor mais adequado para se adotar no cálculo, é  $C=0,95$ . Assim, para encontrar o volume aproveitável de água da chuva utilizando o coeficiente de *run off*, pode-se usar a seguinte fórmula:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (2)$$

Onde:

$V$  - é o volume da água pluvial aproveitável em litros (L);

$P$  - é a precipitação média anual, devendo ser expressa em milímetros (mm);

$A$  - é a área do telhado em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$C$  - é o coeficiente de *run off* do telhado (adimensional);

$\eta$  - é o rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema.

### 3.4.5 Calhas

As calhas são elementos que recolhem e conduzem toda a água de coberturas, terraços e similares, para um determinado ponto. E existe três modelos diferente desse item, onde tem a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda, de acordo com o que a NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca.

A norma citada acima, estabelece que as calhas de beiral e platibanda devem ter inclinação mínima de 0,5% e que devem ser posicionadas centralmente sob a extremidade da cobertura. Já as calhas de água furtada, devem estar sempre com inclinação paralela à inclinação da cobertura.

E para efeito de dimensionamento, esta norma indica que para o cálculo das calhas, deve-se utilizar a fórmula de Manning-Strickler juntamente com a do raio hidráulico, como pode-se ver a seguir:

$$Q = K \times \frac{S}{n} \times Rh^{2/3} \times I^{1/2} \quad (3)$$

$$Rh = \frac{S}{P} \quad (4)$$

Onde:

$Q$  - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

$S$  - é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$n$  - é o coeficiente de rugosidade (tabela 2);

$Rh$  - é o raio hidráulico, devendo ser expresso em metros (m);

$P$  - é o perímetro molhado, devendo ser expresso em metros (m);

$I$  - é a declividade da calha, devendo ser expressa em metros (m/m);

$K$  - valor igual a 60.000.

Para a aplicação da equação 3, é necessário adotar um valor para o coeficiente de rugosidade de acordo com o material que será empregado, conforme a tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Coeficiente 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 da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Desse jeito, a tabela 3 a seguir, usa o coeficiente de rugosidade de 0,011 para definir a capacidade de calhas semicirculares com relação a sua inclinação, onde todos os valores foram obtidos pela fórmula de Manning-Strickler descrita anteriormente.

Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).

<b>Coeficientes de rugosidade n = 0,011</b>			
<b>Diâmetro Interno (mm)</b>	<b>Declividades</b>		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1634

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

Então, para que se tenha um bom funcionamento do sistema de calhas, devem ser instalados grades e telas para a remoção dos detritos, onde esses itens a serem colocados tem a obrigação de atender a NBR 12213 (ABNT, 1992).

#### 3.4.6 Condutores verticais

Os condutores verticais ou tubulações verticais, podem ser definidos como os elementos que tem a função principal de receber a água pluvial captada pelas calhas, coberturas e terraços e conduzir para a parte inferior da edificação ou para as tubulações horizontais, de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989).

A norma citada acima, estabelece que esses condutores não podem possuir um diâmetro menor do que 75mm, e que devem ser instalados sempre que possível com apenas uma prumada, e se for necessário alterar a direção dessa tubulação, pode-se empregar curvas de raio longo de 45 graus ou 90 graus.

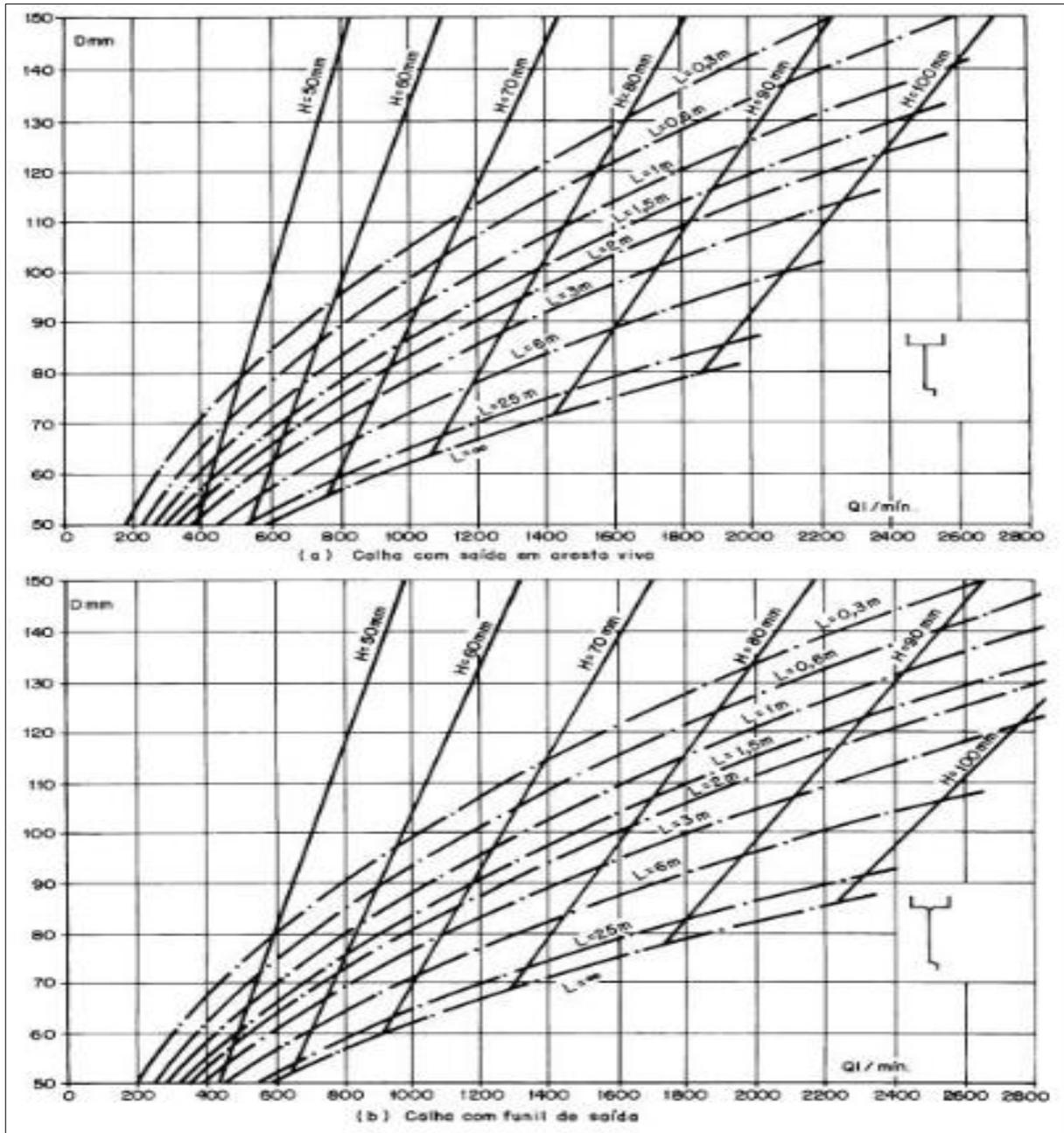
Assim, para que se possa fazer o correto dimensionamento das tubulações verticais, a NBR 10844 (ABNT, 1989) indica que deve se obter os dados abaixo, para que eles sirvam de parâmetros para se empregar nos ábacos que podem ser observados na sequência, e finalmente encontrar o resultado desejado.

Q - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

H - é a altura da lâmina de água na calha, devendo ser expressa em milímetros (mm);

L - é o comprimento do condutor vertical, devendo ser expresso em metros (m).

Figura 3 - Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical.



Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

### 3.4.7 Condutores horizontais

Os condutores horizontais ou as tubulações horizontais, tem como atividade principal de receber a água da chuva e conduzir para lugares permitidos por dispositivos legais, conforme diz a NBR 10844 (ABNT, 1989). Esta norma, estabelece que para efeito de projeto, essas tubulações devem manter uma inclinação contínua e com valor de no mínimo de 0,5%. E para

o dimensionamento desses condutores, deve ser considerado um escoamento com lâmina de água de altura equivalente a 2/3 do diâmetro interno do tubo.

A NBR 10844 (ABNT, 1989) também determina que para as tubulações aparentes devem ser realizadas inspeções sempre que tiver conexões com outras tubulações, quando houver mudanças de inclinação ou sentido, ou a cada seguimento de 20 metros nos trajetos retilíneos. Já para as tubulações enterradas deve-se antever a implantação de caixas de areia sempre que possuir conexões com outras tubulações, mudanças de inclinação, mudanças de sentido e, também, a cada sequência de 20 metros de tubulações.

Notadamente, a NBR 15527 (ABNT, 2007) estabelece que em sistemas de coleta de água pluvial não podem ser empregadas as caixas de areia nessas tubulações, mas sim as caixas de inspeção.

Assim, na tabela 4 abaixo, pode-se observar a capacidade de vazão dos condutores horizontais de seção circular, onde essas vazões foram encontradas através da fórmula de Manning-Strickler, e com altura de lâmina de água referente à 2/3 do diâmetro interno.

Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min).

<b>Diâmetro (D) (mm)</b>	<b>n = 0,011</b>				<b>n = 0,012</b>				<b>n = 0,013</b>			
	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%	0,50%	1%	2%	4%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT, 1989).

#### 3.4.8 Filtros

Os filtros são elementos colocados normalmente na tubulação que antecede ao reservatório, com a função principal de retirar da água a maior quantidade possível de sedimentos e detritos de pequeno porte, provenientes da água da chuva, proporcionando assim uma água com melhor qualidade e com um menor índice de microrganismos e algas (RODRIGUES, 2010).

De acordo com Tomaz (2003), ele diz que entre todos os tipos de filtro que é possível encontrar no mercado, o melhor para se utilizar que possui um elevado grau de eficiência, é o filtro volumétrico, pois independentemente da quantidade de água que passa por ele, o filtro elimina constantemente os detritos. Então, o autor destaca que este tipo volumétrico, contém peneiras que praticam uma limpeza automática, mas, geram perdas de aproximadamente de 20% a 55%, por causa do processo de filtragem e descarte dos detritos.

Na sequência, pode-se observar a figura 4, que mostra um modelo de filtro volumétrico e como acontece os processos de filtragem.

Figura 4 - Modelo de filtro volumétrico e o seu processo de filtragem.



Fonte: Adaptado do catálogo da Aquesol (2018).

### 3.4.9 Reservatórios

Os reservatórios de água pluvial, segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007), no seu dimensionamento poderá se utilizar seis métodos diferentes, onde ficará a cargo do projetista a definição de qual o melhor método para empregar ao tipo de projeto que está sendo realizado. Sendo assim, todos esses métodos serão demonstrados abaixo.

#### 3.4.9.1 Método de Rippl

No método de Rippl, o dimensionamento pode ser realizado utilizando séries históricas, mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (5)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (6)$$

$$V = \sum S_{(t)} \text{ Somente Para Valores } S_{(t)} > 0 \quad (7)$$

Onde:

$S_{(t)}$  - é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$Q_{(t)}$  - é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  - é a demanda ou consumo em um certo espaço de tempo;

$V$  - é o volume necessário para o reservatório;

$C$  - é o coeficiente de escoamento superficial.

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

De acordo com Tomaz (2003), por causa da sua simplicidade e facilidade de aplicação, o método de Rippl se tornou o mais usual. Geralmente, ele demonstra o valor máximo do volume do reservatório, se tornando de importante utilização para que se tenha uma referência do volume limite.

#### 3.4.9.2 Método da Simulação

No método da Simulação, não se deve considerar a evaporação da água. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (8)$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{Precipitação da Chuva}_{(t)} \times \text{Área de Captação} \quad (9)$$

Onde:

$S_{(t)}$  - é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo;

$S_{(t-1)}$  - é o volume de água no reservatório em um certo espaço de tempo, menos 1;

$Q_{(t)}$  - é o volume de chuva utilizável em um certo espaço de tempo;

$D_{(t)}$  - é o consumo ou demanda em um certo espaço de tempo;

$V$  - é o volume do reservatório definido;

$C$  - é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *run off*.

#### 3.4.9.3 Método Azevedo Netto

Neste método, o volume de chuva é encontrado utilizando a seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

Onde:

$P$  - é o valor da precipitação média anual, devendo ser expresso em milímetros (mm);

$T$  - é a quantidade de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V$  - é o volume de água aproveitável e do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.4.9.4 Método Prático Alemão

O método Prático Alemão, é do tipo empírico, onde se considera o menor valor do volume do reservatório. Assim, é empregado 6% do volume anual de consumo ou do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín}(V; D) \times 0,06 \quad (11)$$

Onde:

$V$  - é volume anual aproveitável de água de chuva, devendo ser expresso em litros (L);

$D$  - é a demanda anual da água não potável, devendo ser expresso em litros (L);

$V_{adotado}$  - é o volume de água do reservatório, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.4.9.5 Método Prático Inglês

No método Prático Inglês, o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (12)$$

Onde:

$P$  - é o valor da precipitação média anual, devendo ser expresso em milímetros (mm);

$A$  - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$V$  - é o volume de água utilizável e de água da cisterna, devendo ser expresso em litros (L).

#### 3.4.9.6 Método Prático Australiano

Para este método, o volume de chuva pode ser encontrado utilizando a seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad (13)$$

Onde:

$C$  - é o coeficiente de escoamento superficial, sendo usualmente 0,8;

$P$  - é a precipitação média mensal, devendo ser expressa em (mm);

$I$  - é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, sendo usualmente 2 mm;

$A$  - é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

$Q$  - é o volume mensal gerado pela chuva.

Na sequência, é necessário realizar o cálculo do volume do reservatório, onde este deve ser desenvolvido por meio de tentativas, até que sejam empregados valores obtidos de confiança.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - V_t \quad (14)$$

Onde:

$Q_t$  - é o volume mensal gerado pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t$  - é o volume de água encontrado no tanque no final do mês  $t$ ;

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

$D_t$  - é a demanda mensal;

Nota: Para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

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

O volume do tanque designando será  $T$ .

Determinação do valor de falha para se encontrar o valor de confiança:

$$P_r = N_r / N \quad (15)$$

Onde:

$P_r$  - é a falha;

$N_r$  - é a quantidade de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) \quad (16)$$

É aconselhado, que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

#### 3.4.10 Bombas

As bombas são elementos mecânicos que transmitem energia necessária a água, para que esta se eleve de um ponto ao outro no interior de uma tubulação. E em grande parte dos casos, as bombas usadas para o transporte de água são as centrífugas ativadas por motores elétricos, e elas podem ser fabricadas de variados modelos (Netto, 1998).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que deve-se considerar todas recomendações referentes as tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba, e também, quando se trata de bombeamento, deverá atender as especificações da NBR 12214 (ABNT, 1992).

Desse modo, para que seja calculado todo o conjunto elevatório, o autor Netto (1998) indica as seguintes fórmulas:

Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse:

$$\varnothing_{recalque} = k \times \sqrt{Q} \quad (17)$$

Determinação do diâmetro de recalque com relação as horas de funcionamento do conjunto motor-bomba, conforme a NBR 5626 (ABNT, 1998):

$$\varnothing_{recalque\ ABNT} = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q} \quad (18)$$

Determinação da perda de carga com relação ao comprimento da tubulação e perdas localizadas, conforme Hazen-Williams:

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times L \quad (19)$$

Determinação da potência do conjunto motor-bomba:

$$Hman = Hg + \sum Hf \quad (20)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hman}{75 \times \mu} \quad (21)$$

Sendo:

*K*- Coeficiente = 1,2;

*Q*- Vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s);

*X*- Relação entre horas de funcionamento diário e 24 h;

*Hf*- Perda de carga, devendo ser expressa em metros (m);

*C*- Coeficiente Hazen-Williams;

*D*- Diâmetro das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

*L*- Comprimento das tubulações, devendo ser expresso em metros (m);

*Hman*- Altura manométrica, devendo ser expressa em metros (m);

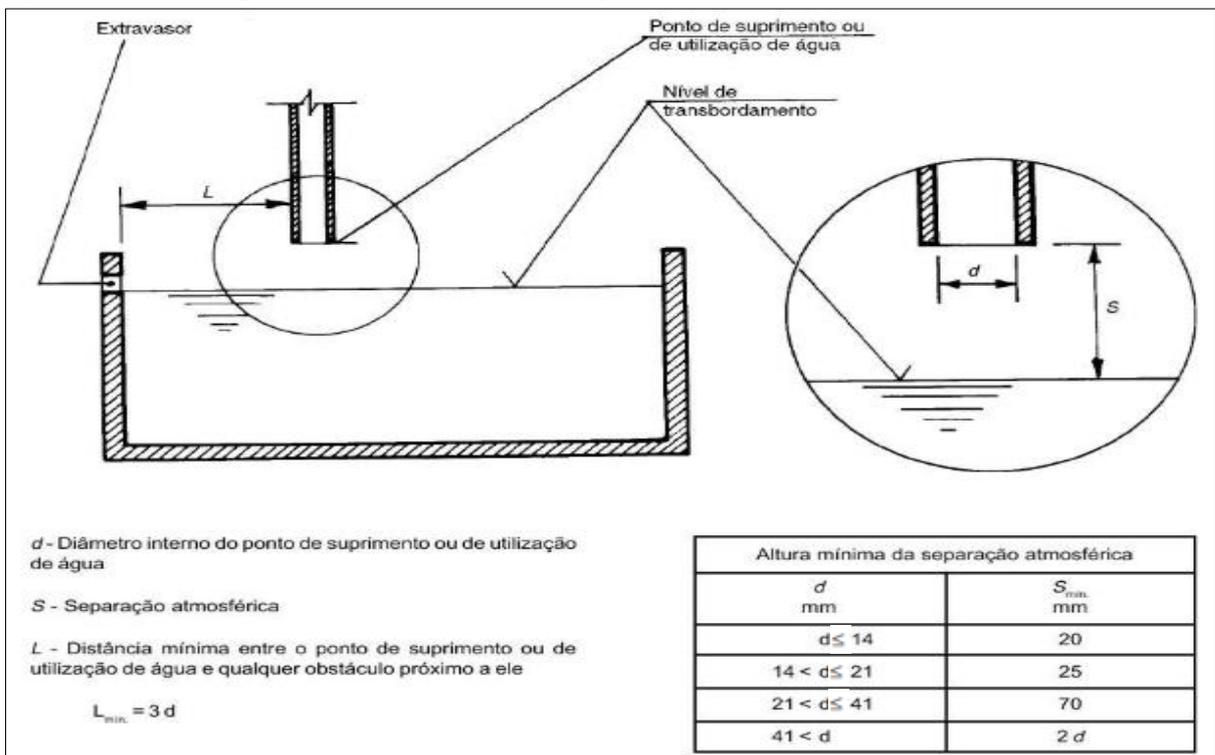
- $H_g$  - Altura geométrica, devendo ser expressa em metros (m);  
 $P$  - Potência da bomba, devendo ser expressa em cavalos (cv);  
 $\gamma$  - Peso específico da água;  
 $\mu$  - Rendimento do conjunto motor-bomba.

### 3.4.11 Complementação do reservatório com água potável

Quando acontecer os períodos de estiagem, pode ser que a água armazenada no reservatório de água pluvial, não seja suficiente para suprir a demanda da edificação. Dessa forma, prevendo essa situação que pode ocorrer, o sistema deverá ser completado com água concedida pela rede de abastecimento, através de uma interligação entre os sistemas de água potável e não potável.

Para se executar a interligação que foi citada anteriormente, é necessário tomar algumas medidas para se evitar a contaminação da água potável, em concordância com a NBR 5626 (ABNT, 1998). Esta norma, indica o método de separação atmosférica e o determina como uma separação física existente entre o ponto de suprimento e o nível de transbordamento do reservatório, e também, estabelece parâmetros para o posicionamento do ponto de suprimento com relação ao reservatório, como demonstra a figura 5 a seguir.

Figura 5 - Parâmetros para a utilização do método de separação atmosférica.



Fonte: Adaptado da NBR 5626 (ABNT, 1998).

### 3.5 Manutenção do sistema

As manutenções no sistema, devem ser realizadas em todos os itens que constituem o processo de aproveitamento de água pluvial, para que eles trabalhem junto de modo seguro e eficaz, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007). Esta norma, também define que esses elementos devem ser inspecionados de forma periódica, com variação de acordo com o componente, como demonstra a tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Frequência de manutenção.

<b>Componente</b>	<b>Frequência de manutenção</b>
Dispositivo 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
Reservatórios	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR 15527 (ABNT, 2007).

As verificações no processo de aproveitamento de água da chuva, podem ser realizadas pelas próprias pessoas que o utilizam, mas quando se fala de manutenções no setor de tratamento e bombeamento, essas devem ser feitas por profissionais capacitados da área (RODRIGUES, 2010).

Quando for executar inspeção na área de captação e houver a necessidade de utilização de produtos que podem prejudicar a saúde, o sistema deve ser desligado, de modo que não aconteça qualquer tipo de contaminação da água pluvial contida no reservatório, conforme salienta a NBR 15527 (ABNT, 2007).

### 3.6 Indicador de consumo – IC

O indicador de consumo, nada mais é do que a relação entre a quantidade de água consumida em um determinado intervalo de tempo com o número de consumidores encontrados neste mesmo período, segundo a definição de Oliveira e Gonçalves (1999). E por meio dessa

associação, é possível obter o valor que demonstra a quantidade de água que pode ser consumida por cada pessoa nos variados modelos de edificações.

Assim, o dimensionamento deste indicador de consumo, poderá ser realizado pela seguinte fórmula, de acordo com Oliveira e Cardoso (2002).

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (22)$$

Dessa forma, para que se tenha uma maior precisão no seu dimensionamento, deve-se estabelecer uma média aritmética e um desvio padrão do consumo dos três últimos meses anotados pela conta de água da edificação, mas isso quando o consumo não for sazonal, em concordância com o Manual de Conservação e Reuso da Água em Edificações (FIESP, 2005).

Então, de acordo com o manual citado acima, se os três valores estiverem dentro do intervalo obtido pela média mais ou menos o desvio padrão, o valor encontrado pela média será o consumo médio histórico representativo e poderá ser aplicado na fórmula do indicador de consumo, como a quantidade de água consumida no período.

Mas, em contrapartida, se um dos valores descritos anteriormente fica fora do intervalo demonstrado, tem que calcular novamente a média e o desvio padrão levando em consideração o consumo dos últimos meses computados pela conta de água do local, e em seguida, deve-se retirar os valores de consumo que estiverem fora do intervalo encontrado pela média mais ou menos duas vezes o desvio padrão, autorizando que se calcule uma nova média usando apenas os valores contidos no intervalo demonstrado, sendo este o valor do consumo histórico representativo.

### **3.7 Estimativa de demanda de água não potável**

No Brasil, em concordância com Tomaz (2003), ainda não existem pesquisas suficientes para o desenvolvimento de parâmetros precisos de engenharia, em que se consiga prever o consumo de água em determinadas edificações, e conseqüentemente, utilizar esses dados para os cálculos. Então, o autor fornece alguns dados estimados que podem ser empregados no dimensionamento, conforme pode-se notar na tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Demanda de água não potável.

<b>Demanda</b>	<b>Unidade</b>	<b>Faixa</b>
<b>Uso Interno</b>		
Vaso Sanitário - Volume	L/descarga	6 a 15
Vaso Sanitário - Frequência	Descarga/hab/dia	1 a 6
Lavagem de Roupas - Volume	L/ciclo	108 a 189
Lavagem de Roupas - Frequência	Carga/hab/dia	0,2 a 0,37
<b>Uso Externo</b>		
Gramado ou Jardim - Volume	L/dia/m <sup>2</sup>	2
Gramado ou Jardim - Frequência	Lavagem/mês	1 a 12
Lavagem de Carro - Volume	L/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de Carro - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de Área Impermeável - Volume	L/lavagem/área	80 a 150
Lavagem de Área Impermeável - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Manutenção de Piscinas	L/dia/m <sup>2</sup>	3

Fonte: Adaptado de Tomaz (2003).

### 3.8 Estimativa de precipitação

Para que seja realizado o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva, é fundamental fazer pesquisas capazes de fornecer dados históricos referentes a precipitação do local em estudo.

Desse modo, as instituições como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a Agência Nacional de Águas (ANA), através de estações meteorológicas, realizam medições relacionadas a diversos fenômenos naturais que atuam em determinada região. Assim, são capazes de fornecer dados de precipitação anual, mensal, diária e até mesmo horária.

Em concordância com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), uma estação meteorológica de superfície automática é constituída por uma unidade de memória central, conectada a vários sensores que coletam a cada minuto e disponibilizam a cada hora, informações meteorológicas relacionadas a direção e velocidade dos ventos, pressão atmosférica, umidade, temperatura, precipitação e radiação solar.

Na sequência, pode-se notar a tabela 7 que apresenta dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes a precipitações mensais registradas na cidade

de Varginha-MG, de janeiro de 2008 até dezembro de 2017, possibilitando estimar um valor médio referente ao quanto pode ser precipitado em cada mês do ano.

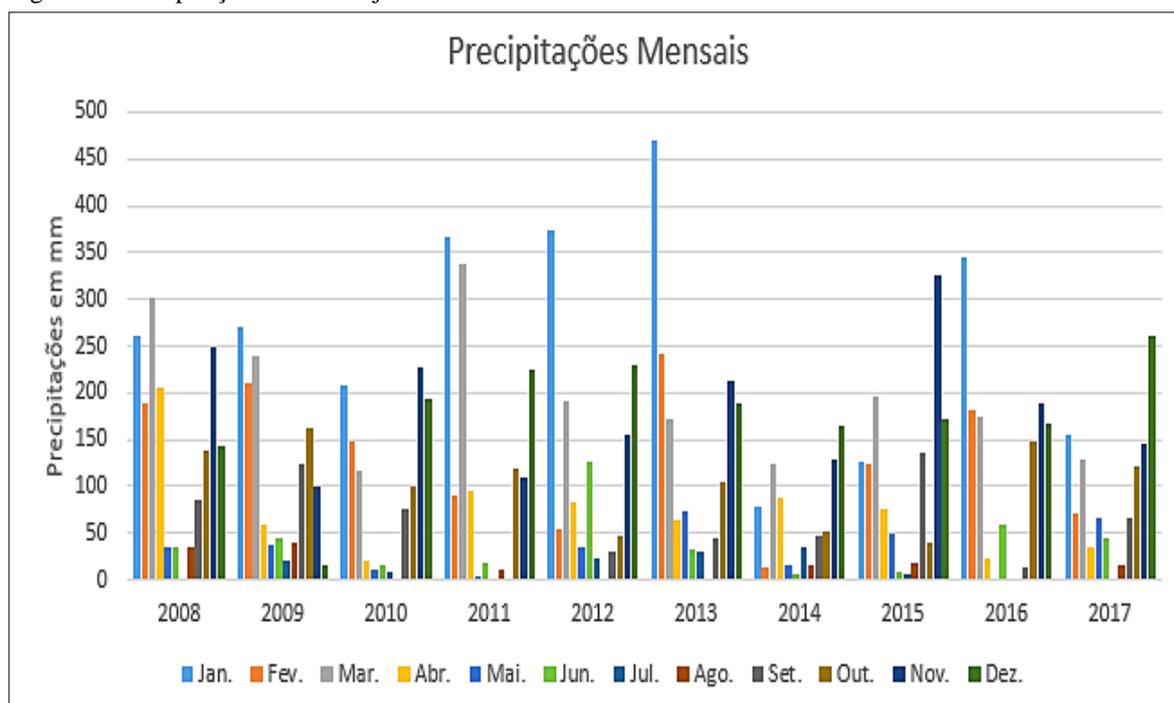
Tabela 7 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até dezembro de 2017 (mm).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano												
2008	261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
2009	271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
2010	207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
2011	367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
2012	374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
2013	470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
2014	79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
2015	126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
2016	344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
2017	154	72	129	35	67	44	1	16	66	122	145	261

Fonte: Adaptado de INMET (2018).

Dessa forma, o gráfico destacado na figura 6 abaixo, apresenta de maneira mais detalhada e simplificada a intensidade de precipitação ocorrida em cada mês do ano de 2008 ao ano de 2017, deixando evidente que na maioria dos anos os maiores índices de precipitação ocorrem no mês de janeiro.

Figura 6 - Precipitação mensal de janeiro de 2008 até dezembro de 2017.



Fonte: Adaptado de INMET (2018).

### 3.9 Intensidade de precipitação

Com o objetivo principal de estimar a intensidade, a duração e a frequência (IDF) de chuva de um determinado local, a Universidade Federal de Viçosa (UFV, 1997) juntamente com os Departamentos de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, desenvolveu o software Plúvio, que possibilita aos usuários através da seguinte equação padrão, obter as precipitações para várias regiões do Brasil.

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (23)$$

Onde:

*Im* - é a intensidade máxima média de precipitação, devendo ser expressa em (mm/h);

*T* - é o período de retorno em anos;

*t* - é a duração da precipitação em minutos;

*K* - parâmetro relativo à localidade;

*a* - parâmetro relativo à localidade;

*b* - parâmetro relativo à localidade;

*c* - parâmetro relativo à localidade.

Para se empregar a fórmula demonstrada acima, será necessário consultar o software Plúvio para a obtenção dos valores de (*K*, *a*, *b*, *c*), onde estes dados vão variar de acordo com a região de dimensionamento.

O período de retorno (*T*), é aquele intervalo de tempo médio em que um determinado fenômeno hidrológico é igualado ou ultrapassado ao menos uma vez, conforme diz Tomaz (2003). Mas, a NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que esse período de retorno (*T*) deve ser estabelecido através das características da área a ser drenada, seguindo assim os valores apresentados na tabela 8 abaixo, e estabelecendo ainda, que a duração da precipitação (*t*) deve ser fixada em 5 minutos.

Tabela 8 - Determinação do período de retorno.

<b>Características da área a ser drenada</b>	<b>T (anos)</b>
Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados	1
Coberturas e/ou terraços	5
Coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamentos não possam ser tolerados	25

Fonte: Adaptado da NBR 10844 (ABNT,1989).

### 3.10 Especificações do projeto e dos serviços

#### 3.10.1 Local de estudo

O estudo será realizado na edificação religiosa Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizado no município de Paraguaçu-MG, onde o local possui coordenadas geográficas de latitude 21°31'59" e de longitude 45°45'59". Desse modo, através da realização de visitas técnicas, de entrevistas com os líderes da igreja e de verificação do projeto arquitetônico, todos esses dados obtidos serão de suma importância para agregar com os conhecimentos básicos para a realização do projeto.

#### 3.10.2 Estimativa de precipitação média mensal

O município de Paraguaçu-MG, não contém dados históricos de precipitações de chuva. Então, com a finalidade de encontrar o valor da precipitação média mensal que pode ocorrer no local de estudo, serão utilizados valores de precipitações mensais registrados de janeiro de 2008 a dezembro de 2017 do município de Varginha-MG (tabela 7), fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018).

#### 3.10.3 Definição da intensidade de precipitação

A determinação dos valores relacionados a intensidade de precipitação do município de Paraguaçu-MG, será realizada através da equação de intensidade, duração, e frequência da precipitação (IDF), em conjunto com os dados fornecidos pelo software Plúvio, e atendendo os valores normativos para o período de retorno (T) e a duração (t). A equação é demonstrada a seguir:

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (23)$$

#### 3.10.4 Demarcação da área de cobertura contribuinte

Utilizando como base o projeto arquitetônico do local, e também através de visitas técnicas a serem realizadas in loco, serão obtidos dados relacionados a área e a inclinação da cobertura, que proporcionarão o desenvolvimento do cálculo da área contribuinte, utilizando a

fórmula normativa para superfície inclinada apresentada anteriormente na figura 2. E também, será demonstrada na sequência:

$$\text{Área} = \left( a + \frac{h}{2} \right) \times b \quad (24)$$

### 3.10.5 Definição da vazão de projeto

Depois que estabelecer a intensidade da chuva e o valor da área contribuinte, será possível definir a vazão de projeto, onde este parâmetro possibilitará a obtenção da quantidade de litros de água que pode ser captada pela cobertura, e além disso, poderá ser usado no dimensionamento de calhas e condutores. Para se adquirir a vazão de projeto, deverá ser utilizada a fórmula abaixo:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (1)$$

### 3.10.6 Estimativa de consumo de água potável

Com a finalidade de estimar de maneira mais precisa possível, a quantidade de água potável consumida todos os dias pelo uso da edificação, será coletado durante 30 dias, no mesmo horário, o valor registrado pelo hidrômetro. E também será utilizado como parâmetro, os dados de consumo presentes na fatura de água do mês que foi coletado os valores e dos meses anteriores, para que assim consiga encontrar valores referentes a média de consumo, onde demonstrará a quantidade de litros de água que pode ser consumida por cada pessoa que utiliza a edificação. A fórmula para o cálculo do indicador de consumo, pode-se observar na sequência:

$$IC = \frac{\text{Consumo de água do período}}{n^{\circ} \text{ de agentes consumidores} \times \text{período de atividades}} \quad (22)$$

### 3.10.7 Estimativa de demanda de água não potável

Dessa forma, com o objetivo principal de realizar um projeto de um sistema de aproveitamento de água pluvial, que consiga atender toda a demanda do uso da edificação, serão desenvolvidas duas estimativas de demanda de água não potável: em uma, será considerado o

número máximo de pessoas que a igreja pode comportar, e na outra, será computado o número de pessoas que atualmente estão frequentando a igreja.

A água pluvial que for armazenada pelo sistema, será empregada para as bacias sanitárias e para regar o jardim, onde será levado em consideração o consumo de 9,0 L/descarga e de 2,0 L/m<sup>2</sup>xdia para regar jardim. E o uso dos itens citados anteriormente, será ponderado da seguinte forma, onde o jardim será regado 8 vezes por mês, e as bacias sanitárias será utilizada em média 900 vezes por mês.

### 3.10.8 Estimativa de economia de água potável

Para que se consiga mensurar a quantidade de água potável economizada pela edificação, na utilização do sistema de aproveitamento de água da chuva, serão utilizados dados de estimativa de demanda de água não potável, que vão ser empregados em um período real registrado pela Concessionária de Saneamento Básico Ltda - COSAGUA, possibilitando que posteriormente possa ser estimada a demanda de água não potável para o período, permitindo assim, que possa ser prevista a porcentagem de economia de água potável para aquele determinado período.

### 3.10.9 Dimensionamento das calhas

O diâmetro das calhas que será utilizada na cobertura da edificação em estudo, deverá ser definido com o auxílio da tabela 3 descrita anteriormente, relacionada a capacidade de calhas semicirculares, disponibilizada pela NBR 10844 (ver item 3.4.5). Desse modo, serão utilizadas seis calhas de PVC na cobertura de duas águas da edificação, sendo fixadas três calhas em cada água do telhado, onde cada uma delas terão bocais de escoamento a montante e a jusante para os condutores, procurando minimizar os riscos de transbordamento devido a prováveis entupimentos dos bocais de jusante.

### 3.10.10 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais serão de PVC, e estarão conectados aos bocais de montante e jusante de cada calha. Entretanto, para definir o diâmetro desses condutores, a NBR 10844 fornece um ábaco estrangeiro que foi desenvolvido para regiões com grande quantidade de chuva, que não é caso do local em estudo. Então, para o seu dimensionamento, será utilizada a seguinte fórmula que também é estrangeira, porque através dela será possível desenvolver os

cálculos com uma vazão menor do que a mínima em que o ábaco exige, e conseqüentemente obter resultados mais precisos.

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (25)$$

Dessa forma, para encontrar o diâmetro necessário para esta tubulação, será aplicada na equação acima o valor da vazão de projeto (Q) dividido por seis, pois a cobertura será composta de seis calhas de dimensões iguais e considerado uma taxa de ocupação (To) de 30%. Assim, será obtido o diâmetro necessário de cada um dos seis condutores verticais, para atender a vazão de projeto canalizada por cada calha.

#### 3.10.11 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais também serão de PVC, e estarão interligados com as tubulações verticais, para que possa conduzir a água captada ao reservatório inferior. Desse modo, depois de determinada a vazão de cada condutor, será possível definir o seu diâmetro com o auxílio da tabela 4 exposta anteriormente, que é associada a capacidade dos condutores horizontais de seção circular, apresentada pela NBR 10844 (ver item 3.4.7).

#### 3.10.12 Obtenção do volume aproveitável da precipitação média mensal

Em cada mês, o volume aproveitável da precipitação média que acontece, é de extrema importância para que o reservatório consiga ser dimensionado com precisão, possibilitando que ele seja capaz de atender toda a demanda de água não potável gerada pela utilização da edificação. Desse modo, o volume aproveitável será obtido através da seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (2)$$

Dessa maneira, para a realização do cálculo do volume aproveitável será necessária a utilização dos valores de precipitação média mensal, da área de captação, do coeficiente de runoff, sendo este igual a 0,95 (ver item 3.4.4) e do rendimento do dispositivo de filtragem, sendo este igual a 0,8 (ver item 3.4.8).

#### 3.10.13 Dimensionamento dos reservatórios

Com o objetivo principal de suprir toda a demanda de água não potável gerada pela edificação, o sistema será constituído de dois reservatórios, onde o maior será instalado atrás da edificação na parte inferior e o menor será colocado na parte superior, ao lado do reservatório de água de uso geral que já se encontra no local.

O dimensionamento do reservatório inferior será efetuado através do método de Rippl (ver item 3.4.9.1) e do método de Azevedo Netto (ver item 3.4.9.3). Então, os volumes obtidos serão analisados, e o volume que apresentar maior compatibilidade com o projeto em estudo será utilizado para a determinação do reservatório.

O reservatório superior será dimensionado com base nos valores de demanda diária de água não potável na edificação, onde ele deverá ter a capacidade suficiente de atender a demanda gerada por dois dias de utilização do local sem a necessidade de acionar o conjunto elevatório, garantindo, assim, um assegurado fornecimento de água.

#### 3.10.14 Dimensionamento do sistema elevatório

Para que se consiga encaminhar para o reservatório superior toda a água pluvial armazenada no reservatório inferior, será necessária a implantação de um sistema elevatório, constituído por tubulações de sucção, tubulações de recalque e conjunto motor-bomba com potência suficiente para impulsionar a água, de modo que ela vença toda a altura geométrica do sistema.

Assim, o dimensionamento do sistema será realizado através das equações de Netto (1998), que estão descritas de forma detalhada no item 3.4.10, e será considerado os comprimentos equivalentes de cada peça conforme Creder (2006). E as equações pode-se ver a seguir:

$$\emptyset \text{ recalque} = k x \sqrt{Q} \quad (17)$$

$$\emptyset \text{ recalque ABNT} = 1,3 x X^{0,25} x \sqrt{Q} \quad (18)$$

$$Hf = \frac{10,641}{C^{1,85}} x \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} x L \quad (19)$$

$$Hman = Hg + \sum Hf \quad (20)$$

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 \times \mu} \quad (21)$$

### 3.10.15 Dimensionamento da rede de distribuição

O dimensionamento da rede de distribuição será executado de acordo com todas as exigências da NBR 5626 (ABNT, 1998), onde os limites mínimos de pressão deverá ser de 5 KPa em qualquer ponto de utilização da rede e de 15 KPa para os vasos sanitários que possuem o sistema com válvula. E também, será considerado que a velocidade máxima permitida nas tubulações deverá ser inferior a 3m/s e que a perda de carga não deverá ser superior a 0,08m/m.

### 3.10.16 Elaboração do projeto hidráulico

Por intermédio dos resultados encontrados com as equações apresentadas, de visitas técnicas para coleta de dados e do projeto arquitetônico apresentado no anexo A, poderá ser desenvolvido o projeto hidráulico. Este será desenvolvido no programa AutoCad, e posteriormente apresentado no anexo B, onde poderá ser visualizado todo o sistema, como o posicionamento das calhas, dos condutores, dos reservatórios e dos demais componentes.

### 3.10.17 Levantamento do quantitativo e estimativa de custos

Com todo o sistema dimensionado, será possível desenvolver o levantamento do quantitativo de materiais, estabelecendo quantas unidades de cada um dos componentes que será utilizado na execução do projeto. Possuindo o quantitativo de materiais, será verificado, conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), o custo de cada um dos componentes contabilizados, permitindo assim, estimar o valor total que será dispendido para que o projeto desenvolvido possa ser executado.

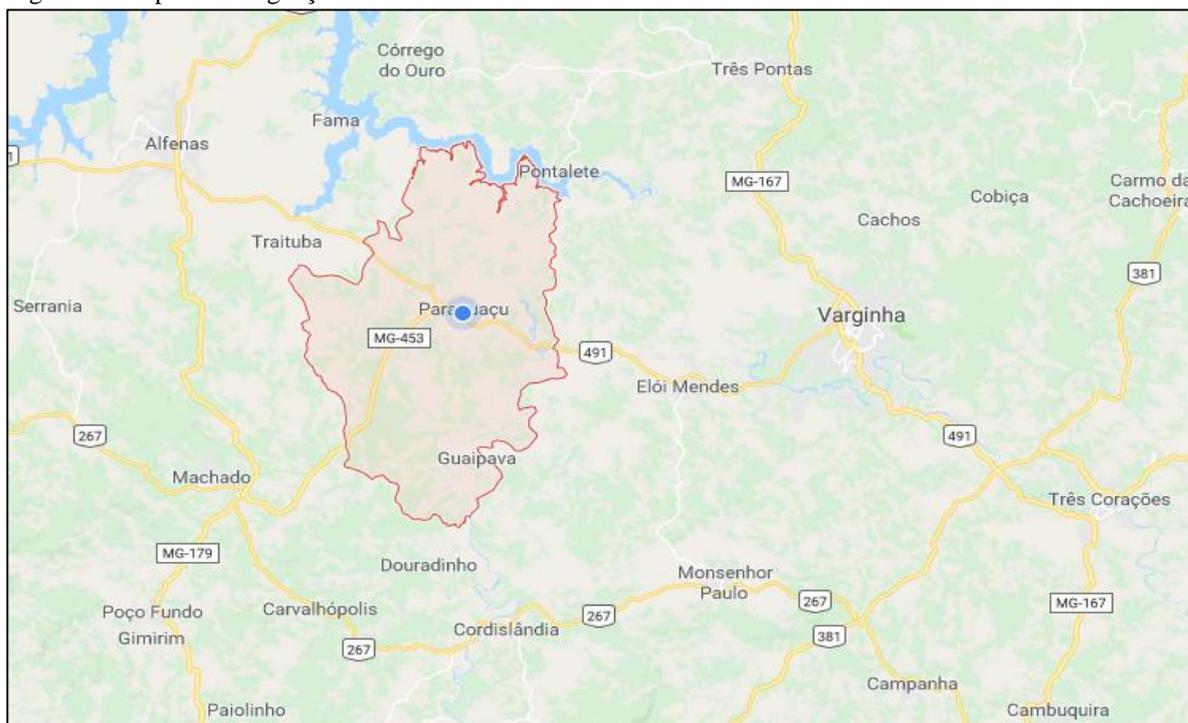
## 4 MEMORIAL DE CÁLCULO

### 4.1 Apresentação do local de estudo

A cidade de Paraguaçu está localizada ao sul do estado de Minas Gerais, na região sudeste do Brasil, conforme pode-se observar na figura 7 abaixo. O município é conhecido na região por ser a cidade do Marolo, que é uma fruta produzida especificamente no local em um determinado período do ano.

Conforme o IBGE (2016), Paraguaçu conta com uma área territorial de 424,296km<sup>2</sup> e possuía, em 2016, uma população estimada de 21.583 habitantes. Esta cidade se destaca economicamente pela forte produção da agricultura, onde o principal elemento produzido é o café. Outra coisa que move a economia, são as confecções que fabricam ternos na cidade, onde elas geram milhares de empregos para a população local.

Figura 7 - Mapa de Paraguaçu-MG.



Fonte: Google Maps (2018).

A figura 8 a seguir, mostra a edificação religiosa do Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, localizada na Rua Djanira Costa Moraes, n° 155, Loteamento Dom Bosco, Paraguaçu-MG. A edificação é composta por apenas um pavimento, com uma área construída de 144,50m<sup>2</sup>, dividida em auditório principal, sala B, banheiros e depósito de materiais de limpeza (ver ANEXO A).

Figura 8 - Edificação religiosa em estudo.



Fonte: O autor (2018).

#### 4.2 Estimativa de precipitação média mensal

Através dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Varginha-MG (ver tabela 7), foi possível desenvolver a tabela 9 a seguir, que utiliza o método da média aritmética para encontrar os valores de precipitação média mensal, para cada mês do ano.

Tabela 9 - Precipitação média mensal (mm).

Nº	Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
	Ano												
1	2008	261	189	302	205	35	34	0	34	85	138	248	143
2	2009	271	211	240	59	38	44	20	40	123	163	101	16
3	2010	207	149	116	21	12	15	8	0	75	101	227	194
4	2011	367	91	338	94	3	18	0	11	1	119	110	226
5	2012	374	54	191	83	35	126	23	0	30	47	154	229
6	2013	470	242	173	63	74	33	31	1	45	105	213	189
7	2014	79	13	124	87	15	5	34	16	47	53	129	164
8	2015	126	124	196	77	50	9	6	18	135	40	326	171
9	2016	344	181	174	23	1	58	0	0	13	149	189	166
10	2017	154	72	129	35	67	44	1	16	66	122	145	261
	$\Sigma$	2653	1326	1983	747	330	386	123	136	620	1037	1842	1759
	Média	265,3	132,6	198,3	74,7	33,0	38,6	12,3	13,6	62,0	103,7	184,2	175,9

Fonte: Adaptado de INMET (2018).

Ao averiguar a tabela 9, nota-se que os valores precipitados no mês de janeiro são na maioria das vezes os maiores registrados entre todos os meses, resultando assim, para o mês de janeiro a maior média de precipitação mensal.

### 4.3 Cálculo da intensidade de precipitação

Por intermédio da equação de intensidade, duração e frequência (IDF) e dos valores de (K, a, b, c), fornecidos pelo software Plúvio 2.1, e também considerando um tempo de retorno (T) de 5 anos e uma duração (t) de 5 minutos, ambos normativos, tornou-se possível a realização do cálculo da intensidade de precipitação para a cidade de Paraguaçu-MG, demonstrado a seguir:

$$K = 3810,660; a = 0,207; b = 20,341; c = 1,075.$$

$$I_m = \frac{3810,660 \times 5^{0,207}}{(5 + 20,341)^{1,075}} = 164,66 \text{ mm/h} \quad (23)$$

O valor obtido da intensidade de precipitação será fundamental para que, posteriormente, possa ser definida a vazão de projeto da cobertura da edificação em estudo.

### 4.4 Cálculo da área contribuinte

Depois de analisar o projeto arquitetônico e de realizar visitas técnicas no local de estudo, foi possível encontrar dados referentes às dimensões da cobertura da edificação, que permitiu a realização dos seguintes cálculos:

$$h = 5,26 \text{ m} - 3,40 \text{ m} = 1,86 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Declividade} = \frac{1,86}{5,05} \times 100 = 36,83\% \quad (27)$$

$$\text{Área da cobertura (projeção horizontal)} = 10,10 \times 18,60 = 187,86 \text{ m}^2 \quad (28)$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte} = \left[ \left( 5,05 + \frac{1,86}{2} \right) \times 18,60 \right] \times 2 = 222,46 \text{ m}^2 \quad (24)$$

Assim, o valor da área contribuinte também é de extrema importância, para que se possa estabelecer a vazão de projeto da cobertura da edificação em estudo.

#### 4.5 Cálculo da vazão de projeto

Após serem obtidos os valores referentes a intensidade de precipitação e área contribuinte, pode-se determinar a vazão de projeto que será apresentada abaixo, e que na sequência será utilizada para o dimensionamento das calhas e condutores que compõem o sistema.

$$Q = \frac{164,66 \text{ mm/h} \times 222,46 \text{ m}^2}{60} = 610,50 \text{ litros/min} \quad (1)$$

#### 4.6 Cálculo da estimativa de consumo de água potável

No decorrer de 30 dias, foram coletados dados apresentados pelo o hidrômetro da edificação em estudo, o que possibilitou o desenvolvimento da tabela 10, que, através desses valores, demonstra o quanto de água potável foi consumido a cada dia e indica o consumo médio diário ocorrido dentro do período analisado.

Tabela 10 - Consumo diário de água potável da edificação.

<b>Nº</b>	<b>Data</b>	<b>Dia</b>	<b>Horário</b>	<b>Consumo total (m³)</b>	<b>Consumo diário (m³)</b>
1	01/05/2018	Terça-Feira	13:00	501,58	0,01
2	02/05/2018	Quarta-Feira	13:02	501,59	1,16
3	03/05/2018	Quinta-Feira	12:59	502,75	0,11
4	04/05/2018	Sexta-Feira	13:00	502,86	0,15
5	05/05/2018	Sábado	13:01	503,01	1,01
6	06/05/2018	Domingo	13:02	504,02	0,09
7	07/05/2018	Segunda-Feira	12:58	504,11	0,01
8	08/05/2018	Terça-Feira	13:00	504,12	0,05
9	09/05/2018	Quarta-Feira	12:59	504,17	1,07
10	10/05/2018	Quinta-Feira	13:00	505,24	0,01
11	11/05/2018	Sexta-Feira	13:01	505,25	0,04
12	12/05/2018	Sábado	12:58	505,29	1,08
13	13/05/2018	Domingo	13:02	506,37	0,01
14	14/05/2018	Segunda-Feira	12:59	506,38	2,01
15	15/05/2018	Terça-Feira	13:00	508,39	0,01
16	16/05/2018	Quarta-Feira	12:58	508,40	1,10
17	17/05/2018	Quinta-Feira	13:00	509,50	0,01
18	18/05/2018	Sexta-Feira	12:59	509,51	0,01
19	19/05/2018	Sábado	13:02	509,52	1,10
20	20/05/2018	Domingo	13:00	510,62	0,01
21	21/05/2018	Segunda-Feira	13:01	510,63	0,21
22	22/05/2018	Terça-Feira	13:02	510,84	0,11
23	23/05/2018	Quarta-Feira	13:00	510,95	1,02
24	24/05/2018	Quinta-Feira	12:59	511,97	0,03
25	25/05/2018	Sexta-Feira	13:00	512,00	0,01
26	26/05/2018	Sábado	12:58	512,01	1,14
27	27/05/2018	Domingo	13:02	513,15	0,10
28	28/05/2018	Segunda-Feira	13:01	513,25	2,27
29	29/05/2018	Terça-Feira	13:00	515,52	0,02
30	30/05/2018	Quarta-Feira	12:59	515,54	1,02
31	31/05/2018	Quinta-Feira	13:01	516,56	-
				Consumo total (m³)	14,98
				Consumo médio diário (m³)	0,499

Fonte: O autor (2018).

Com o objetivo de estimar valores precisos da demanda de água potável, foram realizadas análises na fatura de água emitida pela Concessionária de Saneamento Básico Ltda - COSAGUA. A fatura apresenta valores de consumo mensal e consumo médio diário de períodos passados, registrado de maio de 2017 até abril de 2018.

Através dos valores demonstrados pela fatura, foi possível desenvolver a tabela 11, que a partir do histórico de consumo de água da edificação e também de valores referentes a média, variância e desvio padrão (ver item 3.6), apresenta o consumo médio histórico representativo, que será utilizado para estimar o quanto de água potável está sendo gasto por pessoa que utiliza o local.

Tabela 11 - Consumo médio histórico representativo.

Nº	Mês	Ano	Consumo total (m³)	Consumo diário (m³)	Verificação	Consumo diário (m³)
1	Maio	2017	15	0,52	ok	0,52
2	Junho	2017	15	0,50	ok	0,50
3	Julho	2017	15	0,47	ok	0,47
4	Agosto	2017	40	1,38	fora do intervalo	0,00
5	Setembro	2017	15	0,44	ok	0,44
6	Outubro	2017	16	0,57	ok	0,57
7	Novembro	2017	19	0,61	ok	0,61
8	Dezembro	2017	15	0,52	ok	0,52
9	Janeiro	2018	15	0,47	ok	0,47
10	Fevereiro	2018	15	0,50	ok	0,50
11	Março	2018	15	0,54	ok	0,54
12	Abril	2018	15	0,47	ok	0,47
Média				0,583	Consumo médio histórico (m³)	0,510
Variância				0,060		
Desvio padrão				0,245		
Média + 2x Desvio padrão				1,073		
Média - 2x Desvio padrão				0,093		

Fonte: O autor (2018).

Assim, de acordo com os dados retratados pelas tabelas 10 e 11, pode-se obter o indicador de consumo - IC, para cada um dos dois métodos utilizados para estimar o consumo médio diário de água potável, como apresenta os cálculos a seguir que foram desenvolvidos considerando o número de 30 pessoas que possa usar o local por dia.

Indicador de consumo utilizando o consumo médio encontrado pela tabela 10:

$$IC = \frac{0,499 \times 1000}{30 \times 1} = 16,64 \text{ L/pessoa/dia} \quad (22)$$

Indicador de consumo utilizando o consumo médio encontrado pela tabela 11:

$$IC = \frac{0,510 \times 1000}{30 \times 1} = 17,00 \text{ L/pessoa/dia} \quad (22)$$

Dessa maneira, observa-se que mesmo utilizando parâmetros diferentes, os dois métodos apresentam valores bastantes próximos referentes a quanto de água potável é gasto por dia por pessoa que utiliza a edificação.

#### 4.7 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável

De acordo com os valores estimados de consumo de água em pontos que não necessitam de água potável (ver item 3.7), possibilitou o desenvolvimento dos cálculos que estimam o quanto de água não potável pode ser consumido.

Dessa forma, primeiro, será estimada a demanda considerando o número máximo de 41 pessoas que poderão utilizar o local por dia e, em segundo, levando em conta o valor médio de 30 pessoas que usa a edificação por dia.

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 41 pessoas:

$$\text{Gasto com descargas} = 9,0 \text{ L/descarga} \times 41 \times 1 \text{ vez/dia} = 369 \text{ L/dia} \quad (29)$$

Estimativa de demanda diária de água não potável considerando 30 pessoas:

$$\text{Gasto com descargas} = 9,0 \text{ L/descarga} \times 30 \times 1 \text{ vez/dia} = 270 \text{ L/dia} \quad (29)$$

Desse modo, devido a algumas faixas de gramado que contem em torno da edificação, que juntas resultam em uma área de 97,35m<sup>2</sup>, foram desenvolvidos os cálculos a seguir que estimam quantos litros de água serão consumidos nos dias que o jardim for irrigado.

Estimativa de consumo de água para irrigar o jardim:

$$\text{Gasto com jardim} = 2,0 \text{ L} \times 97,35\text{m}^2 = 195 \text{ litros a cada irrigação} \quad (30)$$

Então, nota-se que, no dia em que o jardim for irrigado, haverá um acréscimo estimado de 195 litros no consumo diário, como mostra a tabela 12, que foi desenvolvida considerando

os 7 dias de funcionamento da edificação e que os jardins serão irrigados 2 vezes por semana.

Tabela 12 - Estimativa de demanda de água não potável.

Nº	Dias da semana	Utilização	Demanda diária para 41 pessoas (L)	Demanda diária para 30 pessoas (L)
1	Segunda-feira	Vaso Sanitário	369	270
2	Terça-feira	Vaso Sanitário	369	270
3	Quarta-feira	Vaso Sanitário+Irrigação	564	465
4	Quinta-feira	Vaso Sanitário	369	270
5	Sexta-feira	Vaso Sanitário	369	270
6	Sábado	Vaso Sanitário+Irrigação	564	465
7	Domingo	Vaso Sanitário	369	270

Fonte: O autor (2018).

Através dos dados apresentados pela tabela 12, foi desenvolvida uma estimativa de demanda mensal considerando a utilização da edificação durante 30 dias, pois o local é usado pelas pessoas todos os dias, de segunda à domingo. E também, foi estabelecido que os jardins poderão ser irrigados 8 vezes durante o período de 30 dias, sendo empregada uma frequência de irrigação de 2 vezes por semana.

Estimativa de demanda mensal de água não potável considerando 41 pessoas:

$$Gasto\ mensal = 30 \times 369 + 8 \times 195 = 12630\ L/mês\ ou\ 12,63\ m^3/mês \quad (31)$$

Estimativa de demanda mensal de água não potável considerando 30 pessoas:

$$Gasto\ mensal = 30 \times 270 + 8 \times 195 = 9660\ L/mês\ ou\ 9,66\ m^3/mês \quad (31)$$

Assim, os valores de demanda de água não potável obtidos pelos cálculos apresentados, serão fundamentais para que o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial possa ser projetado com precisão.

#### 4.8 Cálculo da estimativa de economia de água potável

Com base nos valores de demanda diária de água não potável estimados pela tabela 12, para o número de 30 pessoas que atualmente usam a edificação, desenvolveu-se a tabela 13 que apresenta um determinado período em que o local esteve em utilização e fixou os valores de

demanda estimada para cada um desses dias, considerando também o gasto adicional com a irrigação do jardim que foi estabelecido nos dias de quarta-feira e sábado. Desse modo, a tabela estima a demanda total de água não potável para o período de 01/05/2018 a 31/05/2018, sendo este o mesmo período em que a COSAGUA contabilizou um consumo de 15m<sup>3</sup> de água potável.

Tabela 13 - Demanda de água não potável para o período de 01/05/2018 a 31/05/2018.

<b>Nº</b>	<b>Data</b>	<b>Dia da Semana</b>	<b>Demanda diária (L)</b>
1	01/05/2018	Terça-Feira	270
2	02/05/2018	Quarta-Feira	465
3	03/05/2018	Quinta-Feira	270
4	04/05/2018	Sexta-Feira	270
5	05/05/2018	Sábado	465
6	06/05/2018	Domingo	270
7	07/05/2018	Segunda-Feira	270
8	08/05/2018	Terça-Feira	270
9	09/05/2018	Quarta-Feira	465
10	10/05/2018	Quinta-Feira	270
11	11/05/2018	Sexta-Feira	270
12	12/05/2018	Sábado	465
13	13/05/2018	Domingo	270
14	14/05/2018	Segunda-Feira	270
15	15/05/2018	Terça-Feira	270
16	16/05/2018	Quarta-Feira	465
17	17/05/2018	Quinta-Feira	270
18	18/05/2018	Sexta-Feira	270
19	19/05/2018	Sábado	465
20	20/05/2018	Domingo	270
21	21/05/2018	Segunda-Feira	270
22	22/05/2018	Terça-Feira	270
23	23/05/2018	Quarta-Feira	465
24	24/05/2018	Quinta-Feira	270
25	25/05/2018	Sexta-Feira	270
26	26/05/2018	Sábado	465
27	27/05/2018	Domingo	270
28	28/05/2018	Segunda-Feira	270
29	29/05/2018	Terça-Feira	270
30	30/05/2018	Quarta-Feira	465
31	31/05/2018	Quinta-Feira	270
<b>Demanda total de água não potável para o período</b>			<b>10125</b>

Fonte: O autor (2018).

A partir do valor total de demanda de água não potável estimado pela tabela 13, e também do valor total do consumo de água potável registrado pela COSAGUA no período de 01/05/2018 a 31/05/2018, foi encontrado um valor teórico referente a porcentagem de água potável que poderia ter sido economizada pela edificação no mesmo período com a utilização da água não potável, como demonstra o cálculo a seguir.

$$\text{Porcentagem de economia de água potável} = \frac{10125}{15000} \times 100 = 67,50 \% \quad (32)$$

Dessa forma, nota-se que aproximadamente 10.125 litros de água potável poderiam ter sido economizados por esta edificação durante o período analisado de apenas 31 dias.

#### 4.9 Dimensionamento das calhas

Como a cobertura será equipada com seis calhas de PVC de dimensões equivalentes, sendo fixadas três delas em cada água do telhado, pode-se desenvolver os cálculos a seguir, que, a partir da vazão de projeto calculada (ver item 4.5), e dos valores apresentados pela tabela 3 referente a capacidade de calhas semicirculares disponibilizada pela NBR 10844 (ver item 3.4.5), determinou-se o comprimento, a declividade e o diâmetro que cada calha deverá possuir quando forem instaladas.

$$\text{Comprimento de cada calha} = \frac{18,60}{3} = 6,20 \text{ m} \quad (33)$$

$$\text{Declividade de cada calha} = \frac{0,5 \times 6,20}{100} = 0,031 \text{ m} \quad (34)$$

$$\text{Vazão de cada calha} = \frac{610,50}{6} = 101,75 \text{ litros/min} \quad (35)$$

$$\text{Diâmetro nominal adotado de cada calha} = 100 \text{ mm}$$

Assim, de acordo com os resultados obtidos, foi possível verificar que as calhas atenderão a declividade mínima de projeto. E o seu posicionamento, será demonstrado no projeto que será apresentado no decorrer do estudo (ver ANEXO B).

#### 4.10 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais serão de PVC, e deverão atender um diâmetro mínimo de 75mm, conforme estabelece a NBR 10844 (ver item 3.4.6). Sendo assim, através da equação para se determinar o diâmetro deles (ver item 3.10.10) e da vazão de projeto já calculada anteriormente (ver item 4.5), foi possível estabelecer o diâmetro dos condutores verticais por meio dos seguintes cálculos:

Cálculo da vazão de cada condutor vertical:

$$Q = \frac{610,50}{6} = 101,75 \text{ litros/min} \quad (35)$$

Cálculo do diâmetro de cada condutor vertical:

$$101,75 = 0,019 \times 0,3^{5/3} \times D^{8/3} \quad (25)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{101,75}{0,019 \times 0,3^{5/3}}} = 53,10 \text{ mm} \quad (25)$$

*Diâmetro nominal adotado = 75 mm*

É importante destacar, que o motivo de se utilizar a vazão de projeto dividido por seis para o dimensionamento das tubulações verticais, é devido ao fato da composição da cobertura, onde será equipada com seis condutores e seis calhas de dimensões equivalentes, onde cada uma delas será responsável por cobrir 1/6 da área total de cobertura contribuinte. E do mesmo modo que as calhas, o posicionamento dos condutores verticais será demonstrado no projeto que será apresentado na sequência deste estudo (ver ANEXO B).

#### 4.11 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais também serão de PVC, e terão a função de receber a água pluvial dos condutores verticais e conduzi-la para o reservatório inferior. Para o seu dimensionamento, a NBR 10844 (ver item 3.4.7) determina que esta tubulação deve possuir

uma inclinação contínua e mínima de 0,5%, e deve ser considerado um escoamento com lâmina de água com altura igual 2/3 do diâmetro interno. Dessa forma, através dessas premissas básicas, e de acordo com a tabela 4, que através da fórmula de Manning-Strickler estabeleceu as vazões com inclinação e diâmetros diferentes, pode-se determinar o diâmetro desses três condutores por meio dos cálculos abaixo.

Cálculo da vazão de cada condutor horizontal:

$$Q = 101,75 \times 3 = 305,25 \text{ litros/min} \quad (36)$$

Cálculo do diâmetro de cada condutor horizontal:

$$Q = 305,25 \text{ litros/min}$$

Com base nesta vazão e de acordo com a tabela 4, o diâmetro nominal e a inclinação adotados são:

$$D_{\text{nominal}} = 100\text{mm} ; I = 2\%$$

Dessa forma, conforme os valores encontrados e adotados, é possível notar que foram atendidas as premissas básicas estabelecidas pela NBR 10844 (ver item 3.4.7). Então, de maneira semelhante as calhas e as tubulações verticais, os condutores horizontais também serão representados no projeto que será exibido no prosseguimento deste estudo (ver ANEXO B).

#### **4.12 Volume aproveitável da precipitação média mensal**

A determinação deste volume, foi realizada com base nos valores de precipitação média mensal determinados pela tabela 9 (ver item 4.2) e também pela equação de volume aproveitável (ver item 3.4.4), onde pode-se desenvolver a tabela 14, que estima a quantidade de chuva que poder ser aproveitada em cada mês do ano.

Tabela 14 - Volume aproveitável da precipitação média mensal.

Meses	Prec. Med. (mm)	Área Cob. (m)	Run off	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (m <sup>3</sup> )
Janeiro	265,30	187,86	0,95	0,8	37877,84	37,88
Fevereiro	132,60	187,86	0,95	0,8	18931,78	18,93
Março	198,30	187,86	0,95	0,8	28312,00	28,31
Abril	74,70	187,86	0,95	0,8	10665,19	10,67
Mai	33,00	187,86	0,95	0,8	4711,53	4,71
Junho	38,60	187,86	0,95	0,8	5511,06	5,51
Julho	12,30	187,86	0,95	0,8	1756,12	1,76
Agosto	13,60	187,86	0,95	0,8	1941,72	1,94
Setembro	62,00	187,86	0,95	0,8	8851,96	8,85
Outubro	103,70	187,86	0,95	0,8	14805,62	14,81
Novembro	184,20	187,86	0,95	0,8	26298,90	26,30
Dezembro	175,90	187,86	0,95	0,8	25113,88	25,11

Fonte: O autor (2018).

E vale lembrar, que os valores de precipitação média e volume apresentados pela tabela 14, serão utilizados na sequência para o desenvolvimento do dimensionamento do reservatório inferior que irá compor o sistema.

#### 4.13 Dimensionamento dos reservatórios

##### 4.13.1 Dimensionamento do reservatório inferior

Com o objetivo de mensurar um reservatório capaz de armazenar um volume de água suficiente para atender a demanda de água não potável gerada pela edificação, desenvolveu-se o dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl e pelo método de Azevedo Netto.

Assim, a tabela 15 a seguir, demonstra o dimensionamento desenvolvido pelo método de Rippl (ver item 3.4.9.1), considerando o número máximo de 41 pessoas que podem vir a utilizar o local. Então, a tabela estabelece, o volume total do reservatório a partir do valor de demanda mensal de água não potável equivalente a 12,63 m<sup>3</sup>/mês (ver item 4.7) e dos valores aproveitável apresentados pela tabela 14 (ver item 4.12).

Tabela 15 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Rippl.

<b>Meses</b>	<b>Cons. Mens. (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Mens. (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Result. (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	12,63	37,88	25,25
Fevereiro	12,63	18,93	6,30
Março	12,63	28,31	15,68
Abril	12,63	10,67	-1,96
Mai	12,63	4,71	-7,92
Junho	12,63	5,51	-7,12
Julho	12,63	1,76	-10,87
Agosto	12,63	1,94	-10,69
Setembro	12,63	8,85	-3,78
Outubro	12,63	14,81	2,18
Novembro	12,63	26,30	13,67
Dezembro	12,63	25,11	12,49
Volume do reservatório inferior (m <sup>3</sup> )			42,34

Fonte: O autor (2018).

Dessa maneira, foi desenvolvida a tabela 16, a qual mostra o dimensionamento pelo método de Azevedo Netto (ver item 3.4.9.3) e estabelece o volume total do reservatório por meio do número de meses de pouca chuva, da área de cobertura (ver item 4.4) e da somatória dos valores de precipitação média mensal apresentados pela tabela 14.

Tabela 16 - Dimensionamento do reservatório inferior pelo método de Azevedo Netto.

<b>Fator</b>	<b>Prec. Anual (mm)</b>	<b>Área Cob. (m<sup>2</sup>)</b>	<b>M. Pouca chuva</b>	<b>Vol. Res. (m<sup>3</sup>)</b>
0,042	1294,20	187,86	4	40,85

Fonte: O autor (2018).

Por conseguinte, nota-se que, mesmo utilizando dois métodos diferentes de dimensionamento do reservatório inferior, as tabelas 15 e 16 apresentaram resultados muito próximos, onde foi encontrado pelo método de Rippl um volume equivalente a 42,34 m<sup>3</sup> de água, e pelo método de Azevedo Netto um volume de 40,85 m<sup>3</sup> de água.

Deste modo, visando favorecer o processo construtivo e garantir um eficiente fornecimento de água, o reservatório ficará embutido no solo atrás da edificação, e será construído em concreto armado, portando dimensões internas de 10,50 m x 1,20 m x 4,50 m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura destinado a disposição das tubulações e três metros e meio de altura destinado ao armazenamento de água, possibilitando que ele seja capaz de armazenar até 44 mil litros de água pluvial.

#### 4.13.2 Dimensionamento do reservatório superior

Da mesma forma que o reservatório inferior, o reservatório superior também será dimensionado visando atender o número máximo de 41 pessoas que podem vir a utilizar o local, onde elas poderão gerar um consumo de 369 l/dia de água não potável, e também, o valor de 195 litros que pode ser gasto a cada irrigação do jardim. Sendo assim, foram realizados os seguintes cálculos para o dimensionamento do reservatório superior:

$$\text{Volume do Reservatório} = 369 + 195 = 564 \text{ litros} \quad (37)$$

$$\text{Volume do reservatório para 2 dias de utilização} = 564 \times 2 = 1128 \text{ litros} \quad (38)$$

Figura 9 - Caixas d'água em polietileno da Fortlev.

**CAIXA D'ÁGUA EM POLIETILENO**

---

### Características

**Função:**  
Armazenar água a temperatura ambiente. Para outras finalidades consulte o departamento técnico FORTLEV.

**Aplicação:**  
Residências, instalações comerciais, fazendas, escolas ou qualquer outra aplicação que necessite de armazenamento de água a temperatura ambiente.

**Dimensões:**  
Reservatórios fabricados conforme Norma NBR 14799 da ABNT. Procedimentos de instalação conforme Norma NBR 14800 da ABNT e NBR 5626 da ABNT.

**A** Altura com tampa  
**B** Altura sem tampa  
**C** Diâmetro com tampa  
**D** Diâmetro sem tampa  
**E** Diâmetro da base

Capacidade em litros	Dimensões em metros				
	A	B	C	D	E
100	0,51	0,41	0,75	0,73	0,54
150	0,55	0,43	0,88	0,87	0,61
250	0,68	0,53	1,00	0,98	0,74
310	0,69	0,54	1,05	1,04	0,75
500	0,72	0,58	1,24	1,22	0,95
750	0,86	0,73	1,37	1,35	1,00
1.000	0,97	0,76	1,52	1,51	1,16
1.500	1,05	0,83	1,77	1,75	1,43
2.000	1,10	0,90	1,89	1,88	1,55
3.000	1,49	1,21	2,28	2,22	1,72
5.000*	2,00	1,63	2,45	2,37	1,85
7.500*	2,12	1,81	2,79	2,70	2,24
10.000*	2,57	2,03	2,95	2,92	2,41

Dimensões aproximadas.  
\* Modelos de 5.000 a 10.000 litros já vêm preparados com furo para instalação de um Adaptador (Flange) de 60 mm x 2" na saída.

Fonte: Adaptado do catálogo de caixas d'água da Fortlev (2018).

Então, buscando atender aproximadamente 2 dias de utilização de água não potável sem a necessidade de acionamento do sistema elevatório e considerando a figura 9, será empregado um reservatório de polietileno da Fortlev com capacidade para armazenar 1.500 litros de água não potável.

#### 4.14 Dimensionamento do sistema elevatório

Considerando que o reservatório superior terá capacidade de 1.500 litros (ver item 4.13.2) de água pluvial, o funcionamento da bomba será por um período de 2 horas, o projeto hidráulico apresentado no anexo B e as tabelas 17 e 18, foi possível realizar todo o dimensionamento do sistema elevatório, conforme pode-se notar nos cálculos a seguir.

Cálculo do diâmetro de recalque e sucção:

$$Q_{\text{demanda}} = 1,5 \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{projeto}} = (1,5 \times 1000) \div (3600 \times 2) = 0,21 \text{ litros/s} \quad (39)$$

$$\emptyset_{\text{recalque}} = 1,2 \times \sqrt{(0,21 \div 1000)} = 0,0174 \text{ m} = 17,4 \text{ mm} \quad (17)$$

$$\emptyset_{\text{recalque ABNT}} = 1,3 \times (2 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,21 \div 1000)} = 0,0101 \text{ m} = 10,1 \text{ mm} \quad (18)$$

$$\emptyset_{\text{recalque}} = 20 \text{ mm}$$

$$\emptyset_{\text{sucção}} = 25 \text{ mm}$$

Cálculo das perdas de carga de sucção e recalque:

$$L_{\text{sucção}} = 1,5 \text{ m}$$

$$L_{\text{recalque}} = 21,5 \text{ m}$$

$$C = 140 \text{ (PVC)}$$

Tabela 17 - Comprimento equivalente de sucção ( $\varnothing=25\text{mm}$ ).

Peças	Quantidade	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Entrada normal	1	0,50	0,50
Joelho de 90°	1	1,50	1,50
Registro de gaveta aberto	1	0,30	0,30
L equivalente total (m)			2,30

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

Tabela 18 - Comprimento equivalente de recalque ( $\varnothing=20\text{mm}$ ).

Peças	Quantidade	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Joelho de 90°	3	1,20	3,60
Válvula de retenção	1	2,70	2,70
Registro de gaveta aberto	1	0,20	0,20
Saída de canalização	1	0,90	0,90
L equivalente total (m)			7,40

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,21 \div 1000)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (1,5 + 2,3) = 0,0431 \text{ m} \quad (19)$$

$$H_{fr} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,21 \div 1000)^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times (21,5 + 7,40) = 0,9719 \text{ m} \quad (19)$$

Cálculo da altura manométrica e da potência da bomba:

Hg sucção = 0,00 m

Hg recalque = 5,00 m

Rendimento do conjunto = 35%

$$H_{man} = 5,0 + 0,0431 + 0,9719 = 6,02 \text{ m} \quad (20)$$

$$Pot. \text{ bomba} = \frac{1000 \times (0,21 \div 1000) \times 6,02}{75 \times 0,35} = 0,0482 \text{ Cv} \quad (21)$$

$$Pot. \text{ bomba} + 50\% = 0,0482 \times 1,5 = 0,0723 \text{ Cv} \quad (40)$$



Tabela 19 - Dimensionamento da rede de distribuição.

Rede	Trecho	Pr	Q (l/s)	Ø Cal. (m)	Ø Ad. (mm)	V (m/s)	L equivalente			J (m/m)	Hf (m)	Pm (mca)	Pj (mca)
							Lt (m)	Lc (m)	Lt (m)				
Bar	1	40,40	1,91	0,038	40	1,52	2,75	9,60	12,35	0,066	0,81	0,00	2,09
TQ-1	TQ-1	40,40	1,91	0,038	40	1,52	0,00	0,70	0,70	0,066	0,05	2,09	2,04
TQ-1	R-1.1	0,40	0,19	0,016	20	0,60	6,79	4,80	11,59	0,031	0,36	2,04	1,68
TQ-1	R-1.2	40,40	1,91	0,038	40	1,52	0,00	5,40	5,40	0,066	0,35	2,04	1,69
Bar	2	40,40	1,91	0,038	40	1,52	2,75	9,60	12,35	0,066	0,81	0,00	2,09
TQ-2	TQ-2	40,40	1,91	0,038	40	1,52	0,00	0,70	0,70	0,066	0,05	2,09	2,04
TQ-2	R-2.1	0,40	0,19	0,016	20	0,60	9,60	4,80	14,40	0,031	0,45	2,04	1,59
TQ-2	R-2.2	40,40	1,91	0,038	40	1,52	0,00	5,40	5,40	0,066	0,35	2,04	1,69

Fonte: O autor (2018).

## 5 ESTIMATIVA DE CUSTO

Depois de dimensionado todo o sistema de aproveitamento de água pluvial e desenvolvido o projeto, foi possível realizar o levantamento do quantitativo de todas as peças e itens que serão utilizados, onde permitiu-se estimar o valor que será gasto com os materiais, caso o projeto for executado.

Dessa forma, as tabelas 20, 21, 22 e 23 demonstram de maneira inteligível o consumo de materiais e gastos financeiros que serão gerados na execução do setor de captação, da rede de distribuição, do sistema elevatório e na construção do reservatório inferior.

Tabela 20 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Setor de captação).

Peças	Medida Nominal	Medida Comercial	Mat.	Un.	Qtd.	V. unit. (R\$)	Total (R\$)
Calha pluvial (3m)	100mm	125mm	PVC	u	12	44,73	536,76
Emenda para calha pluvial	100mm	125mm	PVC	u	6	11,19	67,14
Bocal para calha pluvial (Saída 75mm)	100mm	125mm	PVC	u	6	18,75	112,50
Suporte para calha pluvial	100mm	125mm	PVC	u	48	3,20	153,60
Cabeceira dir. ou esq. para calha pluvial	100mm	125mm	PVC	u	4	5,56	22,24
Tubo soldável	75mm	100mm	PVC	m	36	8,14	293,04
Abraçadeira para tubo soldável	75mm	100mm	PVC	u	24	4,03	96,72
Joelho soldável de 45°	75mm	100mm	PVC	u	18	5,42	97,56
Joelho soldável de 90°	100mm	125mm	PVC	u	5	6,07	30,35
Tubo soldável	100mm	125mm	PVC	m	60	13,72	823,20
Luva de correr	100mm	125mm	PVC	u	4	10,03	40,12
Tê soldável	100mm	125mm	PVC	u	1	11,51	11,51
Caixa de Passagem (D:30cm e H:40cm)	100mm	125mm	PVC	u	8	44,30	354,40
Caixa de Areia (D:30cm e H:50cm)	100mm	125mm	PVC	u	1	62,02	62,02
Filtro VF1 Acquasave para água pluvial	100mm	125mm	PVC	u	1	1563,00	1563,00
Adesivo plástico incolor	-	175g	PVC	u	3	14,05	42,15
<b>SUB TOTAL (R\$)</b>							<b>4306,31</b>

Fonte: O autor (2018).

Tabela 21 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Rede de distribuição).

Peças	Medida Nominal	Medida Comercial	Mat.	Un.	Qtd.	V. unit. (R\$)	Total (R\$)
Caixa d'água	-	1500l	Polietileno	u	1	674,29	674,29
Adaptador soldável com flange	40mm	50mm	PVC	u	2	31,36	62,72
Joelho soldável de 90°	40mm	50mm	PVC	u	8	4,14	33,12
Tubo soldável	40mm	50mm	PVC	m	18	9,68	174,24
Registro de gaveta cromado	40mm	50mm	Metal	u	2	81,25	162,50
Tê soldável redutor de diâmetro	40mm x 20mm	50mm x 25mm	PVC	u	2	6,92	13,84
Joelho soldável de 90°	20mm	25mm	PVC	u	10	0,59	5,90
Tubo soldável	20mm	25mm	PVC	m	24	2,50	60,00
Torneira boia para caixa d'água	20mm	25mm	Metal	u	1	19,22	19,22
Adesivo plástico incolor	-	175g	PVC	u	1	14,05	14,05
SUB TOTAL (R\$)							1219,88

Fonte: O autor (2018).

Tabela 22 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Sistema elevatório).

Peças	Medida Nominal	Medida Comercial	Mat.	Un.	Qtd.	V. unit. (R\$)	Total (R\$)
Joelho soldável de 90°	25mm	32mm	PVC	u	1	1,53	1,53
Tubo soldável	25mm	32mm	PVC	m	2	5,35	10,70
Registro de gaveta	25mm	32mm	Metal	u	1	58,33	58,33
Adaptador soldável com flange	25mm	32mm	PVC	u	1	16,76	16,76
Luva soldável com rosca e bolsa	25mm x 25mm	32mm x 32mm	PVC	u	1	3,04	3,04
Nipe roscável	25mm	32mm	PVC	u	2	5,10	10,20
Adaptador soldável com rosca e bolsa	20mm x 25mm	25mm x 32mm	PVC	u	1	1,65	1,65
Tubo soldável	20mm	25mm	PVC	m	24	2,50	60,00
Joelho soldável de 90°	20mm	25mm	PVC	u	3	0,59	1,77
Adaptador soldável com flange	20mm	25mm	PVC	u	1	13,31	13,31
Registro de gaveta	20mm	25mm	Metal	u	1	33,90	33,90
Valvula de retenção	20mm	25mm	PVC	u	1	54,70	54,70
Adesivo plástico incolor	-	175g	PVC	u	1	14,05	14,05
Veda rosca	-	18mmx10m	Fita	u	1	3,00	3,00
Motobomba centrífuga elétrica	-	0,25cv	Metal	u	1	550,00	550,00
SUB TOTAL (R\$)							832,94

Fonte: O autor (2018).

Tabela 23 - Levantamento do quantitativo e estimativa de custos (Reservatório inferior).

<b>Descrição</b>	<b>Un.</b>	<b>Qtd.</b>	<b>V. unit. (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Escavação manual em solo de 1ª categoria	m <sup>3</sup>	76,4	85,15	6505,46
Apiloamento de fundo com soquete	m <sup>2</sup>	19,2	14,85	285,12
Lastro de concreto magro com e = 8cm	m <sup>3</sup>	1,5	249,26	383,86
Armadura de aço CA-50 Ø ≥ 12,5mm	kg	1058,5	7,57	8012,85
Forma e desforma de madeira	m <sup>2</sup>	126	46,09	5807,34
Fornecimento e lançamento de concreto fck=20Mpa	m <sup>3</sup>	25,2	292,61	7373,77
Impermeabilização por cristalização	m <sup>2</sup>	95,9	22,91	2197,07
Tampa metálica para o reservatório	u	4	106,89	427,56
<b>SUB TOTAL (R\$)</b>				<b>30993,03</b>

Fonte: O autor (2018).

Sendo assim, utilizando como base as tabelas 20, 21, 22 e 23 descritas anteriormente, desenvolveu-se a tabela 24, que estima o valor total que será gasto com materiais, se o projeto de aproveitamento de água da chuva for implantado.

Tabela 24 - Estimativa de custo total do sistema.

<b>Descrição</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Setor de Captação	4306,31
Rede de Distribuição	1219,88
Sistema Elevatório	832,94
Reservatório Inferior	30993,03
<b>SUB TOTAL (R\$)</b>	<b>37352,16</b>

Fonte: O autor (2018).

Portanto, conforme os valores apresentados pela tabela 24, estima-se que para a execução do projeto de aproveitamento de água pluvial para a edificação em estudo, deverão ser investidos aproximadamente R\$ 37.352,16 (Trinta e sete mil trezentos e cinquenta e dois reais e dezesseis centavos). Assim, considerando o valor pago atualmente na tarifa de água e que vai ser economizado R\$ 59,50 (Cinquenta e nove reais e cinquenta centavos) por mês com a utilização do sistema, o valor investido será recuperado em um período de retorno de 52 anos.

## 6 CONCLUSÃO

De acordo com o cenário ambiental desfavorecido e imprevisível que o planeta se encontra, torna-se de grande importância a utilização de recursos sustentáveis com o objetivo de diminuir os impactos que o homem pode causar ao ambiente e que o ambiente pode causar ao homem.

Logo, os sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva são exemplos significativos dos recursos sustentáveis, pois pode atuar de maneira colaborativa ao ambiente e ao ser humano. A utilização desse sistema, poderá fornecer água de maneira mais contínua em regiões que se encontram em crises hídricas ou que possuam menores fornecimentos de água potável e, sobretudo, contribuir principalmente para a preservação de rios e lagos, por meio da redução do consumo de água potável que se obtém ao utilizar este recurso sustentável.

Diante deste cenário, o presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentou um projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para a edificação religiosa da igreja Salão do Reino das Testemunhas de Jeová, onde se este projeto for implantado, tornará a edificação mais sustentável, reduzindo o consumo de água potável e, conseqüentemente, colaborando com a saúde do meio ambiente.

Para o desenvolvimento do estudo, foram feitas análises hidrológicas fundamentais para a realização de cálculos preliminares que, apresentaram para o município de Paraguaçu-MG, uma intensidade de precipitação equivalente a 164,66 mm/h e definiram que a cobertura do edifício em estudo possui uma área de contribuição de 222,46 m<sup>2</sup>, capaz de gerar uma vazão de projeto de 610,50 litros de água a cada minuto.

Dessa forma, através dos valores estimados de consumo de água potável e não potável, denota-se que, para a edificação em estudo, mais de 67% do volume de água potável gasto atualmente pode ser economizado fornecendo água da chuva nos pontos de utilização que não necessitam de água potável, indicando resultados promissores, no que se refere à implantação do sistema no edifício.

E o fato da edificação demonstrar uma demanda de água potável menor do que a demanda de água não potável, ocorre em razão dela ser utilizada para fins religiosos, que permite que o local fique isento de gastos gerados por chuveiros, lavagem de roupas, de carros e até mesmo de grandes volumes de louças.

Por conseguinte, a partir da vazão de projeto encontrada, gerada pela área de contribuição, foi possível dimensionar todas as calhas e condutores que compõem o projeto e, seguidamente, utilizando a área de captação existente e os índices de precipitação média

mensal, dimensionou-se um reservatório inferior com capacidade para armazenar um volume de 44 m<sup>3</sup> de água pluvial. Na sequência, determinou-se o sistema elevatório e, por fim, toda a rede de distribuição de água não potável que a edificação deverá portar.

Depois de realizado todo o dimensionamento e da elaboração do projeto, desenvolveu-se o levantamento do quantitativo de todos os materiais que deverão ser utilizados em sua execução, que através deste pode-se estimar que para a implantação do sistema a igreja precisará fazer um investimento de aproximadamente R\$ 37.352,16, onde este valor será recuperado em um período de retorno de 52 anos.

Dessa maneira, não é recomendado levar em consideração somente o período de retorno para a implantação do sistema, pois se pensar apenas nisto, não valerá a pena o investimento. Então, o que se deve dar mais importância neste tipo de projeto, é a preservação do recurso hídrico, pois nos dias de hoje, a água é um elemento fundamental para a sobrevivência das pessoas. E, como ocorreu eventos passados de grande seca, a água deve ser preservada, pois não é possível saber o que vai acontecer no futuro.

Portanto, conclui-se que a edificação religiosa da igreja Salão do Reino das Testemunhas de Jeová está totalmente apta a receber um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, pois, ao utilizar o sistema, muitos litros de água potável poderão ser economizados e, conseqüentemente, o local se tornará mais colaborativo com o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Alexandre de Oliveira e et al (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005. 833 p.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

AQUESOL. **Filtros**. Disponível em: <[http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro\\_VF1.png](http://www.aquesol.com/editor/Image/filtro_VF1.png)>. Acesso em: 15 abr. 2018.

ARNT, Ricardo. **Clara água cara água**. Revista Super interessante, São Paulo, ano 9, nº 5, p. 47-51, maio. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12213**: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12214**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12217**: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14800**: Reservatório com corpo em polietileno, com tampa em polietileno ou em polipropileno, para água potável, de volume nominal até 2000L (inclusive) - Instalação em obra. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

CASA DA SUSTENTABILIDADE. **D2F Engenharia implanta sistema de aproveitamento de água da chuva**. Disponível em: <<https://casadasustentabilidade.wordpress.com/2016/03/21/d2f-engenharia-implanta-sistema-de-aproveitamento-da-agua-de-chuva-2/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

COGERH. **Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos**. Disponível em: <<http://www.cogerh.com.br>>. Acessado em: 31 mar. 2018.

COIMBRA, Roberto; ROCHA, Ciro Loureiro; BEEKMAN, Gertian Berndt. **Recursos Hídricos: conceitos, desafios e capacitação**. – Brasília, DF: ANEEL, 1999.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006.

FIESP. **Conservação e Reuso da água em Edificações**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

GHSI, E. **A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

GONÇALVES, O. M.; PRADO, R. T. A.; ILHA, M. S.O.; AMORIM, S.; OLIVEIRA, L. H.; PETRUCCI, A. L.; MARTINS, G. A.; PULICI, C. **Execução e Manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais**. Editora PINI. São Paulo, 2000.

GOOGLE MAPS. **Paraguacu-MG**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/Paragua%C3%A7u+-+MG,+37120-000/@21.5801592,-45.914375,10.21z/data=!4m5!3m4!1s0x94ca654244f09dbf:0xa8e5ef67aa29c897!8m2!3d-21.5679739!4d-45.7142063>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água de Chuva**. Editora Organic Trading, 1ª Edição, Curitiba, 2002.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paraguacu/panorama>>. Acesso em: 12 mai. 2018.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; CARDOSO, Cleverson Gomes. **Índices de desperdício de água em edifícios residenciais multifamiliares de Goiânia**. 2002. Disponível em: <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002\\_1887\\_1896.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2002/Artigos/ENTAC2002_1887_1896.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2018.

OLIVEIRA, Lúcia Helena de; GONÇALVES, Orestes Marraccini. **Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. 1999. 1 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <[http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE\\_Água-BT\\_Oliveira.pdf](http://www.sef.usp.br/wp-content/uploads/sites/52/2015/08/PUERHE_Água-BT_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2018.

RODRIGUES, José Carlos Moreira Resende. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2018.

**SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.** Disponível em: < <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 14 out. 2018.

**TOMAZ, Plínio. Aproveitamento da Água de Chuva.** São Paulo: Navegar, 2003.

**ANEXO A - Projeto arquitetônico da edificação**

**ANEXO B - Projeto de aproveitamento de água pluvial da edificação**