

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JENNIFER GERALDO ARAÚJO**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A  
ESCOLA MUNICIPAL CIRANDINHA DA CIDADE DE ELÓI MENDES/MG**

**Varginha- MG  
2020**

**JENNIFER GERALDO ARAÚJO**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A  
ESCOLA MUNICIPAL CIRANDINHA DA CIDADE DE ELÓI MENDES/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso II, apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof.<sup>a</sup> Ms. Ivana Prado de Vasconcelos.

**VARGINHA - MG  
2020**

**JENNIFER GERALDO ARAÚJO**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA A  
ESCOLA MUNICIPAL CIRANDINHA DA CIDADE DE ELÓI MENDES/MG**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

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

---

Prof<sup>ª</sup>. Ms. Ivana Prado de  
Vasconcelos

---

Membro da Banca Examinadora 1

---

Membro da Banca Examinadora 2

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos que sempre me apoiaram e me ajudaram no alcance desta conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

A minha família, especialmente, meu pai Silvio e minha mãe Edmea, que juntos me proporcionaram a realização deste sonho e me incentivaram o tempo todo nos momentos difíceis.

Aos meus irmãos, Jeissy Kelly e Jack Wesley, e minha cunhada Ana Flávia: obrigada pelo apoio, torcida e paciência.

A minha orientadora Ivana pelas orientações, apoio e paciência ao longo dessa jornada.

Agradeço também, a todos os professores que contribuíram repassando o seu conhecimento e aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charles Chaplin

## RESUMO

Sistemas de aproveitamento de água da chuva são ferramentas com elevada capacidade de amenizar inundações, de combater a falta de água e de diminuir gastos financeiros, além de contribuir de maneira significativa para a preservação do meio ambiente. O presente trabalho tem como intuito apresentar um projeto aproveitamento de água pluvial para fins não potável na Escola Municipal Cirandinha, no município de Elói Mendes/MG, sendo destinada para as descargas de bacia e lavagem dos pátios. Fez-se necessário estabelecer parâmetros conforme normas regulamentadoras e pesquisas bibliográficas, a fim de obter conhecimentos teóricos para a construção do mesmo. Desenvolveu-se por meio de análises hidrológicas e da capacidade da cobertura de captar águas pluviais o dimensionamento de calhas, condutores e reservatórios para utilização destas águas na escola. Através destes dados, realizou-se o armazenamento da água pluvial por meio de bombeamento até o reservatório elevado e sua distribuição para utilização. O projeto contempla como resultados a apresentação do desenho técnico detalhando o sistema de aproveitamento de água pluvial, memoriais descritivo e de cálculo, bem como a especificação de materiais e serviços para sua execução. Dessa maneira após realizar o projeto foi elaborado seu custo estimado, que resultou numa proposta de R\$ 60.196,91 para sua implantação.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de Água Pluvial. Sustentabilidade. Análises Hidrológicas.

## ABSTRACT

*Rainwater harvesting systems are tools with a high capacity to mitigate floods, to combat water shortages and to reduce financial expenses, in addition to contributing significantly to the preservation of the environment. The present work aims to present a project to use rainwater for non-potable purposes at the Municipal School Cirandinha, in the municipality of Elói Mendes / MG, destined for the basin discharges and washing of the yards. It was necessary to establish parameters according to regulatory norms and bibliographic research, in order to obtain theoretical knowledge for the construction of the same. The design of gutters, conductors and reservoirs for the use of these waters at school was developed through hydrological analyzes and the ability of the roof to capture rainwater. Through this data, rainwater was stored by pumping it up to the elevated reservoir and its distribution for use. The project includes as results the presentation of the technical drawing detailing the rainwater utilization system, descriptive and calculation memorials, as well as the specification of materials and services for its execution. Thus, after carrying out the project, its estimated cost was prepared, which resulted in a proposal of R \$ 60.196,91 for its implementation.*

**Keywords:** *Use of Rainwater, Sustainability, Hydrological Analysis.*



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fachada da escola .....	15.
Figura 2 - Área ocupada e desocupada .....	16.
Figura 3 - Planta baixa .....	16.
Figura 4 - Localização da escola .....	17.
Figura 5 - Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Elói Mendes/MG .....	31.
Figura 6 - Área de cobertura do bloco 1 .....	32.
Figura 7 - Área de cobertura do bloco 2 .....	32.
Figura 8 - Calhas localizadas no bloco 1 .....	35.
Figura 9 - Localização dos condutores verticais no bloco 1 .....	37.
Figura 10 - Localização dos condutores verticais no bloco 2 .....	38.
Figura 11 - Posicionamento do reservatório inferior .....	40.
Figura 12 - Posicionamento do reservatório inferior pelo google earth .....	41.
Figura 13 - Área disponível para os reservatórios .....	43.
Figura 14 - Gráfico Nphs requerido .....	46.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Precipitação mensal de janeiro de 2009 até fevereiro de 2020 (mm) .....	18.
Tabela 2 - Determinação do período de retorno .....	19.
Tabela 3 - Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ ....	21.
Tabela 4 - Capacidade dos condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min) .....	22.
Tabela 5 - Acréscimo de potência recomendável .....	26.
Tabela 6 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.....	27.
Tabela 7 - Velocidades e vazões máximas em encanamento prediais .....	27.
Tabela 8 - Cálculo de precipitação média mensal em Varginha/MG(mm).....	30.
Tabela 9 - Estimativa de demanda semanal de água não potável.....	34.
Tabela 10 - Comprimento dos condutores verticais ,localizados no bloco 1 .....	38.
Tabela 11 - Comprimento dos condutores verticais ,localizados no bloco 2 .....	38.
Tabela 12 - Dimensionamento de condutor vertical .....	39.
Tabela 13 - Dimensionamento de condutor vertical.....	39.
Tabela 14 - Dimensionamento de condutor horizontais.....	41.
Tabela 15 - Comprimento equivalente de seção ( $D_s=25\text{mm}$ ) .....	45.
Tabela 16 - Comprimento equivalente de recalque ( $D_r=32\text{mm}$ ).....	45.
Tabela 17 - Dimensionamento rede de distribuição .....	47.
Tabela 18 - Planilha orçamentária .....	51.

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Cálculo da vazão para calha (bloco 1) .....	36.
Quadro 2 - Cálculo da vazão para calha (bloco 2).....	36.
Quadro 3 - Estimativa de volume aproveitável de precipitação .....	42.
Quadro 4 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	43.
Quadro 5 - Modelo da bomba.....	46.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>3 BREVE DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Apresentação dos dados estudados .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Análise dos dados estudados .....</b>	<b>17</b>
<b>4 PROJETO TÉCNICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Memorial descritivo.....</b>	<b>18</b>
4.1.1 Estimativa de precipitação média mensal.....	18
4.1.2 Definição da intensidade de precipitação .....	18
4.1.3 Área de contribuição.....	19
4.1.4 Vazão de projeto .....	20
4.1.5 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável .....	20
4.1.6 Dimensionamento das calhas.....	21
4.1.7 Condutores verticais .....	21
4.1.8 Condutores horizontais .....	22
4.1.9 Volume aproveitável da precipitação média anual mensal .....	23
4.1.10 Dimensionamento dos reservatórios.....	23
4.1.10.1 Método de Rippl .....	23
4.1.11 Dimensionamento do sistema elevatorio.....	15
4.1.12 Dimensionamento do sistema de distribuição .....	26
4.1.13 Elaboração do projeto tecnico .....	28
4.1.14 Especificações de materiais e serviços .....	28
4.1.15 Quantitativo de materiais e estimativa de custos.....	15
<b>5 MEMORIAL DE CÁLCULO .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Estimativa de precipitação média mensal .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 Cálculo da intensidade de precipitação .....</b>	<b>30</b>
<b>5.3 Cálculo da área de contribuição.....</b>	<b>31</b>
<b>5.4 Cálculo da estimativa de demanda de água não potável.....</b>	<b>34</b>
<b>5.5 Caracterização e verificação do sistema pluvial predial.....</b>	<b>35</b>
5.5.1 Sistema existente .....	35
5.5.1.1 Calha.....	35
5.5.1.2 Conductor Vertical .....	37
5.5.1.3 Dimensionamento condutores horizontais.....	40
5.5.1.4 Volume aproveitável da precipitação média anual mensal .....	42
5.5.1.5 Dimensionamento dos reservatórios.....	42
5.5.1.6 Dimensionamento do sistema elevatorio .....	44
5.5.1.7 Dimensionamento do sistema de distribuição.....	47
<b>5.6 Especificações de materiais e serviços .....</b>	<b>48</b>
5.6.1 Tubulações e conexões .....	48
5.6.2 Filtros.....	48

5.6.3 Reservatorios .....	48
5.6.4 Bomba Centrífuga .....	49
5.6.5 Escavação.....	49
<b>6 QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS.....</b>	<b>50</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas verificou-se um crescimento acelerado da urbanização em decorrência do alto crescimento das indústrias e da mecanização dos processos produtivos no meio rural. Em virtude deste fenômeno as áreas urbanas vêm aumentando de forma exponencial, criando uma demanda de utilização de recursos hídricos cada vez maior. Outro problema observado, é o acréscimo de equipamentos domésticos que se utilizam de água para o seu funcionamento, como lava-louça, jatos d'água, etc. Estes equipamentos vêm aumentando o consumo individual de água.

Em virtude destes dados, os profissionais da área de saneamento básico vêm tentando minimizar este impacto, através do uso racional dos recursos hídricos que engloba a captação, dimensionamento de reservatórios e redes, utilização e a destinação correta tanto para reuso como para descarte de esgoto.

É importante que a sociedade se conscientize sobre a necessidade de preservação da água, buscando recursos através de um sistema de captação de águas pluviais. Esse sistema consiste na captação de água das chuvas, que é tratada para ser reaproveitada na jardinagem e em aparelhos sanitários.

Portanto, o seguinte trabalho busca elaborar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, de modo que o mesmo atenda a demanda estipulada de acordo com os usos encontrados na Escola Municipal cirandinha, localizado no município de Elói Mendes/MG.

Por apresentar uma grande área contribuinte e considerável intensidade média de precipitação, a implantação de um sistema de aproveitamento se mostra atraente, uma vez que poderá implicar na economia de água potável, a consequente redução de gastos e o aproveitamento do volume precipitado na região, que até o momento é desperdiçado.

Para que se alcance o objetivo geral do trabalho, que é a elaboração do projeto de aproveitamento de água pluvial na escola, foram determinados objetivos específicos como o desenvolvimento de uma metodologia com parâmetros e métodos de dimensionamento do sistema de captação e de distribuição de água pluvial, a realização propriamente dita dos dimensionamentos, foi elaborado o projeto técnico de captação e aproveitamento de água pluvial, o levantamento da quantidade de materiais, suas especificações e o orçamento geral dos itens utilizados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo e desenvolver um projeto de captação e aproveitamento da água pluvial na Escola Municipal Cirandinha localizada no município de Elói Mendes, Minas Gerais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver uma revisão bibliográfica;
- Determinar o local de estudo;
- Levantar os dados da área referida;
- Realizar a análise hidrológica do local;
- Dimensionar os componentes do sistema de escoamento pluvial;
- Dimensionar reservatório;
- Dimensionar o sistema de distribuição para a água aproveitada.
- Especificar materiais e serviços.
- Apresentar estimativa de custo.

### 3 BREVE DIAGNÓSTICO

#### 3.1 Apresentação dos dados estudados

A edificação em estudo trata-se da Escola Municipal Cirandinha, localizada na Praça do Rosário, no bairro Rosário em Elói Mendes/MG (figura 1). A escola apresenta uma área de terreno 2351,60 m<sup>2</sup>, o edifício é composto por 2 blocos, totalizando uma área construída de 952,91 m<sup>2</sup> apresentada na figura 2, onde estão distribuídas em 9 salas de aula, biblioteca, sala da supervisão, sala de direção, sala dos professores, secretaria, sala de arquivo, sala de orientação, cozinha, dispensa, consultório odontológico, laboratório de informática, refeitório, área de serviço e banheiros. Já as plantas baixas apresentadas pelas figuras 3 (Bloco 1) e 4 (Bloco 2).

A escola tem funcionamento em dois períodos (manhã, tarde), recebendo 235 pessoas ao todo, no qual 209 são alunos do ensino regular e pré-escola (4 e 5 anos) e 26 são funcionários, seu horário de funcionamento é de segunda-feira a sexta-feira, das 07h00min às 17h00min.

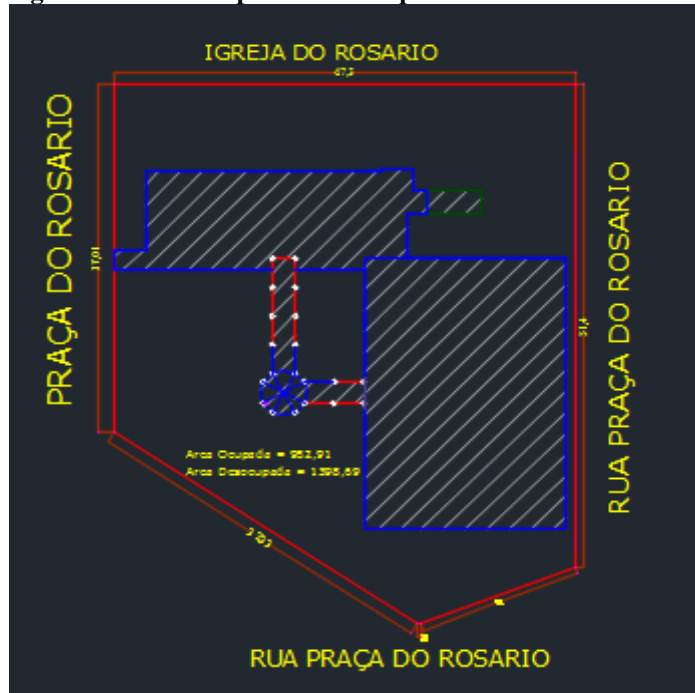
**Figura 1 - Fachada da escola.**



Fonte: A autora (2020).

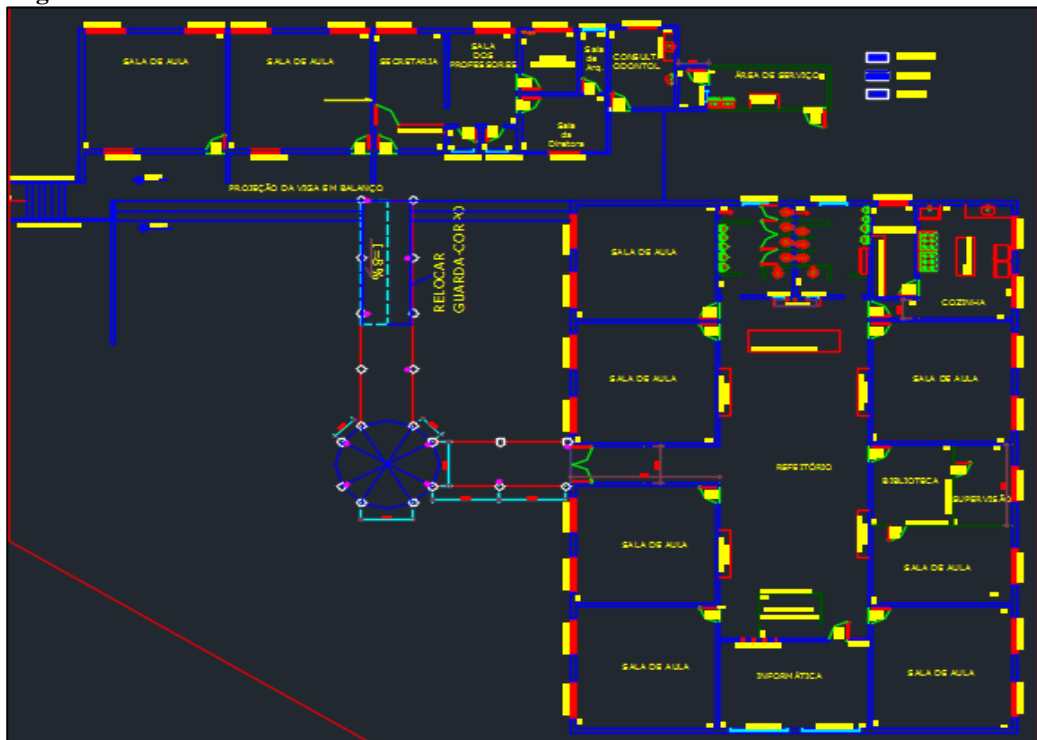


**Figura 2 - Área Ocupada e Desocupada.**



Fonte: A autora (2020).

**Figura 3 – Planta baixa.**



Fonte: Prefeitura Municipal de Elói Mendes.

Para o estudo da pesquisa foi utilizado a instalação de toda área da escola, onde fica os blocos 1 e 2 demonstrado na figura 4.

**Figura 4 – Localização da escola.**



Fonte: Google Maps.

### **3.2 Análise dos dados estudados**

Foi possível analisar o sistema de aproveitamento de água pluvial e apresentar a estrutura existente da edificação estudada, os componentes existentes do sistema, são:

**Calhas:** Onde a cobertura do ofício já possui calhas de beiral com seção moldura e dimensões 13 x 9 cm (largura x altura), foi realizado a verificação da calha onde atendeu aos requisitos exigidos para a elaboração do sistema

**Condutores Verticais:** A edificação já conta com os condutores verticais com dimensões 10 x 5cm (largura x altura), fazendo necessário a verificação sistema existente de drenagem pluvial.

**Condutores Horizontais:** A edificação não possui condutores horizontais, com isso será necessário o dimensionamento dos condutores horizontais.

Foram utilizados dados históricos do município de Varginha, pois não foi possível encontrar dados de Elói Mendes. O mês de janeiro apresentou maior média mensal de precipitação no município. Através da utilização do software plúvio calcula-se a estrutura hidráulica para a drenagem pluvial.

A princípio foi necessário de um volume de 139,82 m<sup>3</sup>; baseados no consumo mensal, e diante dos parâmetros de engenharia propostos, verificou-se, que a área de contribuição de 1026,97 m<sup>2</sup> juntamente com a intensidade pluviométrica mensal para a cidade de Elói Mendes, garantem que esse volume de água seja captado.

## 4 PROJETO TÉCNICO

### 4.1 Memorial descritivo

#### 4.1.1 Estimativa de precipitação média mensal

Para realizar o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial, é importante analisar os dados históricos quanto à precipitação no local de estudo, podendo ser encontrados dados anuais, mensais, diários ou até mesmo horários.

Com esses dados, foi possível estimar o volume de precipitação média da região. Instituições como a Agência Nacional das Águas – ANA (2020) e o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2020), através de estações meteorológicas, realizam medições referentes a diversos fenômenos naturais que atuam em determinada região.

Por não ser possível encontrar dados da cidade de Elói Mendes/MG, foram utilizados registros de janeiro de 2009 a fevereiro de 2020 do município de Varginha/MG, fornecidos pela Fundação Procafé, de acordo com a tabela 1 a seguir.

**Tabela 1 - Precipitação mensal de janeiro de 2009 até fevereiro de 2020 (mm),**

<b>Mês</b>												
<b>Ano</b>	<b>Jan.</b>	<b>Fev.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Abr.</b>	<b>Mai.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Ago.</b>	<b>Set.</b>	<b>Out.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dez.</b>
<b>2009</b>	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
<b>2010</b>	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
<b>2011</b>	338,2	90,4	261	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	121,2	110	225,8
<b>2012</b>	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
<b>2013</b>	419,2	221,6	161	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
<b>2014</b>	47,6	12,8	117,8	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
<b>2015</b>	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
<b>2016</b>	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170,8	160,6
<b>2017</b>	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
<b>2018</b>	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
<b>2019</b>	164,6	298	193,2	62	81	5,4	8,4	18,8	85,6	51,6	151,6	273,6
<b>2020</b>	220	503,8										

Fonte: (Adaptado de Fundação Procafé 2020).

#### 4.1.2 Definição da 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 1, obter as precipitações para várias regiões do Brasil.

$$Im = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

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.

Os parâmetros *K*, *a*, *b*, *c* são fornecidos pelo software Plúvio. Já os parâmetros *T* e *t* são encontrados na NBR 10844 (ABNT, 1989). Segundo a ABNT (1989), o valor da duração da precipitação (*t*) é fixado em 5 minutos. Já o período de retorno (*T*) é obtido de acordo com a área a ser drenada, conforme tabela 2 a seguir.

**Tabela 2 - Determinação do período de retorno.**

Características da área a ser drenada	T (anos)
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, NBR 10844 ABNT, 1989).

#### 4.1.3 Área de contribuição

Conforme Gonçalves (2006), a área de captação pode ser o telhado ou a superfície do solo, o mais comum é a utilização da captação dos telhados que podem ser de diferentes materiais como de telhas cerâmicas, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou ainda laje impermeabilizada com manta asfáltica.

Segundo a ABNT NBR 10844 (1989), o cálculo para a área de contribuição para captação da água de chuva deve considerar os incrementos devido à inclinação do telhado e as paredes que interceptam água de chuva que também devem ser drenadas pela cobertura.

Com a análise do projeto arquitetônico e através de visitas técnicas realizadas na escola,

foram reunidos dados quanto a área de cobertura e respectiva inclinação, e assim desenvolvidos os cálculos de determinação da área contribuinte.

Para isso, serão utilizadas fórmulas normativas da NBR 10844 (ABNT, 1989) para superfície inclinada (b), é apresentada na equação 2.

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

Onde:

A - área da superfície inclinada, em metro quadrado (m<sup>2</sup>);

a - largura horizontal de uma água do telhado, em(m);

h - altura do telhado, em metro (m);

b - comprimento horizontal do telhado, em metro (m).

#### 4.1.4 Vazão de projeto

Quando ocorrem 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 fórmula 3:

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

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>).

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

Tomaz (2009c) estima que o consumo para bacias sanitárias seja de 6,0 a 15,0 L/descarga, para lavagem de pátios comuns de 2,0 L/m<sup>2</sup> x dia, para rega de jardins comuns de 2,0 L/m<sup>2</sup> x dia e para a lavagem de carros de 150 L/lavagem. Além disso, o autor também estima uma frequência aproximada de utilização de bacias sanitárias de 1 a 6 vezes/dia para escolas e

prédios de escritórios, jardins geralmente são regados de 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana e pátios geralmente são lavados também de 1 vez a cada 15 dias a 2 vezes/semana. Em caso de pátios de refeitórios, a limpeza é realizada diariamente. Para lavagem de carros, estima-se uma frequência de 4 vezes/mês.

Logo, o volume armazenado pelo reservatório foi destinado ao uso em descargas de bacias sanitárias e para lavagem de pátios, sendo considerado um consumo de 9,0 L/descarga e 2,0 L/ x dia, para os respectivos usos. Foi considerada a frequência de utilização de bacias sanitárias como sendo 1 vezes/dia por pessoa, que a lavagem de pátios foi realizada 1 vez a cada 15 dias

#### 4.1.6 Dimensionamento das calhas

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) a calha é definida como um “canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino”. A norma apresenta três tipos distintos de calhas: a calha de água furtada, a calha de beiral e a calha de platibanda.

A tabela 3 fornece as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade  $n=0,011$  para determinados valores de declividade. Através da fórmula de Manning-Strickler, foram calculados valores para lâmina de água igual à metade do diâmetro interno.

**Tabela 3-Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade  $n=0,011$  (Vazão em L/min).**

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

#### 4.1.7 Condutores verticais

A NBR 10844 (ABNT, 1989) determina que os condutores verticais devem ser projetados em uma só prumada, sempre que possível, e quando for necessário o desvio, o mesmo deve ser feito utilizando-se curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, e serem previstas peças de inspeção. Os condutores verticais devem ser posicionados externa ou internamente ao edifício, de acordo com as considerações do projeto, do uso e da ocupação da edificação e do material dos condutores. A norma também define que o diâmetro interno

mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm.

Para o dimensionamento de condutores verticais foi utilizado o material de PVC, onde estarão conectados a montante e a jusante das calhas com a função de escoar a água que a calha recebe. Desta maneira, para definir o diâmetro desses condutores a ABNT: NBR 10844 fornece um ábaco onde encontrado a vazão de projeto e o comprimento do condutor vertical em metros.

A equação 4 permite a verificação da máxima vazão nos condutores verticais, para que trabalhem em regime de escoamento livre (Uniform Plumbing Code, 1973 *apud* VASCONCELOS, 2020).

$$Q = 0,019 \times T_o^{5/3} \times D^{8/3} \quad (4)$$

Para o cálculo do diâmetro de condutores verticais, foi considerada a vazão encontrada para cada calha e uma taxa de ocupação ( $T_o$ ) de 30%. Dessa forma, será determinado o diâmetro necessário para a condução da vazão de projeto canalizada por cada calha, sendo adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao diâmetro encontrado na equação.

#### 4.1.8 Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), condutor horizontal é o “canal ou tubulação horizontal destinado a recolher e conduzir águas pluviais até os locais permitidos pelos dispositivos legais”. Ainda segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme de valor mínimo 0,5%, sempre que possível. O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser realizado para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo. A norma traz a tabela 4, com as vazões para tubos de diversos materiais e inclinações usuais, calculadas através da fórmula de Manning-Strickler.

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

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n=0,011$				$n=0,012$				$n=0,013$			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226

3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: Adaptado de ABNT (1989).

#### 4.1.9 Volume aproveitável da precipitação média mensal

Segundo Tomaz (2009b), o melhor valor a ser adotado como coeficiente de escoamento superficial para o Brasil é  $C=0,95$ . E também mostra a fórmula que deve ser utilizada para encontrar o volume, que será aproveitável aplicando o coeficiente de *runoff*, através da equação 5:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (5)$$

Onde:

$V$  - é o volume da cisterna em litros;

$P$  - 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 *runoff* do telhado (adimensional);

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

#### 4.1.10 Dimensionamento dos reservatórios

Segundo Tomaz (2010c), o dimensionamento de reservatórios de armazenamento de águas pluviais é extremamente importante, pois o volume do reservatório é o ponto mais frágil de todo o sistema, tornando-o inviável economicamente se mal dimensionado.

##### 4.1.10.1 Método de Rippl

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019) para o dimensionamento é utilizada a equação 6:

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (6)$$



Onde:

$Q(t)$  -  $C \times$  precipitação da chuva(t)  $\times A$

$V - S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo que:  $D(t) < Q(t)$ , onde:

$S(t)$  - volume de água no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q(t)$  - volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D(t)$  - demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$V$  - volume do reservatório, ( $m^3$ );

$A$  - área de captação;

$C$  - coeficiente de escoamento superficial;

#### 4.1.11 Dimensionamento do sistema elevatório

Para conduzir o volume armazenado no reservatório superior, será implantado um sistema elevatório composto por tubulações de sucção, tubulações de recalque e o conjunto motor-bomba com potência suficiente para impulsionar a água, de forma que está se eleve e vença toda a altura geométrica do sistema.

Como o regime de funcionamento do conjunto é contínuo, portanto, para que todo o conjunto elevatório seja dimensionado, Netto (2010), destaca a seguinte equação:

Equação 7: Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse:

Equação 8: Determinação do diâmetro de recalque com relação as horas de funcionamento do conjunto motor-bomba (Netto,2010).

$$\varnothing_{\text{recalque}} = k \times \sqrt{Q} \quad (7)$$

$$\varnothing_{\text{recalque ABNT}} = 1,3 \times X^{\frac{1}{4}} \times \sqrt{Q} \quad (8)$$

Onde:

$K$  - Coeficiente = 1,2;

$X$  - Relação entre horas de funcionamento diário e 24 h.

$D_r (\varnothing)$  - diâmetro da tubulação de recalque, em metro (m);

$Q$  - vazão passante na tubulação, em metro cúbico por segundo ( $m^3/s$ ).

Calculados os diâmetros das tubulações de sucção e de recalque, deve-se calcular a perda de carga unitária através da equação 9 de Hazen-Williams. A perda de carga localizada é determinada através da análise da tabela apresentada, onde os valores das perdas são

determinados de acordo com o diâmetro e material utilizados.

$$JUN = \frac{10,643 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \quad (9)$$

Onde:

J = JUN - perda de carga unitária, em metro por metro (m/m);

Q - vazão, em metro cúbico por segundo (m³/s);

D - diâmetro, em metro (m);

C - coeficiente de rugosidade (tabelado em função do material).

Para determinar a perda de carga total deve-se utilizar a equação 10, de forma que seja considerado o resultado encontrado na equação 8 e o comprimento total da tubulação, tanto o comprimento de tubo quanto o comprimento equivalente das peças utilizadas no sistema.

$$Hf = JUN \times L \quad (10)$$

Onde:

Hf - perda de carga total, em metro (m);

Jun = J - perda de carga unitária, em metro por metro (m/m);

L - comprimento do tubo, em metro (m).

Determinadas as perdas, calcula-se a altura manométrica que, de acordo com Tsutiya (2006), é a carga que deve ser ultrapassada pela bomba quando a água está sendo bombeada. Devem ser consideradas as alturas geométricas de sucção e recalque, as perdas de carga e as cargas cinéticas, conforme equação 11.

$$H = Hg + \Sigma \Delta Hfs + \Sigma \Delta Hfr \quad (11)$$

Onde:

H- altura manométrica, em metros (m);

Hg - altura geométrica, em metro (m);

$\Sigma \Delta Hfs$  -somatório das perdas de cargas distribuídas e localizadas na tubulação de sucção;

$\Sigma \Delta Hfr$  - somatório das perdas de cargas distribuídas e localizadas na tubulação de recalque.

Após o cálculo da altura manométrica deve-se calcular a potência da bomba. Conforme Netto (1998 apud Tomaz, 2010c), a potência dos conjuntos elevatórios é obtida pela equação 12, a qual será utilizada para dimensionar o sistema elevatório do projeto em estudo.

$$Pot(cv) = \frac{\gamma * Q \left( \frac{m^3}{s} \right) * Hm}{75 * \eta} \quad (12)$$

Onde:

$P$  - é a potência do conjunto, expressa em Horsepower (HP)  $\rightarrow$  (HP x 0,736 = KW);

$\gamma$  - é o peso específico da água = 1000 kgf/m<sup>3</sup>;

$Q$  - é a vazão, expressa em metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s);

$H_{man}$  - é a altura manométrica, expressa em metros de coluna de água (mca);

$\eta$  -  $\eta_{motor}$  x  $\eta_{bomba}$ .

De acordo com a potência calculada para o conjunto deve-se admitir certo acréscimo para os motores elétricos, conforme apresentado na tabela 5.

**Tabela 5 - Acréscimo de potência recomendável.**

Acréscimo da potência	Potência da bomba
50%	2HP
30%	2 a 5HP
20%	5 a 10HP
15%	10 a 20HP
10%	> 20HP

Fonte: Neto (1998 apud Tomaz, 2010c).

#### 4.1.12 Dimensionamento do sistema de distribuição

Para o dimensionamento da coluna, barrilete e do ramal de distribuição serão seguidas as orientações da NBR 5626 (ABNT, 2020).

Quanto ao procedimento de dimensionamento de tubulações da rede predial de distribuição, os diâmetros devem ser escolhidos em decorrência dos valores das velocidades e vazões consideradas, da limitação de ruído e meio de isolamento acústica adotado, da forma de instalação, do tipo de material especificado e da disponibilidade de perda de carga, atendendo-se às pressões dinâmicas mínimas necessárias para o funcionamento dos respectivos aparelhos sanitários com as vazões de projeto adotadas. Não há limitação para diâmetros nominais mínimos de sub-ramais e respectivos engates ou tubos de ligação.

Segundo Carvalho Junior (2013), para estimar a vazão das peças a serem atendidas na edificação será utilizada a equação 13, junto com a tabela 6 apresentando os pesos relativos usuais os quais serão utilizados para a elaboração deste trabalho.

O diâmetro das tubulações será pré-definido por meio da tabela 7 de acordo com a vazão passante na mesma e alterados se necessário.

$$Q = k \times \sqrt{P} \quad (13)$$

Onde:

Q - vazão de projeto da peça de utilização ou aparelho sanitário (L/s);

P - Em qualquer caso, a pressão dinâmica da água no ponto de utilização não pode ser inferior a 10 kPa (1 mca).

K - o fator de vazão do aparelho sanitário (  $L \cdot s^{-1} \cdot kPa^{-5}$  );

**Tabela 6- Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização.**

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

Fonte: Adaptada Junior (2013).

**Tabela 6- Velocidades e vazões máximas em encanamentos prediais.**

Diâmetro		Seção (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão máxima	
pol	mm			l/s	m <sup>3</sup> /dia
1/2	15	0,00013	1,60	0,20	17
3/4	20	0,00028	1,93	0,55	47
1	25	0,00049	2,21	1,10	95
1 1/4	30	0,00080	2,50	2,00	173
1 1/2	40	0,00112	2,73	3,00	260
2	50	0,00196	3,00	5,90	508
2 1/2	60	0,00283	3,00	8,50	734
3	75	0,00442	3,00	13,26	1146

4	100	0,00785	3,00	23,55	2035
5	125	0,01226	3,00	36,78	3178

**Fonte: Netto (1998).**

Além disso, a análise da pressão da água será feita de acordo com a vazão mínima estabelecida para cada peça, onde os limites mínimos de pressão deverão ser de 5kPa em qualquer ponto da rede em condições dinâmicas, 10 kPa na torneira de jardim e de 15 kPa nos pontos de válvulas de descarga para bacia sanitária. Considerou-se a velocidade máxima permitida em tubulações como inferior a 3 m/s e perda de carga não superior a 0,08 m/m.

#### 4.1.13 Elaboração do projeto técnico

De posse dos resultados obtidos no dimensionamento dos sistemas, das visitas e entrevistas para coleta de dados e do projeto arquitetônico apresentado no anexo em DWG. Foi elaborado o projeto técnico. Este será desenvolvido no software AutoCad e posteriormente apresentado, possibilitando uma visão mais detalhada do projeto, indicando toda a dimensão do sistema e de seus componentes, como o posicionamento de calhas, condutores, reservatórios e demais elementos participantes do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial da escola Municipal Cirandinha.

#### 4.1.14 Especificações de materiais e serviços

Após a realização do dimensionamento do sistema, projeto técnico, levantamento dos quantitativos de materiais e a estimativa de custos, serão especificados os tipos de materiais e serviços a serem utilizados e realizados na execução deste projeto.

#### 4.1.15 Quantitativo de materiais e estimativa de custos

Finalizados os cálculos e a elaboração do projeto hidráulico com todo o detalhamento do sistema, serão levantados os quantitativos de materiais de acordo com os elementos a serem implantados na execução do mesmo. Através do quantitativo de materiais, será apurado o valor de cada componente contabilizado, conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), a planilha referencial de preços da Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais (SETOP) para as obras de edificação e através de cotações por empresas vias telefone ou internet .

Dessa forma, é possível estimar o valor total a ser investido para que o projeto desenvolvido seja executado.

## 5 MEMORIAL DE CÁLCULO

### 5.1 Estimativa de precipitação média mensal

Através dos valores apresentados pela série histórica de precipitação na cidade de Varginha/MG (ver item 4.1.1, tabela 1), foi elaborada a tabela 7, que utilizou o método da média aritmética para determinar os valores da precipitação média mensal para cada mês do ano.

**Tabela 7 - Cálculo da Precipitação média mensal em Varginha/MG (mm).**

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Ano												
<b>2009</b>	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
<b>2010</b>	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
<b>2011</b>	338,2	90,4	261	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	121,2	110	225,8
<b>2012</b>	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
<b>2013</b>	419,2	221,6	161	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
<b>2014</b>	47,6	12,8	117,8	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
<b>2015</b>	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
<b>2016</b>	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170,8	160,6
<b>2017</b>	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
<b>2018</b>	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
<b>2019</b>	164,6	298	193,2	62	81	5,4	8,4	18,8	85,6	51,6	151,6	273,6
<b>2020</b>	220	503,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\Sigma$	2789,4	2033,4	1842,3	616,5	434,6	373,7	134,6	238,2	729,5	1003,6	1866	2374,4
<b>Média</b>	232,45	169,45	167,482	56,0455	39,5091	33,9727	12,2364	21,6545	66,3182	91,2364	169,636	215,855



**Fonte: Adaptado de Fundação Procafé (2020).**

De acordo com os resultados apresentados na tabela 7, constata-se que o mês de janeiro apresenta a maior média mensal de precipitação no município, enquanto o mês de julho apresenta o menor resultado. Tal análise é importante para o cálculo do volume de reservatório de armazenamento.

### 5.2 Cálculo de intensidade de precipitação

Para calcular a intensidade de precipitação no município de Elói Mendes/MG, foi utilizada a equação de Intensidade, Duração e Frequência (IDF) de precipitação e os valores de (K, a, b, c), informados pelo software Plúvio 2.1, conforme apresentado na figura 5.

**Figura 5 - Parâmetros para cálculo da Intensidade de precipitação em Elói Mendes/MG.**

 <span style="font-size: 2em; font-weight: bold; color: blue;">Plúvio 2.1</span>  Copyright (2005) © GPRH	
<b>RELATÓRIO</b>	
<b>Parâmetros da Equação de Intensidade, Duração e Frequência da Precipitação</b>	
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	
<b>Localidade:</b> Elói Mendes	<b>Estado:</b> Minas Gerais
<b>Latitude:</b> 21°36'36"	
<b>Longitude:</b> 45°33'55"	
<b>PARÂMETROS DA EQUAÇÃO:</b>	
<b>K:</b> 4262,090	
<b>a:</b> 0,209	
<b>b:</b> 23,324	
<b>c:</b> 1,067	
<b>MAPA DE LOCALIZAÇÃO:</b>	

Fonte: Software Plúvio 2.1 (2020-Estado de Minas Gerais).

Considerando um período de retorno de 5 anos e uma duração de 5 minutos, de acordo com a NBR 10844:1989 (ABNT, 1989), calcula-se então a intensidade de precipitação para o município de Elói Mendes/MG, demonstrada abaixo:

$$I_m = \frac{4262,090 \times 5^{0,209}}{(5 + 23,324)^{1,067}} = 176,5 \text{ mm/h} \quad (14)$$

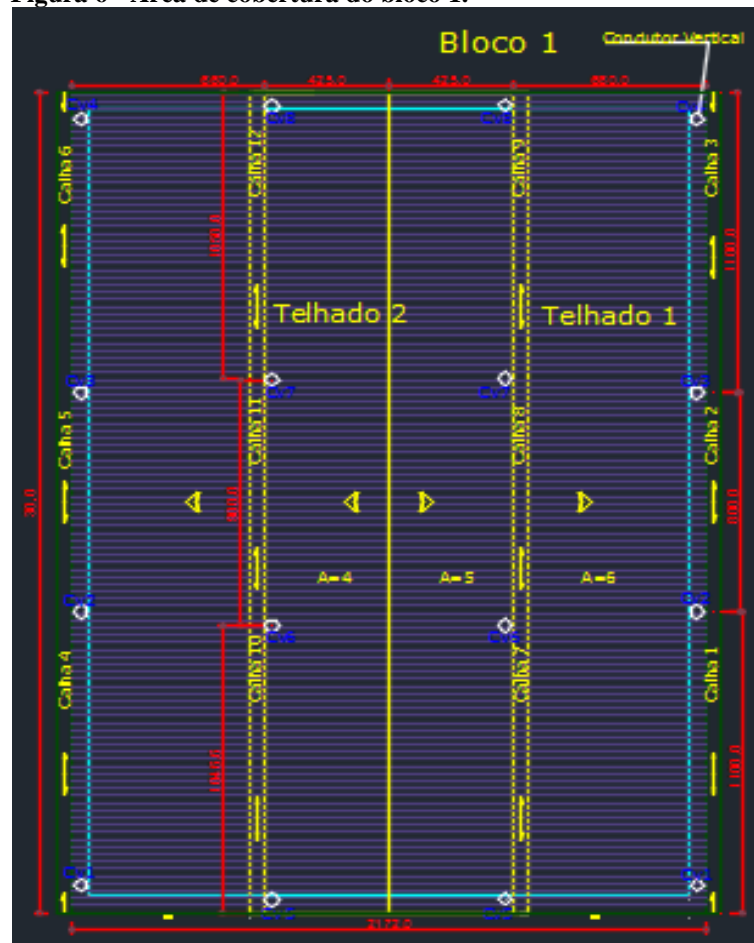
Adquirindo o valor da intensidade de precipitação, resta calcular a área de contribuição, e assim será possível determinar a vazão de projeto das coberturas em estudo.

### 5.3 Cálculo da área de contribuição

Através de visitas técnicas no local de estudo e da análise do projeto arquitetônico, foram abordados dados referentes às dimensões das coberturas, que permitiram a realização dos cálculos da área de contribuição (ver item 4.1.3). De acordo com dados estipulados no local foi projetada a planta de cobertura das edificações (Figura 6 e Figura 7) para chegar à área total contribuinte.

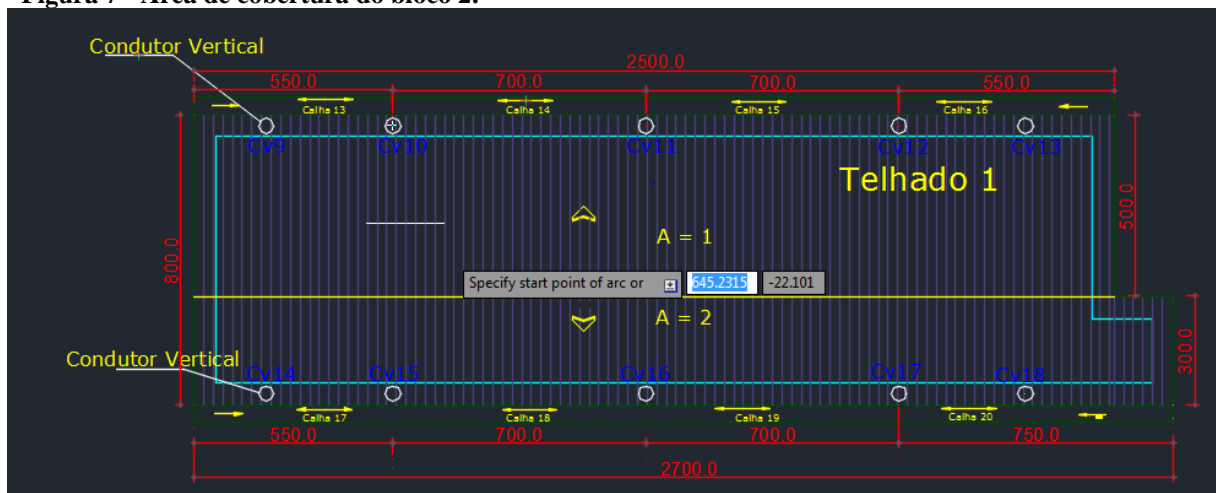


Figura 6 - Área de cobertura do bloco 1.



Fonte: A autora (2020).

Figura 7 - Área de cobertura do bloco 2.



Fonte: A autora (2020).

**BLOCO 1****TELHADO 1**

$$\text{Declividade} = \left( \frac{2,18}{6,6} \right) x 100 = 35\% \quad (15)$$

$$\text{Área de cobertura} = (6,6 x 30) x 2 = 396 \text{ m}^2 \quad (16)$$

$$\text{Área de cobert. contrib. 3} = 6 = \left[ 6,6 + \left( \frac{2,18}{2} \right) x 30 \right] x 2 = 461,4 \text{ m}^2 \quad (17)$$

**TELHADO 2**

$$\text{Declividade} = \left( \frac{1,64}{4,25} \right) x 100 = 40\% \quad (18)$$

$$\text{Área de cobertura} = 8,5 x 30 = 255 \text{ m}^2 \quad (19)$$

$$\text{Área de cobert. contrib. 4} = 5 = \left[ \left( 4,25 + \frac{1,64}{2} \right) x 30 \right] x 2 = 304,2 \text{ m}^2 \quad (20)$$

**BLOCO 2****TELHADO**

$$\text{Declividade} = \left( \frac{2,13}{4} \right) x 100 = 50\% \quad (21)$$

$$\text{Área de cobertura (A 1)} = 5 x 25 = 125 \text{ m}^2 \quad (22)$$

$$\text{Área de cobertura(A 2)} = 3 x 27 = 81 \text{ m}^2 \quad (23)$$

$$\text{Área de cobert. contrib. 1} = \left[ \left( 5,0 + \frac{2,13}{2} \right) x 25 \right] = 151,625 \text{ m}^2 \quad (24)$$

$$\text{Área de cobert. contrib. 2} = \left[ \left( 3 + \frac{2,13}{2} \right) x 27 \right] = 109,75 \text{ m}^2 \quad (25)$$

$$\text{Área de cobertura contri. total} = 151,625 + 109,75 = 261,37 \text{ m}^2 \quad (26)$$

$$\text{Área cont. total} = 304,2 + 461,4 + 261,37 = \mathbf{1026,97 \text{ m}^2} \quad (27)$$

$$\text{Área de cobertura total} = 255 + 396 + 125 + 81 = \mathbf{857 \text{ m}^2} \quad (28)$$

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

De acordo com os valores encontrados para o consumo de água não potável em edificações, torna-se possível estimar a demanda necessária para atender o conjunto em estudo.

De acordo com o que foi levantado são 235 pessoas referentes ao quantitativo, que irão usar no local e farão o uso das bacias sanitárias uma vez ao dia. Para tanto, são realizados os seguintes cálculos:

$$\text{Gasto com descargas} = 9,0 \frac{\text{L}}{\text{desc}} \times 235 \text{ p.} \times 1 \frac{\text{vez}}{\text{dia}} = \mathbf{2115 \text{ L/dia}} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto c/descar. durante os dias letivos do mês} &= 2115 \times 22 = \\ &\mathbf{46530 \frac{\text{L}}{\text{mês}}} \end{aligned} \quad (30)$$

Portanto, devido à necessidade de limpeza das salas de aulas e pátios, que juntos possuem uma área total de 822,8 m<sup>2</sup>, foram desenvolvidos os cálculos a seguir, que estimam quantos litros de água serão utilizados nos dias em que as salas e pátios forem limpo, foram desenvolvidos os seguintes cálculos:

$$\text{Gasto por limpezas} = \frac{2,0\text{L}}{\text{m}^2} \times 822,8 \text{ m}^2 = \mathbf{1645,6 \text{ Litros}} \quad (31)$$

Foi composta a tabela 9 a seguir, com a estimativa de consumo semanal de água não potável na edificação.

**Tabela 9 - Estimativa de demanda semanal de água não potável.**

Nº	Dia da semana	Uso	Demanda diária para 235 pessoas (L)
1	Segunda-feira	Bacia sanitária+ Lavagem pátios e salas	3760,6
2	Terça-feira	Bacia sanitária	2115
3	Quarta-feira	Bacia sanitária	2115
4	Quinta-feira	Bacia sanitária	2115
5	Sexta-feira	Bacia sanitária	2115

Fonte: A autora (2020).

Com os resultados na tabela 8, estimou-se a demanda mensal de água não potável da edificação. Foram contados 22 dias de utilização máxima num período de 30 dias, considerando seu período de funcionamento de segunda-feira à sexta-feira nos dois turnos. Ficou estabelecido a lavagem de pátios e salas por no máximo 2 dias durante o período de 30 dias.

A seguir apresenta-se a estimativa de demanda mensal de água não potável para 235 pessoas.

$$\text{Gasto mensal} = (22 \times 2115) + (2 \times 1645,6) = 49821,2 \text{ L/mês} \quad (32)$$

## 5.5 Caracterização e verificação do sistema pluvial predial

### 5.5.1 Sistema existente

#### 5.5.1.1 Calha

A cobertura do escritório já possui calhas de beiral com seção moldura e dimensões 13 x 9 cm (largura x altura), apresentada na figura 8 a seguir:

**Figura 8 – Calhas localizadas no bloco 1.**



**Fonte: A autora (2020).**

Foi realizado o cálculo da vazão de projeto pluvial predial, com os valores de intensidade de precipitação e da área contribuinte, foi possível determinar a vazão de projeto para o edifício

pela equação 3 (ver item 4.1.4):

Obtendo os seguintes resultados de vazão por cada trecho de calha (Quadros 1 e 2):

**Quadro 1 - Cálculo da vazão para calha (bloco 1).**

<b>Vazão de projeto para calha - Bloco 1</b>					
	Intensidade (mm/h)	Área do telhado (m)	Área de Contrib. (m <sup>2</sup> )	Vazão (L/min)	Calhas
Telhado 1	176,5	11 x 6,6	72,6	213,57	C1
	176,5	8 x 6,6	52,8	155,32	C2
	176,5	11 x 6,6	72,6	213,57	C3
	176,5	11 x 6,6	72,6	213,57	C4
	176,5	8 x 6,6	52,8	155,32	C5
	176,5	11 x 6,6	72,6	213,57	C6
Telhado 2	176,5	10,5 x 4,25	44,625	131,27	C7
	176,5	9 x 4,5	40,5	119,14	C8
	176,5	10,5 x 4,25	44,625	131,27	C9
	176,5	10,5 x 4,25	44,625	131,27	C10
	176,5	9 x 4,5	40,5	119,14	C11
	176,5	10,5 x 4,25	44,625	131,27	C12

Fonte: A autora (2020).

**Quadro 2 - Cálculo da vazão para calha (bloco 2).**

<b>Vazão de projeto para calha - Bloco 2</b>					
	Intensidade (mm/h)	Área do telhado (m)	Área de Contrib. (m <sup>2</sup> )	Vazão (L/min)	Calhas
Telhado 1	176,5	5 x 5,5	27,5	80,90	C13
	176,5	7 x 5	35	102,96	C14
	176,5	7 x 5	35	102,96	C15
	176,5	5 x 5,5	27,5	80,90	C16
	176,5	5,5 x 3	16,5	48,54	C17
	176,5	7 x 3	21	61,78	C18
	176,5	7 x 3	21	61,78	C19
	176,5	7,5 x 3	22,5	66,19	C20

Fonte: A autora (2020).

Considerando que as calhas já existem e tem-se as mesmas dimensões 13 x 9 cm (largura x altura) e declividade de 5 % em toda a sua extensão, foi sobreposta a verificação pela equação 33 e equação 34 :

$$Rh = \frac{S}{P} = \left( \frac{0,13 \times 0,09}{0,13 + (2 \times 0,09)} \right) = 0,0377 \quad (33)$$

$$Q = Kx \frac{S}{n} x Rh^{2/3} x i^{1/2} = 60.000x \left( \frac{(0,13x0,09)}{0,011} \right) x 0,0377^{2/3} x (0,005)^{1/2} \quad (34)$$

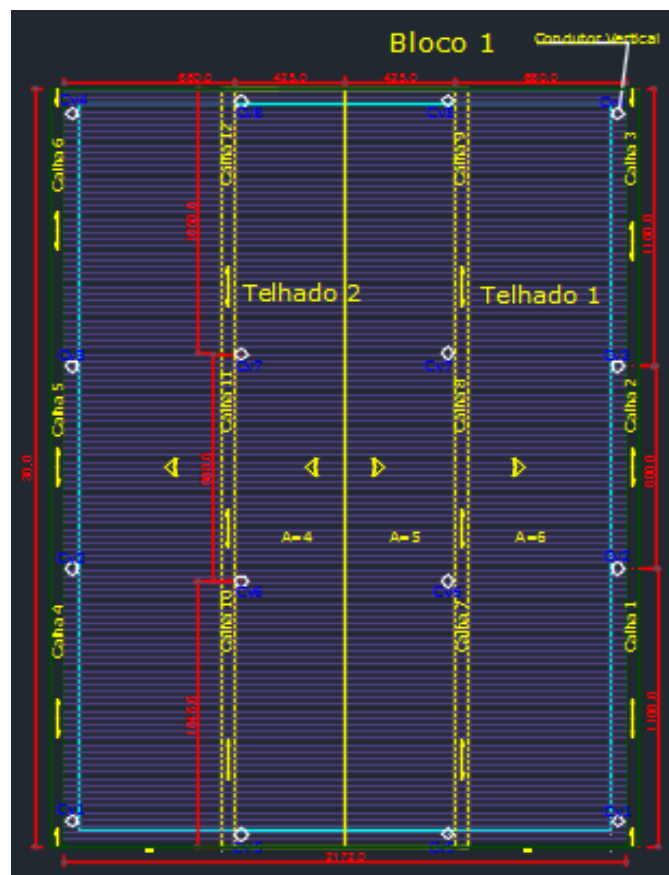
$$Q = 507,36 \text{ L/min}$$

Com o resultado de capacidade da calha, foi possível a análise das quais comportam ou não as vazões a elas destinadas. Conclui-se que todas as calhas comportam a vazão.

### 5.5.1.2 Condutor Vertical

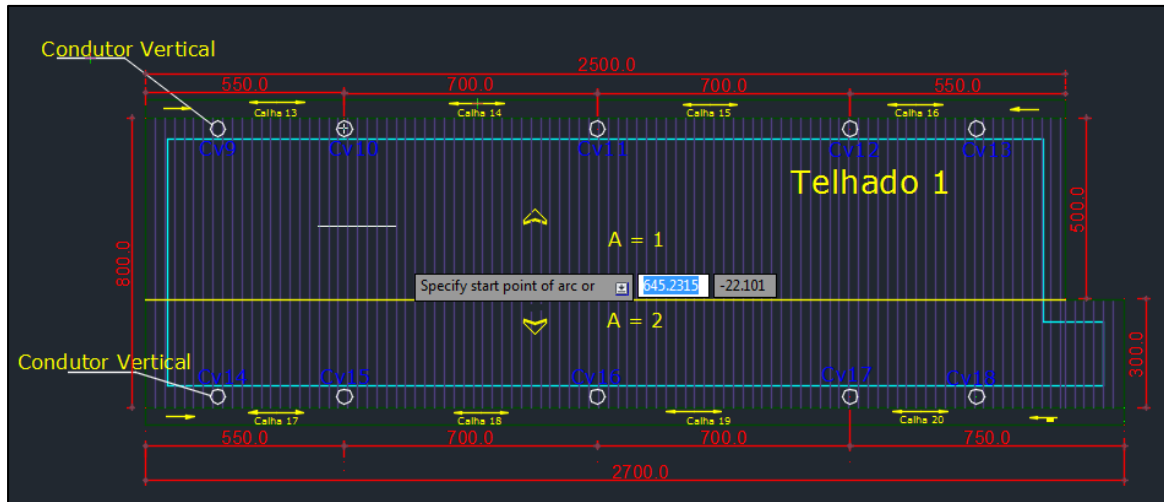
A edificação já conta com os condutores verticais (Figura 9 e 10) com dimensões 10 x 5cm (largura x altura), e comprimentos apresentadas nas tabelas 10 e 11.

**Figura 9- Localização dos condutores verticais no bloco 1.**



Fonte: A autora (2020).

Figura 10– Localização dos condutores Verticais no bloco 2.



Fonte: A autora (2020).

Tabela 10 – Comprimento dos condutores Verticais, localizados no bloco 1.

Bloco 1			
	Calhas	Cond. Vertical	L (Comp./m)
Telhado 1	C 1 = C4	Direito	4,5
		Esquerdo	4,0
	C 2 = C5	Direito	4,0
		Esquerdo	3,5
	C 3 = C6	Direito	3,5
		Esquerdo	3,0
Telhado 2	C 7 = C10	Direito	1,0
		Esquerdo	1,0
	C 8 = C11	Direito	1,0
		Esquerdo	1,0
	C 9 = C12	Direito	1,0
		Esquerdo	1,0

Fonte: A autora (2020).

Tabela 11 – Comprimento dos condutores Verticais, localizados no bloco 2.

Bloco 2			
	Calhas	Cond. Vertical	L (Comp./m)
Telhado 1	C 13 = C 14	Esquerdo	3,0
		Direito	3,0
	C 15 = C 16	Esquerdo	3,0
		Direito	3,0
	C 17 = C 20	Esquerdo	4,5
		Direito	4,5
	C 18 = C 19	Esquerdo	4,5
		Direito	4,5

Fonte: A autora (2020).

Considerando que os condutores verticais já existem e tem-se as mesmas dimensões 10 x 5 cm (largura x altura), foi sobreposta a verificação da máxima vazão nos condutores verticais pela equação 4 (ver item 4.6.1.2), pôde-se dar início à determinação dos diâmetros dos condutores, conforme apresentado a seguir nas tabelas 12 e 13:

**Tabela 12 - Dimensionamento de condutor vertical.**

Bloco 1					
	Calhas	Cond. Vertical	Vazão de Projeto (L/min)	Diâmetro (mm)	Diâmetro Adotado (mm)
Telhado 1	C 1 = C4	Cv 1 = Direito	106,785	54,1	75
		Cv 2 = Esquerdo		54,1	75
	C 2 = C5	Cv 2 = Direito	106,785	54,1	75
		Cv 3 = Esquerdo		54,1	75
	C 3 = C6	Cv 3 = Direito	77,66	48,01	75
		Cv 4 = Esquerdo		48,01	75
Telhado 2	C 7 = C10	Cv 5 = Direito	65,635	45,07	75
		Cv 6 =Esquerdo		45,07	75
	C 8 = C11	Cv 6 =Direito	65,635	45,07	75
		Cv 7 =Esquerdo		45,07	75
	C 9= C12	Cv 7 =Direito	59,57	43,46	75
		Cv 8 =Esquerdo		43,46	75

Fonte: A autora (2020).

**Tabela 13 - Dimensionamento de condutor vertical.**

Bloco 2					
	Calhas	Cond. Vertical	Vazão de Projeto (L/min)	Diâmetro (mm)	Diâmetro Adotado (mm)
Telhado 1	C =13	Cv 9 =Direito	40,45	37,59	75
		Cv 10 =Esquerdo		37,59	75
	C =14	Cv 10 =Direito	51,48	41,15	75
		Cv 11 =Esquerdo		41,15	75
	C =15	Cv 11 =Direito	51,48	41,15	75
		Cv 12=Esquerdo		41,15	75
	C =16	Cv 12 =Direito	40,45	37,59	75
		Cv 13 =Esquerdo		37,59	75
	C =17	Cv 14 =Direito	24,27	40,25	75
		Cv 15 =Esquerdo		40,25	75
	C =18	Cv 15 =Direito	30,89	33,98	75
		Cv 16 =Esquerdo		33,98	75
	C =19	Cv 16 =Direito	30,89	33,98	75
		Cv 17 =Esquerdo		33,98	75
	C =20	Cv 17 =Direito	33,095	45,22	75
		Cv 18 =Esquerdo		45,22	75

Fonte: A autora (2020).



Conforme determinado pela ABNT, a NBR 10844 (1989), o diâmetro interno mínimo para condutores verticais de seção circular é de 70 mm, no entanto, o diâmetro nominal encontrado no Brasil é de 75 mm, o qual foi adotado para os condutores com dimensões inferiores a esta.

Sendo assim com o resultado foi possível a análise das quais comportam ou não as vazões a elas destinadas. Conclui-se que todos os condutores verticais comportam.

### 5.5.1.3 Dimensionamento dos condutores horizontais

Para dimensionar os condutores horizontais do sistema de captação, primeiramente determina-se o posicionamento do reservatório inferior, ponto onde será descarregada a vazão captada dos telhados. Através da análise do projeto arquitetônico e de visitas técnicas, foi determinado que o reservatório inferior será construído na parte de trás da escola, conforme apresentado a figura 11 e 12 a seguir.

**Figura 11 - Posicionamento do reservatório inferior.**



Fonte: A autora (2020).

**Figura 12 - Posicionamento do reservatório inferior pelo google earth.**



Fonte: Google Earth ,2020.

Já o dimensionamento dos condutores horizontais foi realizado de acordo com a tabela 14, aplicando a equação de Manning (ver item 4.1.8), considerando a geometria do condutor (circular) e o material utilizado na fabricação PVC e a declividade.

**Tabela 14 - Dimensionamento de condutor horizontais.**

Condutores Horizontais	Vazão acumulada (l/min)	Diâmetro adotado (mm)	Comprimento (m)	Declividade (%)	Desnível (m)	Diâmetro comercial (mm)
CH1 - C1 = C4	213,57	100	11	0,5	0,003	100
CH1 - C2 = C5	155,32	100	8	0,5	0,15	
CH1 - C3 = C6	213,57	100	11	0,5	0,07	
CH1' - C7 = C10	131,27	75	10,5	1	0,15	
CH1' - C8 = C11	119,14	75	9	1	0,05	
CH1' - C9 = C12	131,27	75	10,5	1	0,15	
CH2 - C13 = C16	80,9	75	5,5	0,5	0,15	
CH2 - C14 = C15	102,96	75	7	1	0,03	
CH2' - C17	48,54	75	5,5	0,5	0,04	
CH2' - C18 = C19	61,78	75	7	0,5	0,11	
CH2' - C20	66,19	75	7,5	0,5	0,04	
CH3	176,51	75	8	0,5	0,03	

Fonte: A autora (2020).

#### 5.5.1.4 Volume aproveitável de precipitação média mensal

Através dos valores de precipitação média mensal determinados na tabela 08 (ver item 5.1) e da equação de volume aproveitável (ver item 4.1.9), desenvolveu-se o quadro 3, na qual apresenta a estimativa de volume de água pluvial aproveitável em cada mês do ano.

**Quadro 3 - Estimativa de volume aproveitável de precipitação.**

Mês	Prec. Med. (mm)	Área Capt. (m <sup>2</sup> )	Runoff	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (m <sup>3</sup> )
Janeiro	232,45	857,6	0,95	0,85	160974,41	160,97
Fevereiro	169,45				117346,16	117,35
Março	167,482				115983,29	115,98
Abril	56,0455				38812,18	38,81
Mai	39,5091				27360,53	27,36
Junho	33,9727				23526,50	23,53
Julho	12,2364				8473,85	8,47
Agosto	21,6545				14996,00	15,00
Setembro	66,3182				45926,15	45,93
Outubro	91,2364				63182,30	63,18
Novembro	169,636				117474,97	117,47
Dezembro	215,855				149482,18	149,48

Fonte: A autora (2020).

Com os dados de volume aproveitável e precipitação média apresentados no quadro 3, foi possível realizar o dimensionamento do reservatório inferior da edificação.

#### 5.5.1.5 Dimensionamento dos reservatórios

Para dimensionar o reservatório de armazenamento inferior, de modo que seja capaz de atender a demanda da edificação em estudo, foram desenvolvidos os cálculos pertinentes através do método de Rippl (ver item 4.1.10.1).

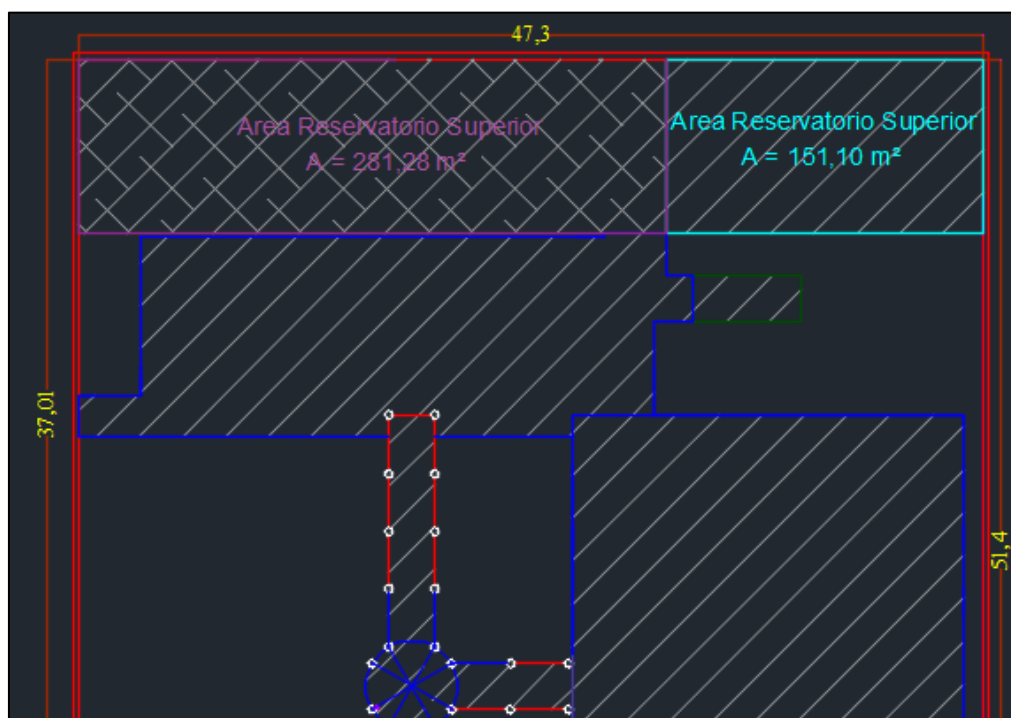
Dessa forma, foi elaborado o quadro 4 em que, através do valor de demanda mensal de água não potável resultante de pela equação 31 de 49,82 m<sup>3</sup>/mês ou 49821,2 L/mês (ver item 5.4) e dos valores de volume aproveitável calculados no quadro 3 (ver item 5.5.1.4), é calculado o volume total necessário a ser reservado.

**Quadro 4 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.**

Mês	Cons. Mens (m <sup>3</sup> /mês)	Vol. Mens (m <sup>3</sup> )	Vol. Result. (m <sup>3</sup> )
Janeiro	49,82	160,97	111,15
Fevereiro		117,35	67,53
Março		115,98	66,16
Abril		38,81	-11,01
Maio		27,36	-22,46
Junho		23,53	-26,29
Julho		8,47	-41,35
Agosto		15,00	-34,82
Setembro		45,93	-3,89
Outubro		63,18	13,36
Novembro		117,47	67,65
Dezembro		149,48	99,66
Volume do reservatório inferior			139,82 m <sup>3</sup>

Fonte: A autora (2020).

De acordo com o estudo realizado, será necessário um reservatório com capacidade de 139,82 m<sup>3</sup>. Adotando uma altura de 3 metros, chegou-se nas dimensões de 7 x 7 x 3 m (largura x comprimento x altura), resultando num volume de 147 m<sup>3</sup>, sendo suficiente para atender à demanda (Figura 13).

**Figura 13: Área disponível para os reservatórios.**

Fonte: A autora (2020).

Tal qual o reservatório inferior, o reservatório superior é dimensionado para atender a demanda de água não potável da edificação. Para isso, considerou-se o dia de maior consumo, a segunda-feira, em que ocorre a lavagem de pátios, e a utilização das bacias sanitárias, conforme apresentado se apresenta a seguir:

$$\text{Vol. do Reservatório} = 2115 + 1645,6 = 3760,6 \text{ litros} \quad (35)$$

Determinou-se a posição do reservatório superior, levando-se em consideração o ponto de cota mais alta. Desta forma, será alocado na parte de trás da escola. O reservatório superior será do tipo taça metálica (coluna seca) para que haja o aumento da pressão da água, com capacidade para 5000 litros.

Na figura 12 e 13 foram sinalizadas a posição do reservatório para um melhor entendimento. Dimensionado o sistema elevatório a seguir, serão apresentados no projeto técnico em Anexo Dwg.

#### 5.5.1.6 Dimensionamento do sistema elevatório

Sabendo que o reservatório superior terá um volume de 5 mil litros e determinando que a bomba deverá funcionar por um período de 2 horas, pôde-se, através do projeto hidráulico apresentado no Anexo em Dwg, das tabelas 15 e 16 e dos cálculos a seguir, realizar todo o dimensionamento do sistema elevatório.

a) Diâmetros de recalque e sucção:

$$Q \text{ demanda} = 5 \text{ m}^3$$

$$Q \text{ projeto} = \left(\frac{5}{86400}\right) \times \left(\frac{24}{2}\right) = 6,94 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,69 \text{ litros/seg} \quad (36)$$

$$\varnothing \text{ recalque ABNT} = 1,3 \times 0,083^{0,25} \times \sqrt{\left(\frac{0,69}{1000}\right)} = 0,018 \text{ m} = 18 \text{ mm} \quad (37)$$

$$\underline{\varnothing \text{ recalque} = 32 \text{ mm}}$$

$$\underline{\varnothing \text{ sucção} = 25 \text{ mm}}$$

b) Perdas de cargas de sucção e recalque:

$$L \text{ sucção} = 2,0 \text{ m}$$

$$L \text{ recalque} = 34,91 \text{ m}$$

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

**Tabela 15 - Comprimento equivalente de sucção (Ds = 25 mm).**

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)
Entrada normal	1	0,5
Joelho 90°	1	1,5
Registro de gaveta aberto	1	0,3
<b>L equivalente total</b>		<b>2,3</b>

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

**Tabela 16 - Comprimento equivalente de recalque (Dr = 32 mm).**

Peça	Qtd.	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Válvula de retenção leve	1	4,9	4,9
Joelho 90°	4	2,0	8,0
Registro de gaveta aberto	1	0,4	0,4
Saída de canalização	1	1,4	1,4
<b>L equivalente total</b>			<b>14,7</b>

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$JUN = \frac{10,643 \times (6,94 \times 10^{-4})^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,025^{4,87}} = 0,1035 \text{ m} \quad (37)$$

$$HFs = 0,1035 \times (2,3 + 2) = 0,4450 \text{ m} \quad (39)$$

$$JUN = \frac{10,643 \times (6,94 \times 10^{-4})^{1,85}}{140^{1,85} \times 0,032^{4,87}} = 0,0311 \text{ m} \quad (40)$$

$$HF_r = 0,0311 \times (14,7 + 34,91) = 1,54 \text{ m} \quad (41)$$

c) Altura manométrica e potência da bomba:

- Altura geométrica de sucção (Hgs) = 0,7 m
- Altura geométrica de recalque (Hgr) = 5,34 m
- Rendimento do conjunto = 35,4 %

$$H_{man} = 5,34 + 1,54 + 0,7 + 0,4450 = 8,025 \text{ m} \quad (42)$$

$$Pot \text{ bomba} = \frac{1000 \times 6,94 \times 10^{-4} \times 8,025}{75 \times 0,354} = 0,1934 \text{ cv} \quad (43)$$

$$Pot\ comercial = p + 20\% = 0,1934 * 1,2 = 0,2321\ cv \tag{44}$$

Através da potência obtida e da Tabela de dimensionamento da Scheineider, pôde-se sugerir a utilização de uma motobomba Schneider, elétrica, centrífuga, do modelo BC-98 com altura manométrica máxima de 19,00 m.

**Quadro 5 – Modelo da bomba.**

Modelo	Potência (cv)	Monofásico	Ø Sucção (pol)	Ø Recalque (pol)	Pressão máxima sem vazão (m c.a.)	Altura máxima de sucção (m c.a.)	Ø Fator (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS - Rotação corrigida para 3500 rpm																												
								Altura Manométrica Total (m c.a.)																												
								2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19											
								Vazão em m <sup>3</sup> /h válida para sucção de 0 m c.a.																												
BC-98	1/3	x	3/4	3/4	18	8	107	4,5	4,3	4,2	4,1	3,9	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,5	2,3	2,0	1,6	1,2													
	1/2	x	3/4	3/4	20	8	107	5,5	5,4	5,2	5,1	4,9	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,2	2,9	2,6	2,3	1,8	1,1											

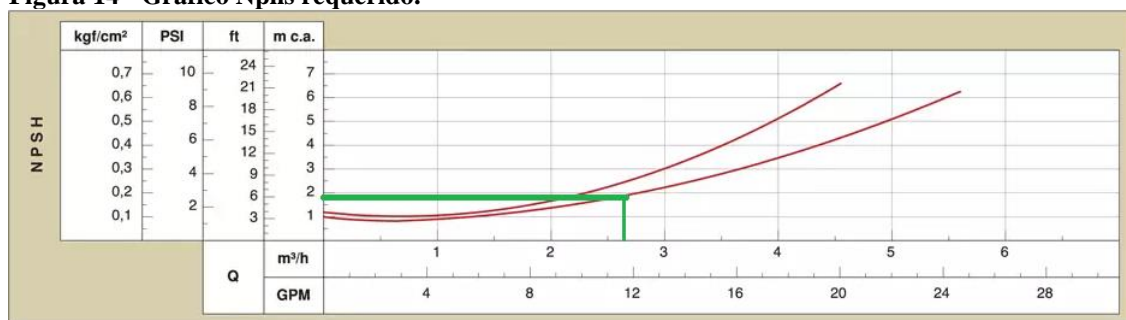
Fonte: Catalogo Scheneider (2020).

d) NPSH disponível

Calculada a potência da bomba verifica-se agora o NPSH disponível no sistema, para evitar que o mesmo sofra com a cavitação no interior da tubulação. Para tal, foi pré-selecionado o modelo de bomba da marca SCHNEIDER, com base na vazão a ser recalçada e na altura manométrica do sistema. O valor de NPSHd pode ser calculado a partir da equação 45 e NPShr através da figura 14.

$$NPSHd = 9,59 - 0,238 - 0,7 - 0,4450 = 8,207 \tag{45}$$

**Figura 14 - Gráfico Nphs requerido.**



Fonte: Catalogo Scheneider (2020).

Desta forma, verificou-se que não haverá cavitação no sistema elevatório dimensionado para o projeto em questão, uma vez que o NPSH disponível (8,20 m) é superior ao NPSH requerido pela bomba (2 m).

## 5.5.1.7 Dimensionamento do sistema de distribuição

O dimensionamento da rede de distribuição de água do sistema pluvial foi realizado com intuito de atender as demandas estabelecidas sendo elas as bacias sanitárias e as torneiras do pátio, seguindo as exigências da NBR 5626 (ABNT,2020). Desenvolvida assim a Tabela 17, definindo o peso relativo total, a vazão, o diâmetro adotado, velocidade, comprimento das tubulações, perda de carga (hf), pressão montante e a pressão jusante para todos os trechos e pontos de utilização. Sendo abastecida por esta rede 11 bacias sanitárias com caixas acopladas e 2 torneiras para limpeza.

Tabela 17 –Dimensionamento rede de distribuição.

Componente	Pesos	Q (l/s)	Diam (mm)	V(m/s)	L (m)		J (m/m)	hf (m)	PD M (m)	PD J (m)
					Tubo	Equival				
Bar.1	3,9	0,592453	75	0,13	10,51	8,6	0,000367	0,00701079	0,5	6,49
Bar.2	11,2	1,003992	50	0,51	5,42	5,5	0,007012	0,0765747	6,49	6,42
Bar.2.1	12,7	1,069112	50	0,54	8,37	2,4	0,007877	0,08483403	6,42	6,33
R.1	15,9	1,196244	50	0,61	3,4	3	0,009697	0,0620595	6,33	6,27
Bar.3	22,3	1,416686	50	0,72	5,06	5,5	0,013259	0,14001736	6,27	6,13
Bar.3.1	25,5	1,514926	50	0,77	1,7	2,4	0,01501	0,0615417	6,13	6,07
AF 1	22,5	1,423025	32	1,77	3,4	4,8	0,117492	0,96343448	6,07	8,50
AF 2	26,9	1,555956	32	1,94	3,4	3,2	0,138599	0,91475396	8,50	10,99
Bar .4	14,6	1,146298	50	0,58	2,59	4,6	0,008961	0,06443046	10,99	10,93
R.2	21	1,374773	50	0,70	3,4	3	0,012543	0,08027287	10,93	10,85
Bar.5	24,1	1,472753	50	0,75	0,485	5,5	0,014246	0,08526404	10,85	10,76
AF 3	26,7	1,550161	32	1,93	3,4	4,8	0,137646	1,12869415	10,76	13,03
Bar.5.1	34,3	1,756986	50	0,90	0,819	4,9	0,019746	0,11292839	13,03	12,92
AF 4	39,5	1,885471	32	2,35	3,4	7,3	0,197739	2,11580479	12,92	14,20
Bar.5.2	41,9	1,941906	50	0,99	0,825	4,9	0,023762	0,13603775	14,20	14,07
AF 5	47,1	2,058883	32	2,56	3,4	7,3	0,232693	2,48981811	14,07	14,98
Bar.5.3	49,5	2,110687	50	1,08	0,842	4,9	0,027723	0,1591875	14,98	14,82
AF 6	54,7	2,218783	32	2,76	3,4	7,3	0,267225	2,85931208	14,82	15,36
Bar.5.4	62,3	2,36791	50	1,21	0,441	4,9	0,034296	0,18317238	15,36	15,17
R.3	69,9	2,508187	32	3,12	1,3	7,1	0,335259	2,81617849	15,17	13,66
Sub.R 3.1	74,5	2,589401	32	3,22	2,963	6,3	0,355618	3,29409197	13,66	10,36
Sub.R 3.2	74,5	2,589401	32	3,22	2,963	6,3	0,355618	3,29409197	10,36	7,07
Bar.5.5	65,5	2,427962	50	1,24	1,683	5,5	0,035922	0,25802694	7,07	6,81
R.4	73,1	2,564956	32	3,19	3	4,6	0,349432	2,65568567	6,81	7,16
Sub.R 4.1	77,5	2,641023	32	3,29	2,006	6,1	0,368845	2,98985535	7,16	4,17
Sub.R 4.2	77,5	2,641023	32	3,29	2,006	6,1	0,368845	2,98985535	4,17	1,18

Fonte: Autora (2020).



## 5.6 Especificações de materiais e serviços

### 5.6.1 Tubulações e conexões

Para as instalações de captação de água pluvial foram previstas a utilização de calhas de beiral ao longo da marquise, as quais devem ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura. Devem ser utilizadas calhas pluviais de seções semicirculares, bocais e cabeceiras em material PVC da marca Amanco ou similar de mesma qualidade.

Os condutores verticais devem ser instalados preferencialmente em uma só prumada sempre que possível e, caso seja necessário seu desvio, devem ser instaladas curvas de 90° ou curva de 45° e peça de inspeção. Devem ser utilizados condutores para calha pluvial e curvas de raio longo 45° a jusante dos condutores verticais, possibilitando sua conexão nos condutores horizontais, bem como abraçadeiras de fixação em material PVC, todos da marca Amanco ou similar de mesma qualidade.

Os condutores horizontais devem ser enterrados e instalados com declividade uniforme segundo apresentado em projeto técnico, com caixas de inspeção em alvenaria de 0,60 m x 0,60 m ou 0,90 m x 0,90 m, com profundidade variável de acordo com a posição do condutor horizontal e posicionadas a distâncias máximas de 20,0 m, conforme a NBR 15527 (ABNT, 2019). Devem ser utilizados tubos de esgoto série leve e normal e junções simples (Y) em material PVC da marca Amanco ou similar de mesma qualidade, exceto onde houver caixas de inspeção, quando a tubulação será ligada diretamente as caixas de inspeção, detalhadas em projeto.

### 5.6.2 Filtros

Devem ser instalados filtros para água pluvial captada na edificação, que garante grande eficiência, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com mínima perda de água e exigência de manutenção mínima.

### 5.6.3 Reservatórios

O reservatório inferior deverá ser fabricado *in loco* em concreto armado, largura de paredes estimadas em vinte centímetros, concreto Fck 30 MPa, armação em aço CA-50, com dimensões internas de 7 m de largura x 7 m de comprimento x 3,0 m de profundidade.

O reservatório superior deverá ser do tipo taça com coluna seca com capacidade para 5000 litros, da marca Fazforte ou similar de mesma qualidade.

Os reservatórios devem ser alocados de acordo com o projeto técnico apresentado no DWG anexado, pois alterações nas suas dimensões e posicionamento implicam em mudanças nos cálculos apresentados no memorial.

#### 5.6.4 Bomba centrífuga

Para o sistema elevatório deve ser instalada bomba centrífuga da marca SCHEINEDER modelo BC-98 0,33cv ,220v monofásica, com altura manométrica máxima de 19,00 m.

A mesma será instalada ao lado do reservatório inferior em um abrigo onde a protegera, conforme prescrições apresentadas no projeto técnico. E deverá atender as especificações deste projeto, sendo que a redução de sua potência implica em queda de rendimento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

#### 5.6.5 Escavação

Para a instalação dos condutores horizontais, da tubulação de recalque do sistema elevatório e da tubulação de distribuição de água pluvial dentro da edificação, deverão ser abertas valas, para a escavação será necessária uma profundidade de 147 m<sup>3</sup>, todo o processo será manual.

## **6. QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS**

Após o dimensionamento dos sistemas e a elaboração do projeto técnico foi desenvolvida a planilha de estimativa de custo com base na Tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), sobre a região do sul de Minas Gerais, com desoneração e mês de referência em abril/2020. Os itens não encontrados na Tabela SINAPI, foram retirados da planilha SETOP, e através de cotações por meio de empresas via telefone ou pela internet, conforme a tabela 18 abaixo.

Tabela 18- Planilha orçamentária.

Item	Descrição	Código	Unid	Qtd	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>						
1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE TERRA (DESATERRO MANUAL)	TER-ESC-050	M³	147	26,46	R\$ 3.889,62
2	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALAS 3,00 M < H <= 5,00 M	TER-ESC-045	M³	50	79,38	R\$ 3.969,00
<b>SISTEMA HIDRAULICO PLUVIAL</b>						
3	CONDUTOR HORIZONTAL DE AP DO TELHADO EM TUBO PVC ESGOTO, INCLUSIVE CONEXÕES E SUPORTES, 125 MM	SINAPI 89743	M	172	47,5	R\$ 8.170,00
4	JOELHO 45 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 75 MM, JUNTA ELASTICA	SINAPI 89739	Unid	26	12,15	R\$315,90
5	CAIXA DE INSPEÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO DN 60CM COM TAMPA H= 60CM FORNECIMENTO E INSTALACAO	SINAPI 74166/001	Unid	7	173,39	R\$1.213,73
<b>SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL</b>						
6	CONCRETO ESTRUTURAL COM RESISTÊNCIA FCK>=30,0MPA (EXECUÇÃO, INCLUINDO O FORNECIMENTO DE TODOS OS MATERIAIS, EXCLUI O TRANSPORTE DOS AGREGADOS)	RO-42456	M³	65	337,76	R\$21.954,40
7	FORMA E DESFORMA DE COMPENSADO RESINADO, ESP.10MM, REAPROVEITAMENTO (3X), EXCLUSIVE ESCORAMENTO	EST-FOR-010	M²	163,2	37,83	R\$6.173,86
8	RESERVATORIO ELEVADO DE 5000 L	COTAÇÃO	Unid	1	6500	R\$ 6.500,00
9	FILTRO VF1 ACQUASAVE PARA AGUA DE CHUVA	COTAÇÃO	Unid	1	1599	R\$ 1.599,00
<b>ESTAÇÃO ELEVATÓRIA</b>						
10	BOMBA SCHEINER BC-98 1/2 CV	COTAÇÃO	Unid	1	521	R\$ 521,00
11	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 20 MM (1/2"), INCLUSIVE CONEXÕES	HID-TUB-005	M	34,71	12,67	R\$439,78
12	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 25 MM (1/2"), INCLUSIVE CONEXÕES	HID-TUB-010	M	31,11	14,71	R\$457,63

<b>13</b>	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM RAMAL OU SUB-RAMAL DE ÁGUA FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	SINAPI 89398	Unid	4	8,93	R\$ 35,72
<b>14</b>	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 32MM, INSTALADO EM RAMAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	SINAPI 89413	Unid	14	5,3	R\$ 74,20
<b>16</b>	TÊ DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM X 40MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	SINAPI 89626	Unid	5	19,29	R\$ 96,45
<b>18</b>	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 50 MM (1.1/2"), INCLUSIVE CONEXÕES	HID-TUB-025	M	34,22	23,46	R\$ 802,80
<b>19</b>	LUVA DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 25MM X 20MM, INSTALADO EM RAMAL DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	SINAPI 89373	Unid	9	4,09	R\$ 36,81
<b>20</b>	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_12/2014	SINAPI 89625	Unid	6	13,54	R\$ 81,24
<b>22</b>	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO SOLDÁVEL, ÁGUA FRIA, DN 32 MM (1" ) , INCLUSIVE CONEXÕES	HID-TUB-015	M	32,64	18,31	R\$ 597,64
<b>23</b>	TE, PVC, SOLDÁVEL, DN 75MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA	SINAPI 89629	Unid	1	52,79	R\$52,79
<b>24</b>	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SOLDÁVEL, DN 75MM, INSTALADO EM PRUMADA DE ÁGUA	SINAPI 89513	Unid	1	69,02	R\$ 69,02
<b>25</b>	TE DE REDUÇÃO, PVC, SOLDÁVEL, DN 75MM X 50MM, INSTALADO EM PRUMADA DE AGUA	SINAPI 89630	Unid	1	45,75	R\$45,75
<b>26</b>	FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO DE TUBO PVC RÍGIDO, DRENAGEM/PLUVIAL, PBV - SÉRIE NORMAL, DN 100 MM (4"), INCLUSIVE CONEXÕES	DRE-TUB-015	M	90,5	24,85	R\$ 2.248,93

27	JUNÇÃO SIMPLES, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 X 100 MM, JUNTA ELÁSTIC A, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	SINAPI 89567	Unid	14	22,99	R\$ 321,86
26	CURVA 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE ENCAMINHAMENTO. AF_12/2014	SINAPI 95694	Unid	8	33,28	R\$266,24
	REGISTRO GAVETA 75 MM	COTAÇÃO	Unid	1	196	R\$ 196,00
28	TORNEIRA METÁLICA PARA IRRIGAÇÃO/JARDIM, ACABAMENTO CROMADO, APLICAÇÃO DE PAREDE, INCLUSIVE FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	MET-TOR-010	Unid	2	33,78	R\$ 67,56
<b>VALOR TOTAL</b>						<b>R\$ 60.196,91</b>

Fonte: A autora, (2020)

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de instalar um sistema de aproveitamento de água pluvial vem da necessidade de preservar o meio ambiente em que vivemos, demonstrando que a água pluvial na qual muita das vezes é descartada sem utilidade alguma, possui a possibilidade de ser reaproveitada para usos não potáveis, podendo gerar economia no orçamento da edificação em um período estimável.

O presente trabalho teve como finalidade a realização de um estudo sobre o aproveitamento de água pluvial para a Escola Municipal Cirandinha de Elói Mendes- MG, que tem 235 ocupantes, nos dois períodos.

Dessa forma, foram feitas análises e diversos cálculos que permitiram ao presente trabalho cumprir com os objetivos propostos para dimensionar o sistema de captação e aproveitamento de água pluvial. Informações quanto a intensidade de precipitação da região e a área de captação da edificação permitiram o dimensionamento do sistema.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas análises quanto às características da edificação e da região que se localiza. Primeiro definiu-se a intensidade média de precipitação, com o valor de 176,5 milímetros por hora. Foi também determinada a área de contribuição da edificação, resultando em 1026,97 metros quadrados. E assim, foi possível definir a vazão de projeto, onde se encontrou 164,67 litros precipitados por minuto.

Através de visitas, verificaram-se os principais usos a serem supridos pela água pluvial, que foram determinados como o uso de bacias sanitárias e a lavagem de pátios e salas, os quais alcançaram o valor de 49821,2 litros por mês. Dessa forma, deu-se início ao dimensionamento preliminar dos componentes do sistema.

Com a visita *in loco* foi possível constatar-se que o sistema predial de água pluvial é composto por calhas condutores verticais, no entanto não consta condutores horizontais, com isso foi realizado a verificação da calha e dos condutores verticais aonde comportou-se as vazões destinadas a eles, logo os condutores horizontais foi se necessário a realização do dimensionamento do mesmo até o reservatório de armazenamento.

Foi realizado o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento, sendo o inferior enterrado e superior apoiado. Para o reservatório superior foi encontrado o valor de aproximadamente 3760,6 mil litros.

Para o reservatório inferior, primeiramente foi levantado o volume aproveitável de precipitação, considerando a área de captação e a eficiência do sistema, onde obteve-se mês a mês o volume disponível, desta maneira a cobertura da edificação em estudo e o reservatório

inferior diagnosticado, foi necessário realizar o dimensionamento do reservatório para a verificação de captação e armazenamento de água para suprir toda a demanda de água não potável gerada pela utilização do local, mesmo que ocorra meses com baixos índices de chuva ,onde obteve-se o valor de aproximadamente 139,82 m<sup>3</sup> ,assim , adotando uma altura de 3 metros, chegou-se nas dimensões de 7 x 7 x 3 m (largura x comprimento x altura), resultando num volume de 147 m<sup>3</sup>, sendo suficiente para atender à demanda .

Por fim, foi dimensionado a rede de distribuição de água do sistema pluvial, para fins de atender as demandas estabelecidas sendo elas as bacias sanitárias e as torneiras do pátio, sendo abastecida por esta rede 11 bacias sanitárias com caixas acopladas e 2 torneiras para limpeza.

Com isso foi especificado os matérias e serviços, sendo tubulação e conexões, filtros, reservatórios, bomba centrifuga da marca SCHEINEDER modelo BC-98 com altura manométrica máxima de 19,00 m, e escavação dos locais necessários.

Após o dimensionamento dos sistemas foi elaborado o quantitativo de matérias e estimativa de custos com base na Tabela de preços do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), sobre a região do sul de Minas Gerais, com desoneração e mês de referência em abril/2020.

Assim ao final do trabalho verificou-se a estimativa de custo para a implantação do sistema no valor de R\$60.196,91.



## REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br>>. Acesso em: 13 set. 2019.

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

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, 2019, abril.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, ABNT, 2020, setembro.

AUTODESK. AutoCAD 2015. [S.l.] Autodesk Corporation, 2015. Software.

AZEVEDO NETTO, J. M., et al. **Manual de hidráulica**. Ed. Edgard Blücher Ltda, 8ª Edição, São Paulo, 1998.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI**. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_648](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648)>. Acesso em: 26 outubro. 2020.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura** . 7.ª ed. São Paulo: Blucher, 2013.

Fundação Procafé. **Boletins de Aviso do Sul de Minas**. 2018. Disponível em: <<http://www.fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso>>. Acesso em: 13 março. 2020.

GOOGLE EARTH. **Software Google Earth**. 2020.

MINAS GERAIS (Estado). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Consulta à Planilha Preço SETOP – Região Sul**. Disponível em:

<<http://www.transportes.mg.gov.br/component/gmg/page/2244-consulta-a-planilha-preco-setop-regiao-sul>>. Acesso em: 26 outubro. 2020

NETTO, Azevedo. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

PLÚVIO Software **Plúvio 2.1** (201-).

SCHNEIDER. **Bomba Centrífuga**. Disponível em:

<[https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider\\_tabela\\_selecao\\_01-2019\\_rev08.pdf](https://schneidermotobombas.blob.core.windows.net/media/264019/schneider_tabela_selecao_01-2019_rev08.pdf)>. Acesso em: 15 outubro. 2020.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo. Ed. Navegar, 2009c.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis** Capítulo 5 – Coeficiente de runoff. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2009b.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**: Capítulo 0 – Introdução. [S.l.]: Plínio Tomaz, 2010c.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

Universidade Federal de Viçosa (UFV). **Manual**. 1997. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/ctq/terraço/Menu2.html>>. Acesso em: 13 outubro. 2020.

VASCONCELOS, Ivana Prado. **Instalações prediais de águas pluviais**. Varginha, 2020. 32p. Ed. Uniform Plumbing Code, 1973.