

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IURY IONAN CARVALHO FERREIRA**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA ESTADUAL JOSÉ CRISTIANO ALVES NA  
CIDADE DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS MG**

**VARGINHA**  
**2019**

**IURY IONAN CARVALHO FERREIRA**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA ESTADUAL JOSÉ CRISTIANO ALVES NA  
CIDADE DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS MG**

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

**VARGINHA  
2019**

**IURY IONAN CARVALHO FERREIRA**

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA  
FINS NÃO POTÁVEIS NA ESCOLA ESTADUAL JOSÉ CRISTIANO ALVES NA  
CIDADE DE SÃO THOMÉ DAS LETRAS MG**

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

Aprovado em     /     /

---

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

---

EXAMINADOR 01

---

EXAMINADOR 02

OBS.:

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por possibilitar esta realização.

Dedico a minha família, amigos e professores por todo auxílio, colaboração e paciência ao longo do curso e durante o desenvolvimento deste trabalho.

“Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.”

Leonardo da Vinci

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo o estudo e o desenvolvimento de um projeto de aproveitamento de água pluvial para uso não potável na Escola Estadual José Cristiano Alves, situada na cidade de São Thomé das Letras – Minas Gerais. O projeto se justifica pela busca por alternativas para otimizar a utilização dos recursos hídricos em todo o mundo, como instituição pública, o local se torna propício para instalação do sistema, visto que nestes locais o consumo e desperdício tendem a ser maiores. Para concepção do sistema foi necessário realizar revisão sobre as bibliografias, metodologias e normas aplicáveis, definir e caracterizar a área de estudo e as atividades nas quais a água utilizada poderia ser substituída por água não potável, levantar dados pluviométricos da região, dimensionar os sistemas de captação e armazenamento, além do sistema elevatório e de distribuição de água fria. Buscou-se confeccionar o projeto para que o mesmo funcione de forma automática, prevendo dispositivos para descarte da primeira água de chuva e para acionar e desativar o sistema elevatório. O estudo e dimensionamento demonstraram a viabilidade técnica e o potencial de implantação do sistema na instituição em questão, podendo economizar em média 122,49 m<sup>3</sup> por mês de água potável, reduzindo impactos ambientais, os custos com o fornecimento público e aliviando o sistema de drenagem urbano.

**Palavras-chave:** Projeto, aproveitamento de água, água pluvial, uso não potável, escola.

## ***ABSTRACT***

This present work has the objective to collect data and study to the development of a rainwater harvesting project for non - potable use at the José Cristiano Alves School located in the city of São Thomé das Letras - Minas Gerais. The project is justified by the search for alternatives to optimize the use of water resources worldwide. As a public institution, the local becomes appropriate to the installation of the system, since that in these places the consumption and waste tend to be higher. For the project of the system, it was necessary to review the bibliographies, methodologies and applicable norms, to define and characterize the study area, to collect pluviometric data from the region, to size the rainwater storage system for the area, besides the lifting system and cold water distribution system. The present work pursues to design the project so that it works automatically, providing devices for the discard of the first flush, and for the activating and deactivating the lifting system. The study and the sizing demonstrate the technical feasibility and the potential of the implantation of the system in this institution, being able to save on average 122.49 m<sup>3</sup> per month of potable water, reducing environmental impacts, the costs with the public supply and relieving the urban system drainage.

**Key words:** Project, water harvesting, rainwater, non-potable use, school.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 - Imagem de satélite Google Earth.....   | 15 |
| Figura 2 - Fachada da Escola.....   | 16 |
| Figura 3 - Pátio do bloco administrativo .....  | 16 |
| Figura 4 - Acesso ao pátio dos blocos das salas de aula pela quadra poliesportiva ..... | 17 |
| Figura 5 - Quadro de áreas .....  | 18 |
| Figura 6 - Inclinação do telhado .....  | 18 |
| Figura 7 - Vista em corte - Altura do telhado .....                                     | 19 |
| Figura 8 - Telhado composto por telhas cerâmicas .....                                  | 19 |
| Figura 9 - Condutor de concreto.....  | 20 |
| Figura 10 - Parâmetros para a cidade de São Thomé das Letras, Plúvio 2.1 .....          | 22 |
| Figura 11 - Áreas de Contribuição .....   | 23 |
| Figura 12 - Ábaco para calha com saída em aresta viva .....                             | 26 |
| Figura 13 - Ábaco para calha com funil de saída .....                                   | 27 |
| Figura 14 - Precipitações mensais na cidade de Varginha, MG.....                        | 43 |
| Figura 15 - Curva de Vazão Válvula de Descarga 1 1/2" BP.....                           | 45 |
| Figura 16 - Pátio do bloco administrativo .....   | 47 |
| Figura 17 - Área não utilizada no pátio do bloco administrativo .....                   | 47 |
| Figura 18 - Localização proposta para os reservatórios.....                             | 49 |
| Figura 19 - Bomba centrífuga Schneider BCR-2010 .....                                   | 55 |



## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Coeficientes de Rugosidade .....  | 24 |
| Tabela 2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto.....   | 25 |
| Tabela 3 – Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$<br>(Vazão em L/min).....                  | 25 |
| Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazão em L/min).....  | 28 |
| Tabela 5 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para<br>uso externo.....                      | 29 |
| Tabela 6 - Coeficiente de Runoff médio .....   | 30 |
| Tabela 7 - Velocidade mínima de sucção .....   | 32 |
| Tabela 8 - Velocidade máxima de sucção .....   | 32 |
| Tabela 9 - Valores de Ks para cálculo das perdas de cargas localizadas .....   | 33 |
| Tabela 10 - Expressões para determinação da altura manométrica.....  | 34 |
| Tabela 11 - Acréscimo de potência recomendável.....  | 35 |
| Tabela 12 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho<br>sanitário e da peça de utilização .....  | 37 |
| Tabela 13 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo<br>de aço-carbono, galvanizado ou não) ..... | 38 |
| Tabela 14 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de<br>plástico, cobre ou liga de cobre).....   | 39 |
| Tabela 15 – Áreas de contribuição. ....  | 40 |
| Tabela 16 – Áreas de contribuição. ....  | 40 |
| Tabela 17 – Diâmetros das calhas a serem utilizadas.....   | 41 |
| Tabela 18 – Diâmetros das calhas a serem utilizadas.....   | 41 |
| Tabela 19 – Diâmetros dos condutores a serem utilizadas.....   | 42 |
| Tabela 20 - Precipitação média mensal de 1974 a 2017 Varginha, MG .....  | 43 |
| Tabela 21 - Volume de água precipitada aproveitável .....  | 44 |
| Tabela 22 - Consumo médio mensal de água não potável meses com aulas.....  | 45 |
| Tabela 23 - Consumo médio meses sem aula.....  | 45 |
| Tabela 24 - Consumo médio mensal de água não potável meses com aulas.....  | 46 |
| Tabela 25 - Consumo médio meses sem aula.....  | 46 |
| Tabela 26 - Reservatório pelo método de Rippl.....   | 48 |
| Tabela 27 – Comprimento Equivalente de Recalque .....  | 50 |
| Tabela 28 – Comprimento Equivalente de Sucção.....   | 50 |
| Tabela 29 - Dimensionamento da distribuição de água fria para bacias sanitárias .....  | 51 |
| Tabela 30 - Dimensionamento da distribuição de água fria para torneiras de jardim .....  | 52 |
| Tabela 31 - Reservatórios individuais .....  | 52 |
| Tabela 32 - Planilha de estimativa de custo .....  | 57 |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|  |    |
|--|----|
| Equação (1) – Intensidade Pluviométrica.....                                 | 22 |
| Equação (2) – Área de contribuição inclinada.....                            | 23 |
| Equação (3) – Área de contribuição plana.....                                | 23 |
| Equação (4) – Vazão da área de contribuição .....                            | 23 |
| Equação (5) – Manning-Strickler .....  | 24 |
| Equação (6) – Verificação dos condutores verticais .....                     | 27 |
| Equação (7) – Volume de água pluvial aproveitável.....                       | 30 |
| Equação (8) – Volume de água no tempo t .....                                | 30 |
| Equação (9) – Volume do reservatório.....                                    | 30 |
| Equação (10) – Perdas de carga similares .....                               | 32 |
| Equação (11) – Fórmula de Bresse.....  | 33 |
| Equação (12) – Relação entre o número de horas trabalhadas em 24 horas ..... | 33 |
| Equação (13) – Fórmula de Forchheimer .....                                  | 33 |
| Equação (14) – Fair-Whipple-Hsiao.....                                       | 34 |
| Equação (15) – Potência do conjunto motobomba.....                           | 34 |
| Equação (16) – Equação de vazão máxima provável .....                        | 36 |
| Equação (17) – Perda de carga unitária (tubo rugoso) .....                   | 38 |
| Equação (18) – Perda de carga unitária (tubo liso) .....                     | 38 |
| Equação (19) – Perda de carga em registros.....                              | 39 |
| Equação (20) – Vazão do filtro volumétrico .....                             | 44 |
| Equação (21) – Vazão estimada de bombeamento .....                           | 49 |
| Equação (22) – Perda de carga no recalque.....                               | 50 |
| Equação (23) – Perda de carga na sucção.....                                 | 50 |
| Equação (24) – Determinação da potência do conjunto motobomba.....           | 50 |
| Equação (25) – Potência de cálculo final .....                               | 51 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>  | <b>14</b> |
| 2.1. Objetivo Geral: .....  | 14        |
| 2.2. Objetivo Específico: .....   | 14        |
| <b>3. DIAGNÓSTICO.....</b>  | <b>15</b> |
| 3.1. Caracterização do local de estudo .....                                | 15        |
| 3.2. Levantamento dos sistemas existentes .....                             | 17        |
| <b>4. PROJETO.....</b>  | <b>21</b> |
| 4.1. Memorial descritivo .....  | 21        |
| 4.1.1. Intensidade pluviométrica da cidade de São Thomé das Letras .....    | 21        |
| 4.1.2. Área de contribuição .....   | 22        |
| 4.1.3. Vazão da área de contribuição .....                                  | 23        |
| 4.1.4. Calhas.....  | 24        |
| 4.1.5. Condutores verticais.....  | 25        |
| 4.1.6. Condutores horizontais.....  | 27        |
| 4.1.7. Consumo de água não potável.....                                     | 28        |
| 4.1.8. Reservatório .....   | 29        |
| 4.1.9. Sistema elevatório .....   | 31        |
| 4.1.10. Instalação predial de água fria .....                               | 36        |
| 4.2. Memorial de cálculo .....  | 39        |
| 4.2.1. Intensidade pluviométrica .....                                      | 39        |
| 4.2.2. Área de contribuição .....   | 40        |
| 4.2.3. Vazão das áreas de contribuição .....                                | 40        |
| 4.2.4. Dimensionamento das calhas .....                                     | 41        |
| 4.2.5. Condutores Verticais.....  | 41        |
| 4.2.6. Condutores Horizontais.....  | 42        |
| 4.2.7. Volume de água pluvial possível de ser captado .....                 | 42        |
| 4.2.8. Determinação do consumo de água não potável no local de estudo ..... | 44        |
| 4.2.9. Dimensionamento do Reservatório .....                                | 46        |
| 4.2.10. Dimensionamento do Sistema Elevatório .....                         | 49        |
| 4.2.11. Instalação Predial de Água Fria .....                               | 51        |
| <b>5. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E SERVIÇOS.....</b>                       | <b>53</b> |
| 5.1. Calhas e condutores verticais .....                                    | 53        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.2. Condutores horizontais.....                              | 53        |
| 5.3. Caixa de inspeção.....                                   | 53        |
| 5.4. Descarte da primeira água.....                           | 54        |
| 5.5. Reservatório.....  | 54        |
| 5.6. Sistema Elevatório.....                                  | 54        |
| 5.7. Rede de distribuição.....                                | 55        |
| <b>6. ESTIMATIVA DE CUSTO.....</b>                            | <b>57</b> |
| <b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                           | <b>60</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                       | <b>61</b> |
| <b>APÊNDICE A – Projeto de captação da água de chuva.....</b> | <b>63</b> |
| <b>APÊNDICE B – Projeto de distribuição de água fria.....</b> | <b>64</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso imprescindível para o desenvolvimento de uma região, visto que se faz necessária nas mais diversas atividades; urbanas, rurais e industriais além de ser primordial para a existência e manutenção da vida no planeta.

Tomaz (2010) aponta que apenas 0,266% da água doce presente no mundo encontra-se disponível para o consumo humano. No entanto, o fato de estar disponível não significa que ela seja potável. Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2000), a água potável é aquela que possui características microbiológicas, físicas, químicas e radioativas que atendem os parâmetros de potabilidade e que não ofereça risco à saúde humana. A busca por novas fontes de abastecimento de água faz-se urgente em todo o planeta. O ciclo da água promove a renovação desta, porém a quantidade de água existente é sempre a mesma e o seu consumo aumenta todos os dias, o que a torna um recurso natural finito. (GRIPP, 2001).

Marinoski (2007) afirma que em escolas e universidades, ou edificações públicas de modo geral, onde o indivíduo não é responsável direto por arcar com os custos de abastecimento de água, há uma tendência maior ao desperdício.

Nestes locais o aproveitamento de água pluvial é uma ótima opção para diminuição do consumo de água potável, visto que pode substituí-la em descargas sanitárias, lavagem de pátios e irrigação de jardins, diminuindo os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, minimizando os riscos de enchentes e auxiliando na preservação do meio ambiente reduzindo a escassez de recursos hídricos, além de sua implantação ser relativamente simples e com retorno do investimento.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é composto por área de captação (geralmente lajes de cobertura e telhados) de onde a água precipitada é encaminhada as calhas e posteriormente aos condutores verticais e horizontais, que por sua vez a direciona ao reservatório. Em locais onde a utilização se dá acima do nível do reservatório é necessário a implantação de um sistema elevatório afim de conduzir a água a um reservatório superior.

Desta forma, o presente trabalho visa cumprir os passos necessários para dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na Escola Estadual José Cristiano Alves, situada no centro de São Thomé das Letras – Minas Gerais. Para concepção do sistema foi necessário realizar revisão sobre as bibliografias, metodologias e normas aplicáveis bem como realizar o levantamento de informações sobre o local de estudo, possibilitando análise do potencial de implantação do sistema e o desenvolvimento do projeto.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral:**

Desenvolver um projeto para reaproveitamento de águas pluviais para uso não potável na Escola Estadual José Cristiano Alves, localizada em São Thomé das Letras, Minas Gerais.

### **2.2. Objetivo Específico:**

- Revisar sobre bibliografias, metodologias e normas aplicáveis;
- Definir e características da área de estudo;
- Levantar dados pluviométricos;
- Dimensionar do sistema de captação de águas pluviais para a área de estudo;
- Dimensionar os reservatórios para armazenamento da água pluvial;
- Calcular e dimensionar o sistema elevatório para a água pluvial;
- Calcular e determinar a instalação predial de água fria;
- Avaliar o potencial do uso não potável de águas pluviais na Escola Estadual Jose Cristiano Alves, localizada em São Thomé das Letras, Minas Gerais.

### 3. DIAGNÓSTICO

#### 3.1. Caracterização do local de estudo

A Escola Estadual José Cristiano Alves local de estudo, está situada em um terreno de 5.000,00 m<sup>2</sup> localizada na rua Marcionílio Ribeiro Costa, S/Nº - Centro - São Thomé das Letras – MG, próximo ao portal de entrada da cidade, a escola conta com área construída de 1.800,71 m<sup>2</sup> e é a única escola estadual situada na zona urbana do município.

A Figura 1 apresenta uma vista superior do local de estudo onde é possível se observar as edificações e as coberturas que serão utilizadas para captação da água pluvial, já a Figura 2 apresenta a entrada principal da escola, situada na Rua Marcionílio Ribeiro Costa, S/Nº.

Figura 1 - Imagem de satélite Google Earth



Fonte: Adaptado Google Earth (2019).

Figura 2 - Fachada da Escola



Fonte: O autor (2019)

A escola é dividida em 3 blocos principais e atualmente conta com 12 salas de aula, 7 banheiros (sendo seis de uso geral e um de uso exclusivo da parte administrativa e do corpo docente), sala de professores, uma sala de direção, duas salas de secretaria, refeitório, biblioteca, quadra poliesportiva, pátio e gramado.

A escola atende alunos do 5º ano do ensino fundamental ao 3º ano do ensino médio; funciona nos turnos da manhã, tarde e noite, atendendo um total de 503 alunos e contando com um total de 60 servidores.

Na Figura 3 é possível visualizar o pátio do bloco administrativo, local de cota mais baixa no local de estudo, já a Figura 4 apresenta o acesso ao bloco de salas de aula passando pela quadra poliesportiva, local de cota mais alta do terreno.

Figura 3 - Pátio do bloco administrativo



Fonte: O autor (2019)



Figura 4 - Acesso ao pátio dos blocos das salas de aula pela quadra poliesportiva



Fonte: O autor (2019)

Por meio das figuras é possível se observar a declividade do terreno, caracterizando os locais como propícios para implantação do reservatório inferior e superior respectivamente.

### **3.2. Levantamento dos sistemas existentes**

A maioria dos dados foram obtidos através do projeto arquitetônico impresso, infelizmente não foi possível o acesso a cópia digital do mesmo, o qual foi desenvolvido pelo autor tendo por base o projeto impresso e medições realizadas.

O local de estudo possui no total 5000 m<sup>2</sup> de área, deste total 1800,71 m<sup>2</sup> são de área construída conforme Figura 5, restando aproximadamente 3199,29 m<sup>2</sup> de área entre pátio e gramado, através das medições realizada pelo autor constatou-se que o somatório da área de gramado é de aproximadamente 1200 m<sup>2</sup>, já a área de pátio externo corresponde a 1999,29 m<sup>2</sup> no local.

Figura 5 - Quadro de áreas

| QUADRO DE ÁREAS                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| TERRENO .....                    | 5.000,00 m <sup>2</sup>       |
| CONSTRUÇÃO:                      |                               |
| BLOCO DIREÇÃO/SECRETARIA .....   | 248,22 m <sup>2</sup>         |
| BLOCO 1 - SALAS DE AULAS .....   | 361,72 m <sup>2</sup>         |
| BLOCO 2 - SALAS DE AULAS .....   | 308,70 m <sup>2</sup>         |
| BIBLIOTECA .....                 | 98,00 m <sup>2</sup>          |
| QUADRA POLIESPORTIVA .....       | 784,07 m <sup>2</sup>         |
| <b>TOTAL DA CONSTRUÇÃO .....</b> | <b>1.800,71 m<sup>2</sup></b> |

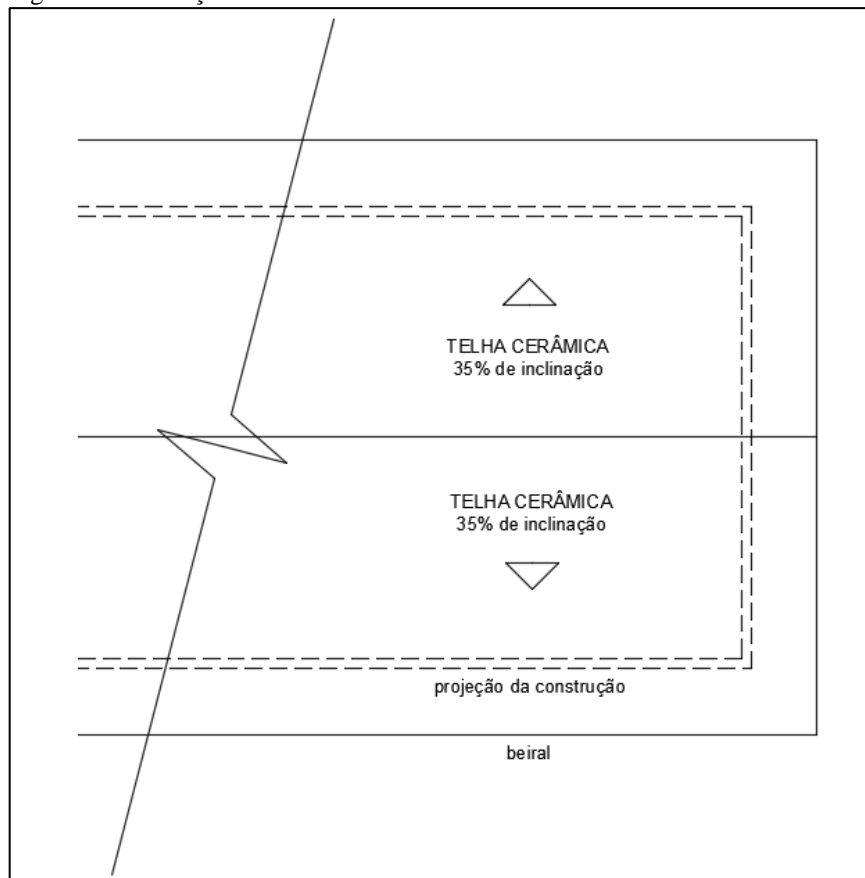
  

| PROJETO ARQUITETONICO   |                       |
|---|-----------------------|
| ESCOLA ESTADUAL JOSE CRISTIANO ALVES                                      |                       |
| R. MARCIONILIO RIBEIRO COSTA S/N. - CENTRO - SÃO TOME DAS LETRAS<br>LOCAL | SETEMBRO/2013<br>DATA |

Fonte: O autor (2019)

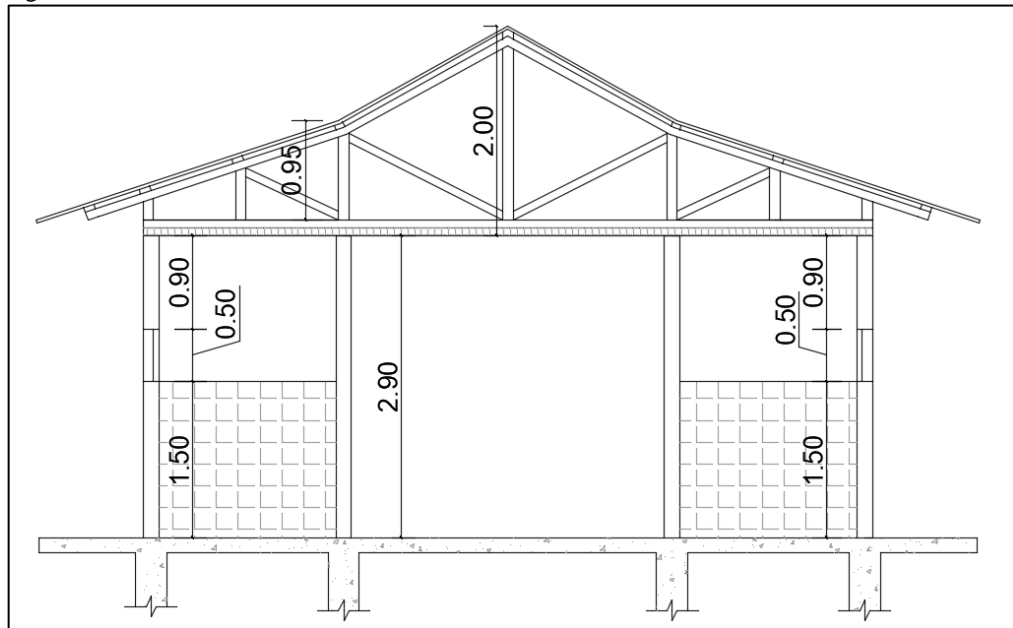
A estrutura do telhado é constituída de peças de madeira formando duas águas, o cobrimento é de telha cerâmica, possui altura de 2 metros e inclinação de 35%, conforme indica Figura 6, Figura 7 e Figura 8.

Figura 6 - Inclinação do telhado



Fonte: O autor (2019)

Figura 7 – Vista em corte - Altura do telhado



Fonte: O autor (2019)

Figura 8 - Telhado composto por telhas cerâmicas



Fonte: O autor (2019)

Atualmente a escola não possui calhas ou coletores para águas pluviais provenientes dos telhados, conforme pode ser observado na Figura 8, toda água precipitada atualmente escorre por gravidade para canaletas de concreto que a encaminha até rua como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Conductor de concreto



Fonte: O autor (2019)

Por se tratar de uma área relativamente grande e toda descarga hídrica convergir por poucas canaletas existentes para apenas um ponto, a escola já enfrentou problemas com incapacidade de conduzir toda a água precipitada pelo sistema existente, aspecto este que também pode ser melhorado com a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.



## 4. PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis são seguidas algumas etapas apresentadas no decorrer deste trabalho.

A captação de água será realizada pelo telhado, onde posteriormente é encaminhada até as calhas que por sua vez a encaminha aos condutores verticais e horizontais. A primeira água a cair não é aproveitada, é utilizada apenas para limpeza do telhado, e conseqüentemente possibilita a obtenção de uma água com menos resíduos. A água coletada passa por um filtro para que os resíduos restantes sejam retirados, e assim a água possa ser armazenada no reservatório, de onde será redistribuída até os locais de utilização.

A utilização da água pluvial captada na escola será para fins de descarga sanitárias e lavagem de pátios.

De acordo com Fendrich (2009), para se utilizar da água da chuva devem ser seguidas as seguintes técnicas:

- Coletar a água que cai no telhado;
- Eliminar a água do início da chuva como descarte inicial;
- Utilizar-se de sistemas de sedimentação, filtragem e tratamento, visando a melhorar a qualidade da água;
- Armazenar o volume de água em reservatórios;
- Abastecer os locais onde deverá receber esta água.

O dimensionamento do projeto consiste nas seguintes etapas: levantamento de dados e diagnóstico do local, definição da precipitação média, cálculo da área de captação, estimativa de consumo, levantamento do local de implantação dos reservatórios, sistema elevatório e instalações prediais de água pluvial e de água fria.

### 4.1. Memorial descritivo

#### 4.1.1. Intensidade pluviométrica da cidade de São Thomé das Letras

Para determinação da intensidade pluviométrica da cidade de São Thomé das Letras foi utilizada a equação indicada por Pruski et al. (2006) equação geral de chuvas (1) em que os parâmetros K, a, b, e c podem ser obtidos pelo programa Plúvio 2.1 conforme afirma Cecílio (2003) e ilustra a Figura 10.

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

Onde:

$i_m$  = Intensidade máxima média de precipitação (mm/h);

T = Período de retorno (anos);

t = Duração da precipitação (min);

K, a, b, c = Parâmetros de cada localidade.

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) NBR (Norma Brasileira) 10844:1989 afirma que o período de retorno deve ser fixado segundo as características da área a ser drenada, sendo:

- T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos, para coberturas e/ou terraços;
- T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamento ou extravasamento não possa ser tolerado.

Com relação a duração da precipitação, a mesma norma estabelece que deve ser fixada em  $t = 5$  min.

Figura 10 - Parâmetros para a cidade de São Thomé das Letras, Plúvio 2.1

Plúvio 2.1 - Estado: Minas Gerais

Mapa do Brasil Relatário Ajuda

Estados: Minas Gerais

Estações:

- Juatuba (Mateus Leme)
- Juiz de Fora
- Juramento
- Juvenília (Montalvânia)
- Lagoa do Gouveia (Tiros)
- Lagoa Grande (Nova Lima)
- Lavras
- Luz
- Macaia (Bom Sucesso)
- Machado

Localidades:

- São Thomé das Letras
- São Tiago
- São Tomás de Aquino
- São Vicente (Baldim)
- São Vicente da Estrela (Raul Soares)
- São Vicente de Minas
- São Vicente do Gramma (Jequeri)
- São Vicente do Rio Doce (Taramirim)
- São Vitor (Governador Valadares)
- Saracá (Lacutina)

Interpolação

Relatário Ajuda

Parâmetros da Equação IDF

K: 3050,567

b: 26,569

a: 0,214

c: 0,986

Cancelar Fechar

Latitude: 21°43'20" Longitude: 44°59'07" Calcular

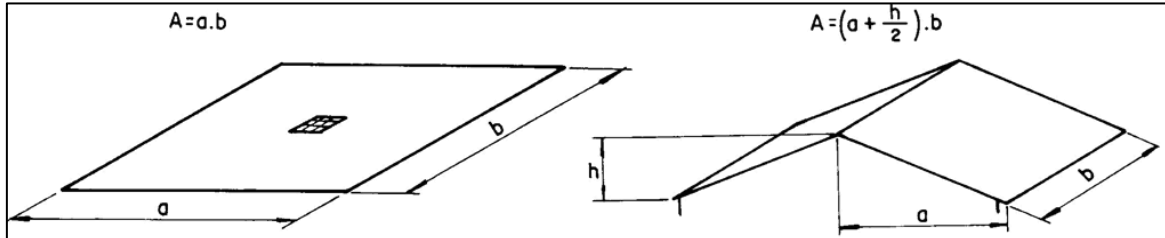
Fonte: Adaptado Plúvio (2019).

#### 4.1.2. Área de contribuição

A área de contribuição se caracteriza como a soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação.

Segundo a ABNT NBR 10844:1989, para telhados inclinados a determinação da área de captação deve ser utilizada a equação (2) abaixo, já para telhados de cobertura plana horizontal deve-se utilizar equação (3) conforme Figura 11, onde as dimensões foram obtidas através do projeto arquitetônico.

Figura 11 - Áreas de Contribuição



Fonte: Adaptado ABNT (1989)

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

$$A_{\text{Contribuição}} = a \times b \quad (3)$$

Onde:

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

a = menor dimensão do telhado (m);

b = maior dimensão do telhado (m);

h = altura do telhado (m).

#### 4.1.3. Vazão da área de contribuição

Obtida a área de contribuição total e a intensidade pluviométrica do local, a ABNT NBR 10844: 1989 estabelece que a vazão de projeto deve ser calculada pela equação (4).

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto (L/min);

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

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

#### 4.1.4. Calhas

As calhas realizam o recolhimento e transporte da água pluvial captada até os condutores, de acordo com May (2004) geralmente a calhas são de PVC ou metálicas, e para evitar carregamento de materiais sólidos pode-se utilizar peneiras acopladas a elas.

Conforme estabelece a ABNT NBR 10844:1989 o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, equação (5) a qual possibilita a determinação das dimensões necessárias para suprir a vazão calculada.

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto (L/min);

S = área da seção molhada (m<sup>2</sup>);

n = coeficiente de rugosidade (Tabela 1);

R = raio hidráulico (m);

$P_H = \frac{P}{S}$  perímetro molhado (m);

i = declividade da calha (m/m);

K = 60.000.

O coeficiente de rugosidade pode ser obtido pela Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes de Rugosidade

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

Fonte: ABNT (1989)

Também é estabelecido pela ABNT NBR 10844:1989 algumas recomendações a serem consideradas no dimensionamento das calhas, são elas:

- Inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com valor mínimo de 0,5%;
- Quando a saída não estiver colocada em uma das extremidades, a vazão de projeto para o dimensionamento das calhas de beiral ou platibanda deve ser aquela correspondente à maior das áreas de contribuição;



- Quando não se pode tolerar nenhum transbordamento ao longo da calha, extravasores podem ser previstos como medida adicional de segurança;
- Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a Vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

| Tipo de curva     | Curva a menos de 2 m da saída da calha | Curva entre 2 e 4 m da saída da calha |
|-------------------|--|---------------------------------------|
| Canto reto        | 1,2                                    | 1,1                                   |
| Canto arredondado | 1,1                                    | 1,05                                  |

Fonte: ABNT (1989).

A ABNT NBR 10844:1989 também fornece a Tabela 3, que relaciona a capacidade de vazão de calhas semicirculares em função de seu diâmetro e declividade.

Tabela 3 – Capacidades 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: ABNT (1989).

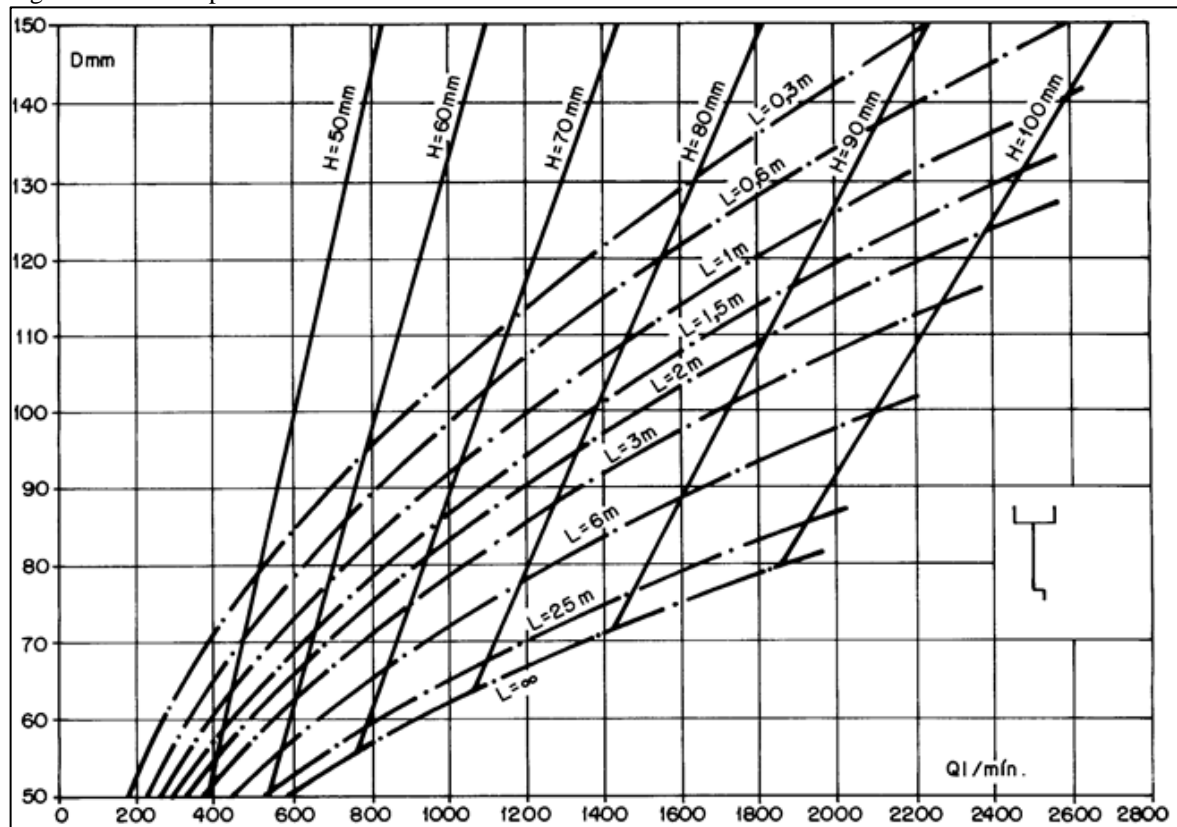
#### 4.1.5. Condutores verticais

Os condutores verticais são destinados a recolher as águas das calhas da parte superior para a parte inferior da edificação. A ABNT NBR 10844:1989 estabelece algumas recomendações quanto ao projeto de condutores verticais, sendo elas:

- Os condutores verticais devem sempre que possível serem projetados em uma só prumada.
- Quando houver necessidade de desvio, deve-se utilizar curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção.
- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é de 70 mm.

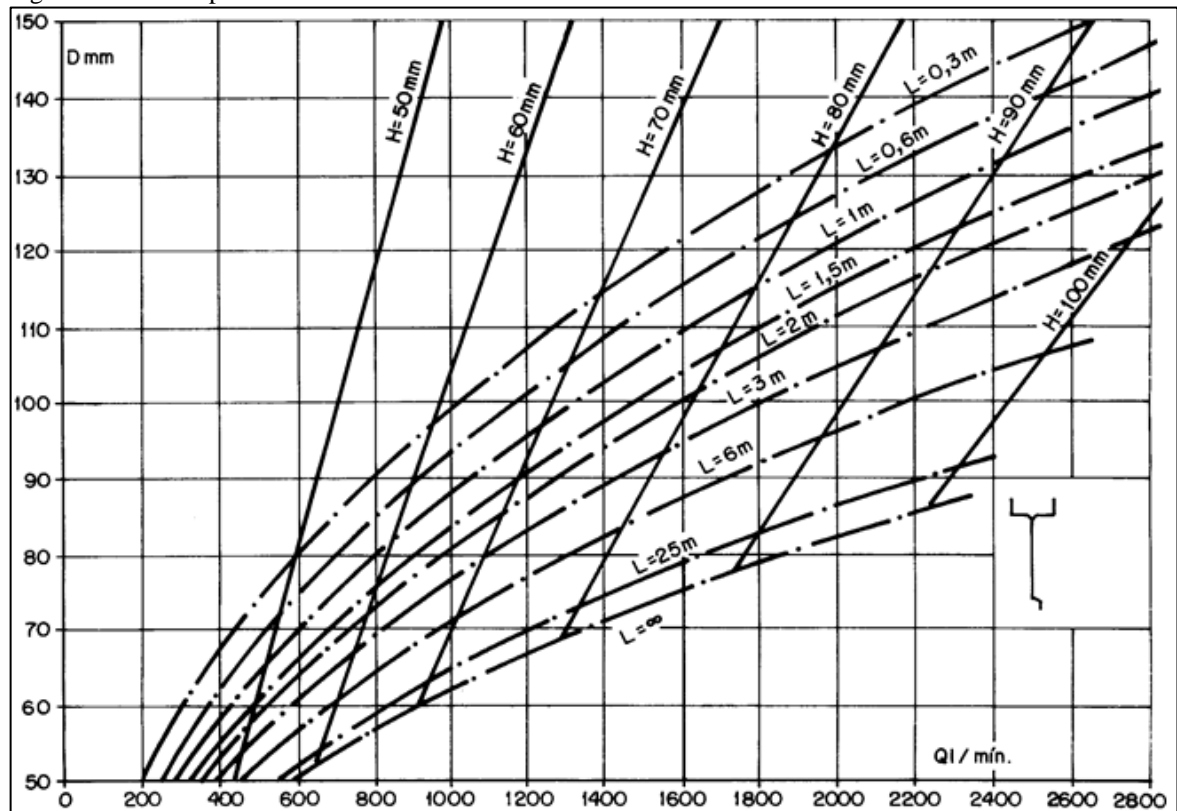
- Deve-se definir o tipo de saída da calha, aresta viva ou funil;
- Para saída tipo aresta viva deve-se utilizar o ábaco da Figura 12, para saída tipo funil deve-se utilizar o ábaco da Figura 13.
- A vazão a ser considerada é a da calha dividida pelo número de saídas;
- Para a determinação do diâmetro levantar uma vertical por Q até interceptar as curvas de H e L correspondentes. No caso de não haver curvas dos valores de H e L, interpolar entre as curvas existentes. Transportar a interseção mais alta até o eixo D. Adotar o diâmetro nominal cujo diâmetro interno seja superior ou igual ao valor encontrado.

Figura 12 - Ábaco para calha com saída em aresta viva



Fonte: ABNT (1989)

Figura 13 - Ábaco para calha com funil de saída



Fonte: ABNT (1989)

Os condutores verticais podem ser verificados pela equação (6) que leva em consideração a taxa de ocupação do tubo.

$$Q = 0,019 \times (T_0)^{5/3} \times D^{8/3} \quad (6)$$

Onde:

Q = Vazão (l/min);

D = Diâmetro interno (mm);

$T_0$  = Taxa de ocupação do tubo;

#### 4.1.6. Condutores horizontais

O condutor horizontal tem a função de transportar a água recebida pelos condutores verticais até o reservatório, a ABNT NBR 10844:1989 estabelece que devem ser seguidos as seguintes recomendações:

- Devem possuir declividade uniforme, mínima de 0,5%.
- O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo.

- Nas tubulações aparentes, devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos.
- Nas tubulações enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20m nos percursos retilíneos.
- A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

A Tabela 4 abaixo apresenta a vazão dos condutores horizontais de acordo com sua seção, as vazões foram calculadas através da equação (5) de Manning-Strickler, considerando altura da lamina de água igual a 2/3 do diâmetro.

Tabela 4 - Capacidade de 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: ABNT (1989)

#### 4.1.7. Consumo de água não potável

Conforme Tomaz (2010) o aproveitamento da água de chuva é utilizado sempre como água não potável devido a maior facilidade de adequação da água pluvial a esta categoria de consumo, comumente utilizado para rega de jardim, limpeza de pátios, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos, usos industriais, uso em reservatórios de incêndios e outros usos que não requeiram água potável. Ainda segundo Tomaz pode-se estimar o consumo de água usando parâmetros de engenharia conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de engenharia estimativas da demanda residencial de água potável para uso externo.

| Uso externo                     | Unidades                  | Valores   |
|---------------------------------|---------------------------|-----------|
| Casas com piscina               | Porcentagem               | 0,1       |
| Gramado ou jardim               | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 2         |
| Lavagem de carros               | Litros/lavagem/carro      | 150       |
| Lavagem de carros: frequência   | Lavagem/mês               | 4         |
| Mangueira de jardim 1/2"x20m.   | Litros/dia                | 50        |
| Manutenção de piscina           | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 3         |
| Perdas p/ evaporação em piscina | Litros/dia/m <sup>2</sup> | 5,75      |
| Reenchimento de piscinas        | Anos                      | 10        |
| Tamanho da casa                 | m <sup>2</sup>            | 30 a 450  |
| Tamanho do lote                 | m <sup>2</sup>            | 125 a 750 |

Fonte: Tomaz (2010).

Para limpeza de pátios comuns Tomaz (2010) afirma que a taxa usual é de 2 L/m<sup>2</sup> por dia e a frequência de 1 a 2 vezes/semana.

#### 4.1.8. Reservatório

Para obtenção dos dados da precipitação média mensal de São Thomé das Letras, serão considerados os valores obtidos através do boletim de aviso da Fundação Procafé cuja estação se localiza em Varginha - MG, a mais próxima do local de estudo.

A ABNT NBR 15527:2007 estabelece que para dimensionamento do reservatório devem ser considerados no projeto extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. A norma ainda estabelece que:

- Deve ser minimizado o turbilhamento, afim de dificultar a suspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes;
- É recomendado que a retirada de água do reservatório seja feita a 15cm da superfície.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano.
- O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galeria de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente.

Ainda segundo Tomaz (2010) a água pluvial possível de ser aproveitada é diferente da quantidade precipitada, pois é necessário que se descarte a primeira água precipitada a chamada *First-Flush*, segundo a ABNT NBR 15527:2007 este descarte deve ser de 2 mm da precipitação inicial, e a determinação do material utilizado influi diretamente na quantidade de água possível de ser captada, pois cada material possui um coeficiente de escoamento diferente conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Coeficiente de Runoff médio

| <b>MATERIAL</b>            | <b>COEFICIENTE DE RUNOFF</b> |
|----------------------------|------------------------------|
| 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: Adaptado de Tomaz (2010)

Conforme ABNT NBR 15527:2007 e Tomaz (2010) o volume de água pluvial aproveitável pode ser calculado pela equação (7).

$$V = P \times A \times C \times \eta_{first\ flush} \quad (7)$$

Onde:

V = volume aproveitável (litros);

P = precipitação média mensal (mm);

A = área do telhado em projeção (m<sup>2</sup>);

C = coeficiente de runoff do telhado;

$\eta_{first\ flush}$  = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema, adota-se 0,85 (Tomaz 2010).

A partir dos valores obtidos da série histórica e o volume aproveitável pode-se calcular o volume do reservatório pelo Método de Rippl utilizando as equações (8) e (9) conforme ABNT NBR 15527:2007.

$$S_t = D_t - Q_t \quad (8)$$

$$V = \sum S_t, \text{ somente para valores } S_t > 0 \quad (9)$$

Sendo que:  $\sum D_t < \sum Q_t$

Onde:

$S_t$  = volume de água no tempo t;

$Q_t$  = volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_t$  = demanda ou consumo no tempo t;

C = coeficiente de escoamento superficial;

V = volume do reservatório;

$P_t$  = precipitação no tempo t;

A = área de captação.

#### 4.1.9. Sistema elevatório

A ABNT NBR 12214:1992 afirma que a estação elevatória consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior ou para um reservatório hidropneumático.

De acordo com a mesma norma as instalações elevatórias devem possuir no mínimo duas unidades de elevação de pressão, independentes, com objetivo de garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades, no caso de instalações elevatórias por recalque de água, recomenda-se que seja equipada com comando liga/desliga automático, condicionado ao nível de água nos reservatórios. Neste caso, este comando deve permitir também o acionamento manual para operações de manutenção. A mesma ainda estabelece que a localização e a forma de implantação de instalações elevatórias devem ser definidas prevendo-se soluções destinadas a reduzir os efeitos da vibração e do ruído.

A ABNT NBR 12214:1992 estabelece que alguns critérios devem ser seguidos para fixar o número e a vazão das unidades de bombeamento como:

- Número mínimo de bombas igual a duas unidades;
- Previsão de uma ou mais unidades de reserva para o caso em que a parada de uma das bombas não permita recalcar a vazão máxima ou transferir o volume total diário previsto em projeto;
- Bombas de mesmo tipo, e de preferência, de mesma vazão ou de vazões múltiplas entre si;
- Implantação em etapas sucessivas, visando a reduzir a ociosidade do sistema de bombeamento;
- Conjunto de bombas capaz de atender às exigências operacionais em toda a faixa prevista de vazão, sem prejuízo apreciável do rendimento de cada unidade;
- Consideração do efeito regularizador de reservatório a jusante;
- Redução da soma dos custos a valor presente, relativos a implantação, despesas financeiras e despesas de exploração.

#### 4.1.9.1. Tubulação de recalque e sucção

A ABNT NBR 12214:1992 afirma que a velocidade mínima nas tubulações de sucção devem ser limitadas aos valores da Tabela 7, e a velocidade máxima não deve exceder os valores da Tabela 8.

Tabela 7 - Velocidade mínima de sucção

| <b>Tipo de material transportado</b> | <b>Velocidade (m/s)</b> |
|--------------------------------------|-------------------------|
| Matéria orgânica                     | 0,30                    |
| Suspensões siltosas                  | 0,30                    |
| Suspensões arenosas                  | 0,45                    |

Fonte: ABNT (1992).

Tabela 8 - Velocidade máxima de sucção

| <b>Diâmetro nominal (DN)</b> | <b>Velocidade (m/s)</b> |
|------------------------------|-------------------------|
| 50                           | 0,70                    |
| 75                           | 0,80                    |
| 100                          | 0,90                    |
| 150                          | 1,00                    |
| 200                          | 1,10                    |
| 250                          | 1,20                    |
| 300                          | 1,40                    |
| 400                          | 1,50                    |

Fonte: ABNT (1992).

Nota: Para bombas afogadas, as velocidades da tabela podem ser excedidas, desde que isto seja devidamente justificado.

Para cálculo das perdas de carga singulares em toda a instalação de bombeamento, a ABNT NBR 12214:1992 recomenda que se utilize a equação (10).

$$h_s = K_s \frac{V^2}{2g} \quad (10)$$

Onde:

$K_s$  = Coeficiente de perda de carga singular;

$V$  = Velocidade média na seção (m/s);

$h_s$  = perda de carga singular (m);

$g$  = aceleração da gravidade ( $m/s^2$ );

A Tabela 9 define alguns valores de  $K_s$  para cálculo da perda de carga.



Tabela 9 - Valores de Ks para cálculo das perdas de cargas localizadas

| <b>Peça</b>                | <b>Valor de Ks</b> |
|----------------------------|--------------------|
| Crivo                      | 0,75               |
| Curva de 22,5°             | 0,10               |
| Curva de 45°               | 0,40               |
| Curva de 90°               | 0,40               |
| Entrada normal             | 1,00               |
| Saída da canalização       | 1,00               |
| Tê passagem direta         | 0,60               |
| Tê saída lateral           | 1,80               |
| Válvula de gaveta          | 0,19               |
| Válvula de pé              | 15,0               |
| Válvula de retenção        | 2,30               |
| Válvula globo aberta       | 10                 |
| Válvula de ângulo aberta   | 5                  |
| Válvula de gaveta aberta   | 0,19               |
| Válvula de gaveta ¾ aberta | 1,0                |
| Válvula de gaveta ½ aberta | 5,6                |

Fonte: Adaptado de Jeppson, (1973) apud Tomaz, (2010).

Conforme Tomaz (2010) para o bombeamento deve-se estabelecer um critério para determinação dos diâmetros das tubulações de sucção e de recalque. Para determinação do diâmetro de recalque se utiliza a fórmula de Bresse, equação (11).

$$D = K \times Q^{0,5} \quad (11)$$

Onde:

D = Diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q = Vazão passante na tubulação (m<sup>3</sup>/s);

K = Coeficiente dependente da velocidade de recalque, entre 0,9 e 1,3 (Tomaz, 2010).

Já para o cálculo do diâmetro de recalque de um sistema de funcionamento intermitente se utiliza a formula de Forchheimer, equação (12) e (13)

$$X = \frac{\text{número de horas trabalhadas}}{24} \quad (12)$$

$$D = 1,3 \times \sqrt[4]{X} \times \sqrt{Q} \quad (13)$$

Onde:

D = Diâmetro da tubulação de recalque (m);

X = Relação entre o número de horas trabalhadas em 24 horas;

Q = Vazão (m<sup>3</sup>/s).

De acordo com Justino e Nogueira (2012) para o diâmetro de sucção deve-se adotar um diâmetro comercial acima do diâmetro de recalque adotado.

#### 4.1.9.2. Potência dos conjuntos elevatórios

Para determinação da potência do conjunto elevatório, é necessário primeiro que se determine a altura manométrica, Tomaz (2010) recomenda o método da Universidade Federal de Pernambuco expresso na Tabela 10.

Tabela 10 - Expressões para determinação da altura manométrica

| ALTURAS                                | EXPRESSÕES  |
|--|---|
| Altura manométrica de sucção ( $H_S$ ) | $H_S = \pm S + h_{fs} - P_S$                      |
| Altura de recalque ( $H_D$ )           | $H_D = \pm D + h_{fd} + P_D$                      |
| Altura manométrica total ( $H_T$ )     | $H_T = \pm S \pm D + h_{fs} + h_{fd} + P_D - P_S$ |

Fonte: (Tomaz, 2010).

Onde:

$S$  = altura estática de sucção;

$h_{fs}$  = perda de carga total na linha de sucção;

$P_S$  = pressão manométrica no reservatório de sucção;

$D$  = altura estática de descarga;

$h_{fd}$  = perda de carga total na linha de descarga;

$P_d$  = pressão manométrica no reservatório de descarga.

A equação (14) de Fair-Whipple-Hsiao possibilita o cálculo de perda de carga para tubos de PVC ou cobre conforme ABNT NBR 5626:1998.

$$J = \frac{8,69 \times 10^5 \times Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (14)$$

Sendo:

$J$  = perda de carga unitária (m/m);

$Q$  = vazão (l/s);

$D$  = diâmetro interno do tubo (mm).

Para determinação da potência se utiliza a equação (15) conforme Azevedo Netto (1998).

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{(75 \eta)} \quad (15)$$

Onde:

$P$  = potência (HP),  $HP \times 0,736 = KW$ ;

$Q$  = vazão ( $m^3/s$ );

$H_{man}$  = altura manométrica (metro de coluna de água);

$\eta = \eta_{motor} \times \eta_{bomba}$  (coeficiente de rendimento global);

$\gamma$  = peso específico da água = 1000kgf/m<sup>3</sup>.

Ainda segundo Azevedo Netto (1998) são recomendáveis acréscimos de potências de acordo com a Tabela 11.

Tabela 11 - Acréscimo de potência recomendável

| <b>Acréscimo de potência</b> | <b>Potência da bomba</b> |
|------------------------------|--------------------------|
| 50%                          | 2HP                      |
| 30%                          | 2 a 5HP                  |
| 20%                          | 5 a 10HP                 |
| 15%                          | 10 a 20HP                |
| 10%                          | >20HP                    |

Fonte: Azevedo Netto (1998)

#### 4.1.9.3. Poço de sucção

De acordo com a ABNT NBR 12214:1992 considerando “d” como o diâmetro interno da tubulação de sucção é necessário que se siga as seguintes especificações:

- A submersão mínima da seção de entrada da tubulação deve ser maior que 2,5 d e nunca inferior a 0,50 m;
- A folga entre o fundo do poço e a parte inferior do crivo ou da seção na ausência deste, deve ser fixada de 1,0 a 1,5 d, e nunca inferior a 0,20 m;
- A distância mínima entre a parede da tubulação de sucção e qualquer parede lateral do poço de sucção deve ser de 1,0 d e nunca inferior a 0,30 m;
- Devem ser evitadas zonas mortas do escoamento e formação de vórtices mediante configuração geométrica apropriada do poço de sucção e, se necessário, utilizando também dispositivos antivórtices;
- Nas cortinas que separam compartimentos de sucção, um conjunto de bombas dispostas ortogonalmente à corrente líquida deve medir mais de 3 d na direção da corrente, a partir do eixo da tubulação;
- Os perfis das bordas de ataque das cortinas e dos defletores devem ser arredondados;
- O escoamento na entrada do poço deve ser regular, sem deslocamento e zonas de velocidades elevadas. A velocidade de aproximação da água na seção de entrada da câmara de sucção não deve exceder 0,60 m/s;
- O comprimento e a largura devem ser compatíveis com a instalação dos conjuntos motor-bomba selecionados, bem como da tubulação de sucção e respectivos órgãos

acessórios, respeitando-se as folgas necessárias para a montagem, instalações complementares e circulação de pessoal; deve haver também completa independência das tomadas de sucção sem interferência entre elas, observando sempre as recomendações estipuladas pelo fabricante das bombas;

- Quando o fundo do canal de chegada e o do poço de sucção se acham em cotas diferentes, a concordância entre ambos deve ser feita por plano inclinado de no máximo 45° em relação à horizontal.

Segundo a mesma norma podem ser adotadas dimensões e formas distintas às especificadas acima, desde que sejam devidamente justificadas.

#### 4.1.10. Instalação predial de água fria

A ABNT NBR 5626:1998 afirma que para determinação da demanda provável pode-se utilizar tanto a aplicação da teoria das probabilidades quanto a partir da experiência acumulada na observação de instalações similares, o método adotado pela norma se encaixa no segundo caso.

Segundo a mesma norma para instalações com consumo intensivo como escolas, cinemas e estádios deve-se utilizar o método de consumo máximo possível, adotando-se como demanda o somatório da vazão de todos aparelhos de consumo, considerando que todos estejam funcionando de forma simultânea.

Conforme a ABNT NBR 5626:1998 por razões de economia, é usual estabelecer como provável uma demanda simultânea de água menor do que a máxima possível. A norma indica a possibilidade de utilizar o método dos pesos relativos em locais de uso normal, para utilização deste método se aplica a equação (16).

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\Sigma P} \quad (16)$$

Onde:

$Q$  = Vazão estimada na seção (l/s);

$P$  = Pesos relativos.

Os pesos relativos podem ser obtidos pela Tabela 12.

Tabela 12 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

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

Fonte: ABNT (1998)

A norma também afirma que este método não deve ser utilizado em locais de uso intenso (como escolas, cinemas, estádios entre outros), nestes locais a vazão a ser considerada é a soma das vazões dos aparelhos sanitários alimentados pela tubulação, vazões que podem ser obtidas pela Tabela 12.

#### 4.1.10.1. Perda de carga na tubulação

Conforme ABNT NBR 5626:1998 a perda de carga ao longo de um tubo depende diretamente de seu comprimento, diâmetro interno, rugosidade e da vazão. Para o cálculo da perda de carga, recomenda-se a utilização da equação universal, obtendo o valor de rugosidade dos tubos junto aos fabricantes, entretanto devido à dificuldade de se determinar qual fabricante de tubo será utilizado na fase de execução, podem ser utilizadas as fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao, equação (17) para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não) e equação (18) para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre).

$$J = 20,2 \times 10^6 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88} \quad (17)$$

$$J = 8,69 \times 10^6 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75} \quad (18)$$

Onde:

J = perda de carga unitária (kPa/m);

Q = vazão estimada na seção (L/s);

d = diâmetro interno do tubo (mm).

#### 4.1.10.2. Perda de carga em conexões

A ABNT NBR 5626:1998 afirma que a perda de carga em conexões devem ser expressas em termos de comprimento equivalente de tubos, conforme Tabela 13 e Tabela 14.

A norma ainda aponta que quando for impraticável prever os tipos e números de conexões a serem utilizados, pode-se estimar uma porcentagem variando de 10% a 40% do comprimento real de tubos, sendo o valor adotado dependente diretamente da experiência do projetista.

Tabela 13 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo rugoso (tubo de aço-carbono, galvanizado ou não)

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

Fonte: ABNT (1998)

Tabela 14 - Perda de carga em conexões - Comprimento equivalente para tubo liso (tubo de plástico, cobre ou liga de cobre)

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

Fonte: ABNT (1998)

#### 4.1.10.3. Perda de carga em registros

A ABNT NBR 5626:1998 afirma que registros de fechamento, que geralmente são utilizados na condição de passagem plena, apresentam pequena perda de carga, e para efeito de cálculo pode ser desprezada, já registros de utilização apresentam elevada perda de carga e deve ser cuidadosamente calculada pela equação (19).

$$\Delta h = 8 \times 10^6 \times K \times Q^2 \times \pi^{-2} \times d^{-4} \quad (19)$$

Onde:

$\Delta h$  = perda de carga no registro (kPa);

$K$  = coeficiente de perda de carga no registro;

$Q$  = vazão estimada na seção (L/s);

$d$  = diâmetro interno da tubulação (mm).

## 4.2. Memorial de cálculo

### 4.2.1. Intensidade pluviométrica

De posse dos parâmetros fornecidos pelo software Plúvio 2.1 para a cidade de São Thomé das Letras e aplicação na equação (1) se obtém a intensidade pluviométrica a seguir:

$$i_m = \frac{K \times T^a}{(t + b)^c} = \frac{3050,567 \times 5^{0,214}}{(5 + 26,569)^{0,986}} = 143,12 \text{ mm} \quad (1)$$

#### 4.2.2. Área de contribuição

Para determinação da área de contribuição foi aplicada a equação (2) e (3) para cada um dos blocos existentes e os resultados podem ser observados na Tabela 15.

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

$$A_{\text{Contribuição}} = a \times b \quad (3)$$

Tabela 15 – Áreas de contribuição.

| Área  | Largura (a) | Comprimento (b) | Altura (h) | Número de Águas | Área de Contribuição |
|---|-------------|-----------------|------------|-----------------|----------------------|
| A1  | 4,15        | 40,40           | 2          | 2               | 416,12               |
| A2  | 4,25        | 17,40           | 2          | 2               | 182,70               |
| A3  | 4,25        | 33,70           | 2          | 2               | 353,85               |
| A4  | 4,15        | 50,00           | 2          | 2               | 515,00               |
| A5  | 9,00        | 15,90           | 2          | 2               | 174,90               |
| A6  | 22,00       | 35,64           | -          | -               | 784,07               |
| <b>Área de Contribuição Total (m<sup>2</sup>)</b> |             |                 |            |                 | <b>2426,64</b>       |

Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.3. Vazão das áreas de contribuição

Obtidas as áreas de contribuição e a intensidade pluviométrica do local, é possível calcular a vazão de projeto pela equação (4), os valores obtidos podem ser visualizados na Tabela 16.

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad (4)$$

Tabela 16 – Áreas de contribuição.

| Área | Área de Contribuição(m <sup>2</sup> ) | Intensidade Pluviométrica(mm) | Vazão (L/min) |
|------|---------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| A1   | 416,12                                | 143,12                        | 992,58        |
| A2   | 182,70                                | 143,12                        | 435,80        |
| A3   | 353,85                                | 143,12                        | 844,05        |
| A4   | 515,00                                | 143,12                        | 1228,45       |
| A5   | 174,90                                | 143,12                        | 417,19        |
| A6   | 784,07                                | 143,12                        | 1870,27       |

Fonte: O autor (2019).



#### 4.2.4. Dimensionamento das calhas

A partir dos valores de vazão obtidos para cada área de contribuição e da Tabela 3 do item 4.1.4 é possível determinar a calha a ser utilizada em cada uma das áreas de contribuição, conforme Tabela 17.

Tabela 17 – Diâmetros das calhas a serem utilizadas.

| <b>Calha</b> | <b>Vazão (L/min)</b> | <b>Declividade da Calha</b> | <b>Diâmetro interno (mm)</b> |
|--------------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| C1           | 165,43               | 0,5%                        | 125                          |
| C2           | 217,5                | 0,5%                        | 125                          |
| C3           | 211,01               | 0,5%                        | 125                          |
| C4           | 204,74               | 0,5%                        | 125                          |
| C5           | 208,60               | 0,5%                        | 125                          |
| C6.1         | 311,667              | 0,5%                        | 150                          |
| C6.2         | 467,5                | 0,5%                        | 200                          |

Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.5. Condutores Verticais

Conforme estabelecido no item 4.1.5, utilizou-se a equação (6) adotando taxa de ocupação do tubo de 30% e as vazões fornecidas por cada saída de calha se obteve os diâmetros expressos na Tabela 18.

$$Q = 0,019 \times (T_0)^{5/3} \times D^{8/3} \quad (6)$$

Tabela 18 – Diâmetros das calhas a serem utilizadas.

| <b>Calha</b> | <b>Vazão (L/min)</b> | <b>Condutor vertical</b> | <b>Taxa de Ocupação</b> | <b>Diâmetro interno calculado (mm)</b> | <b>Diâmetro interno adotado (mm)</b> |
|--------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|
| C1           | 165,43               | CV1                      | 0,3                     | 64                                     | 75                                   |
| C2           | 217,5                | CV2                      | 0,3                     | 71                                     | 75                                   |
| C3           | 211,01               | CV3                      | 0,3                     | 70                                     | 75                                   |
| C4           | 204,74               | CV4                      | 0,3                     | 69                                     | 75                                   |
| C5           | 208,60               | CV5                      | 0,3                     | 70                                     | 75                                   |
| C6.1         | 311,667              | CV6.1                    | 0,3                     | 81                                     | 100                                  |
| C6.2         | 467,5                | CV6.2                    | 0,3                     | 94                                     | 100                                  |

Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.6. Condutores Horizontais

Seguindo as especificações do item 4.1.6, Tabela 4 e equação (5) fixando a altura da lâmina de água a 2/3 do diâmetro se obteve os valores expressos na Tabela 19.

Tabela 19 – Diâmetros dos condutores a serem utilizadas.

| <b>Condutor</b> | <b>Vazão (L/min)</b> | <b>Declividade</b> | <b>Diâmetro interno (mm)</b> |
|-----------------|----------------------|--------------------|------------------------------|
| CH1             | 467,5                | 0,5%               | 150                          |
| CH2             | 779,167              | 1,0%               | 150                          |
| CH3             | 987,767              | 5,0%               | 125                          |
| CH4             | 1196,267             | 5,0%               | 100                          |
| CH5             | 311,667              | 0,5%               | 125                          |
| CH6             | 1712,774             | 4,0%               | 150                          |
| CH7             | 1917,514             | 4,0%               | 200                          |
| CH8             | 2128,524             | 5,0%               | 200                          |
| CH9             | 2128,524             | 5,0%               | 200                          |
| CH10            | 467,5                | 0,5%               | 150                          |
| CH11            | 779,167              | 1,0%               | 150                          |
| CH12            | 3118,701             | 1,0%               | 250                          |
| CH13            | 204,74               | 0,5%               | 125                          |
| CH14            | 409,48               | 4,0%               | 100                          |
| CH15            | 614,22               | 5,0%               | 100                          |
| CH16            | 831,72               | 5,0%               | 125                          |
| CH17            | 1049,22              | 2,0%               | 150                          |
| CH18            | 1214,65              | 1,0%               | 200                          |
| CH19            | 1380,08              | 1,0%               | 200                          |
| CH20            | 204,74               | 0,5%               | 125                          |
| CH21            | 204,74               | 4,0%               | 100                          |
| CH22            | 415,75               | 5,0%               | 100                          |
| CH23            | 626,76               | 2,0%               | 125                          |
| CH24            | 792,19               | 0,5%               | 200                          |
| CH25            | 4076,32              | 1,0%               | 300                          |
| CH26            | 4241,75              | 1,0%               | 300                          |
| CH27.1          | 2894,17              | 1,0%               | 250                          |
| CH27.2          | 2894,17              | 1,0%               | 250                          |

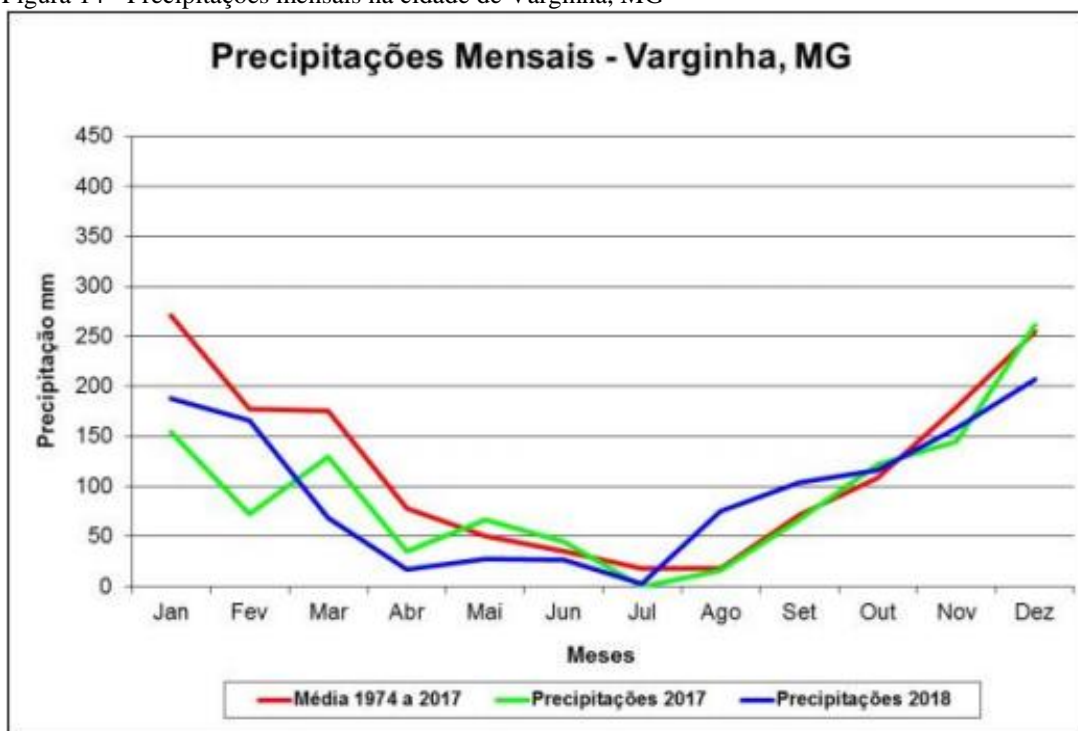
Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.7. Volume de água pluvial possível de ser captado

A determinação do volume de água pluvial possível de ser captado foi realizada através da equação (7), a área dos telhados foi calculada conforme item 4.2.2 totalizando 2426,64 m<sup>2</sup>, o coeficiente de runoff para telha cerâmica de 0,9 obtido através da

Tabela 6, e a intensidade média obtida por meio dos boletins de aviso da fundação Procafé e pode ser visualizada na Figura 14 e Tabela 20.

Figura 14 - Precipitações mensais na cidade de Varginha, MG



Fonte: Fundação Procafé (2019)

Tabela 20 - Precipitação média mensal de 1974 a 2017 Varginha, MG

| Mês       | Precipitação média (mm) |
|-----------|-------------------------|
| Janeiro   | 271,3                   |
| Fevereiro | 177,8                   |
| Março     | 175,5                   |
| Abril     | 77,9                    |
| Maio      | 60,6                    |
| Junho     | 34,9                    |
| Julho     | 17,8                    |
| Agosto    | 17,9                    |
| Setembro  | 71,5                    |
| Outubro   | 108,5                   |
| Novembro  | 179,2                   |
| Dezembro  | 255,1                   |

Fonte: Adaptado Fundação Procafé (2019)

O volume de água precipitada aproveitável calculado para o local de estudo é apresentado na Tabela 21.

Tabela 21 - Volume de água precipitada aproveitável

| Mês                     | Precipitação média (mm) | Área de Captação (m <sup>2</sup> ) | Coefficiente de Runoff | $\eta_{first\ flush}$ | Volume Aproveitável (L) |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| <b>Janeiro</b>          | 271,3                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 503.635,79              |
| <b>Fevereiro</b>        | 177,8                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 330.064,29              |
| <b>Março</b>            | 175,5                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 325.794,62              |
| <b>Abril</b>            | 77,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 144.611,97              |
| <b>Mai</b>              | 60,6                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 112.496,60              |
| <b>Junho</b>            | 34,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 64.787,65               |
| <b>Julho</b>            | 17,8                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 33.043,56               |
| <b>Agosto</b>           | 17,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 33.229,19               |
| <b>Setembro</b>         | 71,5                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 132.731,14              |
| <b>Outubro</b>          | 108,5                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 201.417,19              |
| <b>Novembro</b>         | 179,2                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 332.663,22              |
| <b>Dezembro</b>         | 255,1                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 473.562,44              |
| <b>Volume médio (L)</b> |                         |                                    |                        |                       | 224.003,14              |

Fonte: O autor (2019)

#### 4.2.7.1. Determinação do filtro volumétrico

A determinação do filtro se dá pela vazão passante, para o local de estudo o maior volume aproveitável se dá no mês de janeiro cujo volume corresponde a 503,64 m<sup>3</sup>, este volume dividido pelos 31 dias do mês corresponde a um volume diário de 16,25 m<sup>3</sup>. Para determinar a vazão se utiliza a equação (20)

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{16,25 \times 1000}{24 \times 60 \times 60} = 0,1881 \text{ l/s} \quad (20)$$

Onde:

Q = vazão no filtro volumétrico (l/s);

V = volume de água (litros);

t = tempo (segundos).

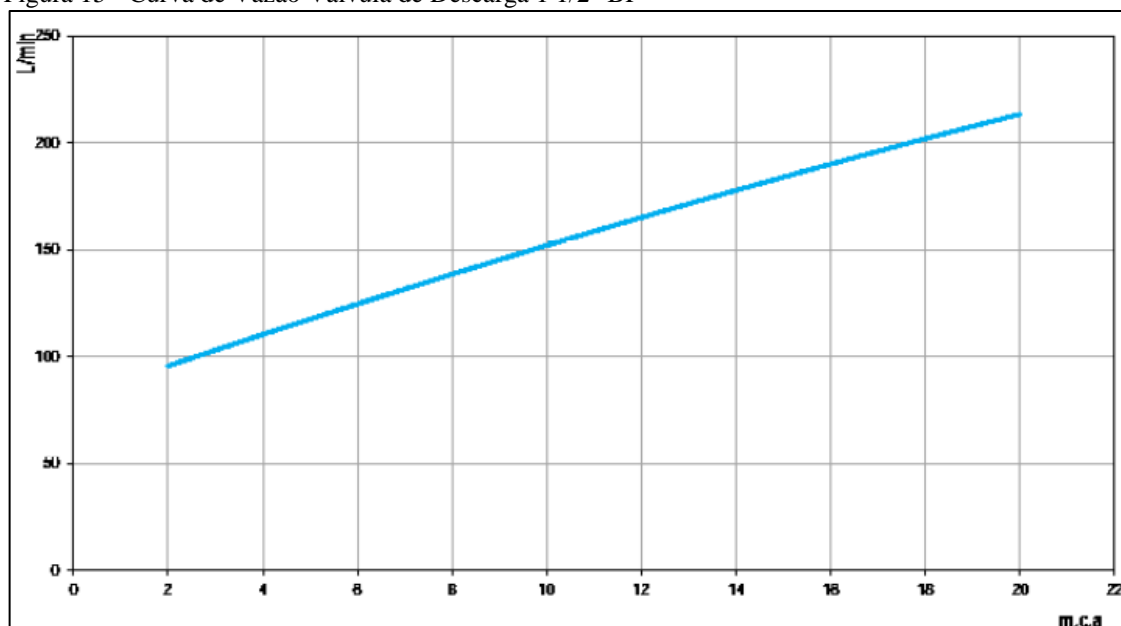
#### 4.2.8. Determinação do consumo de água não potável no local de estudo

Para a determinação do consumo de água potável que pode ser substituída por água não potável obtida através do reaproveitamento de água pluvial, se realizou o somatório de diferentes tipos de consumo.

Para determinação do consumo com descargas sanitárias utilizou do parâmetro indicado por Ywashima (2005) onde o estudo constatou que 90% dos alunos utilizavam a descarga 2 vezes ao dia, se observou que no local de estudo as descargas sanitárias eram do tipo válvula e adotando o tempo de acionamento médio de 3,5 segundos e os dados fornecidos pelo fabricante

pela curva de vazão conforme Figura 15 se chegou ao consumo médio de 6 litros de água por acionamento.

Figura 15 - Curva de Vazão Válvula de Descarga 1 1/2" BP



Fonte: Docol (2019).

Também foi necessário o cálculo do consumo de água com limpeza dos ambientes multiplicados pela sua frequência mensal.

Para obtenção do consumo com limpeza dos pátios foi considerada frequência de 1 vez na semana conforme ocorre atualmente na instituição, nos pisos internos considerou-se lavagem a cada 2 dias para os meses com ministração de aula e de 1 vez por semana nos meses sem aula.

Os dados obtidos e o consumo total podem ser visualizados na Tabela 22 e Tabela 23.

Tabela 22 - Consumo médio mensal de água não potável meses com aulas.

| Atividade                       | Área    | Nº Usuários | Consumo Unitário     | Frequência Mensal | Consumo(L)        |
|---------------------------------|---------|-------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Descarga Sanitária              | -       | 563         | 6 lts/utilização     | 44                | 133.768,80        |
| Limpeza Pátio                   | 1999,29 | -           | 2 lts/m <sup>2</sup> | 4                 | 15.994,32         |
| Limpeza Piso Interno            | 1800,71 | -           | 2 lts/m <sup>2</sup> | 11                | 39.615,62         |
| <b>Consumo médio mensal (L)</b> |         |             |                      |                   | <b>189.378,74</b> |

Fonte: O autor (2019).

Tabela 23 - Consumo médio meses sem aula

| Atividade                       | Área    | Nº Usuários | Consumo Unitário     | Frequência Mensal | Consumo(L)       |
|---------------------------------|---------|-------------|----------------------|-------------------|------------------|
| Descarga Sanitária              | -       | 20          | 6 lts/utilização     | 44                | 4752,00          |
| Limpeza Pátio                   | 1999,29 | -           | 2 lts/m <sup>2</sup> | 4                 | 15.994,32        |
| Limpeza Piso Interno            | 1800,71 | -           | 2 lts/m <sup>2</sup> | 4                 | 14.405,68        |
| <b>Consumo médio mensal (L)</b> |         |             |                      |                   | <b>35.152,00</b> |

Fonte: O autor (2019).

De posse dos dados expressos na Tabela 21 no item 4.2.7 e das Tabela 22 e Tabela 23 se observa que o consumo supera a captação em seis meses do ano, o que tende a acarretar em um reservatório de grandes dimensões e conseqüentemente de difícil locação no local de estudo, desta forma também se realizou um cálculo para determinação do consumo, onde o parâmetro de utilização da descarga sanitária foi alterada para frequência de 1 vez/usuário/dia, os novos valores obtidos podem ser observados nas Tabela 24 e Tabela 25.

Tabela 24 - Consumo médio mensal de água não potável meses com aulas.

| <b>Atividade</b>                | <b>Área</b> | <b>Nº<br/>Usuários</b> | <b>Consumo<br/>Unitário</b> | <b>Frequência<br/>Mensal</b> | <b>Consumo(L)</b> |
|---------------------------------|-------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|
| Descarga Sanitária              | -           | 563                    | 6 lts/utilização            | 22                           | 66.884,40         |
| Limpeza Pátio                   | 1999,29     | -                      | 2 lts/m <sup>2</sup>        | 4                            | 15.994,32         |
| Limpeza Piso Interno            | 1800,71     | -                      | 2 lts/m <sup>2</sup>        | 11                           | 39.615,62         |
| <b>Consumo médio mensal (L)</b> |             |                        |                             |                              | <b>122.494,34</b> |

Fonte: O autor (2019).

Tabela 25 - Consumo médio meses sem aula

| <b>Atividade</b>                | <b>Área</b> | <b>Nº<br/>Usuários</b> | <b>Consumo<br/>Unitário</b> | <b>Frequência<br/>Mensal</b> | <b>Consumo(L)</b> |
|---------------------------------|-------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------|
| Descarga Sanitária              | -           | 20                     | 6 lts/utilização            | 22                           | 2376,00           |
| Limpeza Pátio                   | 1999,29     | -                      | 2 lts/m <sup>2</sup>        | 4                            | 15.994,32         |
| Limpeza Piso Interno            | 1800,71     | -                      | 2 lts/m <sup>2</sup>        | 4                            | 14.405,68         |
| <b>Consumo médio mensal (L)</b> |             |                        |                             |                              | <b>32.776,00</b>  |

Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.9. Dimensionamento do Reservatório

Através do cálculo pelo método de Rippl citado no item 4.1.8 foi possível constatar que de acordo com a média histórica de chuva, de outubro a março a precipitação aproveitável é superior a demanda, entretanto de abril a setembro a demanda é superior a precipitação, levando isso em consideração e aplicando o método de Rippl, se obteve que para suprir os meses de pouca chuva é necessário que o reservatório possua um volume de 416,38 m<sup>3</sup>.

Para implantação de um reservatório para a água pluvial é interessante que o mesmo seja instalado em um ponto de cota mais baixa que a captação, desta forma a água coletada pode ser conduzida por gravidade, o ponto mais indicado para implantação do reservatório inferior é abaixo do pátio do bloco da administração conforme Figura 16 e Figura 17, para o local de estudo o mais adequado seria trabalhar com o reservatório enterrado.

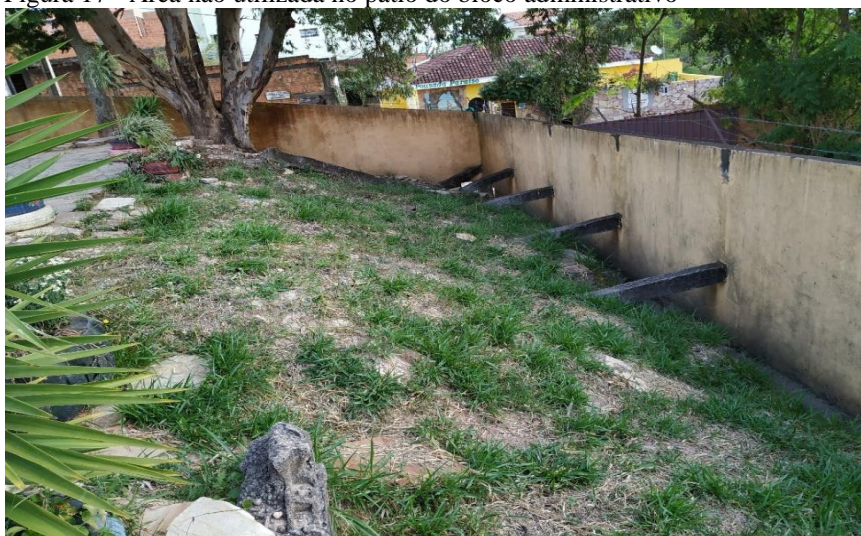


Figura 16 - Pátio do bloco administrativo



Fonte: O autor (2019).

Figura 17 - Área não utilizada no pátio do bloco administrativo



Fonte: O autor (2019)

O área total do pátio da Figura 16 e Figura 17 é de aproximadamente 558 m<sup>2</sup>, área suficiente para implantação de um reservatório, entretanto a proximidade do local com o bloco administrativo dificulta grandes escavações para implantação do reservatório que atenda ao volume inicialmente calculado, desta forma se realizou um novo cálculo com os valores de consumo informados nas Tabela 24 e Tabela 25.

Aplicando os novos valores obtidos, nas equações (8) e (9) do método de Rippl conforme item 4.1.8 obteve-se os valores expressos na Tabela 26.

Tabela 26 - Reservatório pelo método de Rippl

| Mês                    | Precipitação Média (mm) | Área de captação (m <sup>2</sup> ) | Coefficiente de Runoff | $\eta_{first\ flush}$ | Volume aproveitável (m <sup>3</sup> ) | Demanda mensal (m <sup>3</sup> ) | Diferença mensal (m <sup>3</sup> ) | Diferença acumulada (m <sup>3</sup> ) |
|------------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Janeiro</b>         | 271,3                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 503,64                                | 32,78                            | -470,86                            | -470,86                               |
| <b>Fevereiro</b>       | 177,8                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 330,06                                | 122,49                           | -207,57                            | -207,57                               |
| <b>Março</b>           | 175,5                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 325,79                                | 122,49                           | -203,30                            | -203,30                               |
| <b>Abril</b>           | 77,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 144,61                                | 122,49                           | -22,12                             | -22,12                                |
| <b>Mai</b>             | 60,6                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 112,50                                | 122,49                           | 10,00                              | 10,00                                 |
| <b>Junho</b>           | 34,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 64,79                                 | 122,49                           | 57,71                              | 67,70                                 |
| <b>Julho</b>           | 17,8                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 33,04                                 | 32,78                            | -0,27                              | 67,44                                 |
| <b>Agosto</b>          | 17,9                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 33,23                                 | 122,49                           | 89,27                              | 156,70                                |
| <b>Setembro</b>        | 71,5                    | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 132,73                                | 122,49                           | -10,24                             | -10,24                                |
| <b>Outubro</b>         | 108,5                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 201,42                                | 122,49                           | -78,92                             | -78,92                                |
| <b>Novembro</b>        | 179,2                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 332,66                                | 122,49                           | -210,17                            | -210,17                               |
| <b>Dezembro</b>        | 255,1                   | 2.426,64                           | 0,90                   | 0,85                  | 473,56                                | 122,49                           | -351,07                            | -351,07                               |
| <b>Somatório anual</b> | <b>1448</b>             |                                    |                        |                       | <b>2688,04</b>                        | <b>1290,50</b>                   | <b>Volume Reservatório</b>         | <b>156,70</b>                         |
|                        |                         |                                    |                        |                       |                                       |                                  | <b>(m<sup>3</sup>)</b>             |                                       |

Fonte: O autor (2019).

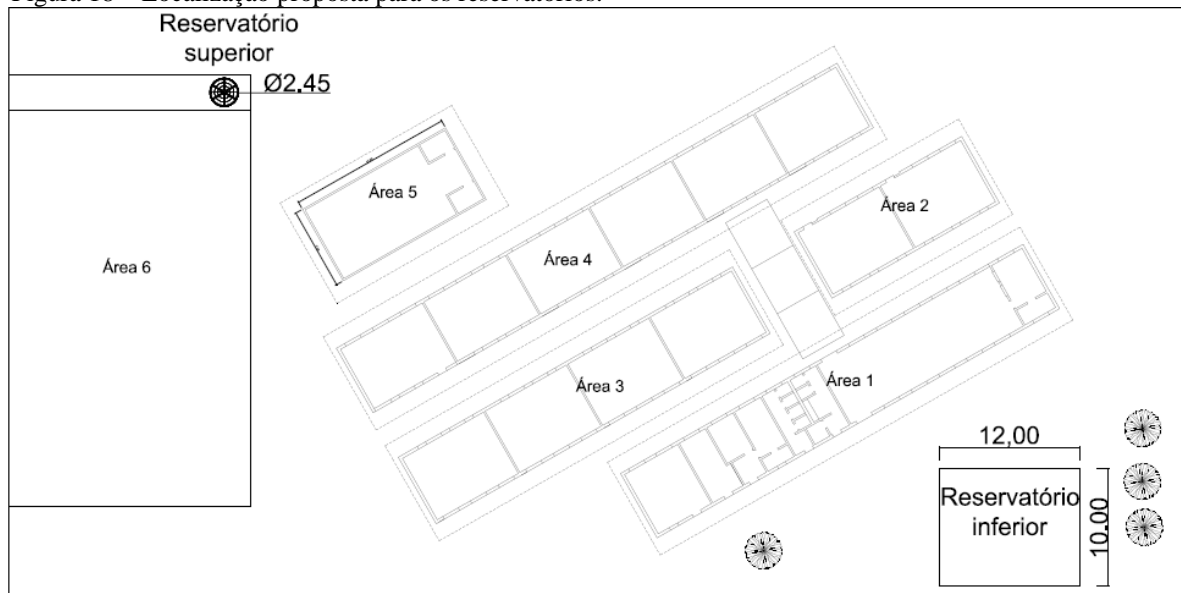
Com os novos valores obtidos, se considerou um reservatório de dimensões internas de 12 metros de comprimento, largura de 10 metros e altura de 1,50 metros que atende ao volume calculado e ocupa uma área em planta de aproximadamente 125 m<sup>2</sup>.

Para dimensionamento do reservatório superior se considerou a demanda de um dia, como a demanda mensal é de 122,49 m<sup>3</sup> considerando 22 dias de funcionamento da escola, se obtém volume de demanda diária média de 5,57 m<sup>3</sup>, reservatórios em polietileno com capacidade para 6 m<sup>3</sup> são encontrados com diâmetro de 2,22 metros e altura com tampa de 1,88 metros ocupando uma área em planta de 3,87 m<sup>2</sup>, o local de implantação mais adequado seria na parte mais alta do terreno afim de abastecer todos os pontos por gravidade, o local escolhido foi uma construção anexa à quadra poliesportiva, local este que possui área de aproximadamente 61 m<sup>2</sup> e atendendo aos requisitos necessário.

Na Figura 18 é possível identificar os locais indicados para locação dos reservatórios.



Figura 18 – Localização proposta para os reservatórios.



Fonte: O autor (2019).

#### 4.2.10. Dimensionamento do Sistema Elevatório

##### 4.2.10.1. Tubulação de recalque e sucção

Para o projeto em questão se optou por utilizar um sistema elevatório de funcionamento intermitente, para tanto se aplica as equações (12) e (13), adotando número de horas trabalhadas de 4 hora por dia, para vazão se considerou o volume do reservatório superior dividido pelo tempo diário trabalhado conforme equação (21).

$$Q = \left( \frac{6}{4 \times 60 \times 60} \right) = 0,0004167 \text{ m}^3/\text{s} \quad (21)$$

$$X = \frac{4}{24} = 0,1667 \quad (12)$$

$$D = 1,3 \times \sqrt[4]{0,1667} \times \sqrt{0,0004167} = 0,01695 \text{ m} \quad (13)$$

Para o recalque se adotou o diâmetro de 20 mm, já para o diâmetro de sucção adotou-se 25 mm correspondente a um diâmetro comercial acima do diâmetro de recalque adotado.

##### 4.2.10.2. Potência dos conjuntos elevatórios

Para determinação da potência do conjunto elevatório, é necessário primeiro que se determine a altura manométrica.

A Tabela 27 apresenta o comprimento da tubulação e comprimento equivalente das peças para cálculo da altura manométrica de recalque e a Tabela 28 apresenta os dados para cálculo da altura manométrica de sucção.

Tabela 27 – Comprimento Equivalente de Recalque

| <b>Comprimento Recalque</b>         |                   |  | L = 101,15 m                             |
|-------------------------------------|-------------------|--|--|
| <b>Acessórios</b>                   | <b>Quantidade</b> | <b>Comprimento Equivalente Unitário(m)</b> | <b>Comprimento Equivalente Total (m)</b> |
| Curva 90°                           | 5                 | 1,2  | 6  |
| Válvula de Retenção                 | 1                 | 2,7  | 2,7                                      |
| Registro de Gaveta                  | 1                 | 0,2  | 0,2                                      |
| Saída de Canalização                | 1                 | 0,9  | 0,9                                      |
| <b>Comprimento Total Acessórios</b> |                   |  | 9,8                                      |
| <b>Comprimento Total Geral</b>      |                   |  | 110,95                                   |

Fonte: O autor (2019).

Tabela 28 – Comprimento Equivalente de Sucção

| <b>Comprimento Sucção</b>           |                   |  | L = 6,05 m                               |
|-------------------------------------|-------------------|--|--|
| <b>Acessórios</b>                   | <b>Quantidade</b> | <b>Comprimento Equivalente Unitário(m)</b> | <b>Comprimento Equivalente Total (m)</b> |
| Curva 90°                           | 2                 | 1,2  | 2,4                                      |
| Válvula de Pé e Crivo               | 1                 | 9,5  | 9,5                                      |
| Registro de Gaveta                  | 1                 | 0,2  | 0,2                                      |
| Válvula de Retenção                 | 1                 | 2,7  | 2,7                                      |
| <b>Comprimento Total Acessórios</b> |                   |  | 14,80                                    |
| <b>Comprimento Total Geral</b>      |                   |  | 20,85                                    |

Fonte: O autor (2019).

De posse dessas informações é possível aplicar a equação (14) e obter a perda de carga no recalque e na sucção conforme equações (22) e (23).

$$hfD = \frac{8,69 \times 10^5 \times 0,4167^{1,75}}{25^{4,75}} \times 110,95 = 4,77 \text{ m} \quad (22)$$

$$hfS = \frac{8,69 \times 10^5 \times 0,4167^{1,75}}{20^{4,75}} \times 20,85 = 2,58 \text{ m} \quad (23)$$

A partir das perdas de cargas calculadas e das alturas estáticas de sucção igual a 1,15 m e recalque igual a 13 m é possível calcular a altura manométrica pela equação (24).

$$Hm = 4,77 + 2,58 + 13 + 1,15 = 21,50 \text{ m} \quad (24)$$

Para determinação da potência se utiliza a equação (15) conforme indicado no item 4.1.9.2, adotou-se um coeficiente de rendimento global  $\eta = 0,50$ .

$$P = \frac{1000 \times 0,0004167 \times 21,50}{(75 \times 0,50)} = 0,24 \text{ CV} \quad (15)$$

Seguindo as recomendações de Azevedo Netto (1998) se aplica acréscimos de potências de acordo com a Tabela 11 e a potência final é expressa na equação (25).

$$P = 0,24 * 1,5 = 0,36 \text{ CV} \quad (25)$$

Potência comercial adotada de 0,5 CV.

#### 4.2.11. Instalação Predial de Água Fria

Para dimensionamento das instalações prediais de água fria se seguiu os parâmetros listados no item 4.1.10, para as instalações de bacias sanitárias se considerou o método de máximo possível para determinação das vazões utilizando dos dados da Tabela 12, já para as torneiras de jardim se considerou o método de máximo provável aplicando a equação (16) e os dados da Tabela 12, as pressões disponíveis em cada ponto podem ser verificadas na Tabela 29 e Tabela 30.

Tabela 29 - Dimensionamento da distribuição de água fria para bacias sanitárias

| Trecho                     | Q<br>(l/s) | Dn<br>(mm) | V<br>(m/s) | Comprimento (m) |       |       | Hf<br>(mca) | Elevação |      | Pressão |      |
|----------------------------|------------|------------|------------|-----------------|-------|-------|-------------|----------|------|---------|------|
|                            |            |            |            | Tubo            | Peças | Total |             | M        | J    | M       | J    |
| <b>Bloco Administração</b> |            |            |            |                 |       |       |             |          |      |         |      |
| Bar. 1                     | 12,20      | 75,00      | 2,76       | 0,4             | 14,1  | 14,5  | 1,23        | 4,00     | 3,00 | 0,00    | 1,00 |
| Bar. 3                     | 10,50      | 75,00      | 2,38       | 3               | 0,9   | 3,9   | 0,25        | 3,00     | 3,00 | 1,00    | 0,75 |
| Bar. 3.1                   | 3,70       | 50,00      | 1,88       | 0,55            | 2,3   | 2,85  | 0,21        | 3,00     | 3,00 | 0,75    | 0,54 |
| AF 1                       | 3,70       | 50,00      | 1,88       | 0,2             | 2,1   | 2,3   | 0,17        | 3,00     | 2,40 | 0,54    | 0,97 |
| Sub. 1                     | 0,30       | 40,00      | 0,24       | 3               | 10,5  | 13,5  | 0,03        | 2,40     | 0,40 | 0,97    | 2,94 |
| Ramal 1.1                  | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 0,75            | 7,6   | 8,35  | 0,52        | 2,40     | 2,40 | 0,97    | 0,45 |
| Sub. 2.2                   | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 3               | 5,4   | 8,4   | 0,45        | 2,40     | 0,40 | 0,45    | 2,01 |
| Sub. 2.1                   | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 2,1             | 10,5  | 12,6  | 0,67        | 2,40     | 0,40 | 0,45    | 1,78 |
| Bar. 3.2                   | 6,80       | 60,00      | 2,41       | 0,85            | 3,8   | 4,65  | 0,41        | 3,00     | 3,00 | 0,75    | 0,34 |
| AF 2                       | 6,80       | 60,00      | 2,41       | 0,2             | 2,3   | 2,5   | 0,22        | 3,00     | 2,40 | 0,34    | 0,72 |
| Ramal 2.1                  | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 0,6             | 7,8   | 8,4   | 0,52        | 2,40     | 2,40 | 0,72    | 0,19 |
| Ramal 2.2                  | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 0,4             | 7,8   | 8,2   | 0,51        | 2,40     | 2,40 | 0,72    | 0,21 |
| Sub 1.1                    | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 3,2             | 10,5  | 13,7  | 0,73        | 2,40     | 0,40 | 0,19    | 1,46 |
| Sub 1.2                    | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 2,1             | 10,5  | 12,6  | 0,67        | 2,40     | 0,40 | 0,19    | 1,52 |
| Sub 3.1                    | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 3               | 10,5  | 13,5  | 0,72        | 2,40     | 0,40 | 0,21    | 1,49 |
| Sub 3.2                    | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 2,1             | 10,5  | 12,6  | 0,67        | 2,40     | 0,40 | 0,21    | 1,53 |
| Sub 3                      | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 3,2             | 1,2   | 4,4   | 0,23        | 2,40     | 0,40 | 0,19    | 1,96 |
| Bar. 2                     | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 3,8             | 1,2   | 5     | 0,27        | 3,00     | 3,00 | 1,00    | 0,73 |
| AF 3                       | 1,70       | 30,00      | 2,41       | 2,6             | 1,2   | 4,5   | 0,24        | 3,00     | 0,40 | 0,73    | 3,09 |

Fonte: O autor (2019).

Continuação Tabela 29 - Dimensionamento da distribuição de água fria para bacias sanitárias

| Trecho                      | Q<br>(l/s) | Dn<br>(mm) | V<br>(m/s) | Comprimento (m) |       |       | Hf<br>(mca) | Elevação |      | Pressão |      |
|-----------------------------|------------|------------|------------|-----------------|-------|-------|-------------|----------|------|---------|------|
|                             |            |            |            | Tubo            | Peças | Total |             | M        | J    | M       | J    |
| <b>Biblioteca</b>           |            |            |            |                 |       |       |             |          |      |         |      |
| Bar. 1                      | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 2,15            | 11,7  | 13,85 | 0,86        | 4,00     | 3,00 | 0,00    | 1,00 |
| Bar.1.1                     | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 1,15            | 2,4   | 3,55  | 0,19        | 3,00     | 3,00 | 1,00    | 0,81 |
| AF 1                        | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 2,6             | 1,5   | 4,1   | 0,22        | 3,00     | 0,40 | 1,00    | 3,38 |
| Bar 1.2                     | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 4,3             | 2,4   | 6,7   | 0,36        | 3,00     | 3,00 | 1,00    | 0,64 |
| AF 2                        | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 2,6             | 2,4   | 5     | 0,27        | 3,00     | 0,40 | 0,64    | 2,98 |
| <b>Quadra Poliesportiva</b> |            |            |            |                 |       |       |             |          |      |         |      |
| Bar. 1                      | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 1,7             | 3,7   | 5,4   | 0,34        | 6,30     | 6,20 | 0,00    | 0,10 |
| AF 1                        | 3,40       | 50,00      | 1,73       | 3,9             | 4,6   | 8,5   | 0,53        | 6,20     | 2,40 | 0,10    | 3,37 |
| Sub. 1                      | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 4,15            | 2,4   | 6,55  | 0,35        | 2,40     | 0,40 | 3,37    | 5,02 |
| Sub. 2                      | 1,70       | 40,00      | 1,35       | 4,8             | 1,5   | 6,3   | 0,34        | 2,40     | 0,40 | 3,37    | 5,03 |

Fonte: O autor (2019).

Tabela 30 - Dimensionamento da distribuição de água fria para torneiras de jardim

| Trecho                     | Peso | Q<br>(l/s) | Dn<br>(mm) | V<br>(m/s) | Comprimento (m) |       |       | Hf<br>(mca) | Elevação |      | Pressão |      |
|----------------------------|------|------------|------------|------------|-----------------|-------|-------|-------------|----------|------|---------|------|
|                            |      |            |            |            | Tubo            | Peças | Total |             | M        | J    | M       | J    |
| <b>Torneiras de Jardim</b> |      |            |            |            |                 |       |       |             |          |      |         |      |
| <b>1.1</b>                 | 6,8  | 0,78       | 25         | 1,59       | 6               | 2,2   | 8,20  | 1,05        | 11,40    | 5,60 | 0,00    | 5,80 |
| <b>T1</b>                  | 0,4  | 0,19       | 15         | 1,07       | 8               | 3,1   | 11,70 | 1,42        | 5,60     | 5,60 | 5,80    | 4,38 |
| <b>1.2</b>                 | 6,4  | 0,76       | 25         | 1,55       | 10,1            | 3,7   | 13,80 | 1,68        | 5,60     | 5,10 | 5,80    | 4,62 |
| <b>T2</b>                  | 0,4  | 0,19       | 15         | 1,07       | 6,85            | 0,9   | 7,75  | 0,94        | 5,60     | 5,10 | 4,62    | 4,18 |
| <b>T3</b>                  | 6    | 0,73       | 25         | 1,50       | 11,95           | 3,5   | 15,45 | 1,77        | 5,10     | 5,10 | 4,62    | 2,85 |
| <b>1.3</b>                 | 5,6  | 0,71       | 25         | 1,45       | 11,55           | 0,9   | 12,45 | 1,34        | 5,10     | 2,10 | 2,85    | 4,51 |
| <b>T4</b>                  | 2,8  | 0,50       | 25         | 1,02       | 7,15            | 3,1   | 10,25 | 0,60        | 2,10     | 2,10 | 4,51    | 3,90 |
| <b>1.4</b>                 | 3,8  | 0,58       | 25         | 1,19       | 24,3            | 0     | 25,20 | 1,94        | 2,10     | 2,10 | 3,90    | 1,97 |
| <b>T6</b>                  | 2,4  | 0,46       | 25         | 0,95       | 9,45            | 0,9   | 10,35 | 0,53        | 2,10     | 2,10 | 1,97    | 1,43 |
| <b>T5</b>                  | 3,4  | 0,55       | 25         | 1,13       | 0,10            | 3,1   | 3,20  | 0,22        | 2,10     | 2,10 | 1,97    | 1,74 |
| <b>T7</b>                  | 1,6  | 0,38       | 25         | 0,77       | 16,5            | 1,2   | 17,70 | 0,64        | 2,10     | 1,60 | 1,74    | 1,60 |
| <b>T8</b>                  | 1,2  | 0,33       | 25         | 0,67       | 10,5            | 0,9   | 11,40 | 0,32        | 1,60     | 0,00 | 1,60    | 2,88 |
| <b>T9</b>                  | 0,8  | 0,27       | 25         | 0,55       | 6,25            | 0,6   | 6,85  | 0,13        | 0,00     | 0,00 | 2,88    | 2,75 |
| <b>T10</b>                 | 0,4  | 0,19       | 25         | 0,39       | 21,25           | 0     | 22,15 | 0,24        | 0,00     | 0,00 | 2,75    | 2,51 |
| <b>T11</b>                 | 2,8  | 0,50       | 25         | 1,02       | 17,15           | 3,1   | 20,25 | 1,19        | 2,10     | 2,10 | 4,51    | 3,32 |
| <b>1.5</b>                 | 2,4  | 0,46       | 25         | 0,95       | 7,95            | 0,6   | 8,55  | 0,44        | 2,10     | 1,90 | 3,32    | 3,08 |
| <b>T12</b>                 | 0,4  | 0,19       | 15         | 1,07       | 12,9            | 3,1   | 16,00 | 1,94        | 1,90     | 0,60 | 3,08    | 2,43 |
| <b>1.6</b>                 | 2    | 0,42       | 25         | 0,86       | 2,4             | 0,9   | 3,30  | 0,14        | 1,90     | 1,60 | 3,08    | 3,23 |
| <b>T14</b>                 | 0,4  | 0,19       | 25         | 0,39       | 32,65           | 0,9   | 33,55 | 0,36        | 1,60     | 1,60 | 3,17    | 2,81 |
| <b>T13</b>                 | 0,8  | 0,27       | 25         | 0,55       | 0,10            | 3,1   | 3,20  | 0,06        | 1,60     | 1,60 | 3,23    | 3,17 |
| <b>T15</b>                 | 1,2  | 0,33       | 25         | 0,67       | 6,4             | 1,5   | 7,90  | 0,22        | 1,60     | 0,30 | 3,23    | 4,31 |
| <b>T16</b>                 | 0,8  | 0,27       | 25         | 0,55       | 19,45           | 1,2   | 20,65 | 0,41        | 0,30     | 0,00 | 4,31    | 4,20 |
| <b>T17</b>                 | 0,4  | 0,19       | 15         | 1,07       | 18,2            | 0,9   | 19,10 | 2,32        | 0,00     | 0,00 | 4,20    | 1,88 |

Fonte: O autor (2019).

A tubulação do reservatório superior aos dois reservatórios de 300 litros que atenderão aos banheiros da biblioteca e do bloco administrativo foram dimensionadas conforme a ABNT NBR 5626:1998 determina que a vazão deve ser suficiente para abastecer o reservatório em menos de uma hora, sendo expresso na Tabela 31.

Tabela 31 - Reservatórios individuais

| Trecho                                 | Q<br>(l/s) | Dn<br>(mm) | V<br>(m/s) | Comprimento (m) |       |       | Hf<br>(mca) | Elevação |      | Pressão |      |
|--|------------|------------|------------|-----------------|-------|-------|-------------|----------|------|---------|------|
|  |            |            |            | Tubo            | Peças | Total |             | M        | J    | M       | J    |
| <b>Abastecimento dos reservatórios</b> |            |            |            |                 |       |       |             |          |      |         |      |
| Biblioteca                             | 0,09       | 15,00      | 0,51       | 41              | 4,5   | 45,1  | 1,48        | 11,4     | 8,80 | 0,00    | 1,12 |
| Administrativo                         | 0,09       | 15,00      | 0,51       | 103             | 4,1   | 107,5 | 3,54        | 11,4     | 3,70 | 0,00    | 4,16 |

Fonte: O autor (2019).

## **5. ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAIS E SERVIÇOS**

### **5.1. Calhas e condutores verticais**

Os materiais das calhas serão de PVC (policloreto de vinila) branco da série normal, atendendo a ABNT NBR 5688:2010, sendo de seção semicircular de 100mm, 125mm, 150mm e 200mm conforme indicado no Apêndice A. Para fixação das calhas serão necessários parafusos para uso em madeira (4,2mm x 3/4'') e pasta lubrificante para vedação, a calha será fixada na testeira do telhado, utiliza-se os suportes de PVC e as conexões deve-se marcar a posição dos bocais, que serão os pontos de descida da água pelos condutores verticais e vão determinar o sentido da declividade da calha. Deve-se marcar o desnível entre o ponto de início e de final (junto ao condutor) e os pontos intermediários, mantendo um espaçamento máximo entre os suportes de 60 cm, a fim de garantir inclinação de 0,5% (5 mm a cada metro) conforme indicado em projeto.

Os condutores verticais serão de PVC branco rígido com diâmetros internos de 75mm e 100mm, deverão ser fixos com braçadeiras a cada um metro e meio, em paredes, lajes ou vigas.

### **5.2. Condutores horizontais**

As tubulações enterradas devem ser de PVC branco rígido localizadas onde não seja prevista a passagem de cargas móveis, devendo o fundo das valas ser constituído de terreno de boa capacidade de suporte, ou receber lastro de concreto ou de pedra britada; os canos devem ser recobertos com, no mínimo, 30cm de terra isenta de materiais que possam danificar a tubulação, a compactação deve ser feita em camadas de 20cm atendendo a declividade indicada em projeto.

### **5.3. Caixa de inspeção**

As caixas de inspeção devem ser construídas em alvenaria de tijolos ou de blocos com dimensões de 60x60 cm e altura variável conforme declividade determinada em projeto no Apêndice A, seguindo todas as dimensões e cotas de assentamentos descritos em projeto. O revestimento deve ser em argamassa; a tampa em concreto armado, construída de forma a impedir a entrada de detritos carreados pela água de superfície do terreno.

O fundo da caixa de areia deve ser em brita, com uma camada que deve estar abaixo da cota do tubo de saída, de modo a permitir a deposição do material sólido.

#### **5.4. Descarte da primeira água**

Para descarte da primeira água de chuva será instalado antes dos filtros um separador de fluxo, o escolhido para o local é o First Flush FF-200 da marca AUXTRAT o qual funciona de forma automática e atende as especificações da ABNT NBR15527:2007. Este equipamento tem a função de descartar as sujeiras depositadas no telhado e permite a passagem do restante da água da chuva para o reservatório de aproveitamento de água.

#### **5.5. Reservatório**

O sistema é constituído por um reservatório inferior enterrado, que será feito in loco, o qual foi estimado paredes de concreto armado com largura de dezesseis centímetros, com o Fck de 30 Mpa, com aço CA-50 em uma taxa de 85 kg de aço por metro cúbico de concreto, o qual terá dimensões internas de doze metros de largura, dez de comprimento e um e meio de profundidade, divididos em duas câmaras interligadas. Será realizada a escavação com mini escavadeira de aproximadamente duzentos e trinta metros cúbicos para a confecção do reservatório.

Já o reservatório superior será em polietileno de média densidade com dimensões de 2,22 metros de diâmetro e 1,88 metros de altura.

O reservatório será assentado em superfície horizontal plana sobre uma laje elevada, isenta de qualquer irregularidade e materiais que possam danificar o fundo do reservatório. As perfurações deverão ser feitas nos rebaixos planos do lado de fora do reservatório por meio de serra corpo ou brocas para a colocação das tubulações de entrada e saída.

#### **5.6. Sistema Elevatório**

O sistema elevatório é composto por tubulações em PVC rígido marrom soldáveis e conexões com diâmetro de sucção de 25mm e de recalque de 20mm detalhado no Apêndice B. Conforme estabelece a ABNT NBR 12214:1992 serão utilizadas duas bombas independentes e de mesma capacidade, a bomba centrifuga escolhida para o projeto foi da marca Schneider modelo BCR-2010 com potência de ½ CV ilustrada na Figura 19.

Figura 19 - Bomba centrífuga Schneider BCR-2010



Fonte: SCHNEIDER (2019).

Sua instalação será realizada por um profissional da área atendendo todas as diretrizes apresentadas no projeto, que irá estabelecer outros materiais e serviços elétricos necessários para que a bomba venha desenvolver suas funcionalidades.

Para o acionamento da bomba deverá ser utilizado um sistema de comando automático de boia, no reservatório superior será instalado uma boia de nível eletrônica com a função de acionar a bomba do sistema elevatório toda vez que o mesmo chegar a um nível baixo de água, e desligar o sistema quando o nível superior for máximo.

Dentro do reservatório inferior será também necessária a instalação da boia de nível eletrônica para desligamento automático da bomba quando o nível do reservatório chegar ao mínimo para operação da mesma.

Também será necessário a instalação de uma válvula solenoide no reservatório superior, afim de permitir o abastecimento por meio do fornecimento público para situações eventuais nas quais não haja volume de água suficiente para operação do reservatório inferior, mantendo assim o funcionamento normal das instalações de água fria.

A entrada de água do fornecimento público deve ser instalada acima do extravasor, afim de evitar o contato do fornecimento público e a água proveniente do sistema de aproveitamento conforme indica a ABNT NBR5626:1998.

### **5.7. Rede de distribuição**

Na rede de distribuição as tubulações e conexões deverão ser de PVC rígido, marrom, soldável, classe A e pressão de serviço 7,5 Kgf/cm<sup>2</sup>. O fornecimento deverá ser de tubos com comprimento útil de 6,0 m sendo os barriletes, colunas, ramais e sub-ramais variando de diâmetros de 75 mm, 60mm, 50mm, 40mm para tubulações prediais e 25mm e 15mm para

distribuição aos pontos externos de torneira conforme detalhada no projeto no Apêndice B, as válvulas de descarga já existente no local são da marca DOCOL e serão mantidas, sendo a válvula de descarga com diâmetro de 1 ½' para baixa pressão, seguindo os diâmetros especificados em projeto e atendendo os parâmetros normativos da ABNT NBR 5626:1998.

As tubulações e conexões deverão ser soldadas utilizando-se adesivo plástico apropriado a base de solvente orgânico as superfícies a serem soldadas devem ser lixadas afim de melhorar a aderência do adesivo.

A operação de soldagem não deve ser realizada em local de exposição direto ao sol, devido a evaporação acelerada do solvente do adesivo. Quando necessário corte do tubo, deve-se manter o esquadro, permitindo assim alojamento completo dentro da bolsa, sendo necessário também eliminar rebarbas internas e externas.



## 6. ESTIMATIVA DE CUSTO

A estimativa dos custos de materiais e serviços foi calculada com o auxílio das tabelas de composições e insumos da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices) de setembro de 2019 e a TCPO 14 (Tabela de Composições e Preços para Orçamentos), alguns dos materiais especificados não constavam nas tabelas e foram cotados em empresas locais, de posse destes dados foi confeccionada a CPU (Composição de Preços Unitário) para o projeto em questão, conforme Tabela 32, destacando que não é o foco deste trabalho e os valores e composições aqui apresentados representam apenas uma estimativa de custo.

Tabela 32 - Planilha de estimativa de custo

| Item     | Discriminação   | Unid.          | Quant.   | Preço. Unit. | Preço Total          |
|----------|---|----------------|----------|--------------|----------------------|
| <b>1</b> | <b>RESERVATÓRIO ENTERRADO</b>   |                |          |              | <b>R\$ 72.156,02</b> |
| 1.1      | Escavação mecanizada com previsão de forma, com mini-escavadeira  | m <sup>3</sup> | 228,00   | 31,26        | R\$ 7.127,28         |
| 1.2      | Compactação mecânica de solo, com compactador tipo placa vibratória   | m <sup>2</sup> | 124,00   | 0,48         | R\$ 59,52            |
| 1.3      | Lastro de concreto magro, espessura de 3 cm   | m <sup>2</sup> | 124,00   | 11,97        | R\$ 1.484,28         |
| 1.4      | Transporte de material escavado para bota fora até 5 km   | m <sup>3</sup> | 228,00   | 9,75         | R\$ 2.223,00         |
| 1.5      | Armação de Aço CA-50, diâmetro 6,3 mm a 12,5 mm Fornecimento/Corte/Dobra/Colocação                                  | Kg             | 4.535,00 | 6,09         | R\$ 27.618,15        |
| 1.6      | Fabricação de Fôrma para lajes, em chapa de madeira plastificada de 2,20X1,10 m e= 18mm                             | m <sup>2</sup> | 303,60   | 30,21        | R\$ 9.171,76         |
| 1.7      | Concretagem, fck 30 MPA, para espessura de 16cm Lançamento, adensamento e acabamento                                | m <sup>3</sup> | 53,35    | 352,02       | R\$ 18.780,27        |
| 1.8      | Impermeabilização de reservatório em concreto, utilizando sistema de impermeabilização estrutural por cristalização | m <sup>2</sup> | 184,14   | 30,91        | R\$ 5.691,77         |
| <b>2</b> | <b>MOVIMENTO DE TERRA</b>   |                |          |              | <b>R\$ 24.015,70</b> |
| 2.0      | Escavação manual de valas p/ tubulações   | m <sup>3</sup> | 254,00   | 58,86        | R\$ 14.950,44        |
| 2.1      | Reaterro de vala com compactação manual   | m <sup>3</sup> | 254,00   | 35,69        | R\$ 9.065,26         |
| <b>3</b> | <b>MATERIAIS HIDRÁULICOS - Rede coletora</b>  |                |          |              | <b>R\$ 20.841,65</b> |
| 3.1      | Tubo PVC branco rígido DN 75 mm   | m              | 83,00    | 11,69        | R\$ 970,27           |
| 3.2      | Tubo PVC branco rígido DN 100 mm  | m              | 85,00    | 20,48        | R\$ 1.740,80         |
| 3.3      | Tubo PVC branco rígido DN 125 mm  | m              | 61,00    | 31,25        | R\$ 1.906,25         |
| 3.4      | Tubo PVC branco rígido DN 150 mm  | m              | 83,00    | 41,63        | R\$ 3.455,29         |
| 3.5      | Tubo PVC branco rígido DN 200 mm  | m              | 57,00    | 48,76        | R\$ 2.779,32         |
| 3.6      | Tubo PVC branco rígido DN 250 mm  | m              | 37,00    | 75,56        | R\$ 2.795,72         |
| 3.7      | Tubo PVC branco rígido DN 300 mm  | m              | 25,00    | 101,96       | R\$ 2.549,00         |
| 3.8      | Curva de 45° - DN 75 mm   | unid           | 40,00    | 20,97        | R\$ 838,80           |
| 3.9      | Curva de 90° - DN 75 mm   | unid           | 20,00    | 22,48        | R\$ 449,60           |
| 3.10     | Curva de 90° - DN 100 mm  | unid           | 5,00     | 25,32        | R\$ 126,60           |
| 3.11     | Filtro Volumétrico 3P Twin  | unid           | 2,00     | 1.615,00     | R\$ 3.230,00         |

Fonte: O autor (2019).

Continuação Tabela 32 - Planilha de estimativa de custo

| <b>Item</b> | <b>Discriminação</b>   | <b>Unid.</b> | <b>Quant.</b> | <b>Preço. Unit.</b> | <b>Preço Total</b>   |
|-------------|--|--------------|---------------|---------------------|----------------------|
| <b>4</b>    | <b>CALHA</b>   |              |               |                     | <b>R\$ 23.057,11</b> |
| 4.1         | Calha de beiral, semicircular de pvc, diametro 125 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical | m            | 348,26        | 53,38               | R\$ 18.590,12        |
| 4.2         | Calha de beiral, semicircular de pvc, diametro 150 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical | m            | 40,55         | 53,38               | R\$ 2.164,56         |
| 4.3         | Calha de beiral, semicircular de pvc, diametro 200 mm, incluindo cabeceiras, emendas, bocais, suportes e vedações, excluindo condutores, incluso transporte vertical | m            | 40,55         | 56,78               | R\$ 2.302,43         |
| <b>5</b>    | <b>REDE DE DISTRIBUIÇÃO</b>  |              |               |                     | <b>R\$ 2.454,45</b>  |
| 5.1         | Tubo PVC marrom soldável - 15 mm   | m            | 190,00        | 1,81                | R\$ 343,90           |
| 5.2         | Tubo PVC marrom soldável - 25 mm   | m            | 221,00        | 2,33                | R\$ 514,93           |
| 5.3         | Tubo PVC marrom soldável - 40 mm   | m            | 48,00         | 7,61                | R\$ 365,28           |
| 5.4         | Tubo PVC marrom soldável - 50 mm   | m            | 11,00         | 8,72                | R\$ 95,92            |
| 5.5         | Tubo PVC marrom soldável - 60 mm   | m            | 1,00          | 14,72               | R\$ 14,72            |
| 5.6         | Tubo PVC marrom soldável - 75 mm   | m            | 4,00          | 24,66               | R\$ 98,64            |
| 5.7         | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 15 mm  | unid         | 24,00         | 0,55                | R\$ 13,20            |
| 5.8         | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 25 mm  | unid         | 10,00         | 0,94                | R\$ 9,40             |
| 5.9         | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 40 mm  | unid         | 18,00         | 3,86                | R\$ 69,48            |
| 5.10        | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 50 mm  | unid         | 5,00          | 4,63                | R\$ 23,15            |
| 5.11        | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 60 mm  | unid         | 2,00          | 17,93               | R\$ 35,86            |
| 5.12        | Joelho de 90° PVC marrom soldável - 75 mm  | unid         | 2,00          | 41,21               | R\$ 82,42            |
| 5.13        | Tê PVC marrom soldável - 25 mm   | unid         | 16,00         | 7,07                | R\$ 113,12           |
| 5.14        | Tê PVC marrom soldável - 50 mm   | unid         | 6,00          | 33,94               | R\$ 203,64           |
| 5.15        | Tê PVC marrom soldável - 75 mm   | unid         | 2,00          | 37,79               | R\$ 75,58            |
| 5.16        | Registro de Gaveta - 15 mm   | unid         | 2,00          | 12,85               | R\$ 25,70            |
| 5.17        | Registro de Gaveta - 25 mm   | unid         | 1,00          | 16,55               | R\$ 16,55            |
| 5.18        | Registro de Gaveta - 40 mm   | unid         | 3,00          | 35,15               | R\$ 105,45           |
| 5.19        | Registro de Gaveta - 50 mm   | unid         | 3,00          | 36,30               | R\$ 108,90           |
| 5.20        | Registro de Gaveta - 60 mm   | unid         | 1,00          | 66,49               | R\$ 66,49            |
| 5.21        | Registro de Gaveta - 75 mm   | unid         | 1,00          | 72,12               | R\$ 72,12            |
| <b>6</b>    | <b>RESERVATÓRIOS</b>   |              |               |                     | <b>R\$ 3.161,23</b>  |
| 6.1         | Reservatório polietileno 300 litros  | unid         | 2,00          | 172,90              | R\$ 345,80           |
| 6.2         | Reservatório polietileno 6000 litros   | unid         | 1,00          | 2.720,90            | R\$ 2.720,90         |
| 6.3         | Torneira bóia para caixa d'água  | unid         | 2,00          | 24,51               | R\$ 49,02            |
| 6.4         | Válvula Solenóide  | unid         | 1,00          | 45,51               | R\$ 45,51            |

Fonte: O autor (2019).

Continuação Tabela 32 - Planilha de estimativa de custo

| <b>Item</b>                              | <b>Discriminação</b>   | <b>Unid.</b> | <b>Quant.</b> | <b>Preço.<br/>Unit.</b> | <b>Preço Total</b>    |
|--|--|--------------|---------------|-------------------------|-----------------------|
| <b>7</b>                                 | <b>SISTEMA ELEVATÓRIO</b>  |              |               |                         | <b>R\$ 1831,93</b>    |
| 7.1                                      | Conjunto Moto Bomba  | unid         | 2,00          | 575,90                  | R\$ 1.151,80          |
| 7.2                                      | Tubo PVC marrom soldável - 20 mm   | m            | 102,00        | 1,81                    | R\$ 184,62            |
| 7.3                                      | Tubo PVC marrom soldável - 25 mm   | m            | 6,00          | 2,33                    | R\$ 13,98             |
| 7.4                                      | Curva de 90° PVC marrom soldável - 20 mm   | unid         | 5,00          | 1,49                    | R\$ 7,45              |
| 7.5                                      | Curva de 90° PVC marrom soldável - 25 mm   | unid         | 1,00          | 1,93                    | R\$ 1,93              |
| 7.6                                      | Registro de Gaveta - 20 mm   | unid         | 1,00          | 12,85                   | R\$ 12,85             |
| 7.7                                      | Registro de Gaveta - 25 mm   | unid         | 1,00          | 16,55                   | R\$ 16,55             |
| 7.8                                      | Válvula de retenção PVC - 20 mm  | unid         | 1,00          | 19,89                   | R\$ 19,89             |
| 7.9                                      | Válvula de retenção PVC - 25 mm  | unid         | 1,00          | 25,69                   | R\$ 25,69             |
| 7.10                                     | Válvula de Pé e Crivo PVC  | unid         | 1,00          | 22,35                   | R\$ 22,35             |
| 7.11                                     | Boia de controle de nível eletrônico   | unid         | 2,00          | 34,91                   | R\$ 69,82             |
| 7.12                                     | Conjunto Boia Mangueira - 25 mm  | unid         | 1,00          | 305,00                  | R\$ 305,00            |
| <b>8</b>                                 | <b>CAIXA DE INSPEÇÃO EM ALVENARIA</b>  |              |               |                         | <b>R\$ 5.764,34</b>   |
| 8.1                                      | Caixa de inspeção em alvenaria - 1/2 tijolo comum maciço, revestido internamente com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, lastro de concreto e =10 cm, tampa e = 5 cm, dimensões 60x60 cm | unid         | 25,00         | 220,77                  | R\$ 5.519,25          |
| 8.2                                      | Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria profundidade até 2m   | m³           | 16,65         | 14,72                   | R\$ 245,09            |
| <b>Estimativa de custo total da obra</b> |  |              |               |                         | <b>R\$ 153.109,53</b> |

Fonte: O autor (2019).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com estudos realizados e o dimensionamento do projeto, comprovam o potencial de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis na Escola Estadual José Cristiano Alves, sugerem que a aplicação dessa técnica pode ser vantajosa para o local, principalmente por se tratar de uma instituição pública a qual tende a ter um consumo maior, pois o usuário final não é responsável direto pelo pagamento da fatura.

As características das precipitações observadas na região por meio da estação mais próxima, cujo valor total anual médio foi estimado em 1448 milímetros, mostraram que é possível captar-se grandes volumes de água de chuva.

As análises do potencial de captação de água de chuva demonstraram que o local possui perfil propício devido à grande área coberta, o que aliada a precipitação da região, possibilita que a coleta anual de volumes aproveitáveis seja superior à sua demanda anual, sendo considerada a utilização com fins não potáveis como limpeza de pisos internos e externos, além de descargas sanitárias.

No estudo de caso realizado se constatou uma demanda mensal média de 122,49 metros cúbicos de água potável que pode ser substituída pela água pluvial captada, o que demonstra a grande economia de água possibilitada pelo sistema, além de diminuir o volume de água a ser drenada pelo sistema existente no local, o qual rotineiramente não é capaz de escoar toda a precipitação causando diversos transtornos.

Não foi considerado período de retorno para o investimento devido a necessidade de se aprofundar ainda mais em cálculos os quais não eram o foco do trabalho, como cálculos das estruturas e especificações de armadura e fundação do reservatório enterrado, o trabalho demonstrou a viabilidade técnica do sistema pois definiu todos os parâmetros, materiais e dimensões necessárias para sua implantação (calhas, condutores verticais, condutores horizontais, caixas de inspeção, volume do reservatório inferior, conjunto motor-bomba, filtro, reservatório superior, barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais), atingindo o objetivo proposto de desenvolver o projeto do sistema de aproveitamento de água pluvial para a Escola Estadual José Cristiano Alves.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Disponível em: [www.portal.anvisa.gov.br](http://www.portal.anvisa.gov.br). Acesso em 10 de abril de 2019.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

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.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5688: **Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões de PVC, tipo DN – Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT, 1999. Set.

AUXTRAT. Equipamentos para saneamento ambiental. **Manual de Orientações FIRST FLUSH – FF 200**. Disponível em: <[http://auxtrat.com.br/wp-content/uploads/sites/225/2019/03/MANUAL\\_FIRST-FLUSH\\_FF200\\_Fev2019.pdf](http://auxtrat.com.br/wp-content/uploads/sites/225/2019/03/MANUAL_FIRST-FLUSH_FF200_Fev2019.pdf)>. Acesso em 10 de outubro de 2019

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica**. 8ª edição, Editora Edgard Blücher, 1998, São Paulo- SP.

SHNEIDER. **Bombas centrífugas Shneider catálogo**. Disponível em: <http://www.schneider.ind.br/media/205160/tabela-de-selecao-schneider-motobombas-2019.pdf>> Acesso em 20 de outubro de 2019.

CECÍLIO, R. A. et al. **Interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas com uso do inverso de potências da distância**. Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n. 3, set./dez. 2003.

Docol Metais Sanitários. **Ficha Técnica Valvula de Descarga 1 ½” BP**. Disponível em: <<http://www.docol.com.br>>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

FENDRICH, R. **Manual de Utilização das águas Pluviais (100 Maneiras Práticas)**. Curitiba, Chain Editora. 2ª Ed –190p. 2009.

Fundação **PROCAFÉ**. Disponível em: < <http://www.fundacaoprocafe.com.br>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

GOOGLE EARTH. Google. Disponível para download em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>> Acesso em 15 de maio de 2019.

GRIPP, S. Revista Banas Qualidade. **Banas Ambiental**. São Paulo: Banas, n.12, jun. 2001. 58 p. Suplemento.

JUSTINO, Damião; NOGUEIRA, Élcio. **Dimensionamento do Sistema de Recalque para abastecimento de água da comunidade de Macundú, distrito de São João Marcos, município de Rio Claro**, Rio de Janeiro. Cadernos UniFOA. Volta Redonda, Ano VII, n. 18, abril 2012. Disponível em: <http://web.unifoa.edu.br/cadernos/edicao/18/11.pdf>. Acesso em: 20 abril 2019.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

Plúvio 2.1 - *Software*. Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos - GPRH da Universidade Federal de Viçosa - UFV. Disponível para download em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em: 19 de maio de 2019.

PRUSKI, L. L. et al. **HIDRO - Dimensionamento de sistemas hidroagrícolas**. Viçosa: UFV, 2006. 259 p.

SINAPI. Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil. **Relatório de Insumos e Composições**. Minas Gerais, setembro, 2019. 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 28 out 2019.

TCPO. Tabela de composição de preços para orçamento. 14 ed. São Paulo, Pini, 2013.

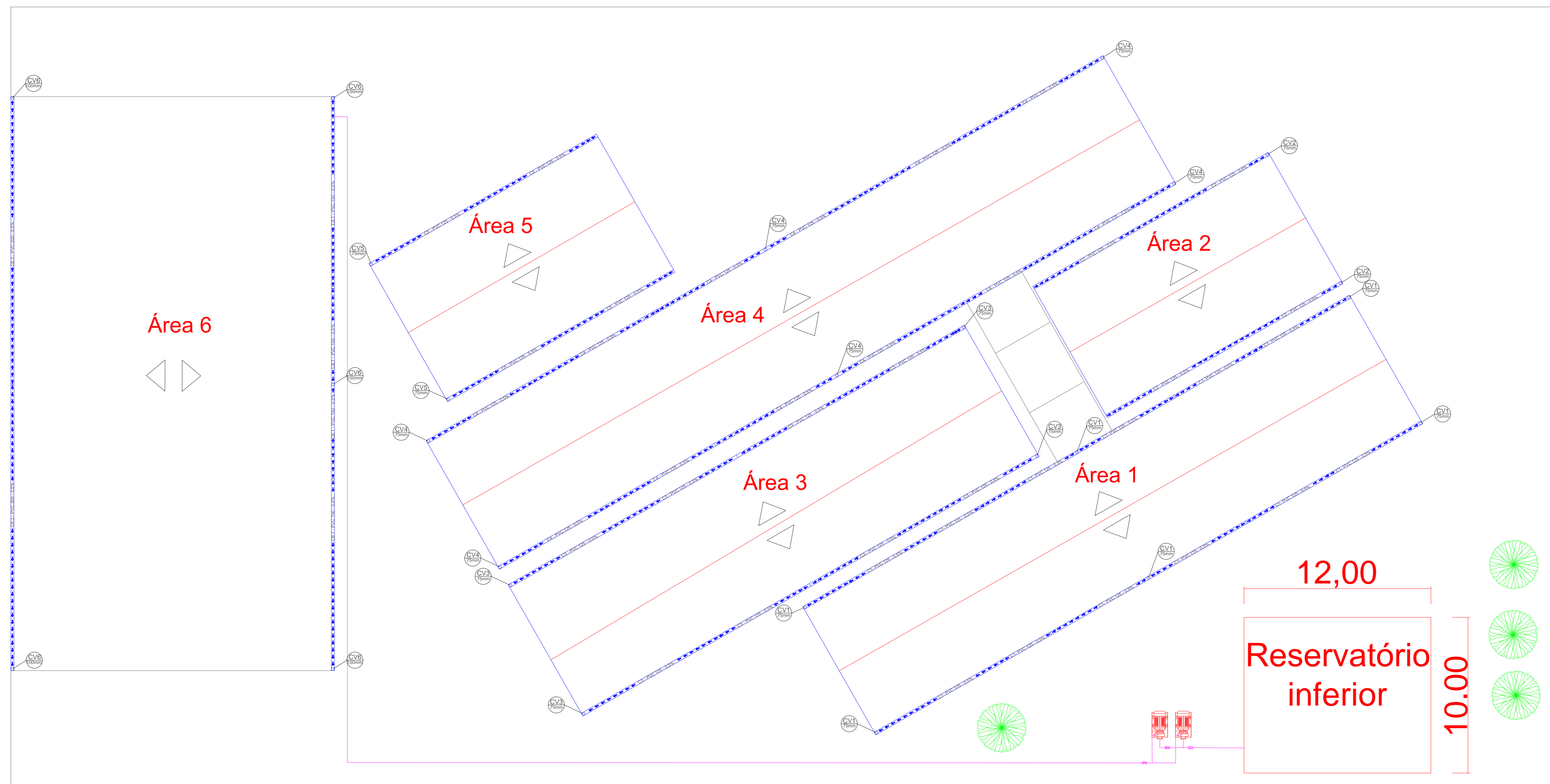
TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2.ed., 2010.

YWASHIMA, L. A. **Avaliação do uso de água em edifícios escolares públicos e análise de viabilidade econômica da instalação de tecnologias economizadoras nos pontos de consumo**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, São Paulo. Campinas, 2005.

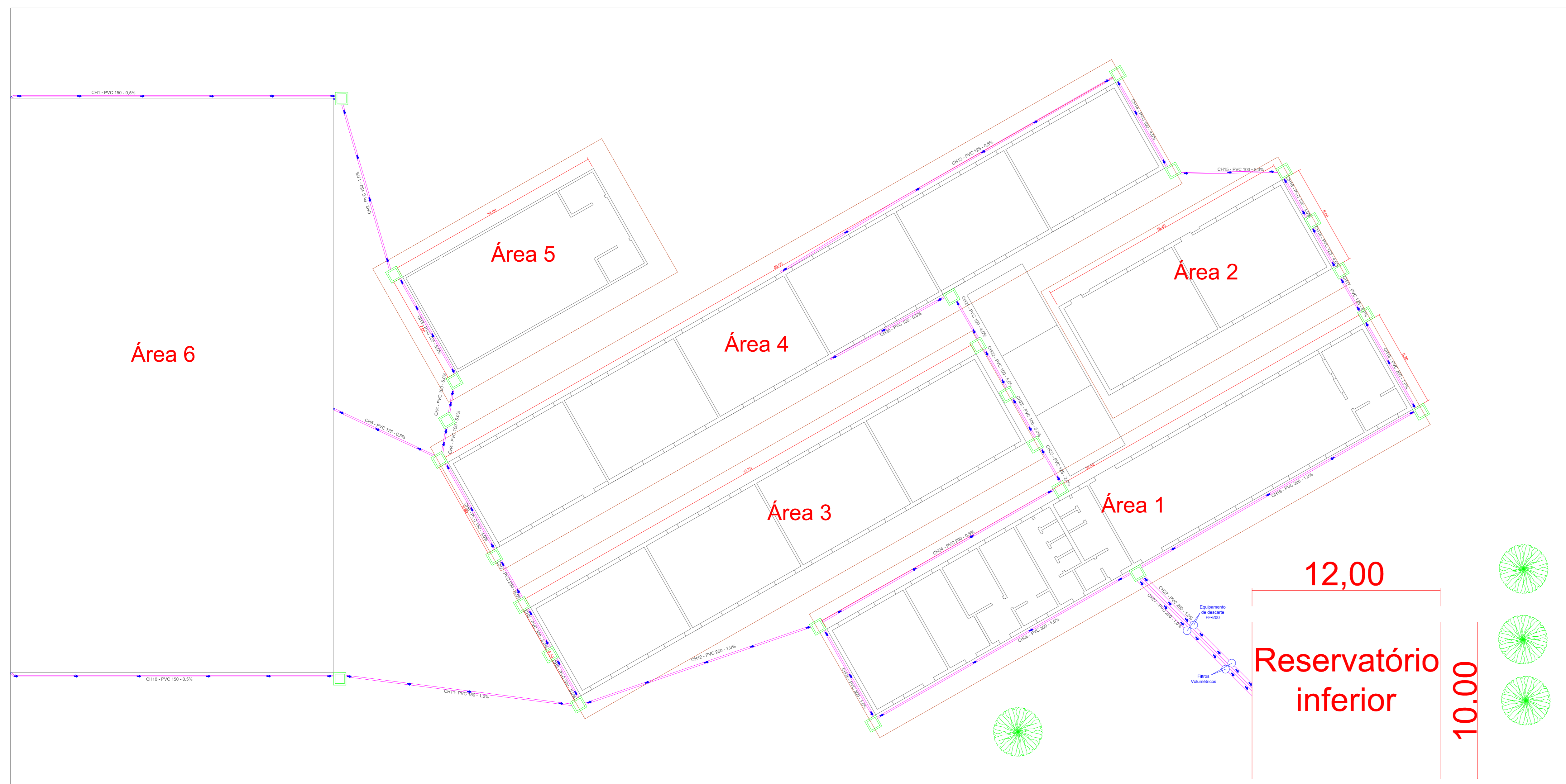
## **APÊNDICE A – Projeto de captação da água de chuva**

**APÊNDICE B – Projeto de distribuição de água fria**

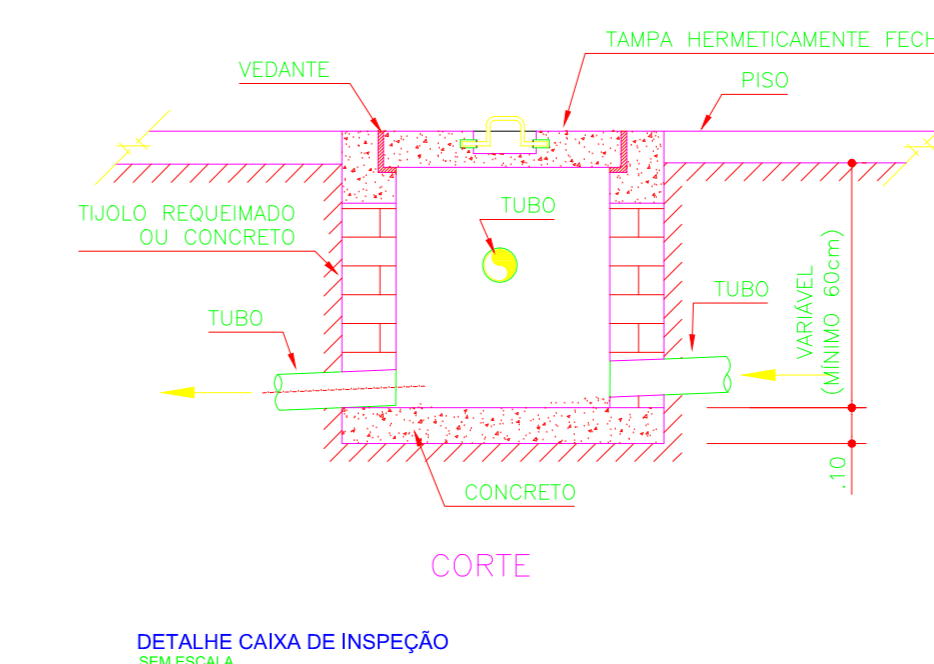




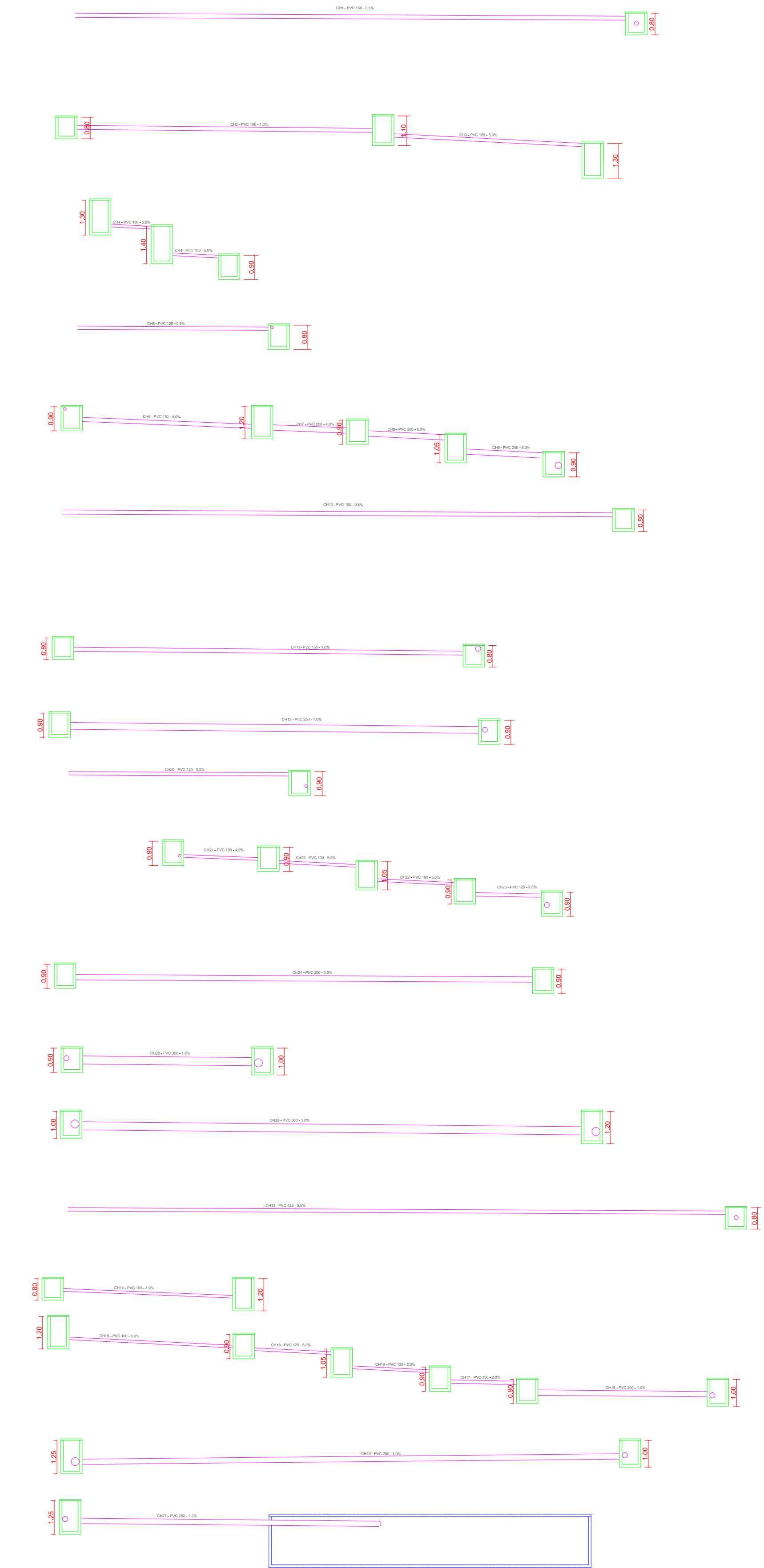
CALHAS E CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUA PLUVIAL  
ESC. 1/150



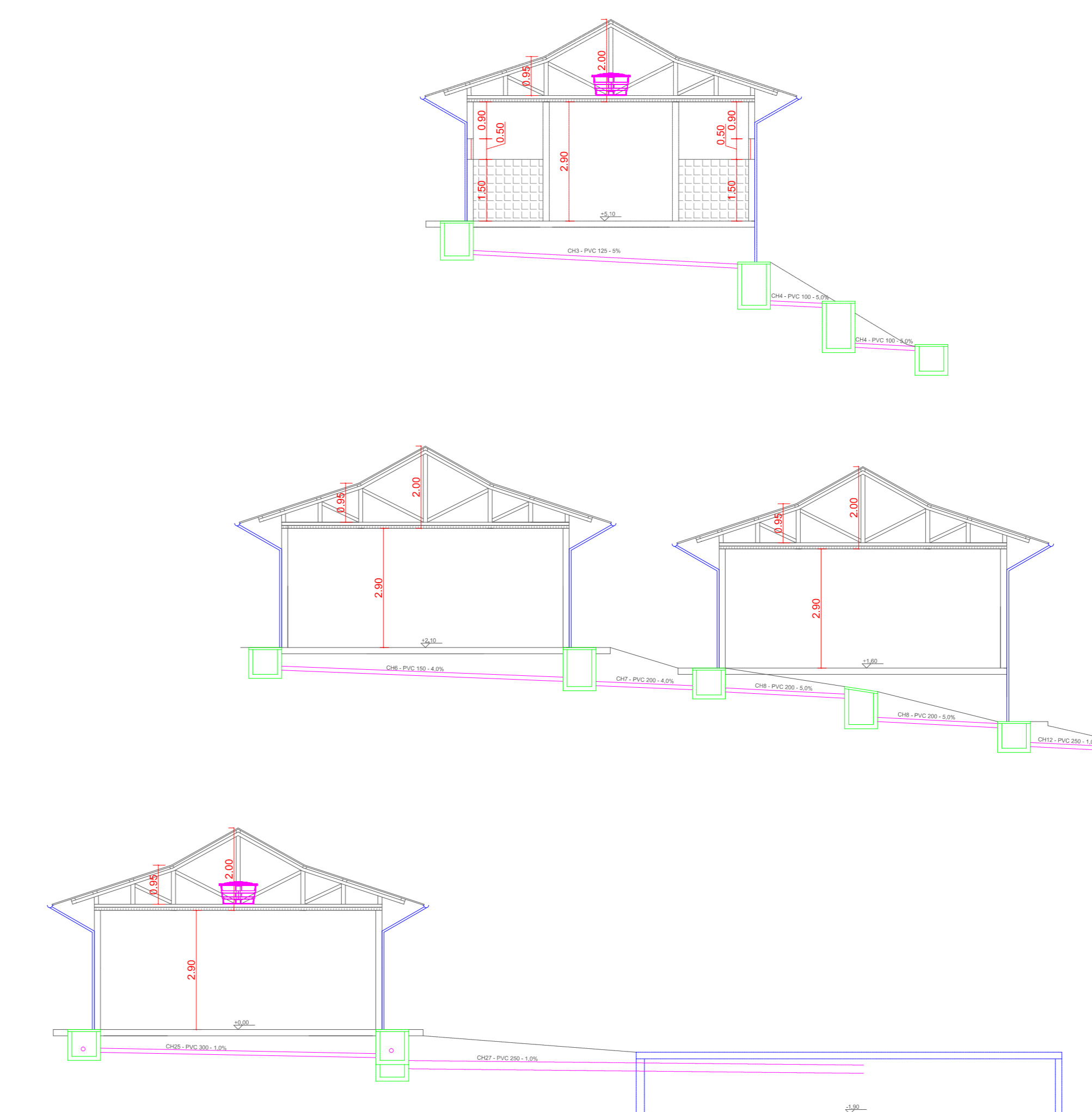
CONDUTORES HORIZONTAIS DE ÁGUA PLUVIAL  
ESC. 1/150



DETALHE CAIXA DE INSPEÇÃO  
1/150 ESCALA

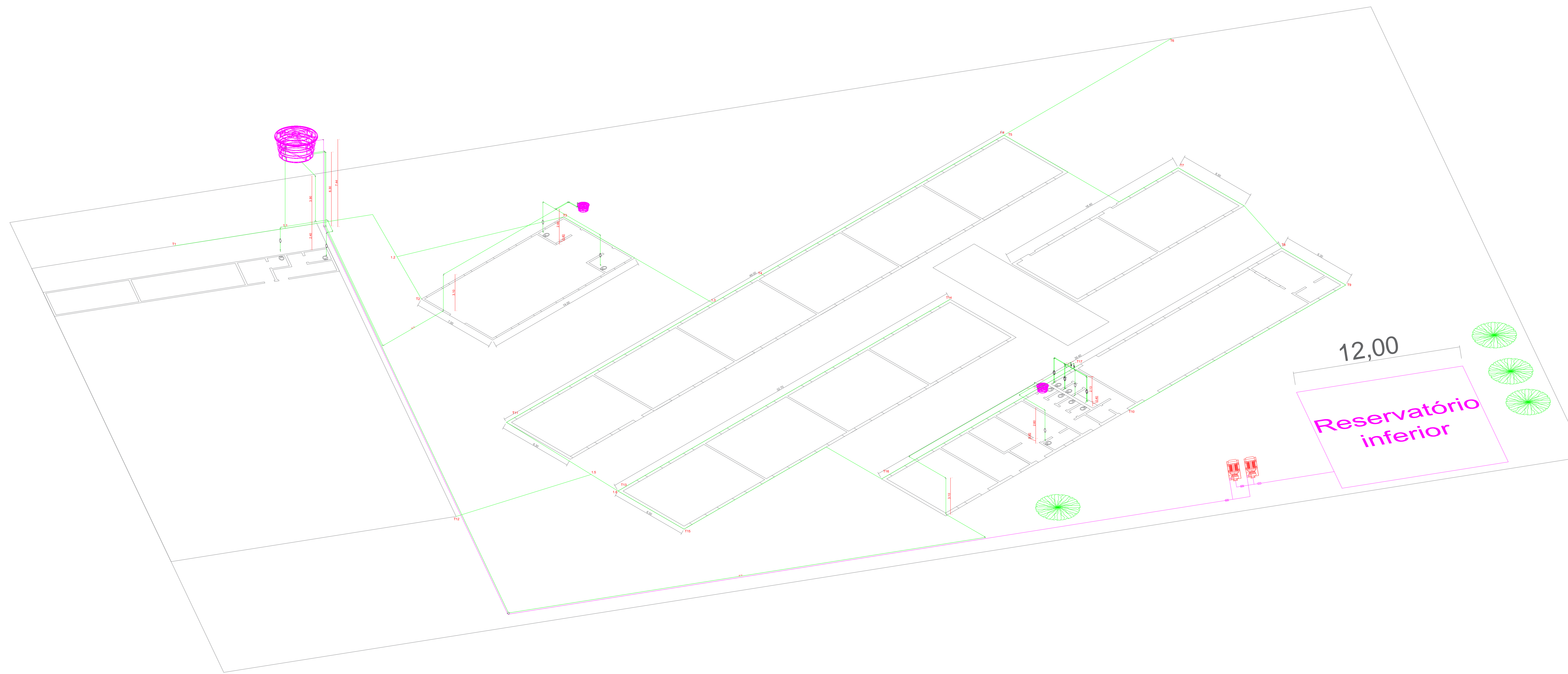


PERFIL DOS CONDUTORES HORIZONTAIS DE ÁGUA PLUVIAL  
ESC. 1/150

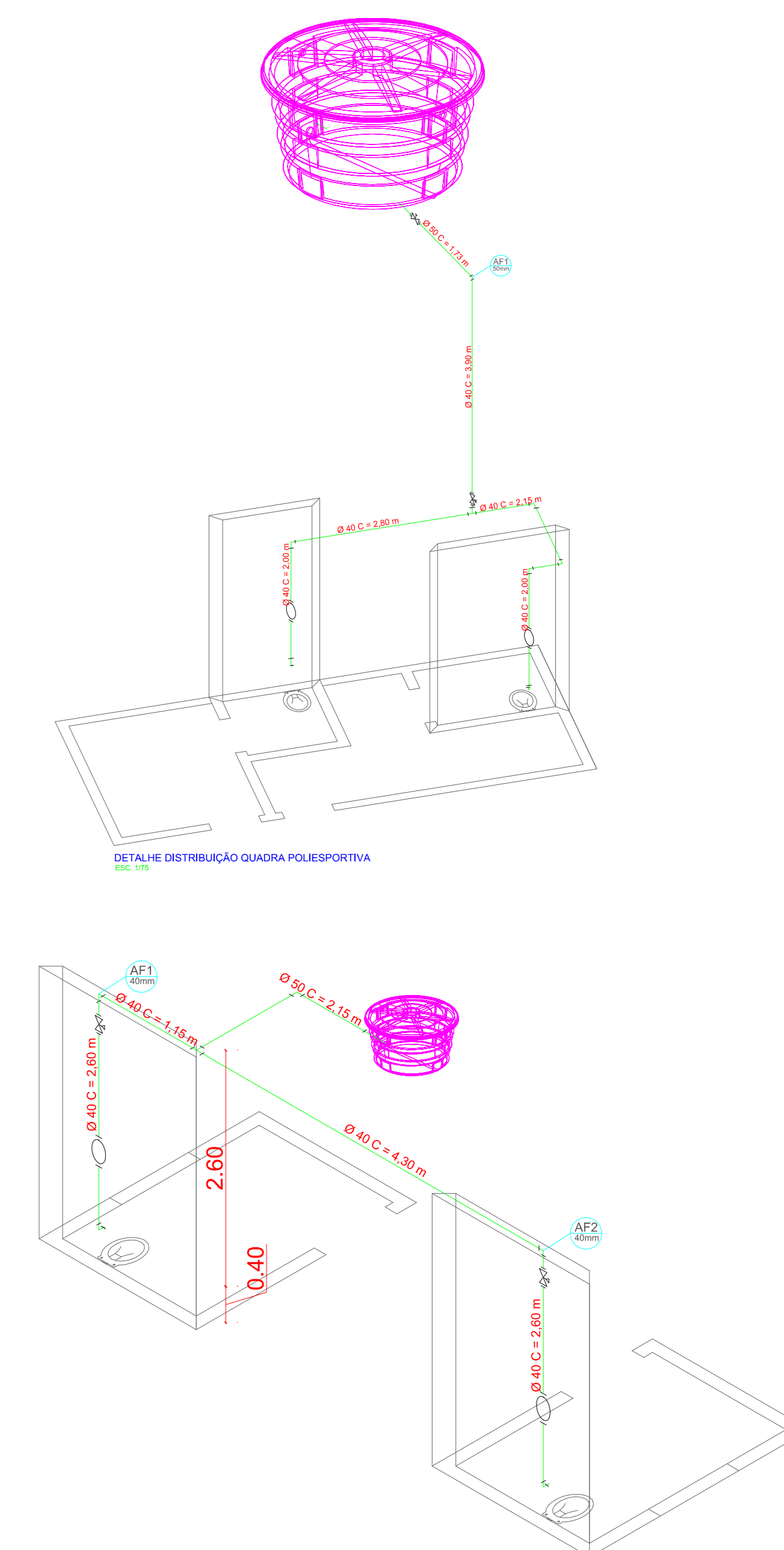


|   |                                       |   |
|---|---------------------------------------|---|
| ASSUNTO: APÊNDICE A<br>PROJETO DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA   |                                       | PRANCHA: ÚNICA<br>ARQUITETURA:                                      |
| TIPO: INSTITUIÇÃO DE ENSINO   |                                       | ART Nº:   |
| LOCAL: RUA MARCINÍLIO RIBEIRO COSTA, S/Nº, CENTRO<br>SÃO THOMÉ DAS LETRAS - MINAS GERAIS, CEP: 37.408-000 |                                       | ART Nº:   |
| PROPRIETÁRIO: GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS   |                                       | CPF: 122.476.786-10   |
| AUTOR DO PROJETO: IURY IONAN CARVALHO FERREIRA  |                                       | CPF: 122.476.786-10   |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO: IURY IONAN CARVALHO FERREIRA   |                                       | CPF: 122.476.786-10   |
| SITUAÇÃO SEM ESCALA:  |                                       | PROPRIETÁRIO:   |
|   |                                       | AUTOR DO PROJETO:<br>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA<br>122.476.786-10 |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO:<br>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA<br>122.476.786-10                                    |                                       | DESENHO:<br>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA                            |
| SETOR:  | ZONA:                                 | USO:  |
| TAXA / ÍNDICE:  | Ocupação                              | 36,00%  |
| APRÓV.:   |                                       |   |
| DESENHO:  | ESCALAS: 1:50, 1:75, 1:100 (INDICADA) |   |
| ÁREAS (m²):   | PREFEITURA:                           |   |
| TERRENO   | 5.000,00 m²                           |   |
| CONSTRUÇÃO:   |                                       |   |
| BLOCO ADMINISTRATIVO  | 248,22 m²                             |   |
| BLOCO 1 SALAS DE AULA   | 361,72 m²                             |   |
| BLOCO 2 SALAS DE AULA   | 308,70 m²                             |   |
| BIBLIOTECA  | 98,00 m²                              |   |
| QUADRA POLIESPORTIVA  | 784,07 m²                             |   |
| TOTAL DA CONSTRUÇÃO:  | 1800,71 m²                            |   |
| TAXA DE OCUPAÇÃO  | 36,00%                                |   |
| OBSERVAÇÃO:<br>COTAS EM METROS.   |                                       |   |

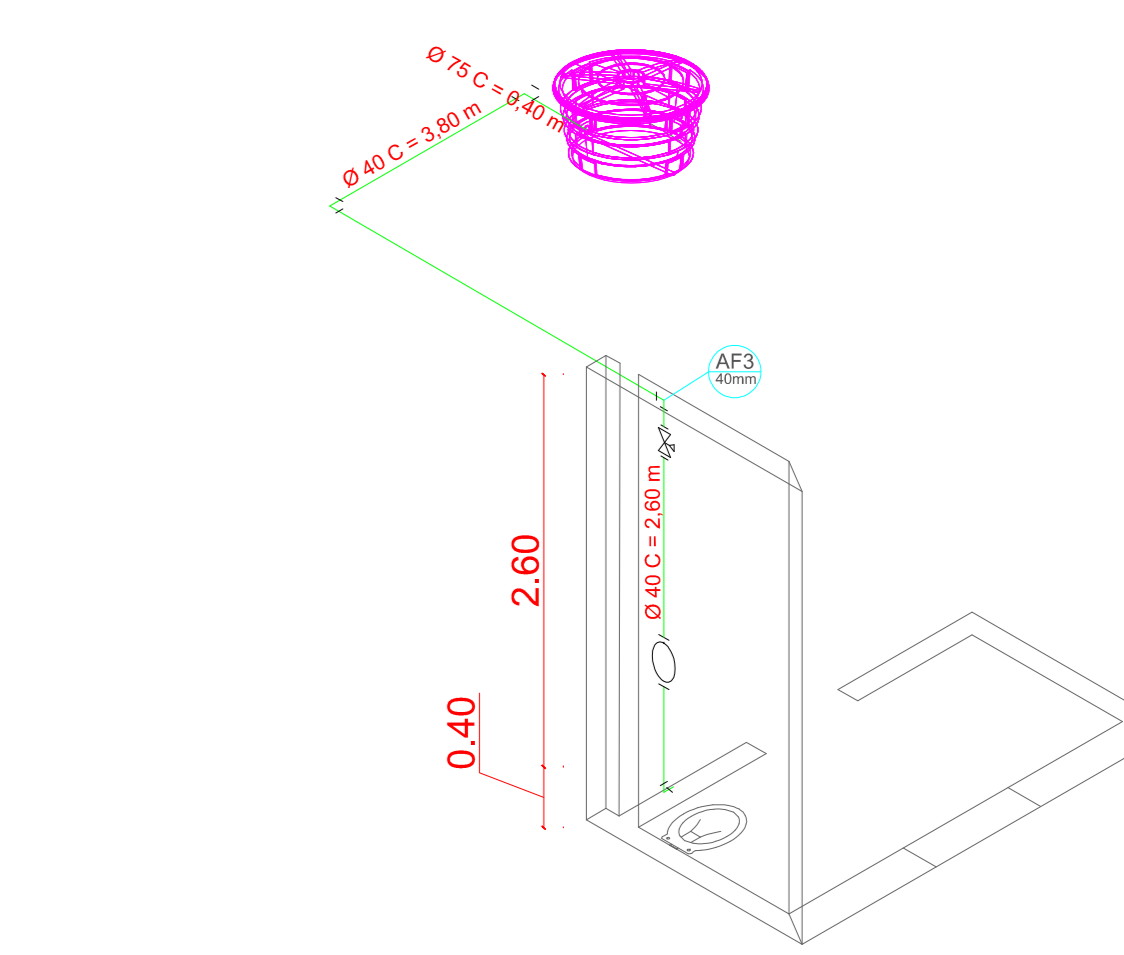




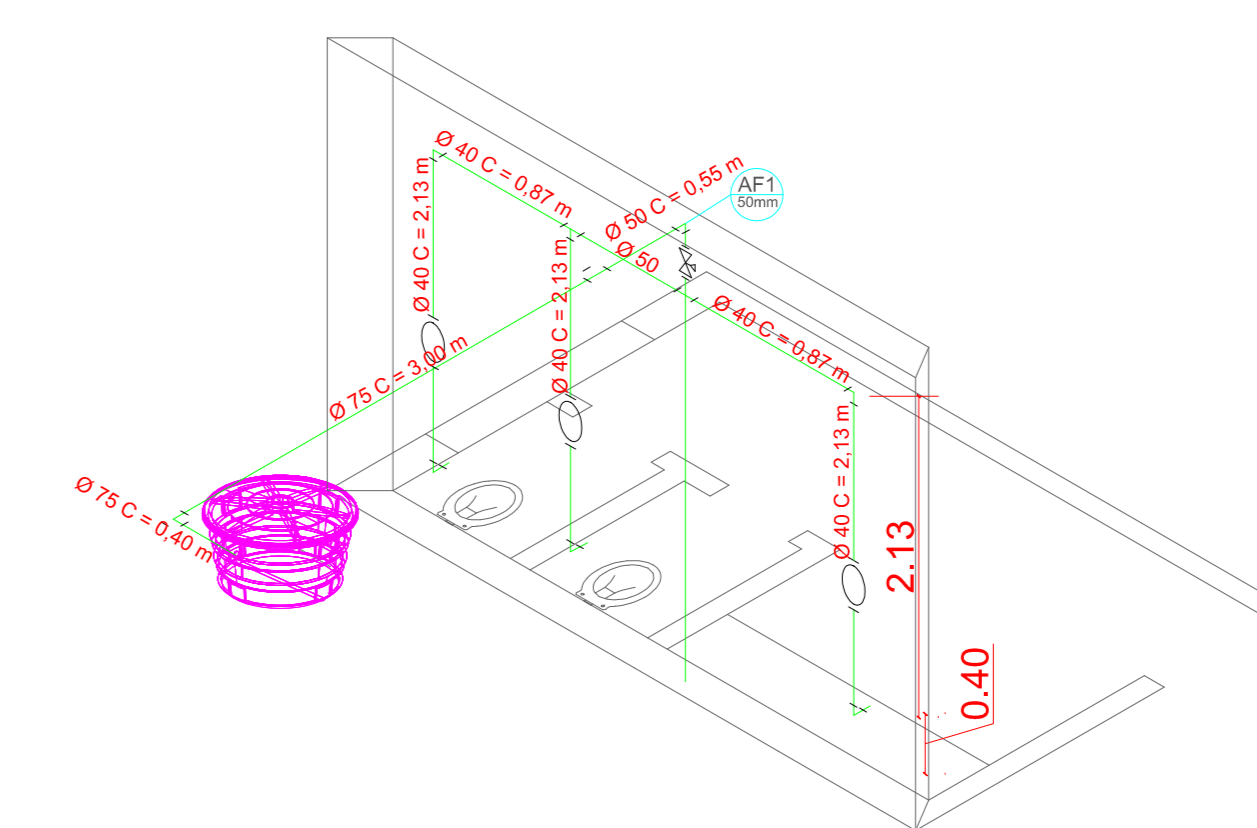
DISTRIBUIÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA  
ESC. 1/150



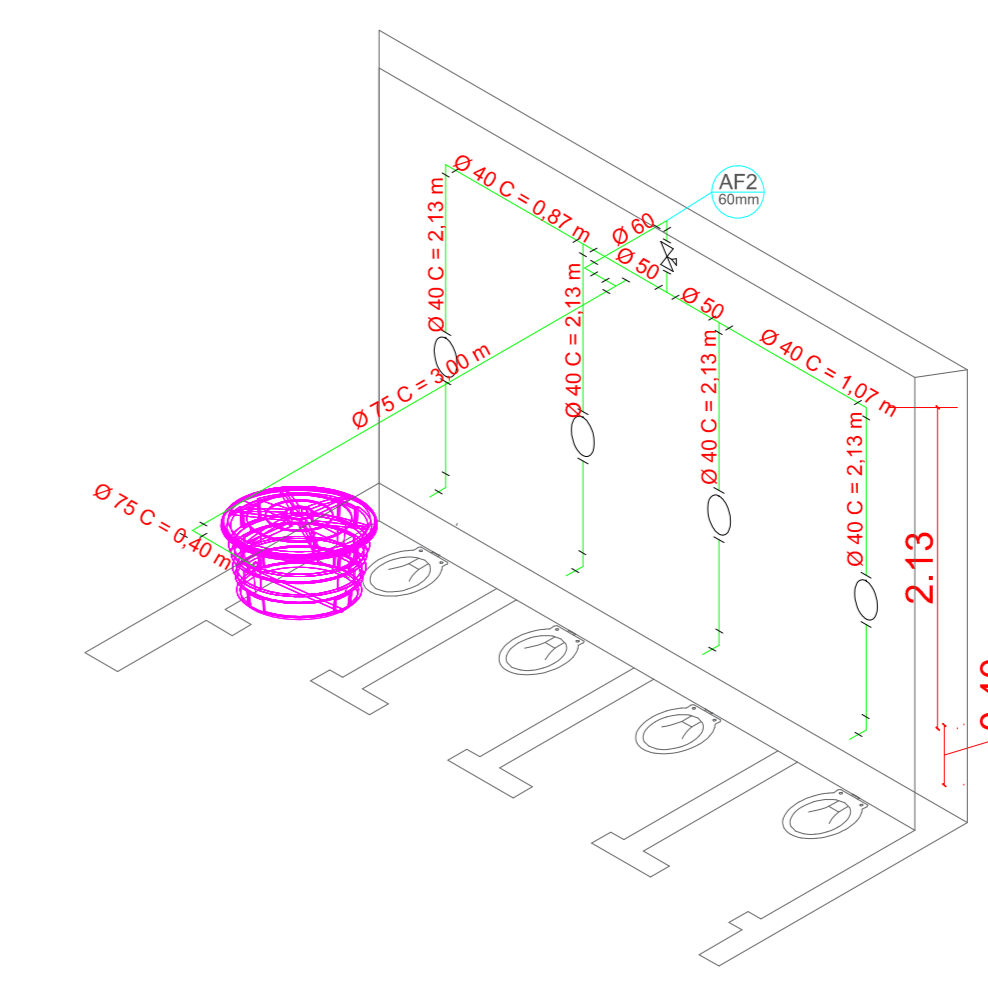
DETALHE DISTRIBUIÇÃO BIBLIOTECA  
ESC. 1/50



DETALHE DISTRIBUIÇÃO WC ADMINISTRAÇÃO  
ESC. 1/50



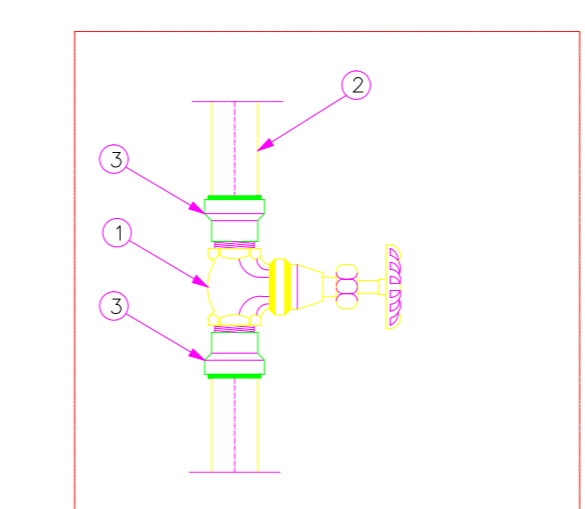
DETALHE DISTRIBUIÇÃO WC MASCULINO  
ESC. 1/50



DETALHE DISTRIBUIÇÃO WC FEMININO  
ESC. 1/50



DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA PARA TORNEIRAS  
ESC. 1/150



DETALHE TÍPICO DA INSTALAÇÃO DE REGISTROS  
SEM ESCALA

|   |   |
|---|---|
| ASSUNTO:<br><b>APÊNDICE B<br/>PROJETO DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA</b>  | PRANCHA:<br><b>ÚNICA</b>  |
| TIPO:<br><b>INSTITUIÇÃO DE ENSINO</b>   | ARQUITETURA:  |
| LOCAL:<br><b>RUA MARCONILIO RIBEIRO COSTA, S/Nº CENTRO<br/>SÃO THOME DAS LETRAS - MINAS GERAIS, CEP: 37.408-000</b>   | ART Nº:   |
| PROPRIETÁRIO:<br><b>GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS</b>   | ART Nº:   |
| AUTOR DO PROJETO:<br><b>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA</b>  | CPF:<br><b>122.476.786-10</b>   |
| RESPONSÁVEL TÉCNICO:<br><b>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA</b>   | CPF:<br><b>122.476.786-10</b>   |
| SITUAÇÃO SEM ESCALA:<br>  | PROPRIETÁRIO:<br><b>IURY IONAN CARVALHO FERREIRA<br/>122.476.786-10</b> |
| SETOR:<br><b>ZONA:</b>  | USO:<br><b>MODELO:</b>  |
| TAXA / ÍNDICE:<br><b>Ocupação:<br/>36,00%</b>   | APROV.:<br><b>ESCALAS:<br/>1:50, 1:75, 1:150 (INDICADA)</b>             |
| ÁREAS (m²):<br><b>TERRENO<br/>5.000,00 m²</b>   | PREFEITURA:   |
| CONSTRUÇÃO:<br><b>BLOCO ADMINISTRATIVO 248,22 m²<br/>BLOCO 1 SALAS DE AULA 361,72 m²<br/>BLOCO 2 SALAS DE AULA 308,70 m²<br/>BIBLIOTECA 98,00 m²<br/>QUADRA POLIESPORTIVA 784,07 m²<br/>TOTAL DA CONSTRUÇÃO: 1800,71 m²</b> |   |
| TAXA DE OCUPAÇÃO<br><b>36,00%</b>   |   |
| OBSERVAÇÃO:<br>COTAS EM METROS.   |   |