

N. CLASS. M551.577
CUTTER F268e
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA CIVIL
WALAS PIRES FAUSTINO

ESTUDO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E APROVEITAMENTO NA
INDÚSTRIA PHILIPS LIGHTING ELETRONICS

Varginha
2015

Grupo Educacional UNIS

WALAS PIRES FAUSTINO

**ESTUDO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E APROVEITAMENTO NA
INDÚSTRIA PHILIPS LIGHTING ELETRONICS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof.^º Ivana Prado de Vasconcelos.

**Varginha
2015**

WALAS PIRES FAUSTINO

**ESTUDO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA E APROVEITAMENTO NA
INDÚSTRIA PHILIPS LIGHTING ELETRONICS**

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

Aprovado em / /

Prof^o. Msc. Ivana Prado de Vasconcelos – Presidente da Banca

Prof^o. Msc. Oswaldo Henrique Barolli Reis – Membro da Banca

Prof^a. Marina Bedeschi Dutra – Membro da Banca

OBS.:

Dedico este trabalho a todos aqueles que
contribuíram para a sua realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus colegas, professores e a minha família por terem ajudado na construção deste trabalho.

“Cada sonho que você deixa pra trás, é um
pedaço do seu futuro que deixa de existir.”

Steve Jobs

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo para captação de água de chuva para uma empresa de produtos eletrônicos na cidade de Varginha, em que é possível viabilizar o consumo de um recurso natural que é imprescindível a vida. As técnicas para aproveitamento de água pluvial são soluções sustentáveis que contribuem para um uso racional desse recurso. O objetivo deste trabalho é propor o projeto de aproveitamento de água de chuva para a empresa Philips Lighting Electronics em Varginha. A primeira água que cai no telhado, apresenta uma quantidade de contaminação por isso é aconselhável o descarte desta primeira água. A precipitação média anual de Varginha é de aproximadamente 122,7 milímetros por ano. A área de captação é de 4394 m². A partir destes dados estimou-se que é possível captar em torno de 5175 m³ de água de chuva na área de captação. A previsão do consumo anual estipulada foi de 475,5 m³. De acordo com estes dados é possível demonstrar que um reservatório inferior com capacidade de 40 m³ e um outro superior com capacidade de 5 m³ atenderá a demanda de consumo.

Palavras-Chaves: Água de Chuva. Aproveitamento. Empresa.

ABSTRACT

This paper presents a study for rain water harvesting for an electronics company in the city of Varginha, where you can enable the use of a natural resource, essential to life. Techniques for rainwater use are sustainable solutions that contribute to a rational use of this resource. The objective of this study is to propose the rainwater utilization project for the company Philips Lighting Electronics in Varginha. The first water that falls on the roof, has an amount of contamination so it is advisable to dispose of this first water. The average annual rainfall of Varginha is approximately 122.7 millimeters per year. The catchment area is 4394 m². From this data it was estimated that it is possible to capture around 5175 cubic meters of rain water in the catchment area. The forecast stipulated annual consumption was 475.5 m³. According to these data it is possible demonstar a lower reservoir with 40 m³ capacity and a higher one with 5 m³ capacity meet consumer demand.

Keywords: *Rainwater. Use. Company.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenho com vista frontal do telhado.	17
Figura 2 - Desenho com as dimensões da calha	17
Figura 3 - Desenho com vista superior do telhado	18
Figura 4 – Parâmetros de localidade para a cidade de Varginha no programa Plúvio 2.1 ..	21
Figura 5 – Telhado de superfície inclinada.	22
Figura 6 – Platibanda com formato retangular	22
Figura 7 – Relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas para condutores verticais	26
Figura 8 – Desenho esquemático da perda de carga na tubulação	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de dimensionamento do reservatório pelo método de rippl.....	28
Tabela 2 – Perdas de carga localizada	31
Tabela 3 – Características da caixa d'água de 40 m ³	33
Tabela 4 – Características da caixa d'água de 5 m ³	33
Tabela 5 – Características do filtro volumétrico	34
Tabela 6 - Características da bomba submersa vibratória rayma 220 V	34
Tabela 7 – Características bóia de nível anauger sensor control.....	35
Tabela 8 – Lista de materiais utilizados no projeto com seus respectivos valores.....	35

LISTA DE SIGLAS

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PVC – Policloreto de Vinila

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

LISTA DE SÍMBOLOS

m – Metros.....	19
v – Volt.....	19
mm – Milímetro.....	19
cm – Centímetro.....	19
I – Intensidade pluviométrica.....	20
mm/h – Milímetros por hora.....	20
T – Tempo de retorno.....	20
t – Duração da precipitação.....	20
min – Minuto.....	20
K, a, b, c – Parâmetros relativos à localidade.....	20
A_{telhado} – Área de contribuição do telhado.....	21
m^2 – Metros quadrados.....	21
a – Menor dimensão do telhado.....	21
b – Maior dimensão do telhado.....	21
h – Altura do telhado.....	21
$A_{\text{platibanda}}$ – Área de contribuição da platibanda.....	22
a_1 – Altura da platibanda.....	22
b_1 – Comprimento da platibanda.....	22
$A_{\text{total da platibanda}}$ – Área total da platibanda.....	23
$A_{\text{total de contribuição}}$ – Área total de contribuição.....	23
$Q_{\text{área de contribuição}}$ – Vazão na área de cotribuição.....	23
l/min – Litros por minuto.....	23
S – Seção molhada.....	24
l_{calha} – Largura da calha.....	24
h_{calha} – Altura da calha.....	24
P – Perímetro da seção molhada.....	24
R_H – Raio hidráulico.....	25
Q_{calha} – Vazão na calha.....	25
n – Coeficiente de rugosidade.....	25
i – Declividade da calha.....	25
l/seg – Litros por segundo.....	25

m/m – Metro por metro	25
m ³ /m ² /dia – Metros cúbicos por metro quadrado por dia	26
Demanda _{irrigação} – Demanda de água gasta pela irrigação	26
l/mês – Litros por mês	26
Demanda _{lavagem de pátio} – Demanda de água gasta pela lavagem da pátio	26
Demanda _{total} – Demanda de água total	27
m ³ – Metros cúbicos	28
m ³ /mês – Metros cúbicos por mês	28
V – Volume de água por dia trabalhado	29
l/dia – Litros por dia	29
Q _{bomba} – Vazão de serviço	29
T – Horas de funcionamento da bomba por dia.....	29
l/h – Litros por hora	30
m ³ /seg – Metros cúbicos por segundo	30
D _r – Diâmetro do recalque.....	30
D – Diâmetro da tubulação	31
L _{tubo} – Comprimento real do tubo.....	31
L _{peças} – Comprimento equivalente das peças.....	31
L _{total} – Comprimento equivalente total	31
P _{bomba} – Potência da bomba	32
CV – Cavalo-vapor.....	32
γ _{H₂O} – Peso específico da água	32
kgf/m ³ – Quilograma-força por metro cúbico	32
H _{man} – Altura manométrica	32
η _{bomba} – Rendimento da bomba	32
W – Watt.....	32
Q _{filtro volumétrico} – Vazão no filtro volumétrico	33
l – Litros	33
DN – Diâmetro nominal	34
kg – Quilograma	34
A – Âmpere	35

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor o projeto de aproveitamento de água de chuva para a empresa Philips Lighting Electronics em Varginha.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos:

- a) Realizar um estudo hidrológico da região onde se localiza o empreendimento.
- b) Avaliar o estado atual da área em estudo.
- c) Dimensionar um reservatório para armazenamento.
- d) Apresentar o melhor tratamento para reuso da água.
- e) Analisar a estimativa de custo do projeto.

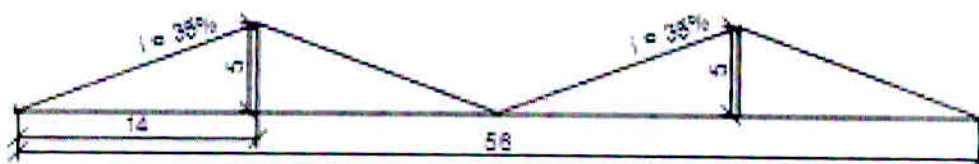
3 BREVE DIAGNÓSTICO

3.1 Sistema atual

A estrutura do telhado da empresa é subdividida em 4 águas com dimensão total de 56 x 74 m, uma altura de platibanda de 0,5 m. Um pé-direito de 8 metros de altura. O telhado possui 3 calhas ao longo de seu comprimento com dimensões de 0,40 x 0,40 m que possui formato retangular, com uma declividade de 1 %.

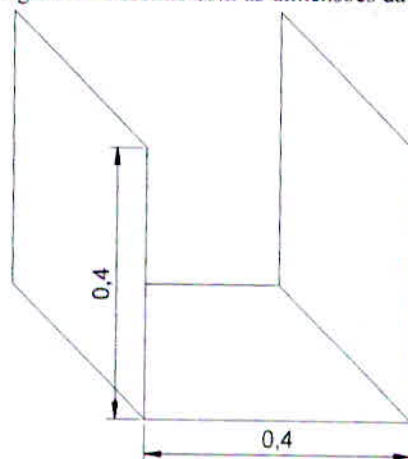
Cada calha apresenta no seu decorrer 6 condutores verticais somando assim no total 18 condutores verticais, que transpassam pela parte interior da empresa com diâmetro de 150 mm que deságuam em caixas de passagem. As instalações da Philips apresentam um total de área construída de 5000 m² sendo que 1200 m² são de área verde e 600 m² de pátios e área de lazer. A Figura 1 ilustra um desenho com vista frontal do telhado. Agora na Figura 2 apresenta um desenho com as dimensões da calha. Já na Figura 3 demonstra um desenho com a vista superior do telhado.

Figura 1 - Desenho com vista frontal do telhado.



Fonte: (O Autor).

Figura 2 - Desenho com as dimensões da calha.



Fonte: (O Autor).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 DIAGNÓSTICO DO ESTUDO DE CASO	17
3.1 Sistema atual	17
4 PROJETO	19
4.1 Memorial descritivo.....	19
4.2 Memorial de cálculo	20
4.2.1 Determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Varginha.....	20
4.2.2 Determinação da área de contribuição.....	21
4.2.3 Determinação da vazão da área de contribuição	23
4.2.4 Determinação de calhas e condutores.....	24
4.2.5 Determinação da demanda de água para a irrigação	26
4.2.6 Determinação da demanda de água para lavagem de pátio	26
4.2.7 Determinação da demanda total	27
4.2.8 Método de rippl	27
4.2.9 Determinação da vazão na bomba	29
4.2.10 Determinação do diâmetro da tubulação de recalque	30
4.2.11 Determinação da perda de carga.....	30
4.2.12 Determinação da potência da bomba.....	32
4.2.13 Determinação da vazão no filtro volumétrico	32
4.3 Dispositivos utilizados	33
4.3.1 Modelo do reservatório.....	33
4.3.2 Filtro volumétrico	33
4.3.3 Bomba.....	34
4.3.4 Bóia de nível.....	34
4.4 Estimativa de custos do projeto.....	35
CONCLUSÃO.....	36
REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE	39

1 INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira (2008) a agricultura no Brasil consome cerca de 61%, a indústria 18% e o uso doméstico cerca de 21% da água doce utilizada no país. Destaca-se ainda que o consumo de água por habitante duplicou-se nos últimos 40 anos. Outros problemas citados por May (2004) que agravam a escassez de água são a periodicidade do suprimento, a irregularidade do suprimento, o desmatamento, a poluição das nascentes e com esse aumento da população mundial acaba gerando um gasto maior, já que muitos não têm a consciência de economizar e acaba fazendo uso extrapolado desse recurso. Nas regiões áridas e semi-áridas do Brasil, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (OLIVEIRA, 2008).

O aproveitamento em si traz grandes benefícios tanto para o ambiente, quanto também para economia. Já o aproveitamento de água de chuva nas indústrias vem deixando de ser uma opção e se tornando uma obrigatoriedade, pois cada vez mais as indústrias estão preocupadas com a responsabilidade socioambiental. Com isso cresce a necessidade de aproveitar de alguma forma esse bem proveniente das chuvas que é fornecida. O reuso desse bem essencial para a sobrevivência humana acaba sendo para fins não potáveis a ponto de reaproveitá-la para diversos serviços: como torneiras de jardim, descargas de vasos sanitários, reservatórios de combates a incêndio, lavagem de peças são alguns exemplos (TESTON, 2012).

Na elaboração da 1ª parte do TCC, foi possível demonstrar que através da determinação da vazão de água de chuva na área de contribuição que a empresa Philips Lighting Electronics possui um cenário propício à instalação de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva. O dimensionamento de um reservatório apresenta como uma possível solução para que seja realizada seu aproveitamento de água de chuva.

Este projeto desenvolvido para um aproveitamento de água de chuva para uma empresa de produtos eletrônicos é baseado na NBR 10844:1989, NBR 5626: 1998 e NBR 15527:2007.

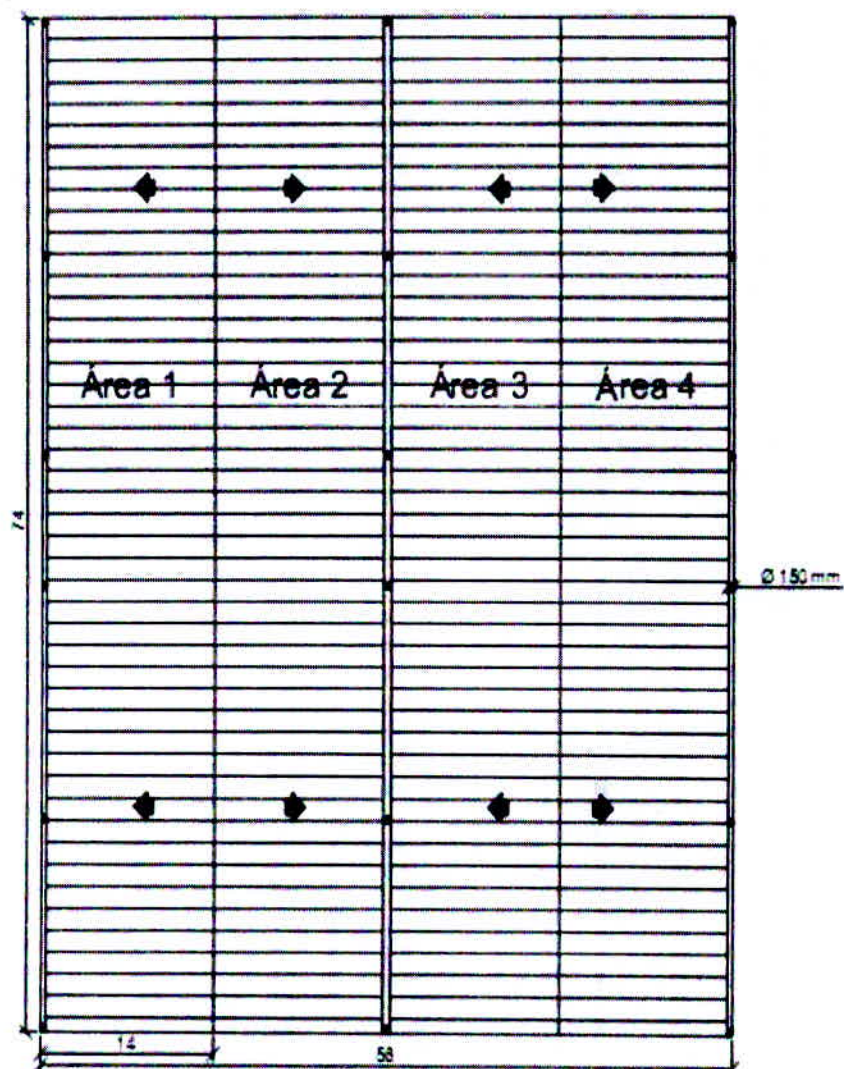
1.1 Justificativa

A Empresa Philips Lightng Eletronics, apesar de ser certificada pela ISO 14001 – Gestão Ambiental, não se faz um aproveitamento de água de chuva. Por ser uma empresa de grande visibilidade no setor mundial os benefícios que o projeto de captação irá trazer será de

grande valor. Portanto o projeto trará uma economia no consumo de água e ao mesmo tempo reeducandos os próprios funcionários a economizar.

Neste trabalho pretende-se gerar uma contribuição significativa ao meio ambiente e a empresa para que possa torná-la mais sustentável.

Figura 3 - Desenho com vista superior do telhado.



Fonte: (O Autor).

4 PROJETO

4.1 Memorial descritivo

O desenvolvimento desse projeto aconteceu em um cenário industrial. Foi realizado um estudo para o dimensionamento de um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva da empresa Philips Lighting Electronics, no município de Varginha, e a utilização deste recurso será para fins não potáveis para as atividades de irrigação e lavagem de pátio.

A execução deste projeto de captação e aproveitamento de água de chuva foi seguido pelas 3 seguintes normas.

a) NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais.

b) NBR 5626: Instalação predial de água fria

c) NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

Primeiramente foi necessário obter a intensidade pluviométrica da cidade de Varginha onde foi utilizado programa Plúvio 2.1.

A área total de contribuição foi obtida através do projeto arquitetônico da empresa Philips Lighting Electronics onde as dimensões do telhado é 56 x 74 m e as dimensões da platibanda 0,5 m de altura. Através das dimensões foi calculada a área total de contribuição para a determinação da vazão. O tipo de telha utilizada na área de contribuição e do tipo telha trapezoidal TMTP-40.

A vazão na calha foi determinada pela NBR 10844:1989, onde o tipo de material é aço galvanizado que possui dimensões de 0,40 x 0,40 m. Os contadores verticais que descem da calha com dimensão de 150 mm corta o interior da empresa embutidos em pilares com dimensões de 40 x 40 cm que chegam até os condutores horizontais do solo desaguardando até as caixas de passagens situados no exterior da empresa.

Os dados da precipitação média mensal de Varginha de 1974 até 2013 foram obtidos através do boletim de aviso da Fundação Procafé. Os demais dados utilizados para o dimensionamento do reservatório é a determinação da demanda e a área total de contribuição. O método utilizado para o dimensionamento é o de Rippl para uma demanda constante e chuvas mensais. A determinação da bomba foi utilizada a NBR 5626:1989 para o dimensionamento. O sistema contém um filtro volumétrico 3P twin, uma bomba submersa rayma 220 V, duas bóias de nível anauger sensor control, uma caixa d'água 30 m³ e uma outra caixa d'água de 5 m³ ambas feitas do material fibra de vidro.

O reservatório funciona com a água de chuva vinda da captação da área de contribuição. Esta água passa por um filtro antes de desaguar no primeiro reservatório, a bomba submersa terá uma saída com ¾” que terá a função de conduzir toda esta água para o segundo reservatório.

4.2 Memorial de cálculo

4.2.1 Determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Varginha

Para a determinação da intensidade pluviométrica da cidade de Varginha é necessário utilizar a equação (1) de intensidade, duração e frequência da precipitação (CECÍLIO; PRUSKI, 2003).

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

Onde:

I = intensidade pluviométrica (mm/h).

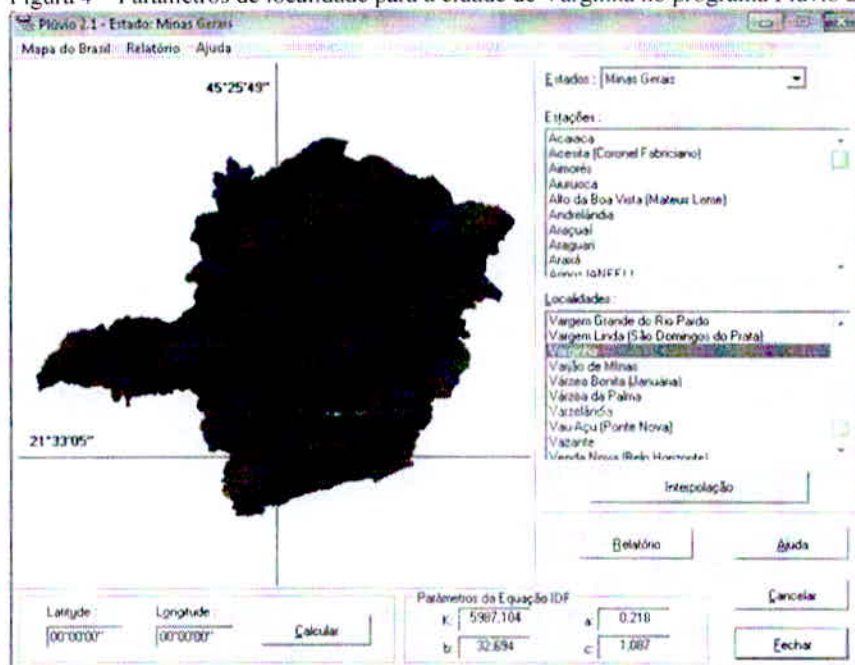
T = período de retorno (5 anos) NBR 10844:1989.

t = duração da precipitação (5 min) NBR 10844:1989.

K, a, b, c = parâmetros relativos à localidade.

Os parâmetros relativos à localidade que são o K, a, b e c. Podem ser obtidos pelo Plúvio 2.1. Na Figura 4, apresenta uma foto que apresenta os parâmetros de localidade para a cidade de Varginha.

Figura 4 – Parâmetros de localidade para a cidade de Varginha no programa Plúvio 2.1.



Fonte: (O Autor).

Através dos dados obtidos utiliza-se a equação (1), para a determinação da intensidade pluviométrica.

$$I = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(5 + 32,694)^{1,087}} = 164,50 \text{ mm/h} \quad (1)$$

4.2.2 Determinação da área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição do telhado deve ser utilizada a equação (2) abaixo NBR 10844:1989.

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

Onde:

A_{telhado} = área de contribuição do telhado (m²).

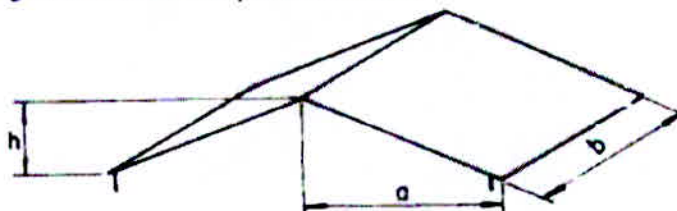
a = menor dimensão do telhado (m).

b = maior dimensão do telhado (m).

h = altura do telhado (m).

Na Figura 5 apresenta um telhado de superfície inclinada demonstrando as variáveis utilizadas na fórmula para o cálculo da área de concentração do telhado NBR 10844:1989.

Figura 5 – Telhado de superfície inclinada.



Fonte: NBR 10844:1989.

Para a determinação da área de contribuição do telhado, será utilizada a equação (2).

$$A_{\text{telhado}} = \left(56 + \frac{5}{2}\right) \times 74 = 4329 \text{ m}^2 \quad (2)$$

Para o cálculo da área da platibanda que possui o formato retangular, deve ser utilizado a seguinte equação (3) para o cálculo de área.

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{a_1 \times b_1}{2} \quad (3)$$

Onde:

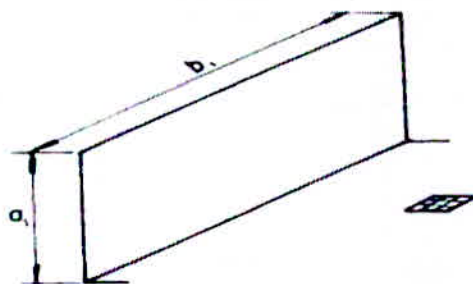
$A_{\text{platibanda}}$ = área de contribuição da platibanda (m^2).

a_1 = altura da platibanda (m).

b_1 = comprimento da platibanda (m).

Na Figura 6 apresenta uma platibanda de formato retangular demonstrando as variáveis utilizadas na fórmula para o cálculo da área da platibanda NBR 10844:1989.

Figura 6 – Platibanda com formato retangular.



Fonte: NBR 10844:1989.

A determinação da área de contribuição das duas platibandas será utilizada a equação (3) e as dimensões são encontradas no 3.1 para a obtenção da área total das duas platibandas deverá ser somados os dois resultados da equação (3) gerando assim a equação (4).

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{0,5 \times 74}{2} \times 2 = 37 \text{ m}^2 \quad (3)$$

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{0,5 \times 56}{2} \times 2 = 28 \text{ m}^2 \quad (3)$$

$$A_{\text{total da platibanda}} = 37 + 28 = 65 \text{ m}^2 \quad (4)$$

A área total de contribuição será realizada através da soma dos resultados apresentados nas equações (2) e (4) gerando assim a equação (5).

$$A_{\text{total de contribuição}} = 4329 + 65 = 4394 \text{ m}^2 \quad (5)$$

4.2.3 Determinação da vazão da área de contribuição

Para o cálculo da vazão na área de contribuição pelo método racional poderá ser utilizado a equação (4) abaixo NBR 10844:1989.

$$Q_{\text{área de contribuição}} = \frac{I \times A_{\text{total de contribuição}}}{60} \quad (6)$$

Onde:

$Q_{\text{área de contribuição}}$ = vazão da área de contribuição (l/min).

I = intensidade pluviométrica (mm/h).

$A_{\text{total de contribuição}}$ = área total de contribuição (m²).

Como a determinação da vazão da área de contribuição é utilizada a equação (6) em que a intensidade pluviométrica e o resultado da equação (1) e o resultado da área de contribuição pela equação (5).

$$Q_{\text{área de contribuição}} = \frac{164,50 \times 4394}{60} = 12046,88 \text{ l/min} \quad (6)$$

4.2.4 Determinação de calhas e condutores

A seção molhada da calha é obtida através da equação (7) NBR 10844:1989.

$$S = l_{\text{calha}} \times h_{\text{calha}} \quad (7)$$

Onde:

S = área da seção molhada (m^2).

l_{calha} = largura da calha (m).

h_{calha} = altura da calha (m).

A seção molhada da calha é obtida através da equação (7) conforme demonstrada abaixo .

$$S = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ m}^2 \quad (7)$$

O perímetro da seção molhada é calculado através da equação (8) NBR 10844:1989.

$$P = 2 \times h_{\text{calha}} + l_{\text{calha}} \quad (8)$$

Onde:

P = perímetro molhado (m).

l_{calha} = largura da calha (m).

h_{calha} = altura da calha (m).

O perímetro da seção molhada da calha é obtida através da equação (8).

$$P = 2 \times 0,4 + 0,4 = 1,2 \text{ m} \quad (8)$$

O cálculo para a determinação do raio hidráulico é determinado pela equação (9) NBR 10844:1989.

$$R_H = \frac{S}{P} \quad (9)$$

Onde:

R_h = raio hidráulico (m).

S = área da seção molhada (m^2).

P = perímetro molhado (m).

O raio hidráulico é obtido através da equação (9).

$$R_H = \frac{0,16}{1,2} = 0,133 \text{ m} \quad (9)$$

A vazão na calha é obtida através da equação (10) NBR 10844:1989.

$$Q_{calha} = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times i^{1/2} \quad (10)$$

Onde:

Q_{calha} = vazão na calha (l/min).

S = área da seção molhada (m^2).

n = coeficiente de rugosidade (0,011 para aço galvanizado) NBR 10844:1989.

R_h = raio hidráulico (m).

P = perímetro molhado (m).

l = largura da calha (m).

h = altura da calha (m).

$K = 60.000$.

i = declividade da calha (0,01 m/m).

O cálculo para a determinação da vazão na calha é determinado pela equação (10) onde os dados necessários são os resultados nas equações (7), (8) e (9).

$$Q_{calha} = 60000 \times \frac{0,16}{0,011} \times 0,133^{2/3} \times 0,01^{1/2} = 22739,43 \text{ l/min} \quad (10)$$

De acordo com o resultado apresentado na equação (10), a vazão de água na calha irá atender a vazão de água da área de contribuição.

O diâmetro do condutor vertical será extraído da Figura 7 que apresenta uma relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas para condutores verticais., em que a vazão da área total de contribuição é de 12046,88 l/min sendo que a área de contribuição apresenta 18 condutores verticais e cada condutor apresenta uma vazão de 11,15 l/seg.

Figura 7 – Relação do diâmetro do tubo para as chuvas críticas para condutores verticais.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do telhado	
		Chuva de 150 mm/h	Chuva de 120 mm/h
50	0,57	14	17
75	1,76	42	53
100	3,78	90	114
125	7	167	212
150	11,53	275	348
200	25,18	600	760

Fonte: (BOTELHO E RIBEIRO, 1998 apud TOMAZ, 2003, p.71)

4.2.5 Determinação da demanda de água para a irrigação

Estimando-se doze regas por mês, para uma área de jardim de 1.200 m² (Base de consumo: 2 l/m²/dia) (PROSAB, 2006). A determinação da demanda de água para irrigação é calculado através da equação (11).

$$\text{Demanda}_{\text{irrigação}} = 2 \times 1200 \times 12 \quad (11)$$

Onde:

Demanda_{irrigação} = demanda de água gasta pela irrigação (l/mês).

$$\text{Demanda}_{\text{irrigação}} = 28800 \text{ l/mês} \quad (11)$$

4.2.6 Determinação da demanda de água para lavagem de pátio

Estimando-se nove lavagens de pátio por mês, para uma área de pátio de 600 m² (Base de consumo: 2 l/m²/dia) (PROSAB, 2006). A determinação da demanda de água para lavagem de pátio é calculado através da equação (12).

$$\text{Demanda}_{\text{lavagem de Pátio}} = 2 \times 600 \times 9 \quad (12)$$

Onde:

$\text{Demanda}_{\text{lavagem de Pátio}} = \text{demanda de água gasta pela lavagem de pátio (l/mês)}$.

$$\text{Demanda}_{\text{lavagem de Pátio}} = 10800 \text{ l/mês} \quad (12)$$

4.2.7 Determinação da demanda total

De acordo com os resultados das demandas apresentadas nos capítulos 4.2.5 e 4.2.6 a demanda total será o resultado da soma entre as duas demandas. A determinação da demanda de água total é calculado através da equação (13).

$$\text{Demanda}_{\text{total}} = 28800 + 10800 \quad (13)$$

Onde:

$\text{Demanda}_{\text{total}} = \text{demanda de água total (l/mês)}$.

$$\text{Demanda}_{\text{total}} = 39600 \text{ l/mês} \quad (13)$$

4.2.8 Método de rippl

Para o dimensionamento do reservatório foi escolhido o método de Rippl para uma demanda constante e chuvas mensais. A Tabela 1 apresenta os dados utilizados para o dimensionamento através do método de rippl (TOMAZ, 2003).

Tabela 1 – Tabela de dimensionamento do reservatório pelo método de rippl.

1	2	3	4	5	6	7	8
Mês	Chuva Média (mm)	Demanda (m ³ /mês)	Área (m ²)	Volume (m ³)	Diferença Entre a Demanda e o Volume	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos	Obs.
Janeiro	281,8	39,6	4394	991	-951	-951	E
Fevereiro	186,7	39,6	4394	656	-617	-1568	E
Março	177,5	39,6	4394	624	-584	-2152	E
Abril	80,4	39,6	4394	283	-243	-2395	E
Mai	51,7	39,6	4394	182	-142	-2537	E
Junho	35,5	39,6	4394	125	-85	-2622	E
Julho	18,6	39,6	4394	65	-26	-2648	E
Agosto	17,4	39,6	4394	61	-22	-2670	E
Setembro	72,1	39,6	4394	253	-214	-2884	E
Outubro	110,8	39,6	4394	389	-350	-3233	E
Novembro	178,1	39,6	4394	626	-586	-3820	E
Dezembro	261,6	39,6	4394	920	-880	-4700	E

Fonte: (O autor).

Coluna 1: É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2: Nesta coluna estão os dados da precipitação média mensal de Varginha de 1974 até 2013 serão obtidos através do boletim de aviso da Fundação Procafé cuja estação está localizada em latitude 21° 34' 00", longitude 45°24'22" e altitude 940 m (<http://fundacaoprocafe.com.br/estacao-e-avisos/sul-de-minas/boletim-de-aviso/2014>, acessado em 12/10/2015).

Coluna 3: Demanda mensal que foi imposta de acordo com as considerações citadas nos capítulos 4.2.5 e 4.2.6 sendo que é o resultado da soma das duas demandas (TOMAZ, 2003).

Coluna 4: A área de captação é fornecida em metros quadrados e a projeção do telhado sobre o terreno (TOMAZ, 2003).

Coluna 5: Nesta coluna, estão disponíveis os volumes mensais de água de chuva. Este dado é obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,8 e dividindo-se por 1000 com isso o resultado do volume será fornecido em m³ (TOMAZ, 2003).

Coluna 6: Nesta coluna, estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuvas mensais. O sinal negativo indica que há excesso de água (TOMAZ, 2003).

Coluna 7: diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitido a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não serão computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda) (TOMAZ, 2003).

Coluna 8: O preenchimento da coluna 8 foi feito utilizando a letra E indicando que sempre terá água escoando pelo extravasor (TOMAZ, 2003).

4.2.9 Determinação da vazão na bomba

Para a determinação do consumo diário de água será utilizada a equação (14) que a bomba funcionará 12 vezes por mês (BOHN, 2014)..

$$V = \frac{\text{Demanda}_{\text{total}}}{12} \quad (14)$$

onde:

V = volume de água por dia trabalhado (l/dia).

Demanda_{total} = demanda total de água por mês (39600 l/mês).

$$V = \frac{39600}{12} \quad (14)$$

$$V = 3300 \text{ l/dia} \quad (14)$$

Para a determinação da vazão de recalque será utilizada a equação (15) (BOHN, 2014).

$$Q_{\text{bomba}} = \frac{V}{T} \quad (15)$$

Onde:

Q_{bomba} = vazão de serviço (l/h).

V = volume de água por dia trabalhado (l/dia).

T = número de horas de funcionamento da bomba por dia (4 horas).

$$Q_{\text{bomba}} = \frac{3300}{4} \quad (15)$$

$$Q_{\text{bomba}} = 825 \text{ l/h} = 0,000229 \text{ m}^3/\text{seg} \quad (15)$$

4.2.10 Determinação do diâmetro da tubulação de recalque

Para a determinação do diâmetro na tubulação de recalque é utilizada a equação (16) que é fórmula Forschheimer NBR 5626:1998 (BOHN, 2014).

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{Q_{\text{bomba}}} \times \sqrt[4]{\frac{T}{24}} \quad (16)$$

Onde:

D_r = diâmetro do recalque (mm).

Q_{bomba} = vazão de serviço (0,000229 m³/seg),

T = número de horas de funcionamento da bomba por dia (4 horas).

$$D_r = 1,3 \times \sqrt{0,000229} \times \sqrt[4]{\frac{4}{24}} \quad (16)$$

$$D_r = 0,0125 \text{ m} \quad (16)$$

O diâmetro da tubulação de recalque será de 12 mm o diâmetro próximo disponível comercialmente e o de 20 mm mais devido as características da bomba será utilizado 25 mm pois e a dimensão da sua saída.

4.2.11 Determinação da perda de carga

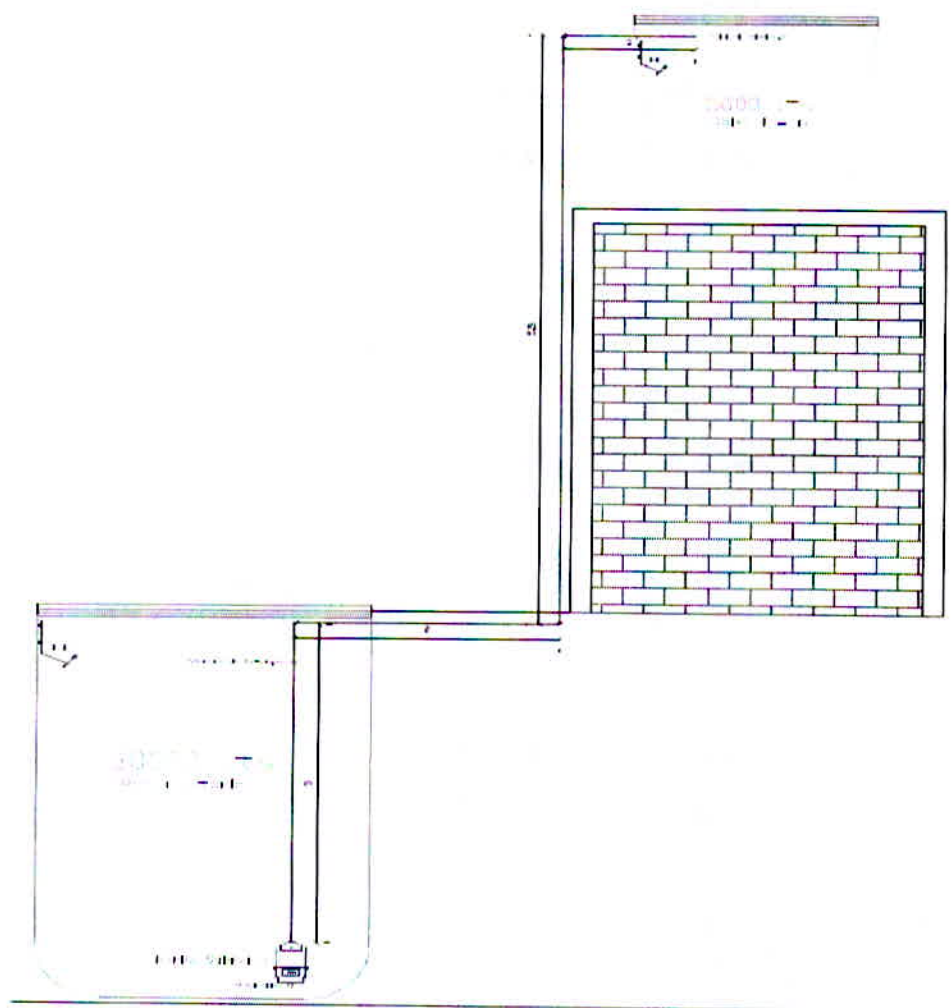
As perdas de carga é demonstrado através da Tabela 2 que mostra a perda de carga localizada em cada trecho. A Figura 8 demonstra um desenho esquemático da perda de carga na tubulação.

Tabela 2 – Perdas de carga localizada.

Trecho	ϕ (mm)	L_{tubo} (m)	Peças de PVC	Quant	$L_{\text{peças}}$ (m)	L_{total} (m)
1-2	25	4,4	Válvula de Pé Com Crivo	1	9,50	16,30
	25		Válvula de Retenção Vertical	1	2,40	
2-3	25	2,00	Joelho 90 °	1	1,20	3,2
3-4	25	5,5	Joelho 90 °	1	1,20	6,7
4-5	25	1,00	Joelho 90 °	1	1,20	3,10
	25		Saída de Canalização	1	0,90	
Comprimento Equivalente Total (Altura Manométrica)						29,3

Fonte: (O Autor)

Figura 8 – Desenho esquemático da perda de carga na tubulação.



Fonte: (O Autor)

4.2.12 Determinação da potência da bomba

Para a determinação da potência da bomba deverá ser utilizado a equação (17) (MACINTYRE, A. J., 2012).

$$P_{\text{bomba}} = \frac{\gamma_{\text{H}_2\text{O}} \times Q_{\text{bomba}} \times H_{\text{man}}}{75 \times \eta_{\text{bomba}}} \quad (17)$$

Onde:

P_{bomba} = potência da bomba (CV).

$\gamma_{\text{H}_2\text{O}}$ = peso específico da água (1000 kgf/m³).

Q_{bomba} = vazão de água no recalque (0,000229 m³/seg).

H_{man} = altura manométrica (29,3 m).

η_{bomba} = rendimento da bomba (0,5).

$$P_{\text{bomba}} = \frac{1000 \times 0,000229 \times 29,3}{75 \times 0,5} \quad (17)$$

$$P_{\text{bomba}} = 0,178 \text{ CV} \quad (17)$$

A potência da bomba de acordo com o resultado da equação (17) é a partir de 0,178 CV que corresponde a 130,91 W é a bomba escolhida é que se encontra disponível comercialmente é de 280 W que corresponde a 0,38 CV.

4.2.13 Determinação da vazão no filtro volumétrico

Conforme demonstrado na tabela 1 para o dimensionamento do método de rippl, o maior volume mensal de chuva e o do mês de janeiro de 991 m³ considerando o mês com 30 dias gera assim um volume de 33,0333 m³ por dia. Para a determinação da escolha do modelo de filtro volumétrico deverá ser calculado a sua vazão através da equação (18).

$$Q_{\text{filtro volumétrico}} = \frac{33,0333 \times 1000}{24 \times 3600} \quad (18)$$

Onde:

$Q_{\text{filtro volumétrico}}$ = vazão no filtro volumétrico (l/seg).

$$Q_{\text{filtro volumétrico}} = 0,3823 \text{ l/seg} \quad (18)$$

4.3 Especificações de materiais

4.3.1 Modelo do reservatório

O tipo do reservatório escolhido que atende a demanda total de 28,8 m³/mês, foi a caixa d' água com capacidade de 40 m³ e para o segundo tipo de reservatório escolhido foi a caixa d' água com capacidade 5 m³ ambas são feitas pelo material fibra de vidro. A Tabela 3 apresenta as características da caixa d' água de 40 m³ e a Tabela 4 demonstra as características da caixa d' água de 5 m³.

Tabela 3 – Características da caixa d' água de 40 m³.

Características da Caixa d'Água	
Capacidade	40 m ³
Material	Fibra de Vidro
Altura	5,0 m
Diâmetro	3,2 m

Fonte: <http://www.caixafibra.com.br/>

Tabela 4 – Características da caixa d' água de 5 m³.

Características da Caixa d'Água	
Capacidade	5 m ³
Material	Fibra de Vidro
Altura	1,85 m
Diâmetro	2,34 m

Fonte: http://www.leroymerlin.com.br/caixa-dagua-fibra-de-vidro-5000l-multiuso-azul-fortlev_86751896?origin=c095258e4b3fec717216e568

4.3.2 Filtro volumétrico

O tipo de filtro volumétrico escolhido foi o filtro volumétrico 3P twin para água de chuva que possui um sistema duplo de limpeza uma peneira grossa depois uma fina com capacidade relativa de processamento até 1.254 m² com duas entradas DN 150. A Tabela 5

apresenta as características do filtro volumétrico que demonstra que a capacidade do filtro atende a vazão na equação (18).

Tabela 5 – Características do filtro volumétrico.

Características do Filtro Volumétrico 3P Twin	
Conexão Entrada	2 x DN 100 / DN 150
Conexão para cisterna	2 x DN 100 / DN 150
Saída para a galeria	2 x DN 100 / DN 150
Desnível entre entrada e saída para o reservatório	350 mm
Material do corpo e das cascatas	Polietileno
Material da tela	Aço inox 1.4301
Malha da tela	0,65 mm
Peso	16 kg
Capacidade do filtro	1,88 l/seg

Fonte: <http://www.agua-de-chuva.com/66-2-Filtro-Volumetrico-Twin.html>

4.3.3 Bomba

O tipo de bomba escolhida foi a bomba submersa vibratória da marca rayma, com elevação máxima de 60 metros e potência 280 W que atende a potência da equação (17). A Tabela 6 demonstra características da bomba submersa vibratória da marca rayma.

Tabela 6 - Características da bomba submersa vibratória rayma 220 V.

Características Bomba Submersa Rayma 220 V	
Descrição do produto	Bomba Submersa Rayma
Elevação	60 m
Vazão máxima	1400 litros/hora
Saída	¾ polegadas
Submersão Máxima	20 m
Saída	¾ polegadas
Potência	280 W
Tensão	220 V
Dimensões	260 x 142 mm

Fonte: <http://www.efacil.com.br/loja/produto/bomba-submersa-sapeco-220v---rayma-404769/?loja=uberlandia>

4.3.4 Bóia de nível

O tipo de bóia de nível escolhida foi da marca anauger que é um instrumento para controle e indicação de nível em líquidos que, por ação

da flutuação assume posições que podem ligar ou desligar um circuito elétrico. A Tabela 7 demonstra as características da bóia de nível anauger.

Tabela 7 – Características bóia de nível anauger sensor control.

Características da Bóia de Nível Anauger Sensor Control	
Tensão	100 - 254 V
Corrente máxima	15 A
Potência máxima da bomba	1120 W em 220 V
Temperatura máxima do líquido	60° C
Material da bóia	Polipropileno
Material do cabo	Policloreto de Vinila
Dimensões	134 mm x 89 mm x 40 mm

Fonte: <http://www.ordeleite.com.br/produto/boia-de-nivel-anauger-sensor-control/29417>

4.4 Estimativa de custos do projeto

Na Tabela 8 apresenta uma lista de materiais utilizados no projeto com seus respectivos valores.

Tabela 8 – Lista de materiais utilizados no projeto com seus respectivos valores.

Descrição	Quantidade	UN	Valor Unitário	Valor Total
Bóia de Nível Anauger Sensor Control	2	PÇ	R\$ 32,90	R\$ 65,80
Bomba Submersa Rayma - 220 V	1	PÇ	R\$ 133,87	R\$ 133,87
Caixa d'Água Fibra de Vidro 40 m ³	1	PÇ	R\$ 12.100,00	R\$ 12.100,00
Caixa d'Água Fibra de Vidro 5 m ³	1	PÇ	R\$ 1.797,90	R\$ 1.797,90
Filtro Volumétrico 3P Twin	1	PÇ	R\$ 4.221,00	R\$ 4.221,00
Joelho 90° PVC Água Fria 25mm	3	PÇ	R\$ 2,89	R\$ 8,67
Válvula de Pé PVC com Crivo de 25mm	1	PÇ	R\$ 8,10	R\$ 8,10
Valvula Retenção Vertical 25 mm	1	PÇ	R\$ 41,10	R\$ 41,10
Tubo de PVC Água Fria 25mm	12	M	R\$ 3,26	R\$ 39,12
Total				R\$ 18.415,56

Fonte: (O Autor)

CONCLUSÃO

De acordo com a realização desse trabalho, conclui-se que através do projeto a vazão na empresa Philips Lighting Electronics apresenta um cenário propício a instalação de um sistema para a captação e aproveitamento de água de chuva.

Este trabalho alcançou os objetivos propostos de desenvolver um projeto de aproveitamento da água da chuva no galpão principal da empresa Philips Lighting Eletronics em Varginha, no qual foram os parâmetros do projeto como, determinação da vazão na área de contribuição, dimensionamento das calhas, condutores, dimensionamento dos reservatórios pelo método de Rippl, rede de distribuição, entre outros componentes.

Este trabalho mostrou ser viável tecnicamente a implantação de um sistema de aproveitamento da água da chuva em uma edificação existente. Portanto sugere-se que no futuro a realização de estudos complementares, relacionados aos aspectos construtivos para os reservatórios tais como estudos sobre a escolha das áreas para localização das áreas para a localização dos mesmos é que seja estudada a possibilidade de realizar o aproveitamento de água de chuva para fins sanitários.

Conclui-se que através da implantação deste projeto, será economizado um volume considerável de água potável, contribuindo em muito para a preservação de rios, poços e lagos, além de dar uma visão mais sustentável à empresa.