

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS - UNIS-MG
ENGENHARIA CIVIL
RAFAEL ALVES FERREIRA

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS

Varginha - MG

2018

RAFAEL ALVES FERREIRA

**SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAS EM EDIFICAÇÕES
RESIDENCIAIS**

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

Aprovado em: ____/____/____

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus, a meu pai e minha mãe e toda minha família pelo apoio dado durante todos esses anos.

Agradeço a minha noiva pelos momentos em que pensei em desistir e ela ficou ao meu lado me incentivando e me dando forças pra continuar.

Agradeço também a meus amigos e companheiros de trabalho que sempre me ajudaram quando precisei.

Agradeço minha Orientadora Prof.^a Ivana Prado Vasconcelos por toda dedicação e por cada ensinamento no decorrer do presente trabalho.

Enfim, agradeço a mim por ter encontrado forças para chegar até aqui e por não desistir de todos os meus sonhos e poder finalizar com sucesso.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto de aproveitamento de águas pluviais para uma residência localizada na cidade de Boa Esperança, MG. Primeiramente, foram estudados diversos fatores para obtenção de dados para dimensionamento do sistema, tais como intensidade de chuva, demanda de água para fins não potáveis a ser utilizada na residência, volume de reservatório, entre outros. Após obtenção de todos esses dados foi estimado o volume de água de chuva aproveitável pela cobertura da residência e pelas áreas impermeáveis da mesma, que é a diferença do volume de água possível de se captar e o volume de descarte, o chamado "first flush". Com isso todos os componentes dos sistemas tais como: reservatório inferior, reservatório superior, bomba, filtro, calhas, condutores verticais, condutores horizontais, barriletes, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais foram calculados e projetados de acordo com as normas vigentes.

Palavras chave: Água pluvial. Aproveitamento de Água de chuva.

ABSTRACT

The objective of this work is the development of a project for the use of rainwater for a residence located in the city of Boa Esperança, MG. Firstly, several factors were studied to obtain data for system design, such as rainfall intensity, non-potable water demand to be used in the residence, reservoir volume, among others. After obtaining all these data, it was estimated the volume of rainwater that could be used for the coverage of the residence and the waterproof areas of the same, which is the difference of the volume of water possible to be captured and the volume of discharge, called "first flush" . In this way all components of the systems such as: lower reservoir, upper reservoir, pump, filter, gutters, vertical conductors, horizontal conductors, barrilets, distribution columns, branches and sub-branches were calculated and designed in accordance with current standards.

Key words: *Rainwater. Rainwater harvesting.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Residência em estudo na cidade de Boa Esperança, MG.	12
Figura 02 - Planta baixa.....	13
Figura 03 - Local de instalação do reservatório e sistema elevatório.....	14
Figura 04 - Diagrama de cobertura.....	15
Figura 05 - Corte frontal da cobertura da residência.....	16
Figura 06 - Cobertura da garagem/salão.	16
Figura 07 - Cobertura da lavanderia.	17
Figura 08 - Gráfico da precipitação média mensal em Boa Esperança, MG.....	18
Figura 09 - Relatório de parâmetros da Equação de intensidade, duração e Frequência de Precipitação.	18
Figura 10 – Filtro volumétrico 3P Technik.	29
Figura 11- Reservatório inferior Fortlev 15.000 litros.	33
Figura 12 - Reservatório superior Fortlev 250 litros.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Demanda de água não potável.....	13
Tabela 02 - Precipitação média mensal entre os anos de 2000 e 2006 em Boa Esperança / MG.	17
Tabela 03 - Volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório.....	19
Tabela 04- Capacidades de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n = 0,011$ (Vazão em L/min.).....	21
Tabela 05 - Determinação de diâmetro para condutores verticais.....	22
Tabela 06 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.).	22
Tabela 07 – Dimensionamento das calhas da residência.....	24
Tabela 08 – Dimensionamento dos condutores verticais.	24
Tabela 09 – Dimensionamento dos condutores horizontais.	25
Tabela 10 – Estimativas de demanda residencial de água não potável.	26
Tabela 11– Coeficiente de runoff médios.....	28
Tabela 12 - Comprimento equivalente para tubos lisos (m).....	30
Tabela 13 - Cálculo do aumento da área de contribuição.	32
Tabela 14 - Volume de água aproveitável e dimensionamento do reservatório.....	33
Tabela 15 - Perda de carga equivalente na sucção.	34
Tabela 16 - Perda de carga equivalente no recalque.	35
Tabela 17 - Dimensionamento do sub-ramal.....	37
Tabela 18 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados.	38
Tabela 19 – Vazão limite de acordo com o diâmetro.	39
Tabela 20 – Análise da pressão na tubulação.	41
Tabela 21 – Estimativa de custo do projeto.....	43
Tabela 22 – Histórico de contas da residência.	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3 DIAGNÓSTICO	12
3.1 Descrição do local de implantação do sistema	12
3.2 Descrição da cobertura da residência.....	15
3.3 Análise dos dados obtidos	17
3.4 Indicativos de solução.....	19
4 PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA PLUVIAL.....	21
4.1 Memorial Descritivo	21
4.1.1 Área de contribuição.....	21
4.1.2 Calhas	21
4.1.3 Condutores Verticais	22
4.1.4 Condutores Horizontais	22
4.1.5 Reservatório de descarte das primeiras chuvas (first flush)	23
4.2 Memorial de cálculo e planilhas	23
4.2.1 Cálculo das áreas de contribuição	23
4.2.2 Cálculo das calhas	23
4.2.3 Cálculo dos condutores verticais	24
4.2.4 Cálculo dos condutores horizontais	24
4.3 Especificação de materiais e serviços.....	25
5 PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	26
5.1. Memorial descritivo.....	26
5.1.1 Aumento da área de contribuição	27
5.1.2 Volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório.....	27
5.1.3 Filtragem e autolimpeza	28
5.1.4 Sistema Elevatório	29
5.1.4.1 Dimensionamento da tubulação de Recalque	29
5.1.4.2 Dimensionamento da tubulação de Sucção	29
5.1.4.3 Perda de carga contínua.....	30
5.1.4.4 Perda de carga nas conexões (L equivalente).....	30

5.1.4.5	Altura manométrica (Hm)	31
5.1.4.6	Potência da bomba.....	31
5.2	Memorial de cálculo e planilhas	32
5.2.1	Cálculo do aumento das áreas de contribuição.....	32
5.2.2	Cálculo do volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório	32
5.2.3	Cálculo do Sistema elevatório	34
5.2.3.1	Tubulação de recalque e sucção	34
5.2.3.2	Cálculo da perda de carga.....	34
5.2.3.3	Altura manométrica	35
5.2.3.4	Potencial e rendimento do conjunto elevatório	35
5.3	Especificação de materiais e serviços.....	36
6	PROJETO DE INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA	37
6.1	Memorial descritivo.....	37
6.1.1	Método máximo provável.....	37
6.1.2	Pré dimensionamento dos sub ramais.....	37
6.1.3	Pré dimensionamento do ramal e barrilete	38
6.1.4.	Prumadas ou colunas	39
6.1.5	Análise da pressão	39
6.2	Memorial de cálculos e planilhas	40
6.2.1	Dimensionamento do reservatório superior.....	40
6.2.2	Dimensionamento das prumadas	40
6.2.3	Dimensionamento do barrilete.....	41
6.2.4	Análise da pressão	41
6.3	Especificação de materiais e serviços.....	41
7	QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	43
8	ANÁLISE ECONÔMICA X CUSTO DE EXECUÇÃO	45
9	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos hídricos é um assunto bastante preocupante nos dias atuais e em virtude disso, muito tem se discutido em formas de diminuir o desperdício e o uso descontrolado do mesmo por parte da população mundial. O uso excessivo de água é consequência do crescimento desordenado da população mundial e da não conscientização de pessoas que acreditam que tal bem é infinito. Com base nisso, surge a ideia do aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em residências, o que diminui o desperdício de água tratada para fins onde ela não é exigida.

Primeiramente neste trabalho, são mostrados os objetivos do mesmo, tendo como principal o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva para uma residência unifamiliar. No capítulo 3 é apresentado um breve diagnóstico do primeiro dimensionamento realizado para a residência, onde também é feita a apresentação da mesma, bem como dos dados climatológicos da região onde ela se encontra.

Como não existe na residência sistema de captação de águas pluviais (calhas, condutores verticais e horizontais), os mesmos foram dimensionados para garantir o escoamento das águas pluviais até o reservatório inferior e os detalhes do dimensionamento são apresentados no capítulo 4.

Com o sistema de captação pluvial dimensionado partiu-se depois para o dimensionamento do sistema de aproveitamento, onde foram levantados dados de demanda de água para uso não potável na residência para encontrar um volume de reservatório para os meses onde o índice de precipitação médio não foi suficiente para supri-la. Com a demanda e volume do reservatório inferior definidos foi calculado o sistema elevatório para abastecer o reservatório superior, chegando por fim no sistema de abastecimento de água fria.

No entanto, com todos os levantamentos e dimensionamentos realizados foi possível encontrar um custo de instalação desse sistema e baseado no consumo de água anual da residência fornecidos pelo SAAE (Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto) e na economia gerada com a instalação do mesmo, foi calculado um período de retorno do tal investimento e com isso foi possível chegar a conclusões sobre o sistema.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente estudo tem por objetivo a proposta de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para uma edificação residencial. A residência escolhida para estudo está localizada na cidade de Boa Esperança, MG, no bairro Sinara, com número 599.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar uma revisão teórica sobre o assunto,
- Levantar dados para caracterização da residência, tais como: área de captação de água, demanda de água por mês, consumo per capita;
- Levantar dados de análises do comportamento hidrológico da região;
- Estudar formas de se aproveitar as águas pluviais, utilizando-se de pesquisas bibliográficas;
- Análise da viabilidade técnica do sistema;
- Diagnosticar o sistema predial de águas pluviais existentes;
- Dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva para residência em estudo;
- Analisar as vantagens da instalação desse tipo de sistema;
- Reduzir pontos abastecidos com água da chuva;
- Dimensionar todo o sistema de coleta de água da chuva na residência;
- Dimensionar novo sistema de água fria;
- Levantar custos para implantação do projeto.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Descrição do local de implantação do sistema

O sistema de aproveitamento de águas pluviais foi proposto para uma residência padrão minha casa minha vida situada na cidade de Boa Esperança no Sul de Minas Gerais, localizada na Rua Carlos Gomes, número 599 no Bairro Sinara, cujo mesmo é um bairro de padrão classe média e está a uma altitude de 845m, sendo um ponto alto da cidade.

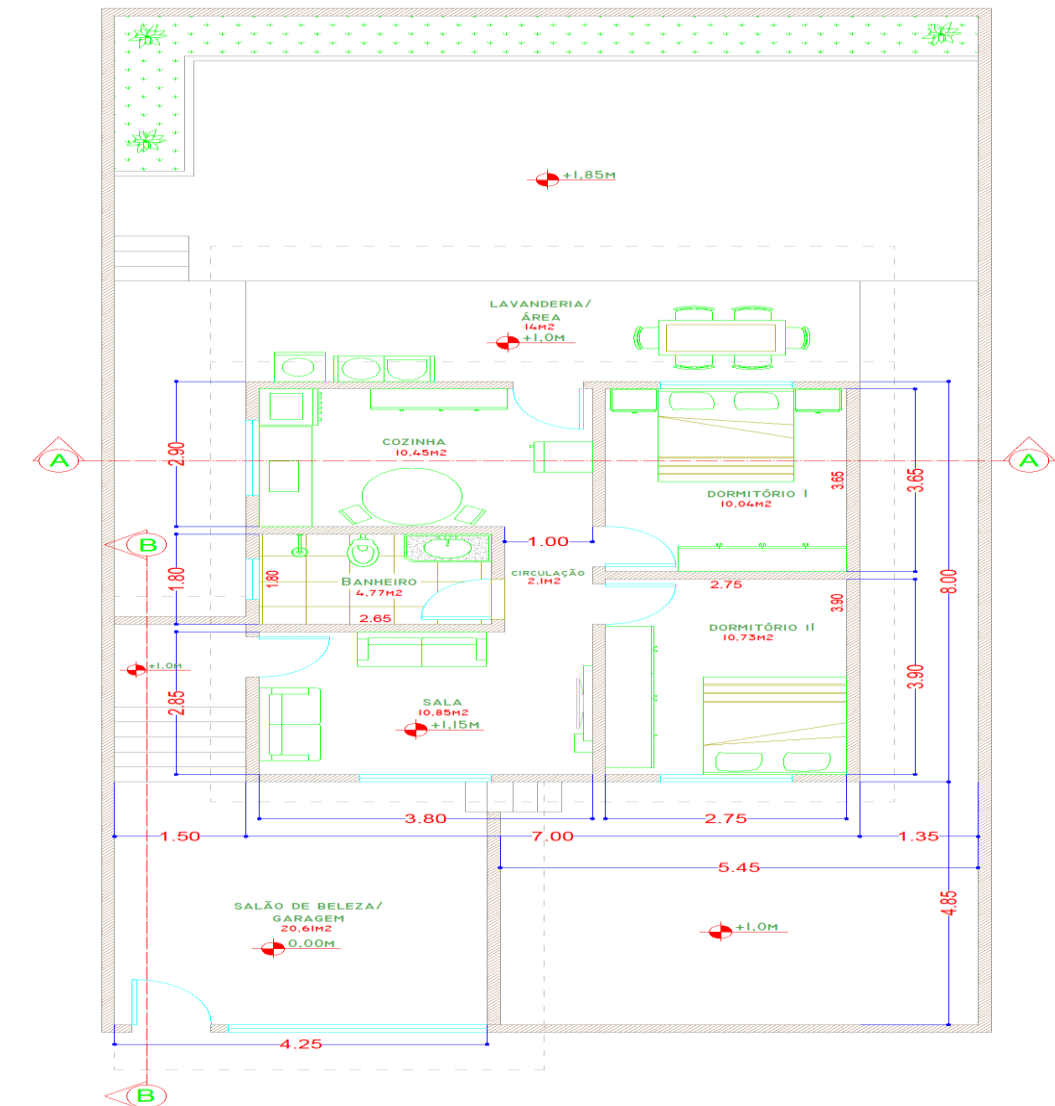
A edificação (Figura 01 e 02) possui uma área de 56m², composta por dois quartos, uma sala de televisão, uma cozinha, um banheiro social, uma lavanderia e uma garagem, que também é utilizada para o funcionamento de um salão de beleza. Atualmente residem quatro pessoas na casa, sendo três adultos e uma criança.

Figura 01- Residência em estudo na cidade de Boa Esperança, MG.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 02 - Planta baixa



Fonte: Autor, 2018.

Para efeito de dimensionamento do sistema foram definidos os pontos que supostamente seriam abastecidos pela água da chuva, os quais são mostrados na Tabela 01, com as respectivas demandas mensais.

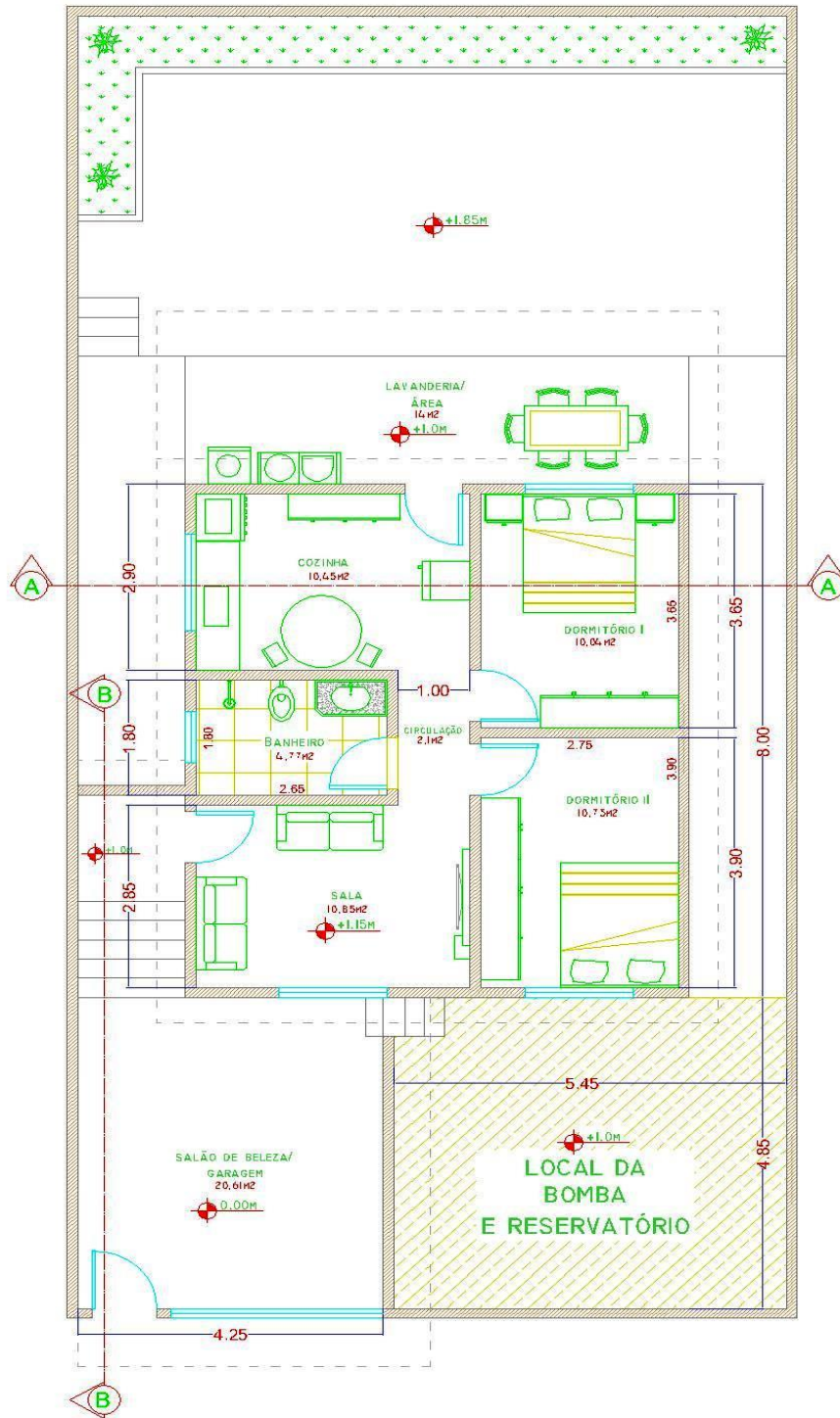
Tabela 01 - Demanda de água não potável.

PONTO DE ABASTECIMENTO	DEMANDA MENSAL (l/mês)	DEMANDA TOTAL (l/mês)
Lavagem de automóvel	240,00	38.655,20
Rega de jardim 9,72 m ²	194,40	
Lavagem de área impermeável 96,94 m ²	31.020,80	
Descarga na bacia sanitária	7.200,00	

Fonte: Autor, 2018.

O local de instalação do sistema elevatório e do reservatório (Figura 03) foi determinado por meio de análises na topografia do terreno, sendo escolhido o ponto onde a água captada na cobertura chegue até o reservatório por gravidade, o que permite a utilização da bomba somente para abastecimento da residência.

Figura 03 - Local de instalação do reservatório e sistema elevatório

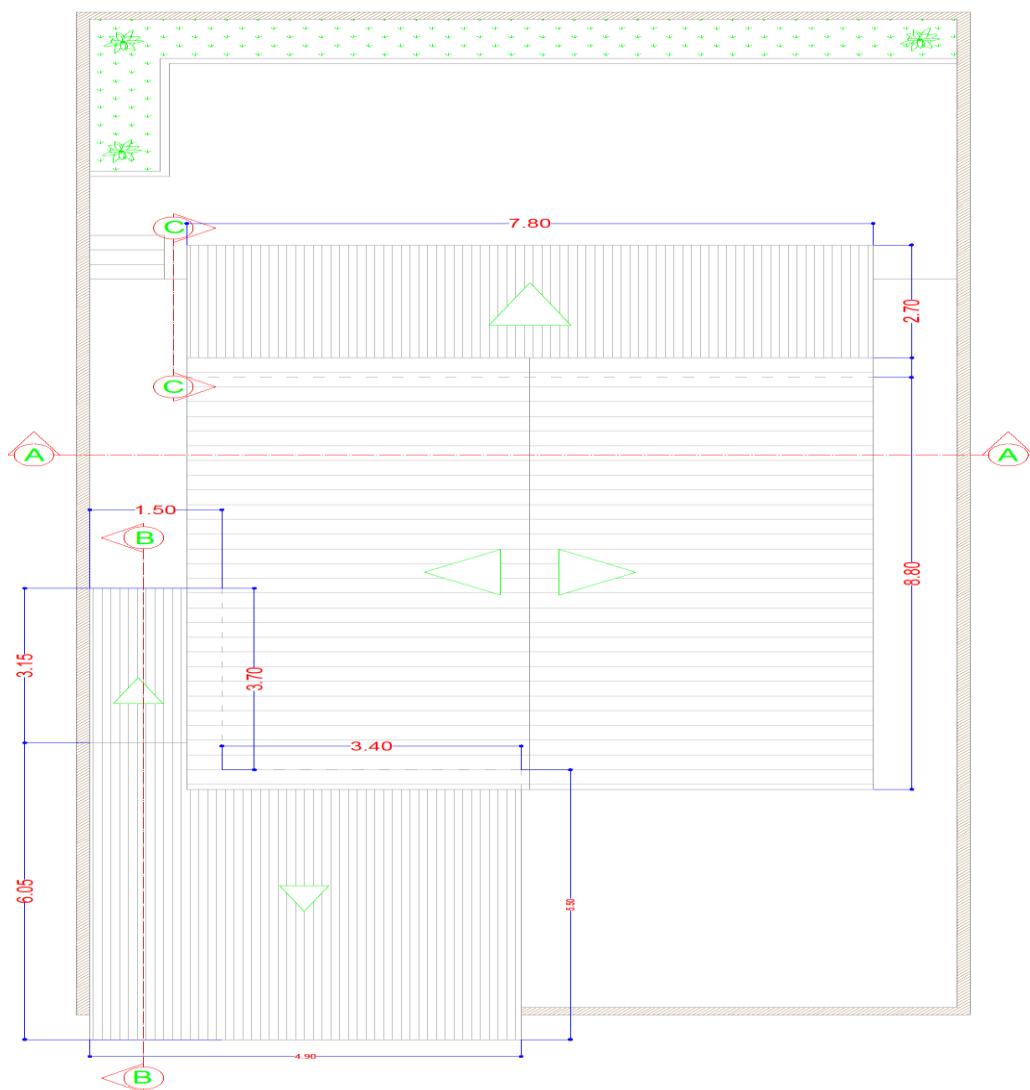


Fonte: Autor, 2018.

3.2 Descrição da cobertura da residência

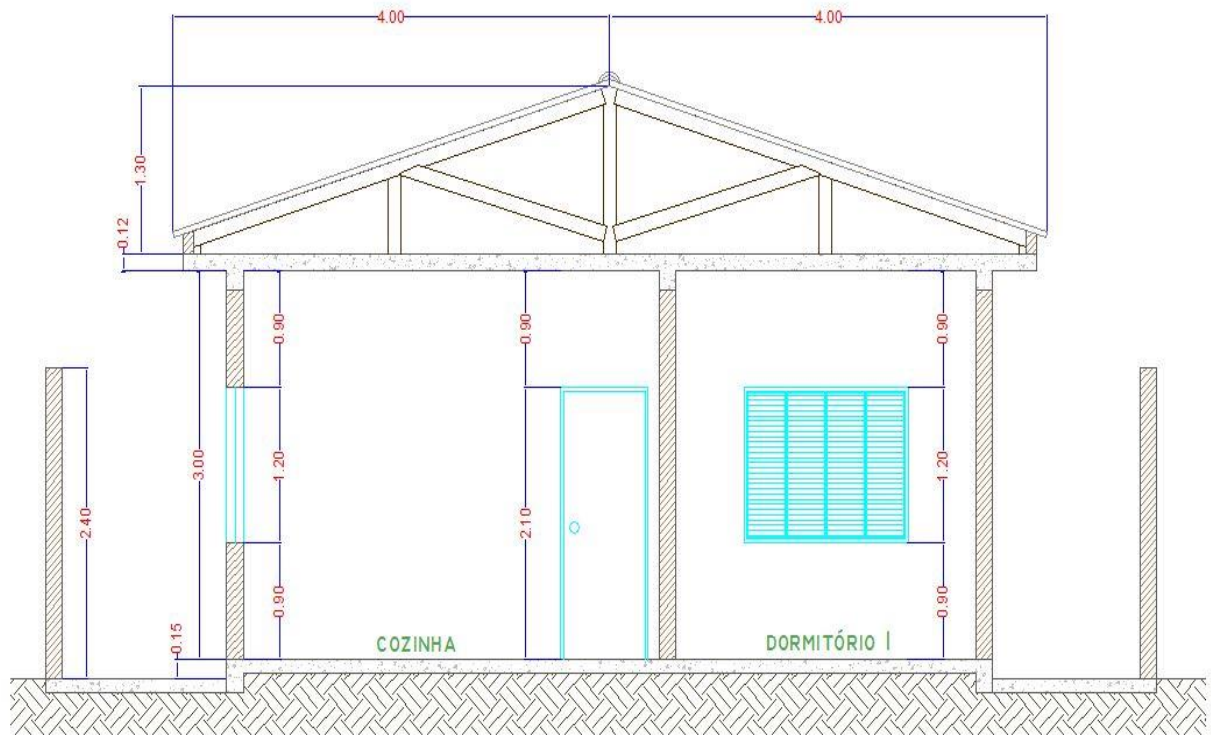
A edificação em estudo possui três coberturas (Figura 04), sendo a cobertura da residência (Figura 05) feita em telha de fibrocimento, dividida em duas águas, com inclinação de 33% e área de 40m² cada água. A cobertura da garagem (Figura 06) é feita em telha cerâmica, dividida em duas águas, com inclinação de 17,7% e 15,81%, com área total de 30,35m² e 5,02m². Além dessas duas coberturas, existe ainda a cobertura da lavanderia (Figura 07), feita em telha cerâmica, com inclinação de 12% e área de 22,4m². Não existem na residência sistemas de calhas, condutores verticais e condutores horizontais, sendo assim os mesmos terão que ser dimensionados.

Figura 04 - Diagrama de cobertura.



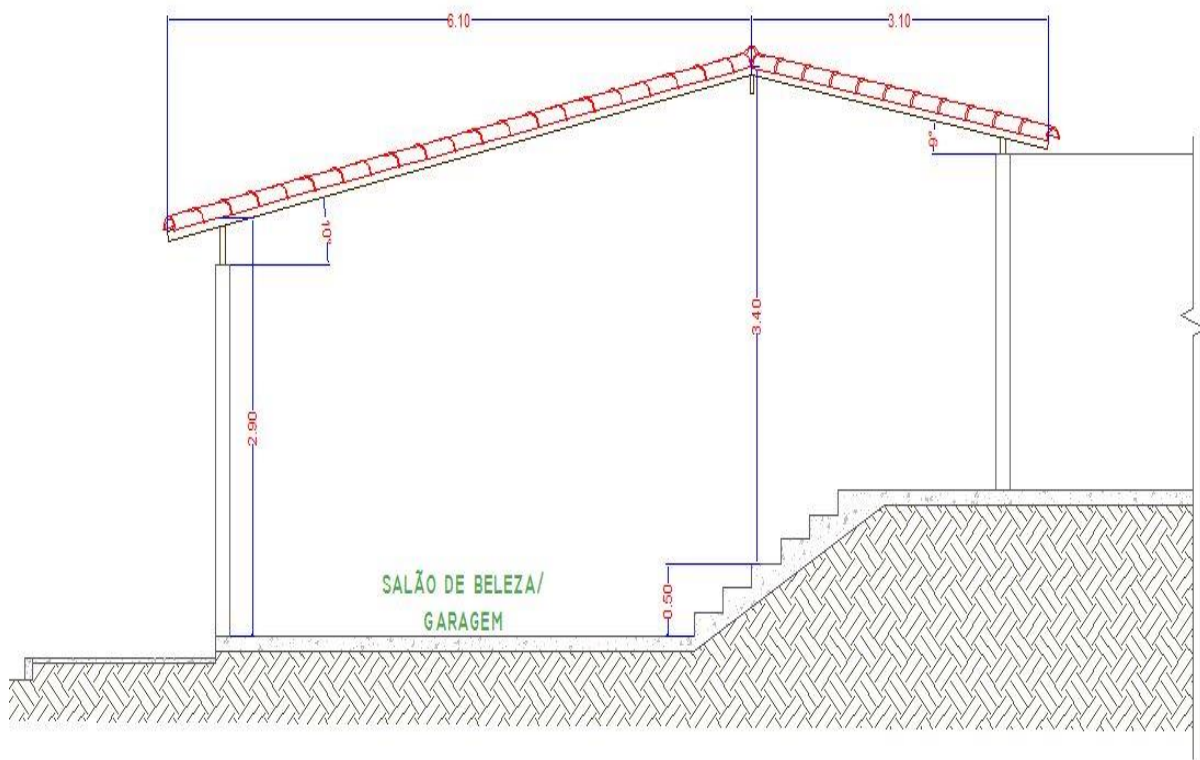
Fonte: Autor, 2018.

Figura 05 - Corte frontal da cobertura da residência.



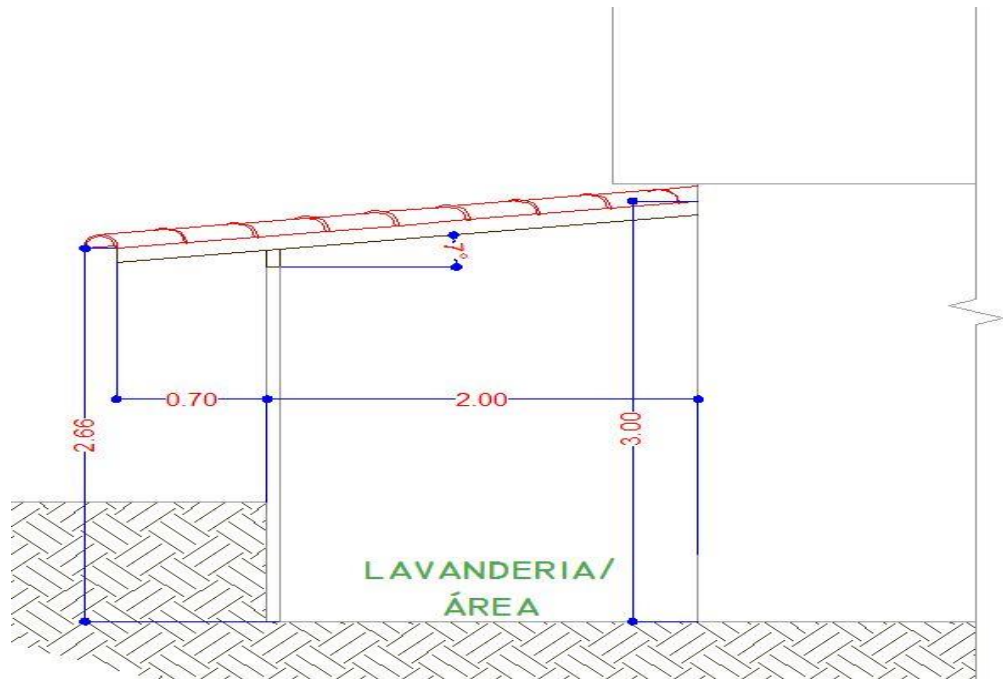
Fonte: Autor, 2018

Figura 06 - Cobertura da garagem/salão.



Fonte: Autor, 2018.

Figura 07 - Cobertura da lavanderia.



Fonte: Autor, 2018

3.3 Análise dos dados obtidos

A precipitação possui valores médios diários, mensais e anuais, que são obtidos por meio de análise de uma série histórica de dados de intensidade de chuva. Tais dados foram obtidos no portal Hidroweb, que para a cidade de Boa Esperança, MG, fornece dados de chuva de apenas 7 anos, o que não nos traz uma boa estimativa. A Tabela 02 representa a série histórica de dados de precipitação média mensal para a cidade de Boa Esperança, MG entre os anos de 2000 e 2006.

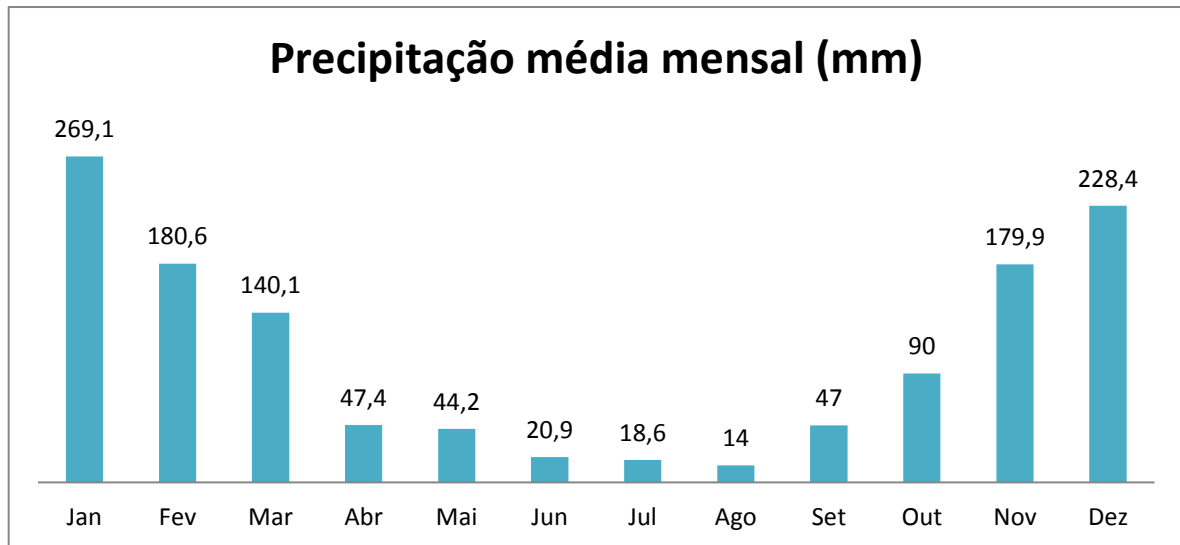
Tabela 02 - Precipitação média mensal entre os anos de 2000 e 2006 em Boa Esperança / MG.

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação média (mm)	269,1	180,6	140,1	47,4	44,2	20,9	18,6	14,0	47,0	90,0	179,9	228,4

Fonte: Hidroweb, 2018.

Com base na Tabela 02 foi gerado o gráfico (Figura 08) da precipitação média mensal para a cidade de Boa Esperança, MG. A Partir disso foi possível notar que nos meses de abril a setembro a intensidade de pluviometria foi muito baixa, meses que possivelmente não atenderão a demanda.

Figura 08 - Gráfico da precipitação média mensal em Boa Esperança, MG.

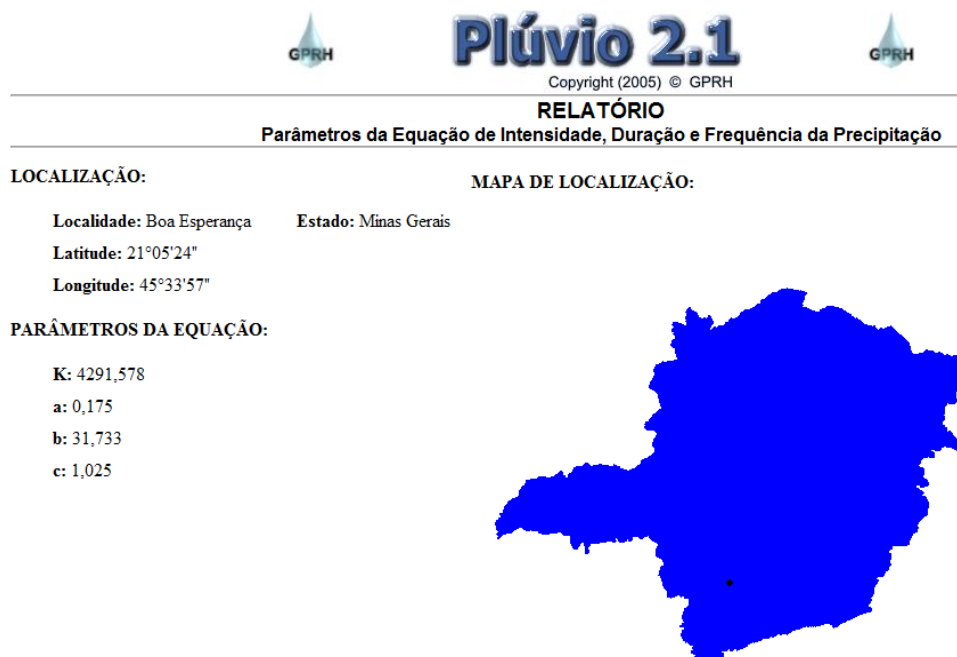


Fonte: Autor, 2018.

Por meio do software Pluvio (Universidade Federal de viçosa), conforme mostra a Figura 09, foram estipulados parâmetros relativos à localidade e coordenada (latitude e longitude) para calcular a intensidade média da chuva para a cidade de Boa Esperança/MG, na qual o valor encontrado utilizando tempo de retorno de 5 anos e tempo de concentração de 5 minutos foi de 141,45 mm/h.

Figura 09 - Relatório de parâmetros da Equação de intensidade, duração e Frequência de Precipitação.

Data de emissão do relatório: 05/05/2018



Fonte: Pluvio, 2018

Após obtidos todos os dados necessários foi possível determinar o volume de água de chuva aproveitável para a área de contribuição de cobertura correspondente a 137,8 m², e por meio do método de Rippl foi estimado o volume de reservatório para a mesma área de contribuição, mostrado na Tabela 03.

Tabela 03 - Volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório.

Mês	Precipitação mensal (m)	Área de coleta (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume aproveitável (m ³)	Descarte (m ³)	Volume restante (m ³)	Demanda (m ³ /mês)	Demanda e volume disponível (m ³)
Jan	0,2691	137,8	0,85	31,52	0,2756	31,24		7,42
Fev	0,1806	137,8	0,85	21,15	0,2756	20,88		17,78
Mar	0,1401	137,8	0,85	16,41	0,2756	16,13		22,53
Abr	0,0474	137,8	0,85	5,55	0,2756	5,28		33,38
Mai	0,0442	137,8	0,85	5,18	0,2756	4,90		33,76
Jun	0,0209	137,8	0,85	2,45	0,2756	2,17	38,66	36,49
Jul	0,0186	137,8	0,85	2,18	0,2756	1,90		36,76
Ago	0,014	137,8	0,85	1,64	0,2756	1,36		37,3
Set	0,047	137,8	0,85	5,51	0,2756	5,23		33,43
Out	0,09	137,8	0,85	10,54	0,2756	10,27		28,39
Nov	0,1799	137,8	0,85	21,07	0,2756	20,80		17,86
Dez	0,2284	137,8	0,85	26,75	0,2756	26,48		12,18
							Vol. Reserv. (m³).	317,28

Fonte: Autor, 2018.

Após análise na Tabela 03, notou se um volume muito elevado para o reservatório inferior, isso aconteceu devido a pequena área de contribuição da cobertura e a demanda elevada de água não potável para abastecer os pontos pré estabelecidos.

3.4 Indicativos de solução

A princípio para solucionar o problema encontrado, a ideia é diminuir os pontos de utilização da água de chuva ou utilizar das áreas impermeáveis para aumentar a área de captação, consequentemente aumentando o volume de água aproveitável para assim tentar suprir a demanda estabelecida pelos pontos de utilização.

O local de instalação do reservatório permanecerá o mesmo, visto que é o único ponto disponível na residência em que toda água captada pela cobertura consegue chegar até o

mesmo por gravidade. Para levar toda a água captada para abastecimento das peças hidrossanitárias será necessário a instalação de um sistema elevatório junto ao reservatório.

O sistema de coleta na residência é inexistente e sendo assim, todos os componentes serão dimensionados para garantir perfeito escoamento da água captada até o reservatório, desde as calhas até os condutores verticais e horizontais. Como foi dito que não existe sistema de coleta, não haverá aproveitamento de componentes antigos.

4 PROJETO DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA PLUVIAL

4.1 Memorial Descritivo

4.1.1 Área de contribuição

Para o cálculo da área de contribuição das coberturas da residência foi utilizada a Equação 01, de acordo com a ABNT NBR 10.844/1989.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b - \text{Equação 01}$$

4.1.2 Calhas

Para cálculo da vazão que as calhas devem suportar foi utilizada a fórmula racional (Equação 02), indicada por Tomaz (2003) para o dimensionamento de calhas e condutores. De acordo com a vazão encontrada foi utilizada a Tabela 04, da ABNT NBR 10.844/1989, para encontrar o diâmetro da calha.

$$Q = \frac{I \times A}{60} - \text{Equação 02}$$

Onde:

Q - Vazão do projeto (L/min);

I - Intensidade pluviométrica (mm/h);

A - Área de contribuição (m²);

Tabela 04- 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	1.167	1.634

Fonte: ABNT NBR 10.844/1989.

4.1.3 Condutores Verticais

O dimensionamento dos condutores verticais foi feito por meio da Tabela 05, de Botelho e Ribeiro Jr. (1998), de acordo com a vazão e a área de contribuição do telhado.

Tabela 05 - Determinação de diâmetro para condutores verticais.

Diâmetro (mm)	Vazão (l/min)	Área de telhado(m ²)
50	34,2	17
75	105,6	53
100	226,8	114
125	420	212
150	691,8	348
200	1510,8	760

Fonte: Adaptado de BOTELHO e RIBEIRO JR. (1998)

4.1.4 Condutores Horizontais

Para dimensionamento dos condutores horizontais, de acordo com ABNT NBR 10.844/1989, foi utilizada a Tabela 06.

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

	Diâmetro interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT NBR 10.844/1989.

4.1.5 Reservatório de descarte das primeiras chuvas (first flush)

De acordo ABNT: NBR 15.527/2007, o recomendado é descartar da água da chuva coletada, 2mm/m² de área de cobertura, pois os mesmos carregam consigo detritos, poeiras e fuligens que ficam depositados sobre as telhas após alguns dias sem precipitação.

4.2 Memorial de cálculo e planilhas

4.2.1 Cálculo das áreas de contribuição

- Cobertura da residência = A1 = 2 águas de 40,9m²

$$A1 = \left(4 + \frac{1,3}{2}\right) \times 8,8 = 40,9\text{m}^2$$

- Cobertura da garagem = A2 = 1 água de 32,35m² e A3 = 1 água de 5,05m².

$$A2 = \left(6,1 + \frac{1,0}{2}\right) \times 4,9 = 32,35\text{m}^2$$

$$A3 = \left(3,1 + \frac{0,53}{2}\right) \times 1,5 = 5,05\text{m}^2$$

- Cobertura da lavanderia = A4 = 1 água de 22,4m².

$$A4 = \left(2,7 + \frac{0,34}{2}\right) \times 7,8 = 22,4\text{m}^2$$

4.2.2 Cálculo das calhas

Os dimensionamentos das calhas da residência estão mostrados na Tabela 07. Para melhor compreensão vide o apêndice 1, onde é mostrada a planta de cobertura da residência com cada calha representada com sua respectiva área de contribuição (Folha de desenho 01/09 - Calhas).

Tabela 07 – Dimensionamento das calhas da residência.

Calha	Área (m²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	Ø (mm)	i (%)
C1	40,92	141,45	96,47	100	0,5%
C2	40,92	141,45	96,47	100	0,5%
C3	22,40	141,45	52,81	100	0,5%
C4	5,05	141,45	11,91	100	0,5%
C5	32,35	141,45	76,27	100	0,5%

Fonte: Autor, 2018.

4.2.3 Cálculo dos condutores verticais

Os dimensionamentos dos condutores verticais da residência estão mostrados na Tabela 08. Para melhor compreensão vide o apêndice 1, onde é mostrado o detalhamento dos condutores verticais (Folha de desenho 02/09 - Calhas, condutores verticais e horizontais).

Tabela 08 – Dimensionamento dos condutores verticais.

CV	Área (m²)	Intensidade (mm/h)	Vazão (l/min)	Ø (mm)
CV1	40,92	141,45	96,47	100
CV2	40,92	141,45	96,47	100
CV3	22,4	141,45	52,81	75
CV4	5,05	141,45	11,91	75
CV5	32,35	141,45	76,27	75

Fonte: O autor, 2018.

4.2.4 Cálculo dos condutores horizontais

Os dimensionamentos dos condutores horizontais da residência estão mostrados na Tabela 09. Para melhor compreensão vide o apêndice 1, onde é mostrado o detalhamento dos condutores horizontais (Folha de desenho 02/09 - Calhas, condutores verticais e horizontais).

Tabela 09 – Dimensionamento dos condutores horizontais.

CH	Vazão (l/min)	i (%)	φ (mm)
CH1	76,27	0,50%	75

Fonte: O autor, 2018.

4.3 Especificação de materiais e serviços

- As calhas de beiral serão calhas semicirculares de material PVC da marca tigre e todas elas deverão ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura.
- Os condutores verticais serão de tubo de PVC branco da marca Tigre, seguindo os diâmetros mostrados no desenho (Folha de desenho 02/09 – Calhas, condutores verticais e horizontais).
- Os condutores horizontais serão de tubo de PVC branco da marca Tigre, seguindo os diâmetros mostrados no desenho (Folha de desenho 02/09 – Calhas, condutores verticais e horizontais).
- Qualquer alteração de diâmetro e de inclinação afeta o escoamento da água causando danos na edificação.
- Os condutores verticais irão desaguar no piso externo da residência, onde irão escoar até as grelhas que serão instaladas no perímetro da área, seguindo o desenho (Folha de desenho 02/09 – Calhas, condutores verticais e horizontais).
- Todos os projetos deverão ser seguidos para garantir a eficiência do sistema.

5 PROJETO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

5.1. Memorial descritivo

Como no primeiro dimensionamento a área de contribuição de 137,8 m² não foi suficiente para suprir a demanda de água não potável para a residência, a ideia de aumentar a área de contribuição utilizando-se das áreas impermeáveis foi escolhida, seguida da redução de pontos abastecidos. A princípio havia sido estabelecido que a água da chuva seria utilizada para os seguintes pontos:

- Lavagem de automóvel;
- Rega de jardim;
- Lavagem das áreas impermeáveis;
- Descarga na bacia sanitária.

Para o novo dimensionamento os pontos de abastecimento com água de chuva foram reduzidos, deixando somente a descarga na bacia sanitária. Assim, de acordo com a Tabela 10, a nova demanda foi estabelecida, passando de 38,66 m³/mês para 7,20 m³/mês.

Tabela 10 – Estimativas de demanda residencial de água não potável.

Demanda	Unidade	Faixa
Uso Interno		
Vaso sanitário - Volume	Litros/descarga	6 a 15
Vaso sanitário - Frequência	Descarga/pessoa/dia	3 a 6
Uso Externo		
Gramado ou jardim - Volume	Litros/dia/m ²	2
Gramado ou jardim - Frequência	Rega/mês	8 a 12
Lavagem de carros - Volume	Litros/lavagem/carro	80 a 150
Lavagem de carros - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Lavagem de área impermeável - Volume	Litros/lavagem/m ²	80 a 150
Lavagem de área impermeável - Frequência	Lavagem/mês	1 a 4
Manutenção de piscinas - Volume	Litros/dia/m ²	3

Fonte: Adaptado Tomaz (2009).

- Descarga na bacia sanitária = 4 hab. x 4 descargas/dia x 15 l/descarga = 240 l/dia = 7.200 l/mês.

Demanda total = 7,20 m³/mês

5.1.1 Aumento da área de contribuição

Para cálculo do aumento da área de contribuição foi utilizado as Equações 03 e 04, de acordo com a ABNT NBR 10.844/1989, sendo utilizado como área de contribuição as paredes e muros da residência e a área impermeável em planta onde é possível captar o volume e escoá-lo por gravidade até o reservatório.

$$A = a \cdot b - \text{Equação 03}$$

$$A = \left(\frac{a \cdot b}{2} \right) - \text{Equação 04}$$

5.1.2 Volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório

Para cálculo do volume de água aproveitável foi adotado o método racional, onde fora utilizada a Equação 05.

$$V = C_m \times P \times A - \text{Equação 05}$$

Onde:

V = Volume aproveitável;

C_m = Coeficiente médio de runoff;

P = Precipitação média (m);

A = Área de captação (m²).

Para o dimensionamento do reservatório foi empregue o método de Rippl (Equações 06,07 e 08).

$$S(t) = D(t) - Q(t) - \text{Equação 06}$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times A - \text{Equação 07}$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 - \text{Equação 08}$$

Sendo que $\sum D(t) < \sum Q(t)$

Onde:

S (t) = Volume de água no reservatório no tempo t;

Q (t) = Volume de chuva aproveitável no tempo t;

D (t) = Demanda ou consumo no tempo t;

V = Volume do reservatório;

C = Coeficiente de escoamento superficial;

A = Área de contribuição (m²);

P (t) = precipitação da chuva no tempo t(mm).

Para finalizar o cálculo, se faz necessário a verificação do coeficiente de runoff médio (Equação 09), que é o coeficiente de escoamento superficial de superfícies permeáveis.

$$C_m = \left(\frac{(A_1 * C_1) + (A_2 * C_2) + (A_n * C_n) \dots}{(A_1 + A_2 + A_n \dots)} \right) - \text{Equação 09}$$

A Tabela 11 mostra os coeficientes médios de acordo com cada superfície.

Tabela 11– Coeficiente de runoff médios.

Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95
Pavimentos	0,4 a 0,90

Fonte: Adaptado, Tomaz 2003.

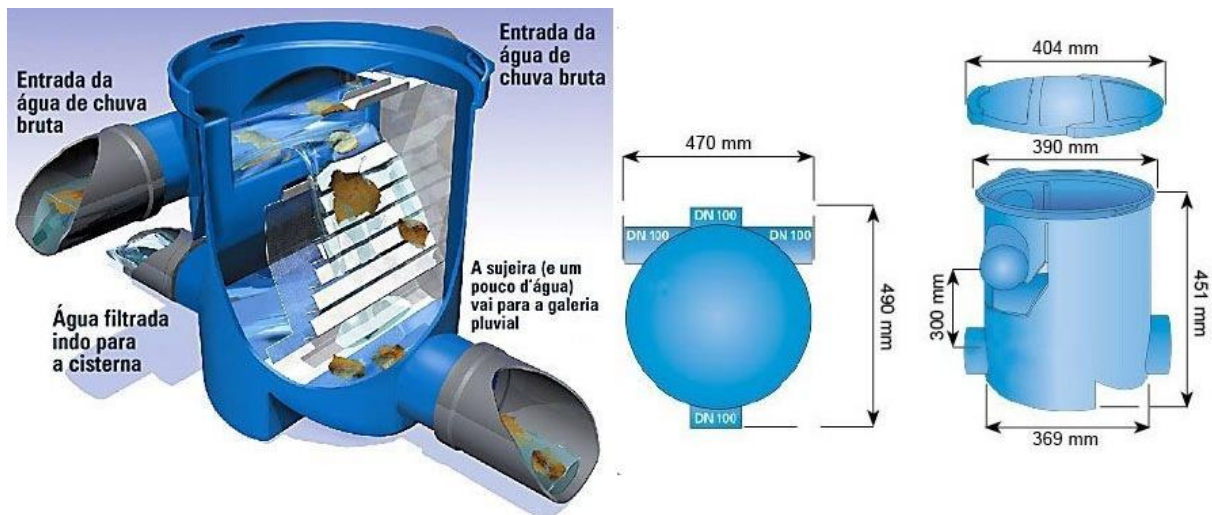
5.1.3 Filtragem e autolimpeza

Será implantado neste projeto o filtro volumétrico 3P da Technik (Figura 10), no qual se conecta com a tubulação de drenagem horizontal, filtrando a água de chuva e transferindo-a

para a cisterna, já os resíduos presentes com um pouco de água vai para a galeria pluvial pela saída oposta.

O mesmo suporta uma área de até 387 m² de captação e graças a seu sistema duplo de limpeza (peneira grossa depois fina) ele possui uma grande eficácia independente da vazão. O filtro volumétrico 3p tem o corpo fabricado em polietileno e as telas em aço inox.

Figura 10 – Filtro volumétrico 3P Technik.



Fonte: http://www.aquesol.com /produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3p-technik

5.1.4 Sistema Elevatório

5.1.4.1 Dimensionamento da tubulação de Recalque

Para funcionamento descontínuo onde a bomba irá funcionar apenas seis horas do dia, o dimensionamento é feito por meio da Equação 10.

$$D_r = 0,586 \times X^{0,25} \sqrt{Q} \quad \text{— Equação 10}$$

Onde:

D_r = Diâmetro de recalque (m);

Q = Vazão recalçada (m³/s);

X = n° de horas de funcionamento/dia.

5.1.4.2 Dimensionamento da tubulação de Sucção

O diâmetro da tubulação de sucção será sempre um diâmetro comercial acima do encontrado para a tubulação de recalque.

5.1.4.3 Perda de carga contínua

Para cálculo da perda de carga contínua é utilizada a Equação 11 de Hazen Willians.

$$J = \frac{10,64}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} - \text{Equação 11}$$

Onde:

J = Perda de carga unitária (m/m);

D = Diâmetro do conduto (m);

C = Coeficiente de perda de carga da fórmula de Hazen-Williams.

5.1.4.4 Perda de carga nas conexões (L equivalente)

Para cálculo da perda de carga nas conexões é utilizada a Tabela 12 da ABNT NBR 5626/1998, onde cada peça tem uma equivalência, dada em metros.

Tabela 12 - Comprimento equivalente para tubos lisos (m).

Diâmetro nominal (DN)	Tipo de Conexão							
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê passagem direta	Tê passagem lateral	Válvula de pé e crivo	Registro de gaveta
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	3,6	0,1
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	5,6	0,1
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	7,3	0,2
32	2	1	0,7	0,5	1,2	4,6	10,0	0,2
40	3,2	1	1,2	0,6	2,2	7,3	11,6	0,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	14,0	0,4
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	17,0	0,4
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8	20,0	0,5
100	4,3	1,9	1,6	1	2,6	8,3	23,0	0,7
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10	30,0	0,9
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	39,0	1,1

Fonte: Adaptado, ABNT NBR 5626/1998.

5.1.4.5 Altura manométrica (Hm)

Altura manométrica é a energia que a bomba deverá transmitir ao líquido para transportar a vazão “Q” do ponto de captação até o reservatório. Portanto, Hm deve vencer o desnível geométrico, as perdas de carga e a diferença de pressão entre o ponto de captação e o reservatório. A altura manométrica será dada através da fórmula de Bernoulli (Equação 12 e 13).

$$Z_1 \times \frac{P_1}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + Hm = Z_2 \times \frac{P_2}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + \Delta h - \text{Equação 12}$$

$$\Delta h = \Delta h_s + \Delta h_r - \text{Equação 13}$$

Onde:

Hm = Altura manométrica (m);

Δh = Perda de carga total;

Δh_s = Perda de carga na sucção;

Δh_r = Perda de carga no recalque;

γ = peso específico da água (1000 kgf. /m³);

P = Energia cinética;

Z = Altura geométrica;

V = Velocidade;

G = Energia gravitacional.

5.1.4.6 Potência da bomba

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hm}{75 \times \eta} - \text{Equação 14}$$

Onde:

P = Potência do conjunto motobomba (CV);

η = Rendimento do conjunto motobomba ($\eta = \eta_{\text{bomba}} \times \eta_{\text{motor}}$);

γ = peso específico da água (1000 kgf. /m³);

Q = Vazão bombeada (m³/s).

5.2 Memorial de cálculo e planilhas

5.2.1 Cálculo do aumento das áreas de contribuição

O cálculo dos aumentos das áreas de contribuição foi realizado de acordo com a Equações 03 e 04. Os valores de áreas encontrados estão mostrados na Tabela 13 e, para melhor entendimento dos mesmos vides o apêndice 1 (Folhas de desenho 03,04,05/09 - Áreas de contribuição externas.).

Tabela 13 - Cálculo do aumento da área de contribuição.

	Dim. A(m)	Dim. B(m)	Área (m²)
ÁREA A	8,95	4,40	39,38
ÁREA B	7,00	2,00	14,00
ÁREA C	6,70	1,50	10,05
ÁREA D	10,00	1,35	13,50
ÁREA E	3,00	9,70	14,55
ÁREA F	5,30	1,85	4,90
ÁREA G	10,00	2,70	13,50
ÁREA H	6,85	2,70	9,25
ÁREA I	5,30	1,85	4,90
ÁREA J	8,00	0,60	2,40
ÁREA L	4,70	0,60	1,41
SOMA TOTAL DAS ÁREAS			127,84 m²

Fonte: O autor, 2018.

Com os cálculos do aumento da área de contribuição realizados foi possível encontrar a nova área total de contribuição, que é o somatório da área já calculada anteriormente de 137,8 m² com a nova de 127,84 m², o que totalizou 265,64 m².

5.2.2 Cálculo do volume de água aproveitável e pré dimensionamento do reservatório

Primeiramente, foi calculado o coeficiente de runoff de acordo com a Tabela 11 e a Equação 09.

$$C_m = \left(\frac{(137,8 * 0,85) + (127,84 * 0,65)}{(265,64)} \right) = 0,75$$

A partir disso, foram calculados o volume de água aproveitável e o volume do reservatório. A Tabela 14 mostra os resultados obtidos.

Tabela 14 - Volume de água aproveitável e dimensionamento do reservatório.

Mês	Precipitação mensal (m)	Área de coleta (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume aproveitável (m ³)	Descarte (m ³)	Volume restante (m ³)	Demanda (m ³ /mês)	Demanda e volume disponível (m ³)
Jan	0,2691	265,4	0,75	53,56	0,5308	53,0		-45,83
Fev	0,1806	265,4	0,75	35,95	0,5308	35,4		-28,22
Mar	0,1401	265,4	0,75	27,89	0,5308	27,4		-20,16
Abr	0,0474	265,4	0,75	9,43	0,5308	8,9		-1,70
Mai	0,0442	265,4	0,75	8,80	0,5308	8,3		-1,07
Jun	0,0209	265,4	0,75	4,16	0,5308	3,6	7,2	3,57
Jul	0,0186	265,4	0,75	3,70	0,5308	3,2		4,03
Ago	0,014	265,4	0,75	2,79	0,5308	2,3		4,94
Set	0,047	265,4	0,75	9,36	0,5308	8,8		-1,62
Out	0,09	265,4	0,75	17,91	0,5308	17,4		-10,18
Nov	0,1799	265,4	0,75	35,81	0,5308	35,3		-28,08
Dez	0,2284	265,4	0,75	45,46	0,5308	44,9		-37,73
VOLUME DO RESERVATÓRIO INFERIOR (m³)								12,54

Fonte: O autor, 2018.

Com o volume do reservatório inferior encontrado e de acordo com o volume encontrado comercialmente, foi estabelecido a utilização de um reservatório de polietileno da marca Fortlev, cuja capacidade é de 15.000 litros (Figura 11).

Para melhor entendimento da instalação do mesmo, vide apêndice 1. (Folha de desenho 06,07/09 - Sistema elevatório e reservatórios).

Figura 11- Reservatório inferior Fortlev 15.000 litros.



Fonte: <https://www.fortlev.com.br/produto/caixa-dagua-de-poli-etileno-2>.

5.2.3 Cálculo do Sistema elevatório

5.2.3.1 Tubulação de recalque e sucção

$$D_r = 0,586 \times \left(\frac{6}{24}\right)^{0,25} \sqrt{\frac{(2,78 \times 10^{-6}) \times 24}{6}} = 0,0014 \text{ m}$$

Ø cálculo recalque = 20mm

Ø cálculo sucção = 25mm

Comprimento da tubulação de recalque = 17,23m

Comprimento da tubulação de sucção = 0,30m

Para o cálculo da tubulação de recalque foi considerado que a bomba irá trabalhar somente 6 horas diárias para uma vazão de demanda de $2,78 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Utilizando a Equação 10, o diâmetro calculado foi menor que o mínimo encontrado comercialmente, portando será utilizado diâmetro de 20mm para a tubulação de recalque e 25mm para a tubulação de sucção.

5.2.3.2 Cálculo da perda de carga

- Perda de carga contínua na sucção

$$J = \frac{10,64}{125^{1,85}} \times \frac{0,00000278^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times 0,30 = 0,0000014 \text{ m}$$

- Perda de carga localizada na sucção - Tabela 15

Tabela 15 - Perda de carga equivalente na sucção.

QUANTIDADE	PEÇA	EQUIVALÊNCIA(m)	PERDA TOTAL (m)
1	Saída de canalização	0,5	0,5

Fonte: O autor, 2018.

- Perda de carga contínua no recalque

$$J = \frac{10,64}{125^{1,85}} \times \frac{0,00000278^{1,85}}{0,020^{4,87}} \times 17,23 = 0,00024\text{m}$$

- Perda de carga localizada no recalque - Tabela 16

Tabela 16 - Perda de carga equivalente no recalque.

QUANTIDADE	PEÇA	EQUIVALÊNCIA(m)	PERDA TOTAL (m)
7	curva 90°	1,2	8,4

Fonte: O autor, 2018.

- Perda de carga total na sucção:

$$\Delta h = 0,0000014 + 0,5 = 0,5 \text{ m}$$

- Perda de carga total no recalque:

$$\Delta h = 0,00098 + 8,4 = 8,401\text{m}$$

5.2.3.3 Altura manométrica

$$Z1 \times \frac{P1}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + Hm = Z2 \times \frac{P2}{\gamma} \times \frac{V^2}{2g} + \Delta h$$

$$Z1 + Hm = Z2 + \Delta h$$

$$Hm = Z2 + \Delta h - Z1$$

$$Hm = 3,35 + (0,5 + 8,401) - 3,00 = 9,25 \text{ m}$$

5.2.3.4 Potencial e rendimento do conjunto elevatório

$$P = \frac{1000 \times 0,00000278 \times 9,25}{75 \times 0,75} = 0,0005 \text{ CV}$$

A bomba a ser instalada para a elevação da água para o reservatório superior deverá ser de 0,5cv. Vide apêndice 1. (Folha de desenho 06/09 - Sistema elevatório e reservatórios).

5.3 Especificação de materiais e serviços

- O reservatório deverá ser locado de acordo com o desenho (Folhas de desenho 06, 07/09-Sistema Elevatório e Reservatórios) qualquer mudança nas suas dimensões afetará os cálculos apresentados no memorial descritivo.
- O reservatório inferior será de polietileno com volume de 15.000 litros, sendo o mesmo da marca Fortlev.
- As tubulações e conectores serão em PVC da marca tigre, e devem ser instaladas de acordo com o desenho (Folhas de desenho 06,07/09-Sistema Elevatório e Reservatórios). O acréscimo de conectores e tubulações implica diretamente no cálculo de potência da bomba.
- A bomba deve obedecer aos cálculos realizados e a redução de sua potência implica diretamente no desempenho da mesma, afetando o sistema de aproveitamento de água pluvial.
- A bomba utilizada foi uma bomba centrífuga da marca Schneider cuja potência é de 0,5cv.

6 PROJETO DE INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

6.1 Memorial descritivo

6.1.1 Método máximo provável

Segundo a ABNT NBR 5626/1998, a demanda de água é estabelecida através do uso independente das peças hidrossanitárias, ou seja, considera-se que cada peça está sendo utilizada de cada vez e o uso simultâneo não acontece. Com isso, a probabilidade do uso simultâneo passa a ser insignificante.

6.1.2 Pré dimensionamento dos sub ramais

O diâmetro das tubulações dos sub ramais foram definidos de acordo com a Tabela 17.

Tabela 17 - Dimensionamento do sub-ramal.

Aparelho sanitário	Diâmetro	
	Nominal (mm)	Referência (polegadas)
Aquecedor de baixa pressão	20	¾
Aquecedor de alta pressão	15	½
Vaso sanitário com caixa de descarga	15	½
Vaso sanitário com válvula de descarga	50	2
Banheira	15	½
Bebedouro	15	½
Bidê	15	½
Chuveiro	15	½
Filtro de pressão	15	½
Lavatório	15	½
Máquina de lavar roupa	20	¾
Máquina de lavar louça	20	¾
Mictório autoaspirante	25	1
Mictório de descarga descontinua	15	½
Pia de despejo	20	¾
Pia de cozinha	15	½
Tanque de lavar roupa	20	¾
Torneira de jardim	20	¾

Fonte: Glerian, 2014.

6.1.3 Pré dimensionamento do ramal e barrilete

O pré-dimensionamento do ramal e barrilete serão realizados de acordo com a Equação 15. Os diâmetros para os ramais serão definidos por meio da Tabela 19, de acordo com a vazão do mesmo.

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\varepsilon P} - \text{Equação 15}$$

Onde:

Q – Vazão (l/s)

P – Peso relativo da peça (Tabela 18).

Tabela 18 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados.

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto (L/s)	Peso relativo	
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3	
		Válvula de descarga	1,7	32	
Banheira		Misturador (água fria)	0,3	1	
Bebedouro		Registro de pressão	0,1	0,1	
Bidê		Misturador (água fria)	0,1	0,1	
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,2	0,4	
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,3	1	
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
Mictório cerâmico		com sifão integrado	Válvula de descarga	0,5	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, registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7	
		Torneira elétrica	0,1	0,1	
Tanque		Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,2	0,4	

Fonte: ABNT NBR 5626, 1998.

Tabela 19 – Vazão limite de acordo com o diâmetro.

Diâmetro		Vazão limite	Velocidade (m/s)	
pol.	mm	(l/s)	Caso 1	Caso 2
1/2	15	0,2	1,6	1,71
3/4	20	0,55	1,93	1,98
1	25	1,1	2,21	2,21
1 1/4	30	2	2,5	2,5
1 1/2	40	3	2,73	2,8
2	50	5,9	3	3,13
2 1/2	60	8,5	3	3,43
3	75	13,26	3	3,83
4	100	23,55	3	4,43
5	125	36,78	3	4,95

Fonte: Azevedo Netto, 2001.

6.1.4. Prumadas ou colunas

De acordo com as vazões encontradas nos ramais, é calculado as prumadas ou colunas, admitindo uma perda de carga unitária máxima de 0,08, ou seja 8%. São calculadas pela expressão da perda de carga de Fair-Whipple-Hsiao para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre), mostrada abaixo.

$$J = 0,000865 \times \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \text{ – Equação 16}$$

Onde:

J = perda de carga unitária, em (m/m);

Q = vazão estimada na seção considerada (m³/s);

D = diâmetro interno do tubo (m).

6.1.5 Análise da pressão

Segundo a ABNT NBR 5629/1998, em qualquer ponto da rede predial, a pressão mínima da água em condições dinâmicas não deve ser inferior a 0,5 m.c.a e, em condições estáticas essa pressão não deve ultrapassar 40 m.c.a.

6.2 Memorial de cálculos e planilhas

6.2.1 Dimensionamento do reservatório superior

A demanda de água de chuva para abastecer a residência é de 7,20 m³/mês, ou seja, será necessário 0,24 m³/dia de água de chuva, portanto o volume do reservatório deverá ser de 250 litros, ou seja, 0,25 m³ e o mesmo será posicionado no centro da laje. A Figura 12 mostra o reservatório que será utilizado.

Figura 12 - Reservatório superior Fortlev 250 litros.



Fonte: <https://www.fortlev.com.br/produto/caixa-dagua-de-poli-etileno-2>.

6.2.2 Dimensionamento das prumadas

- Ach. 1 - Irá abastecer um vaso sanitário com válvula de descarga.

Peso relativo = 32

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{32} = 1,7 \text{ l/s}$$

$$\text{Impondo } J \text{ máximo} = 0,08 > 0,08 = 0,000865 \times \frac{\left(\frac{1,7}{1000}\right)^{1,75}}{D^{4,75}} = 0,036\text{m} = \varnothing 40 \text{ mm}$$

$$J = 0,000865 \times \frac{\left(\frac{1,7}{1000}\right)^{1,75}}{0,04^{4,75}} = 0,054 \text{ m/m} > \text{OK!}$$

6.2.3 Dimensionamento do barrilete

- Barrilete 1.0 - Vaso sanitário com válvula de descarga

Peso = 32

$Q = 1,7 \text{ l/s}$

$\varnothing 40 \text{ mm}$

$J = 0,054 \text{ m/m}$

Para melhor entendimento do dimensionamento das tubulações de água de chuva vide o apêndice 1 (Folhas de desenhos 08,09/09- Barriletes e prumadas/colunas).

6.2.4 Análise da pressão

- Barrilete 1.0 - $\varnothing 40 \text{ mm}$.
Peças = 2 curvas 90° - 1,20m - TOTAL = 2,60.
- Coluna 1 - Água de chuva 1 - $\varnothing 40 \text{ mm}$.
Peça = 1 curva 90° - 1,20m - TOTAL = 1,20m.

Tabela 20 – Análise da pressão na tubulação.

	Trecho	Peso	Q	Øcalc (mm)	Øad. Inter (mm)	V(m/s)	Jr(m/m)	L(m)			hf	P. M.	P. J.	Ver.
								TUBO	EQ.	TOTAL				
BAR . 1.0	VAS. SAN. VÁLV	32	1,70	36,77	40	1,35	0,054	2,15	2,6	4,75	0,25	0,85	0,60	ok
Col. 1	VAS. SAN. VÁLV	32	1,70	36,77	40	1,35	0,054	2,0	1,2	3,2	0,17	0,60	2,60	ok

Fonte: O autor, 2018.

6.3 Especificação de materiais e serviços

- As instalações de água fria devem ser executadas de acordo com o desenho (Folha de desenho 09/09- Barriletes e prumadas/colunas), a alteração dos componentes ou das dimensões do sistema implica diretamente no desempenho do mesmo.
- Os diâmetros das tubulações apresentados na Tabela 20 como adotados são os de cálculo, sendo assim, nos desenhos (Folhas de desenho 06, 07, 08 e 09/09) são apresentados os diâmetros que são encontrados comercialmente.

- Todos os tubos de PVC deverão ser da marca Tigre ou marca similar, afim de garantir a qualidade e perfeito funcionamento do sistema.
- O reservatório superior deverá ser instalado conforme desenho (Folhas de desenho 06, 07/09-Sistema elevatório e reservatório). O mesmo será da marca Fortlev e deve possuir volume de 250 litros conforme cálculos.

7 QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS

O custo da obra foi realizado por meio das tabelas de composição de custo e mão de obra da SINAPI (outubro /2018) e TCPO, destacando que não é finalidade deste trabalho estabelecer a composição de custo de cada item, obtendo então apenas uma estimativa de custo, apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 – Estimativa de custos do projeto.

(continua)

Descrição	Un.	Qtd.	Pr. Unit.	Pr. Total
SERVIÇOS INICIAIS				
Demolição de alvenaria de tijolo comum, sem reaproveitamento	m ³	2,04	R\$ 12,73	R\$ 25,97
TERRAPLENAGEM				R\$ 25,97
Escavação manual de vala em solo de 1ª categoria profundidade até 2 m	m ³	1,6	R\$ 14,72	R\$ 23,55
Escavação e carga em solo de 1ª categoria, utilizando trator sobre esteiras e pá-carregadeira sobre pneus	m ³	76,5	R\$ 2,96	R\$ 226,44
Regularização de fundo de vala com soquete	m ²	23,2	R\$ 5,52	R\$ 128,06
ALVENARIA E SUPER ESTRUTURA				R\$ 378,06
Alvenaria estrutural com blocos de concreto, 14 x 19 x 39 cm, espessura da parede 14 cm, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3	m ²	59,2	R\$ 35,57	R\$ 2.105,82
Concreto preparado na obra, controle "A", brita 1 e 2, fck 20 MPa, abatimento 8±1 cm	m ³	3,05	R\$ 281,34	R\$ 858,09
Chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, e=5 mm	m ²	59,2	R\$ 2,63	R\$ 155,70
Reboco para parede interna ou externa, com argamassa de cal hidratada e areia peneirada traço 1:3, e=5 mm	m ²	59,2	R\$ 5,86	R\$ 346,91
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, com duas demãos, sem massa corrida	m ²	79,5	R\$ 7,21	R\$ 573,20
Lastro de concreto, incluindo preparo de caixa, e = 5 cm	m ²	39,34	R\$ 15,54	R\$ 611,34
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				R\$ 4.651,05
Filtro volumétrico 3P Technik	un.	1	R\$ 2.325,00	R\$ 2.325,00
Reservatório d'água cilíndrico de polietileno capacidade 250 litros	Un.	1	R\$ 310,00	R\$ 310,00
Reservatório d'água cilíndrico de polietileno capacidade 15.000 litros	Un.	1	R\$ 4.420,00	R\$ 4.420,00
Calha semicircular em PVC Ø100 mm	m	31,8	R\$ 14,91	R\$ 474,14
Tubo Tigre de PVC de esgoto Ø100mm (4")	m	15,45	R\$ 10,90	R\$ 168,41
Tubo Tigre de PVC de esgoto Ø75 mm	m	12,44	R\$ 9,60	R\$ 119,42

Tabela 21 – Estimativas de custos do projeto.

				(conclusão)
Tubo Tigre de PVC de esgoto Ø40 mm	m	4,95	R\$ 9,30	R\$ 46,04
Tubo Tigre de PVC soldável marrom Ø20 mm	m	17,53	R\$ 5,34	R\$ 93,61
Curva 90° de PVC branco Ø 100 mm Tigre	Un.	4	R\$ 19,18	R\$ 76,72
Curva 90° de PVC branco Ø 40 mm Tigre	Un.	3	R\$ 5,74	R\$ 17,22
Curva 90° soldável de PVC marrom Ø20 mm Tigre	Un.	7	R\$ 5,35	R\$ 37,45
Curva 45° soldável de PVC marrom Ø20 mm Tigre	Un.	1	R\$ 5,89	R\$ 5,89
Válvula de pé e crivo metal Ø20 mm	Un.	1	R\$ 38,52	R\$ 38,52
Registro de gaveta bruto Ø 20 mm (3/4")	Un.	1	R\$ 37,48	R\$ 37,48
Válvula de descarga metálica com registro acoplado e canopla, Ø 32 mm (1 1/4") ou 40 mm (1 1/2")	Un.	1	R\$ 178,04	R\$ 178,04
Saída de canalização Ø40 mm	Un.	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00
Bomba centrífuga Schneider 0,5 c.v. 110 mono	Un.	1	R\$ 523,00	R\$ 523,00
				R\$ 8.886,93
TOTAL DA OBRA				R\$ 13.942,01

Fonte: O autor, 2018.

8 ANÁLISE ECONÔMICA X CUSTO DE EXECUÇÃO

Baseado nos cálculos realizados durante o projeto, a demanda de água para utilização na bacia sanitária é de 7.200 l/mês, o que totaliza anualmente 86.400 l de água potável que hoje é destinada para o fim.

Com o custo e volume anual de consumo de água, dados que foram fornecidos pelo SAAE, referente ao período de 12 meses, sendo de novembro de 2017 a outubro de 2018 (Tabela 22), foi possível encontrar o custo médio por litro de água tratada, cujo o cálculo foi realizado de acordo com a Equação 17.

Tabela 22 – Histórico de contas da residência.

MÊS	ANO	CONSUMO MENSAL (L)	CONSUMO ANUAL (L)	VALOR MENSAL (R\$)	VALOR ANUAL (R\$)
Nov	2017	18.000		R\$ 66,93	
Dez	2017	18.000		R\$ 67,63	
Jan	2018	19.000		R\$ 70,72	
Fev	2018	15.000		R\$ 57,89	
Mar	2018	19.000		R\$ 70,72	
Abr	2018	19.000		R\$ 70,84	
Mai	2018	21.000	226.000	R\$ 79,02	R\$ 854,86
Jun	2018	22.000		R\$ 89,70	
Jul	2018	18.000		R\$ 67,38	
Ago	2018	19.000		R\$ 72,59	
Set	2018	18.000		R\$ 66,93	
Out	2018	20.000		R\$ 74,51	

Fonte: SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto).

$$\frac{R\$}{Litro} = \frac{\text{custo anual (R\$)}}{\text{consumo anual (l)}} - \text{Equação 17}$$

$$\frac{R\$}{Litro} = \frac{854,86}{226.000} = 0,00378 \frac{R\$}{l} = 3,7826 R\$ /m^3$$

De acordo com a demanda de água não potável de 86,4 m³/ano (86.400 litros), foi possível encontrar o valor que será economizado na residência no mesmo período.

$$R\$ \text{ economia anual} = 3,7826 * 86,4 = R\$ 326,82$$

Com o valor da economia anual encontrado (R\$ 326,82) e com o custo estimado de implantação do sistema (R\$ 13.942,01), foi possível calcular o tempo de retorno do investimento.

$$Tr = \frac{13.942,01}{326,82} = 42,66 \text{ anos}$$

Assim, o tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 43 anos, ou seja, levaria muito tempo para recuperar o valor investido somente com a geração de economia nas contas de água. O fato do grande tempo de retorno do investimento do sistema é ocasionado especificamente pela área de captação da água de chuva na residência não ser o suficiente para abastecimento de mais pontos. Na existência de uma área de captação maior, o sistema poderia ficar economicamente mais viável, visto que mais pontos poderiam ser abastecidos com a água da chuva, o que levaria a um consumo menor da água tratada, reduzindo o tempo de retorno do investimento.

Contudo, a viabilidade do projeto não se dá apenas pelo tempo de retorno do investimento, mais sim, nos benefícios que o mesmo traz para o planeta. Portanto a gestão dos recursos hídricos, tem se tornado o melhor meio de evitar o desperdício da água, com isso o sistema de aproveitamento da água de chuva em residências ainda pode ser uma ótima escolha para quem atente a projetos sustentáveis.

9 CONCLUSÃO

A implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva vem se tornando o meio mais promissor quando o assunto é sobre tecnologias que reduzem o consumo desonerado dos recursos hídricos. Esse tipo de sistema além de eficaz e econômico quando comparado aos outros, possibilita a redução considerável de enchentes e gastos com implantação de infraestrutura urbana, pois como a água da chuva é aproveitada na residência menor é a vazão de água de chuva escoada pelas sarjetas.

Por esse fato, o sistema de aproveitamento de água de chuva sem dúvidas é uma boa opção para a redução do desperdício de água tratada, mas desde que seja realizado em um empreendimento de tamanho maior. A existência de uma área de captação de água de chuva maior viabiliza o sistema, ao contrário do que acontece em uma residência de pequeno porte, como aconteceu no trabalho apresentado.

Em empreendimentos tais como escolas, ginásios poliesportivos, hospitais, que geralmente são prédios maiores, deveria haver por parte da administração pública a realização de investimentos nesse tipo de sistema ou até mesmo a criação de leis que obriguem também que um empreendimento particular acima de uma área qualquer, realize a instalação do sistema de aproveitamento de água de chuva, como por exemplo armazém de cereais, indústrias, etc.

Na residência do trabalho apresentado, o consumo anual de água tratada totalizou 226 m³ segundo medições do SAAE e, de acordo com a demanda de água não potável estimada por norma, o consumo de água para abastecimento da bacia sanitária totalizou 86,4 m³/ano, ou seja, 7,2 m³/mês de economia de água tratada, que gerou economia de R\$ 326,82 no ano.

Inicialmente notou se que o volume de água captado somente pela cobertura da residência não seria o suficiente para suprir a demanda, com isso as áreas impermeáveis da residência também foram utilizadas como área de captação. Posteriormente, a aplicação de novas técnicas foi necessária para garantir a eficiência do sistema, tais como a implantação de um sistema elevatório para bombear a água captada do reservatório inferior para o superior. Sendo assim, todos os componentes do sistema foram dimensionados e projetados visando à qualidade e eficiência do mesmo.

Sendo assim, este trabalho definiu todos os parâmetros, materiais e dimensões necessárias para implantação do sistema, atingindo o objetivo proposto que era o desenvolvimento do projeto de aproveitamento de água de chuva para uma residência unifamiliar na cidade de Boa Esperança, MG.

REFERÊNCIAS

AQUESOL. **Filtro de autolimpeza Technik.** Disponível em: <http://www.aquesol.com/produtos/0,5092_kit-com-filtro-para-cisterna-acquasave-3pTechnik>. Acesso em 19 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 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 2007.

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

DESIGN RAIZ BRASILEIRA. **Utilização da água de chuva.** Disponível em: <http://designraizbrasileira.blogspot.com.br/2013_03_01_archive.html>. Acesso em 24 de março de 2018.

ECOCASA. **Aproveitamento de água de chuva.** Disponível em: <<http://www.ecocasa.com.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva>>. Acesso em 15 de março de 2018.

FORTLEV. **Reservatório de polietileno de 250 litros.** Disponível em: <<https://www.fortlev.com.br/produto/caixa-dagua-de-polietileno-2/>>. Acesso em 19 de outubro de 2018.

HIDROWEB. **Agência Nacional de Águas.** Governo Federal. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 29 de maio de 2018.

LEROY MERLIN. **Reservatório de polietileno de 250 litros.** Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/caixa-dagua-polietileno-1-0001-fortlev_86752155>. Acesso em 19 de outubro de 2018.

PLÚVIO. Versão 2.1. Grupo de pesquisa em recursos hídricos. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola.

SOARES, Homero. Engenharia Sanitária Ambiental. Capítulo 4. Universidade Federal Juiz de Fora. UFJF, 2012.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Caixa Econômica Federal.

SAAE. **Serviço Autônomo de Água e Esgoto: Tarifas. 2016**. Disponível em: <<http://www.saaemachado.mg.gov.br/novo/tarifas/>>. Acesso em: 23 de outubro de 2018.

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

APENDICE 1 - Desenhos