

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG
ENGENHARIA CIVIL
PÂMELA RODRIGUES PEREIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CENTRO MUNICIPAL DE
EDUCAÇÃO INFANTIL (CMEI), EM TRÊS PONTAS, MG.**

Varginha
2019

PÂMELA RODRIGUES PEREIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CENTRO MUNICIPAL DE
EDUCAÇÃO INFANTIL (CMEI), EM TRÊS PONTAS, MG.**

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

Varginha

2019

PÂMELA RODRIGUES PEREIRA

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA O CENTRO MUNICIPAL DE
EDUCAÇÃO INFANTIL (CMEI), EM TRÊS PONTAS, MG.**

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

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Prof. Esp. Luana Ferreira Mendes

Membro da Banca Examinadora 1

Membro da Banca Examinadora 2

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, á minha mãe que é meu alicerce, á minha filha que me motiva a cada dia fazer o melhor, aos meus amigos e a todos que de alguma forma colaboraram e me apoiaram nesta etapa tão importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, eu não estaria onde estou e não seria o que sou sem a presença Dele na minha vida. A minha mãe que sempre faz tudo para me dar tudo que não pôde ter, até mesmo colocando a minha felicidade sempre em primeiro lugar na vida dela. A minha filha Maria Laura, que com o exemplo da minha mãe, me faz ser exatamente da mesma forma com ela. A todos os professores, que puderam incentivar essa caminhada. A minha orientadora e professora Luana, que me ajudou a realizar este trabalho.

RESUMO

O sistema de aproveitamento de água pluvial é um mecanismo com capacidade de captar e armazenar a água da chuva a partir de uma área de cobertura e contribui com a preservação do meio ambiente, amenizando inundações e combatendo a falta de água. O presente trabalho tem o objetivo de elaborar um projeto do sistema de captação, armazenamento e aproveitamento de água pluvial para o Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI), na cidade de Três Pontas – MG, sendo destinada para descargas de bacias sanitária e irrigação. Para alcançar o objetivo deste trabalho, fez-se necessário pesquisas bibliográficas em literaturas técnicas e normativas vigentes. Em seguida, determinar as vazões de oferta e demanda das águas pluviais que serão utilizadas no projeto. Para esta finalidade, fez-se necessário obter dados como séries históricas de precipitação de chuva para permitir a caracterização da quantidade de chuva da região estudada; diagnosticar as dimensões da cobertura da edificação e determinação do número de usuários. De posse dos dados, fez-se possível calcular a intensidade de chuva, a área de cobertura, vazão de projeto, estimar o consumo de água não potável, calhas, condutores, o volume a ser aproveitado de água da chuva, os reservatórios inferior e superior, o sistema elevatório e a rede de distribuição. Conseqüentemente foi realizado o projeto de captação e distribuição além do quantitativo de materiais e estimativa de custos de todo o sistema, totalizando em um valor de R\$49.142,97, apresentando um payback, ou seja, um período de retorno de 75 anos. A elaboração do projeto cumpri com seu objetivo de reduzir a utilização de água potável para fins que não carecem dessa qualidade e possibilita a racionalidade no uso deste recurso natural.

Palavras-chave: Sistema de Captação. Água Pluvial. Aproveitamento de Água Pluvial.

ABSTRACT

The rainwater harvesting system is a mechanism capable of capturing and storing rainwater from a coverage area and contributes to the preservation of the environment, mitigating flooding and combating water shortages. The present work has the objective of elaborating a project of the rainwater capture, storage and utilization system for the Municipal Center of Early Childhood Education (CMEI), in the city of Três Pontas - MG. In order to reach the objective of this work, it was necessary to search the current technical and normative literature. Then, determine the supply and demand flows of rainwater that will be used in the project. For this purpose, it was necessary to obtain data as historical series of rainfall to allow the characterization of the amount of rainfall in the studied region; diagnose the dimensions of the building's coverage and determine the number of users. With the data, it was possible to calculate rainfall intensity, coverage area, project flow, estimate non-potable water consumption, gutters, conductors, rainwater volume, lower reservoirs and the lifting system and the distribution network. After this, the project of capture and distribution was carried out in addition to the quantity of materials and estimated costs of the entire system, totaling a value of R\$49.142,97 and can be recovered in a return period of 75 years. The elaboration of the project fulfilled its objective of reducing the use of drinking water for purposes that do not lack this quality and enables the rational use of this natural resource.

Keywords: *Capture System. Rainwater. Rainwater Utilization.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Áreas de contribuição.....	18
Figura 2: Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical (1)	26
Figura 3: Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical (2)	26
Figura 4: Modelo de filtro volumétrico e o seu funcionamento	28
Figura 5: Parâmetros para a utilização do método de separação atmosférica	35
Figura 6: Vista panorâmica lateral do Centro Municipal em Educação Infantil (CMEI)	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coeficientes de <i>runoff</i> médios.....	23
Tabela 2: Coeficiente de rugosidade.....	24
Tabela 3: Capacidade de calhas semicirculares (Vazão em L/min).....	25
Tabela 4: Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.....	27
Tabela 5: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min).....	28
Tabela 6: Demanda de água não potável.....	36
Tabela 7: Estimativa de consumo não potável.....	46
Tabela 8: Estimativa de consumo não potável em 5 dias.....	46
Tabela 9: Volume aproveitado da precipitação média mensal.....	49
Tabela 10: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.....	49
Tabela 11: Dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Netto.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Concentração de recursos hídricos do Brasil.....	17
Quadro 2: Frequencia de manutenção.....	35
Quadro 3: Determinação do período de retorno.....	38
Quadro 4: Precipitação mensal expressa em mm.....	40
Quadro 5: Precipitação média mensal em milímetros (mm).....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMEI: Centro Municipal de Educação Infantil

ONU: Organização das Nações Unidas

MG: Minas Gerais

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR: Norma Brasileira

ANA: Agência Nacional de Águas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

CPRM: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia

CEMIG: Companhia Energética de Minas Gerais

UFV: Universidade Federal de Viçosa

FNDE: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação

PVC: Policloreto de Vinila.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
2	OBJETIVOS	28
2.1	Objetivo geral	28
2.2	Objetivos específicos	28
3	MEMORIAL DESCRITIVO	29
3.1	Caracterização do local em estudo	29
3.2	Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis	29
3.3	Referências Normativas	30
3.4	Composição de um Sistema de Reaproveitamento de Água Pluvial	30
3.4.1	Área de contribuição	31
3.4.2	Vazão de projeto	32
3.4.3	Coefficiente de run-off	32
3.4.4	Calhas	33
3.4.5	Condutores verticais	35
3.4.6	Condutores horizontais	37
3.4.7	Filtros	38
3.4.8	Reservatórios	38
3.4.8.1	Método de Rippl	39
3.4.8.2	Método da Simulação	39
3.4.8.3	Método Azevedo Netto	40
3.4.8.4	Método Prático Alemão	40
3.4.8.5	Método Prático Inglês	41
3.4.8.6	Método Prático Australiano	41
3.4.9	Extravasor	42
3.4.10	Bombas	42
3.4.11	Complemento de reserva com água potável	44
3.5	Funcionamento e manutenção do sistema	45
3.6	Estimativa de consumo de água não potável	46
3.7	Precipitação de chuva	46
3.8	Intensidade de precipitação	47
4	MEMORIAL DE CÁLCULO	48
4.1	Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI)	48
4.2	Precipitação média mensal	49
4.3	Intensidade de precipitação	49
4.4	Área de cobertura contribuinte	49
4.5	Cálculo da vazão de projeto	50
4.6	Estimativa da demanda de água não potável	50
4.7	Dimensionamento das calhas	50
4.8	Dimensionamento dos condutores verticais	50

4.9 Dimensionamento dos condutores horizontais	51
4.10 Cálculo do volume de chuva a ser aproveitado.....	51
4.11 Dimensionamento dos reservatórios	52
4.12 Dimensionamento do sistema elevatório.....	52
4.13 Dimensionamento da rede de distribuição	53
4.14 Projeto hidráulico	53
4.15 Quantitativo de materiais e estimativa de custos	53
4.16 Estimativa de economia de água potável.....	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
5.1 Local de estudo	54
5.2 Estimativa de precipitação média mensal.....	54
5.3 Cálculo da intensidade de precipitação.....	55
5.4 Área de cobertura contribuinte	56
5.5 Cálculo da vazão de projeto	56
5.6 Estimativa de demanda de água não potável.....	57
5.7 Dimensionamento das calhas.....	58
5.8 Dimensionamento dos condutores verticais	59
5.9 Dimensionamento dos condutores horizontais	59
5.10 Volume aproveitado de acordo com a precipitação média mensal	60
5.11 Dimensionamento dos reservatórios	61
5.11.1 Dimensionamento do reservatório inferior.....	61
5.11.2 Dimensionamento do reservatório superior.....	62
5.12 Dimensionamento do sistema elevatório.....	63
8 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A.....	62
APÊNDICE B.....	63

1 INTRODUÇÃO

Segundo Campos; Azevedo (2013), pesquisas da Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que até 2025 há possibilidade de que dois terços da população do planeta sofra escassez moderada ou grave de água, caso seja mantido o padrão de consumo e os altos índices de poluição. Além disso, há previsão de que em 2050 “[...] apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas”. (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

Uma solução para o problema seria a utilização de técnicas atualizadas para aproveitamento da água, alternativa que propõe o suprimento da necessidade da população em relação ao uso dessa água sendo para fins não potáveis. O aproveitamento desse recurso natural abundantemente disponível em quase todas as regiões do Brasil é a solução proposta pelo trabalho em questão. A água da chuva coletada pode ser reutilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagens de calçadas e de automóveis, através de sistemas de captação da água pluvial, sendo possível a redução do consumo de água, além de minimizar problemas como enchentes, alagamentos, racionamentos de água, e ainda preservando o meio ambiente.

Baseado em todos estes aspectos, este trabalho apresenta a elaboração de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, que será empregado no Centro Municipal em Educação Infantil (CMEI), beneficiando a edificação com a economia de água potável, tornando o local mais sustentável e utilizando a água da chuva em descargas de bacias sanitárias e irrigação de jardim.

Este trabalho também apresentará as características do CMEI, a metodologia utilizada para calcular a área de cobertura, vazão de projeto, calhas, condutores verticais e horizontais, determinação do filtro, calcular o volume dos reservatórios e especificação de bomba. Além de apresentar um quantitativo dos materiais que poderão ser utilizados na execução do projeto e seus respectivos valores, a fim de quantificar o investimento que poderá ser feito na edificação e também estimar a economia mensal de água potável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem o objetivo de elaborar um projeto de captação e aproveitamento de água pluvial, para fins não potáveis no Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI), localizado no município de Três Pontas, MG.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Caracterização do local em estudo;
- Analisar o volume de chuva da região;
- Analisar a vazão de projeto da edificação;
- Estimar a demanda de água não potável;
- Dimensionar o sistema de captação e reserva de água pluvial;
- Desenvolver o projeto de aproveitamento de água pluvial;
- Desenvolver o memorial descritivo e de cálculo;
- Estimar os custos da implementação do sistema;
- Estimar valores de economia com a implementação do sistema.

3 PROJETO

3.1 Memorial Descritivo

3.1.1 Caracterização do local em estudo

- Projeto: Sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis;
- Destinação: Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI);
- Endereço: Rua Arthur Maciente, nº 405, bairro Aristίδes Vieira, Três Pontas – MG;
- Número de Pavimentos: Dois pavimentos interligados por uma área coberta;
- Pontos de água Não Potável: Vinte e seis bacias sanitárias e 9 torneiras de jardim;
- Área do Terreno: 2400,00 m²
- Área construída: 1311,97 m², com taxa de ocupação de 62,92%.

3.2 Aproveitamento de Água Pluvial para fins não Potáveis

Segundo Telles e Costa, o uso racional da água consiste no conjunto de ações que tem por objetivo reduzir o consumo de água sem prejuízo ao desenvolvimento das atividades produtivas e, conseqüentemente aumentando a eficiência deste recurso, na redução de desperdícios e reúso dos efluentes tratados.

A utilização e captação da água pluvial favorecem na redução do consumo de água potável para fins nobres e para redução de escoamento superficial urbano (SARTORI, 2011).

Evidências arqueológicas comprovaram que a captação da água pluvial ocorreu aproximadamente há 6.000 anos na China. Algumas ruínas datadas de 2.000 a.c. ainda estão preservadas em Israel, os quais coletavam a água pluvial das encostas para o uso na irrigação (Gould and Nissen-Petersen, 1999 apud The Texas Manual on Rainwater Harvesting, 2005).

O aproveitamento da água pluvial cada vez mais apresenta papel primordial devido à grande poluição das bacias d'água, já que isso torna cada vez mais difícil encontrar água de boa qualidade para o consumo humano e ainda assim, grande parte desta é desperdiçada. O consumo de água potável cresce proporcionalmente ao aumento populacional do planeta. Obviamente, quanto maior o poder aquisitivo populacional, maior o consumo de água, devido à obtenção de piscinas e equipamentos como máquinas de lavar roupas, máquinas de lavar louças, entre outros (RODRIGUES, 2010).

Com a utilização da água pluvial, a água potável seria utilizada apenas para fins nobres (uso humano) e a água pluvial poderia ser responsável pela lavagem de calçadas e veículos, rega de jardim e até para uso em vasos sanitários. Assim, garantiríamos a água de qualidade para beber, cozinhar e tomar banho. A viabilidade do aproveitamento de água pluvial depende de alguns fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Além disso, para projetar tal sistema devem-se levar em conta as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água (RODRIGUES, 2010).

3.3 Referências Normativas

O aproveitamento de água pluvial requer projetos que sejam desenvolvimentos de acordo com as normas da ABNT, para que seja feito corretamente e atenda aos requisitos que as normas exigem, a seguir, consta uma lista de normas que podem ser utilizadas para desenvolver projetos de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis:

- NBR 15527/2007: sobre aproveitamento de água pluvial de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis;
- NBR 5626/1998: sobre instalação predial de água fria;
- NBR 10844/1989 sobre instalação predial de água pluvial;
- NBR 12213/1992: sobre captação de água de superfície para abastecimento público;
- NBR 12214/1992: sobre bombeamento de água para abastecimento público;
- NBR 12217/1994: sobre reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

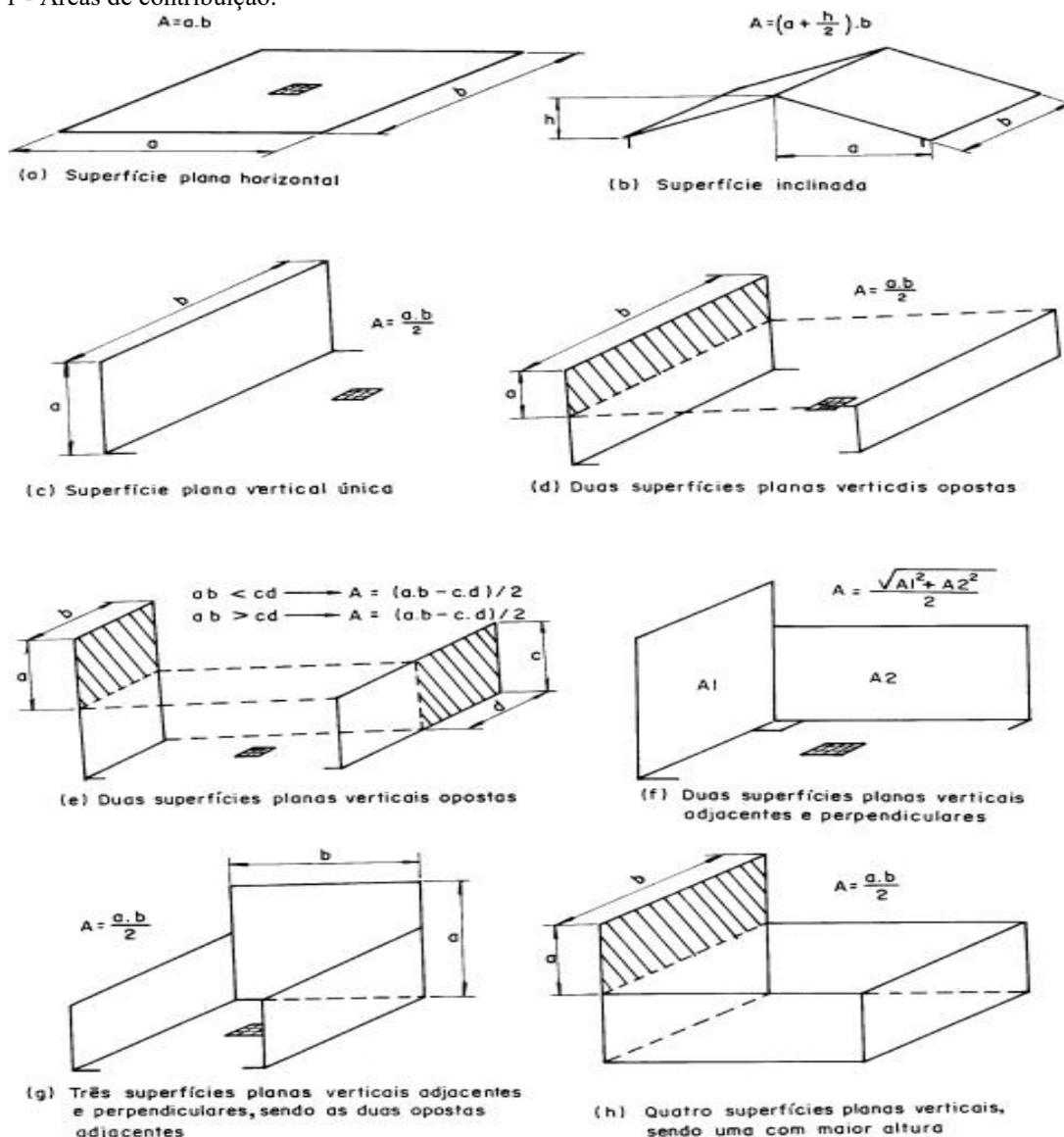
3.4 Composição de um Sistema de Reaproveitamento de Água Pluvial

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), para que um sistema de reaproveitamento seja eficaz, seu funcionamento conta com o processo que captação, filtração, armazenamento e distribuição, obtendo a água da chuva a cada precipitação. Esse processo conta com itens que será descrito no decorrer deste tópico.

3.4.1 Área de contribuição

Para se calcular a área de contribuição, deve-se observar o tipo de edificação, inclinação do telhado (Figura 1), este cálculo pode ser realizado segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), onde descreve que a área de contribuição nada mais é que a “soma das áreas das superfícies que, interceptando chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação.”

Figura 1 - Áreas de contribuição.



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Dessa maneira, como já descrito anteriormente e averiguado na figura 3, para efeito de cálculo da área de contribuição, as áreas de paredes que contornam a cobertura não devem

ser consideradas, pois a NBR 15527 (ABNT, 2007), define como área de captação apenas a área projetada paralelamente à superfície impermeável da cobertura.

3.4.2 Vazão de projeto

Através das precipitações, a água captada pelo telhado é imediatamente conduzida para as calhas e condutores. De acordo com a NBR 10844, a vazão de projeto é uma vazão de referência para dimensionar calhas e condutores, de acordo com a fórmula a seguir.

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

Onde:

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

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

A - é a área de contribuição, devendo ser expressa em metros quadrados (m²).

3.4.3 Coeficiente de run-off

É o coeficiente que representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície conforme NBR 15527 (ABNT, 2007).

Desse modo, em concordância com a norma descrita anteriormente, para se realizarem os cálculos desse coeficiente, é necessário salientar que o volume de água pluvial que pode ser empregado é diferente do volume de água obtido através da precipitação, pois acontecem perdas desse volume por evaporação, limpeza do telhado, processos de autolimpeza, entre outros (TOMAZ, 2003).

Desse modo, os tipos de materiais mais usuais em coberturas, utilizados nas edificações possui um valor de acordo com a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Coeficientes de *run-off* médios.

Material	Coefficiente de <i>runoff</i>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Adaptado (TOMAZ, 2003).

Assim, seguindo para o volume aproveitável de água da chuva, o coeficiente de *run off* pode ser aplicado na seguinte fórmula:

$$V = PxAxCx\eta\text{fator de captação} \quad (2)$$

Onde:

V - é o volume anual, mensal ou diário, da água pluvial aproveitável em litros; P - é a precipitação média anual, mensal ou diária, devendo ser expressa em milímetros (mm);

A - é a área do telhado em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

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

η fator de captação - é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

3.4.4 Calhas

São condutores que recolhem e conduzem toda a água captada de coberturas, direcionando-as para um certo ponto. A NBR 10844 (ABNT, 1989) destaca que as calhas de beiral e platibanda devem, sempre que possível, ser fixadas centralmente sob a extremidade da cobertura e o mais próximo desta. A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniforme, com a inclinação mínima de 0,5%. E as calhas de água-furtada têm inclinação de acordo com o projeto da cobertura.

Para ser utilizada no dimensionamento, o cálculo das calhas deve ser de acordo com a fórmula de Manning-Strickler, demonstrada a seguir:

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

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

Onde:

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

S - é a área da seção molhada, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

n - é o coeficiente de rugosidade (tabela 3);

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

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

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

K - valor igual a 60.000.

Juntamente com a equação acima, um coeficiente de rugosidade é necessário de acordo com o material que será empregado, como mostra a tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Coeficiente de rugosidade.

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

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

A norma também descreve as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade $n = 0,011$ para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler, com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno, como mostra a tabela 3 abaixo:

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

Coefficientes de rugosidade n = 0,011			
Diâmetro Interno (mm)	Declividades		
	0,50%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1634

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

3.4.5 Condutores verticais

Os condutores verticais, também denominados tubulações verticais, tem função principal de receber a água das calhas e conduzir para a parte inferior das edificações ou para as tubulações horizontais (NBR 10844/1989).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) descreve que os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção. Os condutores verticais podem ser colocados externa e internamente ao edifício, dependendo de considerações de projeto, do uso e da ocupação do edifício e do material dos condutores. O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 70 mm.

O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos dados a seguir:

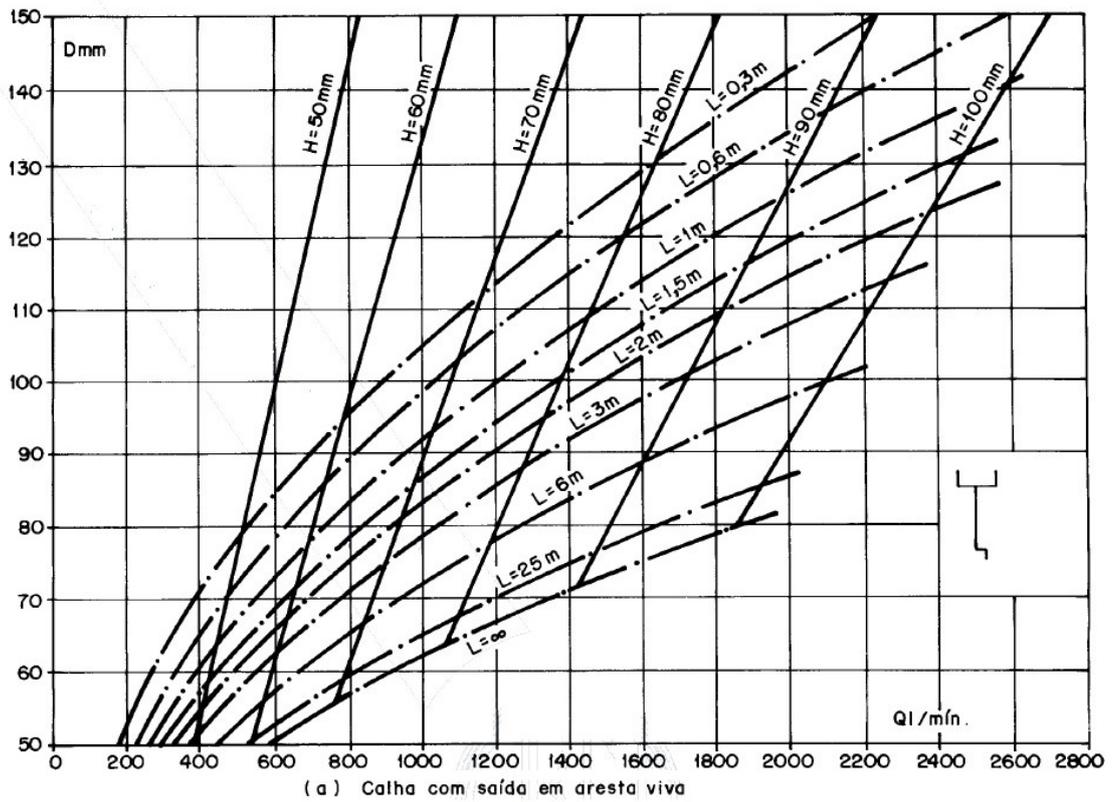
Q - é a vazão de projeto, devendo ser expressa em litros por minuto (L/min);

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

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

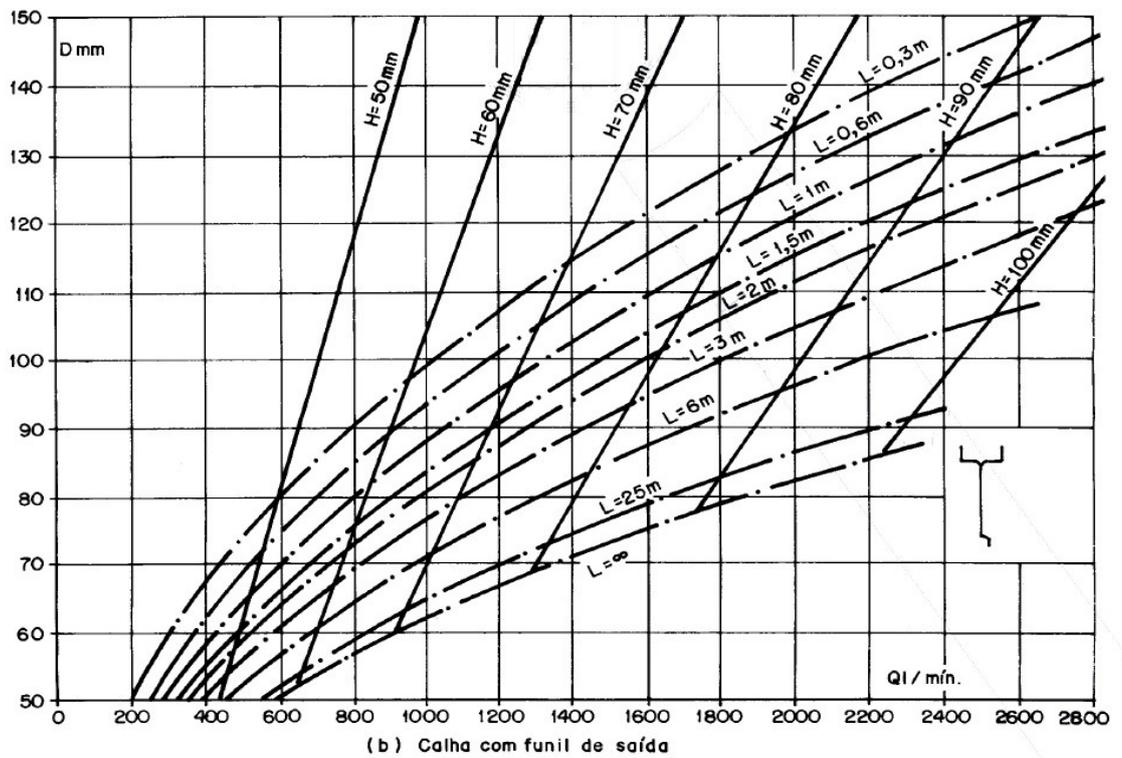
O diâmetro interno (D) do condutor vertical é obtido através dos ábacos da Figura 2 e 3 disponibilizados na norma.

Figura 2 - Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical (1).



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Figura 3 - Ábaco para determinação do diâmetro interno da tubulação vertical (2).



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Segundo Botelho e Ribeiro (1998), a maneira mais prática de calcular os condutores verticais de seção circular é através da área máxima do telhado e vazão em função do diâmetro, porém este método deve ser utilizado quando as intensidades de chuvas forem de 120 mm/h e 150 mm/h, como mostra a tabela 4.

Tabela 4 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área do telhado (m ²)	
		Chuva de 150 mm/h	Chuva de 120 mm/h
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).

3.4.6 Condutores horizontais

Os condutores horizontais, também denominados tubulações horizontais, tem função principal de receber a água da chuva e conduzir para dispositivos legais (NBR 10844/1989).

A NBR 10844 (ABNT, 1989) diz que os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. A norma também diz que o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo.

As vazões para tubos de vários materiais e inclinações usuais estão indicadas na tabela 5. 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 20 metros 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 20 metros nos percursos retilíneos (NBR 10844/1989).

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 (NBR 10844/1989).

Tabela 5 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (Vazões em L/min).

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

Fonte: Adaptado da NBR 10844(ABNT, 1989)

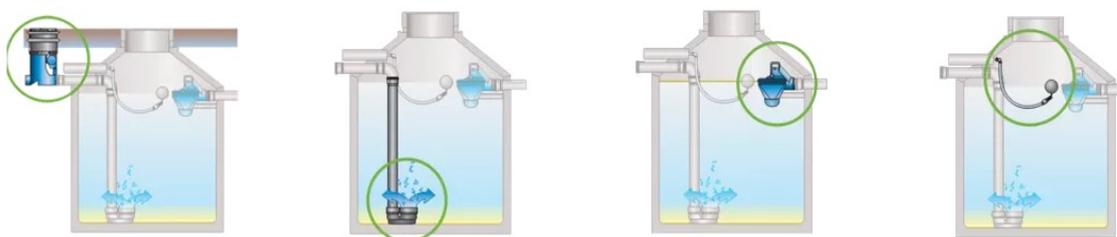
3.4.7 Filtros

Os filtros são elementos colocados antes do reservatório, com a função principal de retirar da água de chuva grandes quantidades de detritos de pequeno porte e sedimentos, que são carregados com a água por todo o trajeto da cobertura, calhas e condutores (TOMAZ, 2003).

Tomaz (2003) diz que entre todos os tipos de filtro que é possível encontrar no mercado, o melhor para se utilizar que possui um elevado grau de eficiência, é o filtro volumétrico, pois independentemente da quantidade de água que passa por ele, o filtro elimina constantemente os detritos.

A figura 4 demonstra como o filtro volumétrico faz o processo de limpeza da água da chuva.

Figura 4 - Modelo de filtro volumétrico e o seu funcionamento.



Fonte: ECO CASA Tecnologias Ambientais (2019).

3.4.8 Reservatórios

Os reservatórios são dispositivos capazes de armazenar água para ser utilizada posteriormente.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) disponibiliza diferentes equações para se dimensionar um reservatório, deixando a critério do projetista, o melhor método a ser utilizado. Abaixo contém todos os métodos disponibilizados pela norma.

3.4.8.1 Método de Rippl

Neste método, o dimensionamento pode ser realizado utilizando séries históricas, mensais ou diárias.

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

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

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

Onde:

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

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

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

V - é o volume necessário para reservatório;

C - é o coeficiente de escoamento superficial.

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

Tomaz (2003) diz que o método de Rippl tem uma facilidade e simplicidade de aplicação, e por isso ele se tornou mais usual, mostrando o valor máximo do volume do reservatório. O que demonstra ser importante quando se trata de volume limite para um reservatório.

3.4.8.2 Método da Simulação

Neste método, não se deve considerar a evaporação da água. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito.

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

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

Onde:

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

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

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

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

V - é o volume do reservatório definido;

C - é o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff*.

3.4.8.3 Método Azevedo Netto

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

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

Onde:

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

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

A - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

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

3.4.8.4 Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório, 6 % do volume anual de consumo ou 6 % do volume anual de precipitação aproveitável.

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

Onde:

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

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

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

3.4.8.5 Método Prático Inglês

Neste método, o volume de chuva é encontrado por meio da seguinte equação:

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

Onde:

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

A - é a área de captação em projeção, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

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

3.4.8.6 Método Prático Australiano

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

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

Onde:

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

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

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

A - é a área de captação, devendo ser expressa em metros quadrados (m²);

Q - é o volume mensal gerado pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores apurados de confiança e volume do reservatório.

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

Onde:

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

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

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

D_t - é a demanda mensal;

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

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

O volume do tanque designando será T .

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

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

Onde:

P_r - é a falha;

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

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

Recomenda-se, que os valores de confiança fiquem entre 90% e 99%.

3.4.9 Extravasor

O extravasor conhecido também como “ladrão” é instalado no reservatório para desviar o volume que excede da sua capacidade e encaminhar para a rede pública, sendo necessário ser instalado algum dispositivo que evite a passagem de pequenos animais (DUARTE, 2009).

Segundo Tomaz (2010) é adotado na prática um diâmetro igual ou duas vezes o diâmetro de entrada.

3.4.10 Bombas

As bombas d'água são elementos mecânicos utilizados em reservatórios com a função de transferir a água de um lugar a outro. Por esse motivo, possuem bocais em sua estrutura que encaixam os canos que devem ser conectados a bomba para que o

bombeamento de água seja feito. Assim, qualquer sistema de reservatórios necessita de uma bomba em um reservatório para controle, reabastecimento e recirculação da água (OLIVEIRA & SAMPAIO, 2010).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.

De acordo com Netto (1998) todo o conjunto elevatório pode ser calculado de acordo com as seguintes fórmulas:

Determinação do diâmetro de recalque, conforme Bresse:

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

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

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

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

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

Determinação da potência do conjunto motor-bomba:

$$H_{man} = H_g + \sum H_f \quad (20)$$

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

Sendo:

K- Coeficiente = 1,2;

Q- Vazão de projeto, devendo ser expressa em metros cúbicos por segundo (m³/s);

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

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

C - Coeficiente Hazen-Williams;

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

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

H_{man} - Altura manométrica, devendo ser expressa em metros (m);

H_g - Altura geométrica, devendo ser expressa em metros (m);

P - Potência da bomba, devendo ser expressa em cavalos (cv);

γ - Peso específico da água;

μ - Rendimento do conjunto motor-bomba.

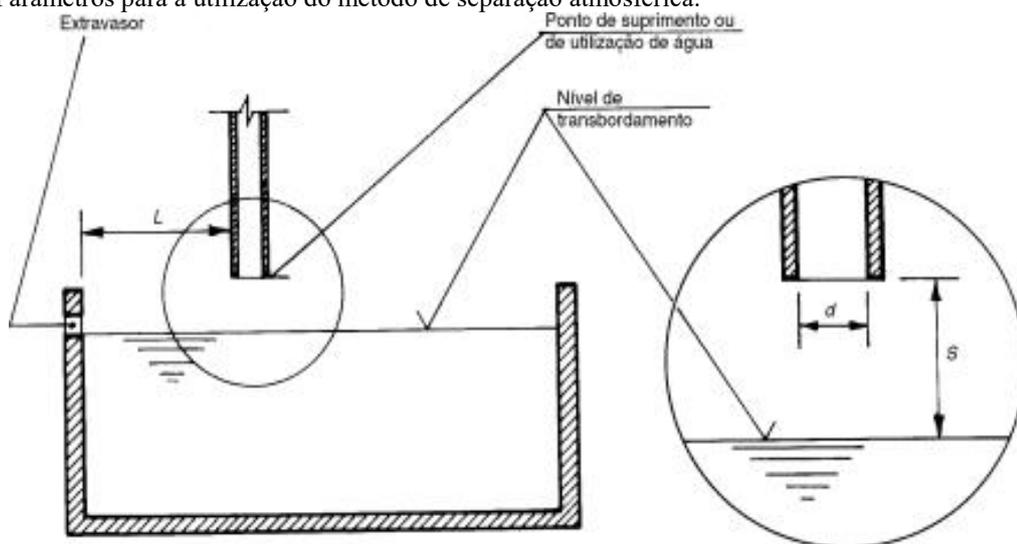
3.4.11 Complemento de reserva com água potável

Nos meses de seca, quando acontece o período de estiagem, pode acontecer da água da chuva não ser suficiente para suprir a demanda da edificação. Sendo assim, pode prevenir desse problema acontecer, conectando o sistema à rede de abastecimento, ligando os sistemas de água potável e não potável (VASCONCELOS, 2015).

A NBR 5626 (ABNT, 1998) descreve que a instalação predial de água fria destinada tanto ao uso doméstico da água quanto ao uso não doméstico, e abastecida a partir de uma mesma fonte de abastecimento de água potável, deve preservar a potabilidade da água na própria instalação, bem como na fonte de abastecimento. Para tanto, devem ser previstas medidas necessárias de proteção, no que diz respeito ao uso não doméstico, considerado o risco relativo a cada caso particular, bem como observadas as exigências pertinentes ao uso doméstico da água.

A norma também indica o método de separação atmosférica e o determina como uma separação física existente entre o ponto de suprimento e o nível de transbordamento do reservatório, e também, estabelece parâmetros para o posicionamento do ponto de suprimento com relação ao reservatório, como demonstra a figura 5 abaixo.

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



Fonte: NBR 5626 (ABNT, 1998).

3.5 Funcionamento e manutenção do sistema

Quando um sistema é implantado, é necessário que seu funcionamento e manutenção estejam em dia, para que não aconteçam problemas de forma a impedir o reaproveitamento da água da chuva (SICKERMANN, 2015).

A NBR 15527 (ABNT, 2007) diz que deve realizar manutenção em todo o sistema de aproveitamento de água de chuva de acordo com o quadro 1.

Quadro 1: Frequencia de manutenção.

Componente	Frequencia de Manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: Adaptado da NBR 15527 (ABNT, 2007).

Vale ressaltar que as manutenções devem ser feitas sempre por pessoas que possuem conhecimento do sistema, e que sejam capacitadas para tal função (KARLA, 2017).

A norma ainda diz que quando houver necessidade de utilizar produtos potencialmente nocivos à saúde humana na área de captação, o sistema deve ser desconectado, impedindo a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva, a

reconexão deve ser feita somente após lavagem adequada, quando não haja mais risco de contaminação pelos produtos utilizados.

3.6 Estimativa de consumo de água não potável

Tomaz (2005) diz que há uma grande dificuldade de se fazer a previsão de consumo de água não potável, tanto para fins domésticos como comerciais ou industriais. Isto se deve geralmente a falta de conhecimento e a distinção clara entre o que é água potável e o que é água não potável. Para o Brasil os dados utilizados para efeito de cálculos são estimados, como mostra a tabela 6.

Tabela 6: Demanda de água não potável.

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

Fonte: Adaptação de Tomaz (2009).

3.7 Precipitação de chuva

Um sistema de aproveitamento de água pluvial depende primeiramente de dados históricos das precipitações do local estudado, a fim de poder seguir com os cálculos posteriores, dados estes que são obtidos através de pesquisas (BARBOSA, CÍCERA & LÚCIA, 2008).

A Agência Nacional de Águas (ANA) é uma das instituições existentes que faz o trabalho de reunir informações, através de medições de fenômenos naturais que acontecem em determinadas regiões. Dessa forma, os dados das precipitações podem ser disponibilizados anualmente, mensalmente, diariamente e até em horas. Normalmente os dados são fornecidos em milímetros (mm), podendo também ser encontrados em litros (L).

Também é possível encontrar os dados históricos na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), entre outras.

3.8 Intensidade de precipitação

A intensidade de chuva é a quantidade de água que cai em um determinado período de tempo. De acordo com Reis (2017), a intensidade pluviométrica é um dos parâmetros mais importantes da hidrologia. É imprescindível para determinação correta do hidrograma de uma bacia. É argumento fundamental dos modelos chuva-vazão, como o Método Racional.

Reis ainda diz que além de ser importante para calcular vazão de chuva em coberturas no dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

O software Plúvio (2006), foi desenvolvido pelo Departamento de Engenharia Agrícola e Engenharia Civil, juntamente com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) para possibilitar às pessoas o cálculo dessa intensidade de precipitação além de possibilitar a obtenção da equação de chuvas intensas para qualquer localidade dos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Tocantins. Utilizando os dados fornecidos no software na fórmula abaixo.

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

Onde:

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

T - é o período de retorno em anos;

t- é a duração da precipitação em minutos;

K- parâmetro relativo à localidade;

a - parâmetro relativo à localidade;

b- parâmetro relativo à localidade;

c- parâmetro relativo à localidade.

De acordo com cada região, com o Plúvio é possível consultar os valores de *K*, *a*, *b* e *c*.

O período de retorno (*T*) é aquele intervalo de tempo médio em que um determinado fenômeno hidrológico é igualado ou ultrapassado ao menos uma vez, conforme diz Tomaz (2003).

Em contrapartida, a NBR 10844 (ABNT, 1989) diz que esse período de retorno (*T*) deve ser estabelecido através das características da área a ser drenada, seguindo assim os valores apresentados no quadro 2 abaixo, e estabelecendo ainda, que a duração da precipitação (*t*) deve ser fixada em 5 minutos.

Quadro 2: Determinação do período de retorno.

T (anos)	Especificação
1	Áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados
5	Coberturas e/ou terraços
25	Coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamento não possa ser tolerado

Fonte: Adaptado NBR 10844 (ABNT, 1989).

4 MEMORIAL DE CÁLCULO

4.1 Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI)

O Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), no âmbito do Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil, disponibiliza o Projeto Proinfância Tipo 1, modelo de projeto padrão de educação infantil.

O CMEI faz parte de um desses modelos disponibilizados pelo Ministério da Educação, buscando atender várias crianças de idades diferentes.

Em relação à estrutura do CMEI, pode-se notar que é um projeto de grande porte e que contará com um consumo grande de água potável. E através das análises feitas de acordo com a demanda de água do CMEI, que será desenvolvido o projeto de aproveitamento de água pluvial.

4.2 Precipitação média mensal

O município de Três Pontas não possui uma série de dados históricos mais antigos com mais de 5 anos, sendo assim foram utilizados como base no dimensionamento dados históricos de precipitação mensal da cidade de Varginha – MG, por ser cidade vizinha de Três Pontas, e não possuir valores de precipitações tão discrepantes, fornecidos pela Fundação Procafé, durante o período de Janeiro de 2009 até Dezembro de 2018 como consta o quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Precipitação mensal expressa em mm.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2009	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
2010	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
2011	338,2	90,4	337,6	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	119	110	225,8
2012	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
2013	419,2	221,6	173	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
2014	47,6	12,8	124	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
2015	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
2016	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170	160,6
2017	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2

Fonte: Fundação Procafé (2019).

4.3 Intensidade de precipitação

Através da equação de intensidade de precipitação abaixo, juntamente com o software Plúvio 2.1, será possível determinar a intensidade com os valores relacionados a intensidade, duração e período. Além dos valores normativos como o período de retorno (T) e duração (i).

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

4.4 Área de cobertura contribuinte

Com o auxílio do projeto arquitetônico do CMEI (Anexo A), serão obtidas as áreas do telhado juntamente com sua inclinação a fim de desenvolver o cálculo da área contribuinte, utilizando a fórmula abaixo para superfícies inclinadas como descreve a norma (figura 2).

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

4.5 Cálculo da vazão de projeto

Com os valores da área de contribuição e da intensidade de precipitação, é possível seguir para o cálculo da vazão de projeto de acordo com a fórmula abaixo, mostrando a quantidade de água que será possível captar pela cobertura da edificação, para posteriormente calcular as calhas e condutores.

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

4.6 Estimativa da demanda de água não potável

Para dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial, a fim de atender a demanda da edificação, será desenvolvido um levantamento da quantidade de consumo de água não potável considerando que no CMEI tenha 188 crianças em período integral, 35 funcionários sendo eles: professores, diretor, secretários, serviços gerais, cozinheiros, etc, 26 vasos sanitários considerando 10 L/descarga 5 vezes ao dia por pessoa, e também 2,0 L/m² para irrigação de 361,64 m² de jardim 2 vezes por semana. Considerando que o CMEI terá o funcionamento de 5 dias na semana e 20 dias por mês, pois não funcionará aos finais de semana (sábado e domingo).

4.7 Dimensionamento das calhas

De acordo com a vazão de projeto, o volume de água encontrado será direcionado para as calhas, que serão calculadas de acordo com a tabela 4 citada anteriormente, como diz a NBR 10844 (item 3.6.4). Serão utilizadas 9 calhas, sendo 1 calha fixada em cada água do telhado, onde serão conectados condutores que transportará a água até o reservatório. No montante, jusante e junção de mais de uma água do telhado, haverá bocais de escoamento, e também será considerada uma inclinação pequena nas calhas até os condutores e para evitar alagamento e obter o melhor transporte dessa água.

4.8 Dimensionamento dos condutores verticais

Os condutores verticais que serão utilizados serão do material PVC, conectados nos bocais das calhas como citado anteriormente. Para fazer o dimensionamento é necessário seguir a NBR 10844 para determinar o diâmetro necessário.

Para o projeto será utilizado como parâmetro a tabela 5 citada anteriormente (item 3.7.5).

A norma oferece um ábaco para definir o diâmetro dos condutores para regiões com grandes quantidades de chuva, como não é o caso do CMEI, será utilizada a fórmula abaixo.

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

Sendo assim, a fórmula irá utilizar o valor da vazão de projeto (Q) dividido pela quantidade de calhas utilizadas e considerando uma taxa de ocupação (To) de 20%. Assim, será obtido o diâmetro necessário para atender a vazão de projeto canalizada por cada calha e poderá ser adotado um diâmetro comercial igual ou superior ao encontrado pela equação.

4.9 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais serão de PVC, interligando os condutores verticais e o reservatório inferior. Determinando a vazão de cada condutor, será definido seu diâmetro de acordo com a tabela 5 mostrada anteriormente, de acordo com a NBR 10844 (ver item 3.4.6).

4.10 Cálculo do volume de chuva a ser aproveitado

De acordo com o volume da precipitação, é possível dimensionar com precisão o tamanho do reservatório a ser utilizado no projeto, para que ele seja capaz de atender a demanda de água pluvial. Este volume pode ser calculado com a fórmula abaixo.

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação} \quad (2)$$

Os valores a ser inseridos nesta fórmula são a precipitação média mensal, a área de contribuição, o coeficiente de run off (item 3.4.3) e o fator de captação que pode ser utilizado ou não. No dimensionamento do projeto este fator não será utilizado. O Coeficiente de run off utilizado será 0,8 e o rendimento do filtro de 0,7 (item 3.4.7).

4.11 Dimensionamento dos reservatórios

Buscando atender a demanda de água não potável gerada pelo CMEI, o sistema de aproveitamento de água pluvial será composto por dois reservatórios, onde o maior será instalado na lateral da edificação na parte inferior e o menor será instalado ao lado do castelo d'água destinado á distribuição de água potável já existente no projeto original da edificação.

O reservatório inferior será dimensionamento será feito através do método de Rippl (item 3.4.8.1) e pelo método de Azevedo Netto (item 3.4.8.3), utilizando o valor maior dos dois métodos para determinar o tamanho do reservatório.

O reservatório superior será dimensionado baseado na demanda diária de água não potável da edificação, dispondo da capacidade de dois dias, suficiente para atender a demanda sem a necessidade de acionar o sistema de distribuição de água potável.

4.12 Dimensionamento do sistema elevatório

Para abastecer o reservatório superior, será necessária a implantação de um sistema elevatório que deve ser integrado de tubulações de sucção, recalque e um conjunto motor-bomba para que a água seja impulsionada para o reservatório vencendo a altura geométrica do sistema.

Sendo assim, o sistema será realizado através as equações de Netto (1998), descritas no item 3.4.10 e apresentadas a seguir:

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

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

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

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

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

4.13 Dimensionamento da rede de distribuição

A rede de distribuição do CMEI será realizada de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 1998), atendendo todos os limites mínimos e máximos de pressão, sendo eles 5 KPa e 15 KPa para as bacias sanitárias que possuem o sistema com válvula. A norma também diz que a velocidade máxima permitida deverá ser inferior a 3 m/s e a perda de carga nas tubulações não deverá ser superior a 0,08 m/m.

4.14 Projeto hidráulico

Baseado em todos os cálculos realizados de acordo com as equações apresentadas, dos dados coletados e da análise do projeto arquitetônico da cobertura original apresentado no Anexo A, o projeto hidráulico poderá ser desenvolvido com a utilização do software AutoCad e apresentado posteriormente no Anexo B, onde será detalhado o sistema de captação e distribuição da água pluvial, além do posicionamento das calhas, condutores, reservatórios e demais componentes.

4.15 Quantitativo de materiais e estimativa de custos

Após a execução do projeto, poderá ser estabelecido o quantitativo de materiais do sistema de aproveitamento de água pluvial, oferecendo a quantidade de cada peça que será utilizada na execução do projeto. Para poder estabelecer uma média de preço, será verificado conforme o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), fornecendo uma estimativa do valor total para o projeto apresentado.

4.16 Estimativa de economia de água potável

Após analisar a demanda de água não potável mostrada anteriormente (ver item 4.6), poderá ser feito uma estimativa de economia que o CMEI pode obter se comparado com a tarifa que a concessionária da cidade oferece. Neste caso, Três Pontas é abastecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) e a tarifa utilizada para o cálculo de economia será com o valor de R\$ 50,14 para consumo de até 50m³/mês para edificação pública.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Local de estudo

O Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI) está localizado no cruzamento da rua Ítalo Duarte com a rua Arthur Maciente, nº 405, no bairro Aristίδes Vieira. Composta por 2 pavimentos interligados e com uma área construída de 1311,97 m².

A figura 6 abaixo mostra que a obra do CMEI está em andamento recentemente.

Figura 6: Vista panorâmica lateral do Centro Municipal em Educação Infantil (CMEI).



Fonte: A autora (2019).

5.2 Estimativa de precipitação média mensal

A cidade de Três Pontas não dispõe de uma série histórica grande de dados de precipitação, para dispor de uma série de dados validados, foi utilizada como base a cidade de Varginha por ser município vizinho, coletados através da Estação Pluviométrica da Fazenda Experimental de Varginha, apresentado no quadro 03 a seguir, a fim de obter uma idéia a respeito do volume de chuva da região para seguir com o cálculo de volume dos reservatórios.

De acordo com a série histórica, o quadro 04 foi desenvolvido utilizando a média aritmética para calcular os valores de precipitação média mensal para cada mês dos anos de 2009 a 2018.

Quadro 3: Precipitação mensal expressa em mm.

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2009	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
2010	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
2011	338,2	90,4	337,6	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	119	110	225,8
2012	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
2013	419,2	221,6	173	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
2014	47,6	12,8	124	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
2015	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
2016	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170	160,6
2017	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2

Fonte: Fundação Procafé (2019).

Ao averiguar o quadro acima, nota-se que os valores precipitados nos meses de janeiro e dezembro são na maioria das vezes os maiores registrados entre todos os meses, resultando no mês de janeiro a maior média de precipitação mensal.

Quadro 4: Precipitação média mensal em milímetros (mm).

Mês	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2009	262,6	207	233	68,2	42	44,3	20,8	37,2	120,8	90,6	123,4	342,8
2010	198,4	141	116,6	18	14,4	16,4	10,8	0	83,5	126	225,2	176,2
2011	338,2	90,4	337,6	93,2	5,4	19,8	0,6	11,6	1,2	119	110	225,8
2012	334,8	49,2	185	85,2	33,8	110,6	22,6	0,8	29	47,2	140	224,6
2013	419,2	221,6	173	61	71,8	36	29,4	1	45,6	106,2	199,3	165,4
2014	47,6	12,8	124	82,4	15,4	6,4	33	14,4	46,8	39,6	117,6	164,6
2015	117	106,8	202	73,3	46	9,4	6,4	18	134,4	37	325,7	172,6
2016	345	164,4	175,1	21,4	30,8	54,2	0	45,2	12,8	146	170	160,6
2017	154	72,2	129,4	35	67	44,4	0,2	15,8	66,2	122	144,6	261
2018	188	166,2	68,2	16,8	27	26,8	2,4	75,4	103,6	116,2	157,8	207,2
Σ	2404,8	1231,6	1743,9	554,5	353,6	368,3	126,2	219,4	643,9	949,8	1713,6	2100,8
Média	240,48	123,16	174,39	55,45	35,36	36,83	12,62	21,94	64,39	94,98	171,36	210,08

Fonte: Fundação Procafé (2019).

5.3 Cálculo da intensidade de precipitação

Utilizando a equação de intensidade, duração e frequência (IDF), e os valores K, a, b e c, fornecidos pelo software Plúvio, sendo eles: K= 5690,461, a= 0,200, b= 32,626 e c= 1,080, aplicando na equação um período de retorno (T) de 5 anos e uma duração (t) de 5 minutos, sendo esses valores normativos, resultando no cálculo abaixo, será demonstrado a intensidade de precipitação para a cidade de Três Pontas – MG.

$$I_m = \frac{5690,461 \times 5^{0,200}}{(5 + 32,626)^{1,080}} = 156,10 \text{ mm/h} \quad (23)$$

De acordo com o valor da intensidade, será possível calcular a vazão de projeto da edificação.

5.4 Área de cobertura contribuinte

Analisando o projeto arquitetônico, foi possível encontrar os dados para se calcular a área contribuinte (Anexo A).

$$\text{Área de cobertura contribuinte 1} = \left[\left(2,435 + \frac{0,22}{2} \right) \times 12,35 \right] \times 8 = 251,4 \text{ m}^2 \quad (24)$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte 2} = \left[\left(1,70 + \frac{0,22}{2} \right) \times 8,05 \right] = 14,57 \text{ m}^2 \quad (24)$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte 3} = \left[\left(7,05 + \frac{0,65}{2} \right) \times 36,05 \right] \times 4 = 1063,5 \text{ m}^2 \quad (24)$$

$$\text{Área de cobertura contribuinte 4} = \left[\left(4,00 + \frac{0,40}{2} \right) \times 14,00 \right] \times 2 = 117,60 \text{ m}^2 \quad (24)$$

$$\text{Área Contribuinte Total} = 251,4 + 14,57 + 1063,5 + 117,60 = \mathbf{1447,07 \text{ m}^2}$$

Com a área contribuinte pode seguir para o cálculo da vazão de projeto da cobertura.

5.5 Cálculo da vazão de projeto

De acordo com a equação abaixo, será calculado a vazão de projeto utilizando os valores de intensidade de precipitação acordo com os dados fornecidos pelo Plúvio (item 5.3) e a área de contribuição citada anteriormente.

$$Q = \frac{156,10 \text{ mm/h} \times 1447,07 \text{ m}^2}{60} = 3764,8 \text{ litros/min} \quad (1)$$

5.6 Estimativa de demanda de água não potável

Com os valores estimados da demanda de água não potável (item 4.7), a tabela 7 foi desenvolvida para mostrar a quantidade de litros de água não potável que será utilizado no CMEI.

Tabela 7: Estimativa de consumo não potável.

Descrição	Quantidade	L/Descarga	Quant./Dia	Total L/dia
Pessoas	223	10	2	4.460
Jardim	m²	L/m²	Quant./semana	Total L/ semana
	361,64	2	2	1.447

Fonte: A autora (2019).

De acordo com a tabela a demanda de descarga conta com 223 pessoas sendo as 188 crianças (período integral) e os 35 funcionários e o valor da dimensão do jardim foi adquirido no projeto arquitetônico.

Para se ter um dimensionamento mais preciso, a tabela 8 demonstra como será o consumo de água não potável.

Tabela 8: Estimativa de consumo não potável em 5 dias.

Dias da semana	Uso	Demanda (L)
Segunda-feira	Sanitário	4.460
Terça-feira	Sanitário+Irrigação	5.183
Quarta-feira	Sanitário	4.460
Quinta-feira	Sanitário+Irrigação	5.183
Sexta-feira	Sanitário	4.460
Total nos 5 dias		23746,56

Fonte: A autora (2019).

De acordo com os dados apresentados, foi desenvolvida uma estimativa de demanda no decorrer de 20 dias de funcionamento por mês do CMEI.

Estimativa de demanda de água não potável considerando 4 semanas (1 mês):

$$Gastos = 23746,56 \text{ L} \times 4 = 94986,24 \text{ L/mês} \quad (25)$$

Com estes resultados será possível seguir para o dimensionamento das calhas e condutores da edificação.

5.7 Dimensionamento das calhas

As calhas serão dispostas no beiral de todas as águas do telhado, totalizando nove calhas, sendo assim, será calculada a vazão das calhas a partir do volume da vazão de projeto já calculada (item 5.5). As calhas foram dimensionadas também seguindo as especificações da NBR 10844 (item 3.4.4) respeitando a declividade e o diâmetro de cada calha quando estas forem instaladas.

$$\text{Comprimento da calha 1,2 e 3} = 36,45 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Comprimento da calha 4} = 8,45 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Comprimento da calha 5 e 6} = 14,15 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Comprimento da calha 7 e 8} = 14,9 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Comprimento da calha 9} = 6,7 \text{ m} \quad (26)$$

$$\text{Declividade da calha 1,2 e 3} = \frac{0,5 \times 36,45}{100} = 0,18 \text{ m} \quad (27)$$

$$\text{Declividade da calha 4} = \frac{0,5 \times 8,45}{100} = 0,04 \text{ m} \quad (27)$$

$$\text{Declividade da calha 5 e 6} = \frac{0,5 \times 14,15}{100} = 0,07 \text{ m} \quad (27)$$

$$\text{Declividade da calha 7 e 8} = \frac{0,5 \times 14,9}{100} = 0,07 \text{ m} \quad (27)$$

$$\text{Declividade da calha 9} = \frac{0,5 \times 6,7}{100} = 0,03 \text{ m} \quad (27)$$

$$\text{Vazão de cada calha} = \frac{3764,8}{9} = 418,31 \text{ litros/min} \quad (28)$$

$$\text{Diâmetro adotado de cada calha} = 200 \text{ mm}$$

Para facilitar o processo construtivo, serão utilizadas calhas com seções retangulares. Para isso, a área circular da calha com o diâmetro de 200 mm (0,0314 m²) passará para uma seção de 15x30 cm (0,045 m²).

Os posicionamentos das calhas estão demonstrados no APÊNDICE A.

5.8 Dimensionamento dos condutores verticais

De acordo com a norma NBR 10844 descrita anteriormente, os condutores verticais não deverão ser menores de 70 mm, sendo assim, será necessário calcular a vazão para cada condutor e também seu diâmetro mostrados abaixo.

Vazão dos condutores:

$$Q = \frac{3764,8}{23} = 163,69 \text{ litros/min} \quad (1)$$

Diâmetro para cada condutor:

$$163,69 = 0,019 \times 0,2^{5/3} \times D^{8/3} \quad (25)$$

$$D = \sqrt[8/3]{\frac{163,69}{0,019 \times (0,2)^{5/3}}} = 81,8 \text{ mm} \quad (25)$$

Sendo assim, o diâmetro adotado para cada condutor será de 100 mm. E seu posicionamento também será demonstrado no APÊNDICE A.

5.9 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais serão responsáveis de levar a água coletada dos condutores verticais até o reservatório, a NBR 10844 determina que a inclinação para esses condutores deva ser de no mínimo 0,5% e deve ser considerado um escoamento com lâmina de água igual a 2/3 do diâmetro interno. 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 20 metros nos percursos retilíneos. Os diâmetros para os condutores horizontais serão determinados de acordo com a vazão que será recebida dos condutores verticais da seguinte forma:

Cálculo da vazão dos condutores horizontais:

$$Q = 163,69 \times 1 = 163,84 \text{ litros/min} \quad (29)$$

Diâmetro de cada condutor horizontal de acordo com a tabela 05 (ver item 3.4.6) e sua respectiva inclinação:

$$D_{nominal} = 100\text{mm} ; I = 1\%$$

Os condutores horizontais que sairão das caixas de areia direcionando a água até o reservatório que receberem duas conexões receberá um acréscimo da vazão, dessa forma o diâmetro será:

$$Q = 163,69 \times 2 = 327,38 \text{ litros/min} \quad (29)$$

Diâmetro de cada condutor horizontal de acordo com a tabela 05 (ver item 3.4.6) e sua respectiva inclinação:

$$D_{nominal} = 150\text{mm} ; I = 1\%$$

Os detalhes para esses condutores horizontais serão apresentados no APÊNICE A.

5.10 Volume aproveitado de acordo com a precipitação média mensal

A tabela 9 abaixo mostra o volume de chuva estimado a ser aproveitado em cada mês do ano. Esta tabela foi desenvolvida utilizando os dados de precipitação média (item 4.2) e de volume aproveitável de água de chuva (item 4.10), também utilizou área de cobertura em projeção horizontal e o rendimento do filtro escolhido (item 3.4.7).

Tabela 9: Volume aproveitado da precipitação média mensal.

Mês	Prec. Med. (mm)	Área Cob. (m ²)	Run off	Rend. Filtro	Volume (L)	Volume (m ³)
Jan.	240,5	1447,07	0,8	0,7	194891,4	194,89
Fev.	123,2	1447,07	0,8	0,7	99836,3	99,84
Mar.	174,4	1447,07	0,8	0,7	141326,6	141,33
Abr.	55,45	1447,07	0,8	0,7	44934,4	44,93
Mai.	35,36	1447,07	0,8	0,7	28654,3	28,65
Jun.	36,83	1447,07	0,8	0,7	29845,5	29,85
Jul.	12,32	1447,07	0,8	0,7	9983,6	9,98
Ago.	21,94	1447,07	0,8	0,7	17779,3	17,78
Set.	64,39	1447,07	0,8	0,7	52179,0	52,18
Out.	94,98	1447,07	0,8	0,7	76967,9	76,97
Nov.	171,4	1447,07	0,8	0,7	138895,6	138,90
Dez.	210,1	1447,07	0,8	0,7	170256,5	170,26

Fonte: A autora (2019).

Analisando os dados da tabela acima e comparando com a demanda de água não potável (94,986 m³), é possível perceber que haverá meses em que o volume de chuva não só atenderá a demanda, como será possível armazenar a água excedente para os meses em que o volume não será suficiente.

5.11 Dimensionamento dos reservatórios

5.11.1 Dimensionamento do reservatório inferior

O reservatório será o equipamento que irá armazenar todo o volume de água para atender a demanda que a edificação irá gerar. Para efeito de comparação, o dimensionamento do reservatório foi estimado pelo método de Rippl e pelo método de Azevedo Netto.

A tabela 10 abaixo mostra o dimensionamento feito pelo método de Rippl (item 3.4.8.1) considerando o consumo mensal calculado na estimativa de consumo de água não potável (item 4.6) e também o volume de chuva utilizável como descreve a NBR 15527 (ABNT, 2007).

Tabela 10: Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl.

Mês	Dem. Mensal (m³)	Vol. Mensal (m³)	Vol. Reser. (m³)
Jan.	94,986	194,89	-99,91
Fev.	94,986	99,84	-4,85
Mar.	94,986	141,33	-46,34
Abr.	94,986	44,93	50,05
Mai.	94,986	28,65	66,33
Jun.	94,986	29,85	65,14
Jul.	94,986	9,98	85,00
Ago.	94,986	17,78	77,21
Set.	94,986	52,18	42,81
Out.	94,986	76,97	18,02
Nov.	94,986	138,90	-43,91
Dez.	94,986	170,26	-75,27
Volume do Reservatório (m³)			404,56

Fonte: A autora (2019).

Assim como a tabela anterior, foi feito o dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Netto (ver item 3.4.8.3), utilizando a área de cobertura, a quantidade de meses com pouca chuva e o somatório da precipitação média mensal, como mostra a tabela 11.

Tabela 11: Dimensionamento do reservatório pelo método de Azevedo Netto.

Fator	Prec. Anual (mm)	Área Cober. (m²)	Meses Pouca Chuva	Vol. Res. (m³)
0,042	1241,04	1389,45	5	362,12

Fonte: A autora (2019).

Como mostra as duas tabelas, os cálculos do volume do reservatório deram diferentes, pelo método de Rippl o volume do reservatório foi de 404,56 m³ enquanto o método de Azevedo Netto obteve o valor de 362,12 m³, podendo observar que mesmo sendo métodos diferentes os valores não foram discrepantes e deve ser levado em consideração que o método de Rippl fornece o volume máximo do reservatório.

Para favorecer o processo construtivo e garantir o fornecimento do maior volume de água possível, o reservatório ficará enterrado no solo na lateral da edificação, sendo construído em concreto armado, contendo as dimensões internas de 5,5 m x 5,0 m x 4,0 m (comprimento x largura x altura), destinando um metro da altura para as tubulações e os 3 metros restantes destinado ao armazenamento de água, possibilitando um volume de até 82.500 litros de água pluvial.

5.11.2 Dimensionamento do reservatório superior

O reservatório superior será dimensionado para atender a demanda de todas as 223 pessoas que utilizarão o CMEI mais os 723,5 litros que poderão ser utilizados com a irrigação do jardim em um dia. Para dimensionar o reservatório superior, tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Volume do Reservatório para um dia de utilização} &= 4460 + 723,5 = \\ &5183,5 \text{ litros} \end{aligned} \quad (30)$$

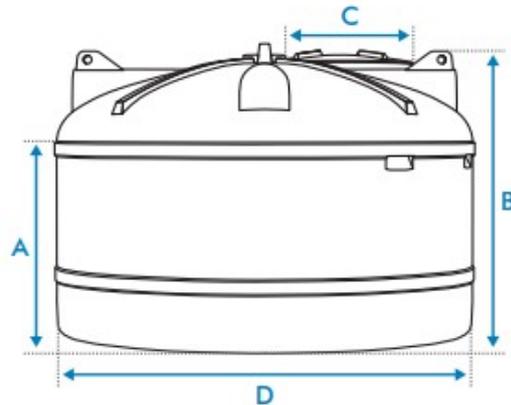
Será utilizada uma cisterna especial para reserva de água pluvial conforme mostra a figura 07.

Figura 07: Cisterna em polietileno da Fortlev.

CISTERNA FORTLEV

Modelos e Dimensões

- A** Altura do corpo
- B** Altura total
- C** Diâmetro da tampa
- D** Diâmetro do produto



Dimensão em metros

Capacidade (L)	Código	A	B	C	D
2.500	0.208.002.1	0,81	1,21	0,60	1,79
3.000	0.208.001.3	0,81	1,29	0,60	1,90
5.000	0.208.000.9	1,09	1,55	0,60	2,25

Fonte: Adaptado do catálogo de reservatórios da Fortlev (2019).

O volume utilizado para o reservatório superior será de 5.000 litros, devido ao fato de que o jardim não será irrigado todos os dias e sim duas vezes na semana, sendo assim, o volume de 5.000 litros atenderá a demanda de água pluvial sem acionar o sistema elevatório.

5.12 Dimensionamento do sistema elevatório

Para dimensionar o sistema elevatório será considerado a capacidade do reservatório superior (ver item 4.11.2) e o funcionamento da bomba será dado por um período de 5 horas. De acordo com esses dados será calculado os diâmetros que irá compor o sistema, além de ser possível apresentar as tabelas 12 e 13 a seguir:

Cálculo do diâmetro de recalque e sucção:

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

$$Q_{\text{projeto}} = (5 \times 1000) \div (3600 \times 5) = 0,28 \text{ litros/s} \quad (31)$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 1,2 \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,02 \text{ m} = 20,0 \text{ mm} \quad (17)$$

$$\emptyset \text{ recalque}_{ABNT} = 1,3 \times (5 \div 24)^{0,25} \times \sqrt{(0,28 \div 1000)} = 0,0147 \text{ m} = 14,7 \text{ mm} \quad (18)$$

$$\emptyset \text{ recalque} = 25 \text{ mm}$$

$$\emptyset \text{ sucção} = 30 \text{ mm}$$

Cálculo das perdas de carga de sucção e recalque:

L sucção = 1,5 m

L recalque = 30,45 m

C = 140 (PVC)

Tabela 12 - Comprimento equivalente de sucção (Ø30mm).

Peças	Quantidade	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Entrada normal	1	0,60	0,60
Joelho de 90°	1	2,00	2,00
Registro de gaveta aberto	1	0,40	0,40
L equivalente total (m)			3,00

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

Tabela 13 - Comprimento equivalente de recalque (Ø=25mm).

Peças	Quantidade	L equivalente unit. (m)	L equivalente (m)
Joelho de 90°	6	1,50	9,00
Válvula de retenção	1	3,80	3,80
Registro de gaveta aberto	1	0,30	0,30
Saída de canalização	1	1,30	1,30
L equivalente total (m)			14,40

Fonte: Adaptado de Creder (2006).

$$H_{fs} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,28 \div 1000)^{1,85}}{0,030^{4,87}} \times (1,5 + 3,0) = 0,036 \text{ m} \quad (19)$$

$$H_{fr} = \frac{10,641}{140^{1,85}} \times \frac{(0,28 \div 1000)^{1,85}}{0,025^{4,87}} \times (30,45 + 14,40) = 0,8663 \text{ m} \quad (19)$$

Cálculo da altura manométrica e da potência da bomba:

Hg sucção = 0,00 m

Hg recalque = 6,00 m

Rendimento do conjunto = 40%

$$H_{man} = 6,0 + 0,036 + 0,8663 = 6,9023 \text{ m} \quad (20)$$

$$Pot. \text{ bomba} = \frac{1000 \times (0,28 \div 1000) \times 6,9023}{75 \times 0,40} = 0,065 \text{ Cv} \quad (21)$$

$$Pot. \text{ bomba} + 50\% = 0,065 \times 1,5 = 0,0975 \text{ Cv} \quad (32)$$

De acordo com os diâmetros encontrados anteriormente de sucção e recalque e da figura 09, será possível propor a utilização de uma motobomba Amanco elétrica, do modelo XKm60-1-110, com 0,50 Cv de potência e com a capacidade de atingir uma altura manométrica de até 40,0 metros.

Figura 09: Especificação da bomba centrífuga Amanco

4. Especificação Bombas d'Água Amanco



Modelo	Vazão Máx.	Altura Máx.	Sucção Máx.	Tensão	Potência
XKm60-1 – 110	40 L/min	40 metros	8 metros	110V – 60Hz	½ HP – 0,37KW
XKm60-1 – 220	40 L/min	40 metros	8 metros	220V – 60Hz	½ HP – 0,37KW
XKm80-1 – 110	60 L/min	70 metros	8 metros	110V – 60Hz	1 HP – 0,75KW
XKm80-1 – 220	60 L/min	70 metros	8 metros	220V – 60Hz	1 HP – 0,75KW

Tipo da bomba: Periférica

Pressão máxima de serviço: 5 BAR

Temperatura máxima da água: 40°C

Temperatura máxima do ambiente: 40°C

Grau de proteção: IPX4

Diâmetro bocais: Roscáveis de 1"

Cor do produto: Verde

Fonte: Manual Técnico Amanco (2018).

5.13 Dimensionamento da rede de distribuição

Para atingir o objetivo de distribuir toda a água pluvial a fim de atender a demanda e as exigências da NBR 5626 (ABNT, 1998), foram desenvolvidos os quadros 05, 06, 07 e 08, definindo o peso relativo total, a vazão, o diâmetro adotado das tubulações, velocidade, comprimento das tubulações e também das peças usadas para conexão, perda de carga (hf), a pressão a montante e a jusante para todos os trechos e pontos de utilização da rede. Sendo toda a rede distribuída para vinte e seis bacias sanitárias e onze torneiras de jardim.

Quadro 05: Dimensionamento da rede de distribuição, Barrilete 01.

Rede	Trecho	Pt	Q (l/s)	Ø (mm)	Vel (m/s)	L tubo (m)	Peças	Hf (m)	P (Mon.)	P (Jus.)
Bar	1.0	321	5,375	85	0,947	28,9	15,9	0,50	0	1,05
Bar 1	1.1	321,2	5,377	85	0,948	3,23	3,9	0,08	1,05	0,97
Bar 1	1.1/1.2	321,2	5,377	85	0,948	7,05	11	0,20	0,97	0,77
Bar 1.2	TQ 5	0,4	0,190	20	0,604	2,35	0,8	0,10	0,77	0,67
TQ 5	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,7	1,2	0,12	3,47	3,35
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0	3,6	0,11	3,35	3,23
Bar 1.1	1.1.1/1.1.2/1.1.3	160,8	3,804	75	0,861	9,28	3,6	0,14	0,97	0,82
Bar 1.1.1	TQ 1	40,4	1,907	40	1,517	4,55	1,2	0,38	0,97	0,59
TQ 1	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,7	1,2	0,12	3,29	3,17
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	1,3	3,6	0,15	3,17	3,01
Bar 1.1.2	TQ3	160	3,795	50	1,933	0,48	2,3	0,21	0,97	0,76
TQ 3	R1	160	3,795	50	1,933	2,7	3,4	0,46	3,46	2,99
R1	-	160	3,795	50	1,933	1,7	2,1	0,29	2,99	2,70
R1	SR4	160	3,795	50	1,933	0,37	3,8	0,32	2,70	2,39
R1	SR3	120	3,286	50	1,674	0,72	3,8	0,27	2,39	2,12
R1	SR2	80	2,683	50	1,367	0,72	3,8	0,19	2,12	1,93
R1	SR1	40	1,897	50	0,966	0,71	2,8	0,08	1,93	1,85
Bar 1.1.3	TQ2	0,4	0,190	20	0,604	6,49	3,2	0,30	0,97	0,66
TQ 2	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,7	1,2	0,12	3,36	3,24
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0,07	3,6	0,11	3,24	3,13
TQ 4	R1	160	3,795	50	1,933	2,7	1,2	0,30	3,67	3,37
R1	-	160	3,795	50	1,933	1,7	2,1	0,29	3,47	3,18
R1	SR4	160	3,795	50	1,933	0,36	3,8	0,32	3,18	2,86
R1	SR3	120	3,286	50	1,674	0,72	3,8	0,27	2,86	2,60
R1	SR 2	80	2,683	50	1,367	0,72	3,8	0,19	2,60	2,41
R1	SR 1	40	1,897	50	0,966	0,7	2,8	0,08	2,41	2,33

Fonte: A autora (2019).

Quadro 06: Dimensionamento da rede de distribuição, Barrilete 02.

Rede	Trecho	Pt	Q (l/s)	Ø (mm)	Vel (m/s)	L tubo (m)	Peças	Hf (m)	P (Mon.)	P (Jus.)
Bar	2.0	400,8	6,006	60	2,124	37,9	20,1	4,14	0	1,05
Bar 2	2.1/2.2	400,8	6,006	60	2,124	5,15	3,2	0,60	1,05	0,45
Bar 2.1	TQ 8	0,4	0,190	20	0,604	2,26	2	0,13	0,45	0,32
TQ8	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,7	1,2	0,12	3,12	3,00
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0,5	2,8	0,10	3,00	2,90
Bar 2.2.2	TQ 10	40	1,897	40	1,510	2,13	0,7	0,18	0,45	0,27
TQ10	R1	40	1,897	40	1,510	2,8	1,2	0,26	2,97	2,71
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	1,2	0,08	2,71	2,63
Bar 2.2	2.2.1/2.2.2	400,4	6,003	60	2,123	4,67	2,4	0,50	0,95	0,45
Bar 2.2.1	TQ 6	360,4	5,695	50	2,901	0,19	0,8	0,15	0,45	0,30
TQ 6	R1	160	3,795	50	1,933	2,7	2,3	0,38	3,00	2,62
R1	-	160	3,795	50	1,933	2,8	2,1	0,37	2,62	2,25
R1	SR4	160	3,795	50	1,933	0,37	3,8	0,32	2,25	1,93
R1	SR3	120	3,286	50	1,674	0,72	3,8	0,27	1,93	1,67
R1	SR2	80	2,683	50	1,367	0,72	3,8	0,19	1,67	1,48
R1	SR1	40	1,897	50	0,966	0,71	2,8	0,08	1,48	1,40
Bar 2.2.1.1	TQ 9	40	1,897	40	1,510	2,48	3,5	0,39	0,65	0,26
TQ 9	R1	40	1,897	40	1,510	2,8	1,2	0,26	2,96	2,70
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	1,2	0,08	2,70	2,63
Bar 2.2.1.1	TQ 5	200	4,243	50	2,161	0,19	4,6	0,44	2,63	2,18
TQ 5	R1	160	3,795	50	1,933	2,8	3,4	0,47	4,98	4,51
R1	-	160	3,795	50	1,933	1,92	2,1	0,31	4,51	4,21
R1	SR4	160	3,795	50	1,933	0,37	3,8	0,32	4,21	3,89
R1	SR3	120	3,286	50	1,674	0,72	3,8	0,27	3,89	3,62
R1	SR2	80	2,683	50	1,367	0,72	3,8	0,19	3,62	3,44
R1	SR1	40	1,897	50	0,966	0,71	2,8	0,08	3,44	3,36
Bar 2.2.1	2.2.1.1/2.2.1.2	200,4	4,247	50	2,163	5,65	5,7	1,05	4,21	3,16
Bar 2.2.1.2	TQ 7	0,4	0,190	20	0,604	7,57	3,2	0,34	0,45	0,12
TQ 7	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,8	1,2	0,12	2,92	2,79
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0,07	2,4	0,08	2,79	2,72

Fonte: A autora (2019).

Quadro 07: Dimensionamento da rede de distribuição, Barrilete 03.

Rede	Trecho	Pt	Q (l/s)	Ø (mm)	Vel (m/s)	L tubo (m)	Peças	Hf (m)	P (Mon.)	P (Jus.)
Bar	3	121,2	3,303	50	1,682	30,14	7,5	2,24	0	1,05
Bar 3	TQ 11/3.1-3.2	121,2	3,303	50	1,682	2,83	1,3	0,25	1,05	0,80
TQ 11	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,8	0,5	0,10	3,60	3,50
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0	1,2	0,04	3,50	3,46
Bar 3	3.1/3.2	120,8	3,297	50	1,679	2,79	2,3	0,30	0,80	0,50
Bar 3.1	TQ 14	40,4	1,907	40	1,517	1,1	0,8	0,12	0,50	0,38
TQ 14	R1	40,4	1,907	40	1,517	2,8	2,2	0,33	3,18	2,85
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	1,3	0,08	2,85	2,76
Bar 3.1	TQ 16	0,4	0,190	20	0,604	7,63	2,2	0,31	0,50	0,20
TQ 16	R1	0,4	0,190	20	0,604	1,7	2	0,12	2,30	2,18
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0,387	2,6	0,09	2,18	2,09
Bar 3.2	3.2.1/3.2.2	80,4	2,690	50	1,370	8,7	2,2	0,45	0,70	0,25
Bar 3.2.1	TQ 12	40	1,897	50	0,966	1,78	4,6	0,14	0,25	0,10
TQ 12	R1	40	1,897	32	2,359	2,7	1,4	0,77	2,80	2,03
R1	-	40	1,897	32	2,359	0,28	0,7	0,18	2,03	1,85
Bar 3.2.2	TQ 13/3.2.2.1	40,4	1,907	50	0,971	0,27	4,6	0,11	0,70	0,59
TQ 13	R1	40	1,897	40	1,510	2,8	2,2	0,33	3,39	3,07
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	1,3	0,08	3,07	2,98
Bar 3.2.2	3.2.2.1	0,4	0,190	20	0,604	2,25	0,5	0,09	0,70	0,62
Bar 3.2.2.1	TQ 15	0,4	0,190	20	0,604	2,21	0,5	0,08	0,62	0,53
TQ 15	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,8	0,5	0,10	3,23	3,13
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0,05	1,2	0,04	3,13	3,09

Fonte: A autora (2019).

Quadro 08: Dimensionamento da rede de distribuição, Barrilete 04.

Bar	4	161,2	3,809	60	1,347	1,05	1,2	0,07	0	1,05
Bar 4	4.1/4.2	161,2	3,809	60	1,347	9,39	7,6	0,55	1,05	0,50
Bar 4.1	TQ 17	0,4	0,190	20	0,604	0,12	0,5	0,02	0,50	0,48
TQ 17	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,8	0,5	0,10	3,18	3,08
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	1,27	1,2	0,08	3,08	3,00
Bar 4.2	4.2.1/4.2.2	160,8	3,804	60	1,345	4,56	2,3	0,22	0,50	0,28
4.2.1	4.2.1.2/4.2.1.1	40,4	1,907	50	0,971	6,29	1,5	0,18	0,28	0,11
4.2.1.1	TQ 18	0,4	0,190	20	0,604	4,58	0,5	0,16	0,31	0,15
TQ 18	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,7	0,5	0,10	2,85	2,75
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0	1,2	0,04	2,75	2,71
4.2.1.2	TQ 19	40	1,897	40	1,510	0,23	1,2	0,09	0,31	0,21
TQ 19	R1	40	1,897	40	1,510	2,7	0,7	0,22	2,91	2,69
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	2	0,13	2,69	2,56
4.2.2	4.2.2.1/4.2.2.2	120,4	3,292	50	1,677	2,65	2,3	0,29	0,48	0,19
4.2.2.2	TQ 23	40	1,897	40	1,510	2,1	1,5	0,23	0,39	0,16
TQ 23	R1	40	1,897	40	1,510	1,7	2,1	0,25	2,86	2,61
R1	-	40	1,897	40	1,510	0,3	2,6	0,19	2,61	2,42
4.2.2.2	TQ 22/TQ 23	80	2,683	50	1,367	4,71	2,2	0,29	0,39	0,10
TQ 22	R1	40	1,897	40	1,510	1,7	2,1	0,25	2,80	2,56
R1	-	40	1,897	40	1,510	0,3	2,6	0,19	2,56	2,37
4.2.2.1	4.2.2.1.1/4.2.2.1.2	40,4	1,907	50	0,971	0,93	0,7	0,04	0,19	0,15
4.2.2.1.1	TQ 20	40	1,897	50	0,966	0,24	1,5	0,04	0,15	0,11
TQ 20	R1	40	1,897	40	1,510	2,8	3,2	0,39	2,91	2,52
R1	-	40	1,897	40	1,510	0	1,3	0,08	2,52	2,44
4.2.2.1.2	TQ 21	0,4	0,190	40	0,151	4,5	1,2	0,01	0,15	0,15
TQ 21	R1	0,4	0,190	20	0,604	2,8	1,2	0,12	2,85	2,72
R1	-	0,4	0,190	20	0,604	0	0,5	0,02	2,72	2,71

Fonte: A autora (2019).

6 ESTIMATIVA DE CUSTOS

Após dimensionar todo o sistema de aproveitamento de água pluvial e desenvolver o projeto, foi possível realizar um quantitativo de todo o material utilizado, desde peças, tubulações e outros itens que serão utilizados, permitindo estimar um valor que poderá ser gasto com os materiais caso o projeto seja executado.

Deste modo, as tabelas 14,15,16 e 17 do Apêndice B, a tabela 18 apresenta o total da estimativa, o consumo de materiais e gastos financeiros baseado nas tabelas orçamentárias SINAPI de todo o sistema de captação e distribuição.

Tabela 18: Estimativa de custo total do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Descrição	Valor
Setor de Captação	11020,40
Rede de Distribuição	6241,00
Sistema Elevatório	465,10
Reservatório Inferior	31416,47
SUB TOTAL (R\$)	49142,97

Fonte: A autora (2019).

Conforme apresentado no quadro 14 acima, estima-se que o sistema de aproveitamento de água pluvial para o Centro Municipal de Educação Infantil será no valor de R\$49.142,97 (quarenta e nove mil, cento e quarenta e dois e noventa e sete centavos).

7 ESTIMATIVA DE ECONOMIA

Para estabelecer um valor de economia para o CMEI, buscou-se os dados tarifários do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), que é a concessionária que faz o abastecimento de água potável na cidade de Três Pontas.

Baseando na demanda de água não potável do CMEI de 94,986 m³ por mês e no valor da tarifa de R\$50,14 (cinquenta reais e quatorze centavos) cobrada a cada 50 m³ foi estimado um valor de economia de água potável. Quando a edificação excede os 50m³ é cobrada mais uma taxa de R\$3,99 para os m³ excedentes, que no caso do CMEI será de 44,99 m³ usados em um edificação pública, a economia mensal de água potável será de R\$54,13 (cinquenta e quatro reais e treze centavos) e R\$649,56 (seiscentos e quarenta e nove reais e cinquenta e seis centavos) anual. Podendo ser recuperado em um período de retorno de 75 anos.

8 CONCLUSÃO

Tendo em vista que o cenário ambiental vem sendo cada vez mais desfavorável e que o planeta está indo contra a preservação dos recursos naturais, cresce a necessidade de utilizar recursos sustentáveis para diminuir o impacto que o homem está causando ao ambiente e vice-versa.

O sistema de aproveitamento de água pluvial é um exemplo desses recursos sustentáveis, ele vem atuando de maneira colaborativa com o ambiente. Independente do tamanho do sistema, da quantidade de água pluvial que possa ser captada e do destino final para essa água, somente a atitude de preservar pouco a pouco a água potável para os fins que ela é de suma importância, já é um fato positivo.

A utilização do sistema de aproveitamento pode fornecer água em lugares que estejam passando por crises hídricas, como cortes de distribuição e racionamentos. Além disso, rios e lagos vão ser preservados e terá a redução do consumo de água potável.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso apresentou um projeto de um sistema de captação e aproveitamento de água da chuva para o Centro Municipal de Educação Infantil (CMEI), onde se este projeto for implantado ao término de seu dimensionamento completo, tornará a edificação mais sustentável, reduzindo o consumo de água potável e, conseqüentemente, colaborando com o meio ambiente.

Através da análise de dados hidrológicos da região, foi possível calcular as etapas do dimensionamento que foram descritas no decorrer do trabalho. A demanda de consumo de água não potável foi alta, o que faz perceber que muita água potável pode ser economizada e sendo utilizada somente para cozinhar, beber, tomar banho, etc.

Por conseguinte, a partir da vazão de projeto encontrada, gerada pela área de contribuição, foi possível dimensionar todas as calhas e condutores que compõem o projeto e, seguidamente, utilizando a área de captação existente e os índices de precipitação média mensal, dimensionou-se um reservatório com capacidade para armazenar um volume de aproximadamente 82,5m³ de água pluvial.

Dando seqüência no dimensionamento, foi feito o projeto de captação e distribuição de água pluvial além do quantitativo dos materiais utilizados, estimando em um investimento de aproximadamente R\$49.142,97 podendo ser recuperado em até 75 anos.

Dessa maneira, não é indicado levar em consideração somente o período de retorno, pois dessa forma o investimento não é viável. O que deve ser considerado é a importância da preservação da água potável, sendo um elemento fundamental para a sobrevivência de todos

os seres vivos e também um elemento finito, que está sendo cada vez mais poluído e desperdiçado, gerando em várias regiões do país nos períodos de seca, racionamentos que deixam a população com pouquíssima ou nenhuma água potável para consumir.

Portanto, conclui-se que o CMEI está apto a receber um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial como foi demonstrado, além de economizar a água potável, a edificação estará colaborando com o meio ambiente minimizando os impactos negativos que a falta de água pode causar.

REFERÊNCIAS

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 abr. 2019.

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

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

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 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.

BARBOSA, Gilson. CÍCERA, Isabelly. LÚCIA, Carmen. **Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa**. Disponível em: <<https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/download/112/105/0>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO Júnior; Geraldo de Andrade. **Instalações hidráulicas prediais feitas para durar**, São Paulo: ProEditores, 1998. 238p.

CAMPOS, Mônica Maria; AZEVEDO, Flávio Rocha. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto**. *Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Junior*. Juiz de Fora, mai. 2013. Edição I. p. 23-42. Disponível em: <http://portal.viannajr.edu.br/files/uploads/20130523_155633.pdf> Acesso em: 14 Abr. 2019.

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

DUARTE, Elizete. **ESTUDOS DE REUSO DE ÁGUA EM CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS**. Disponível em: <<https://saturno.unifei.edu.br/bim/0035451.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2019.

ECOCASA. **Filtros Para Aproveitamento de Água de Chuva**. Disponível em: <<https://www.ecocasa.com.br/filtros>>. Acesso em: 18 mai. 2019.

ESQUADRÃO DO CONHECIMENTO. **Estação de Tratamento de Água – Etapas**. Disponível em: <<https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-de-tratamento-de-agua-eta-etapas/>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

ESQUADRÃO DO CONHECIMENTO. **Estação de Tratamento de Água – Etapas.** Disponível em: <<https://esquadraodoconhecimento.wordpress.com/ciencias-da-natureza/quim/estacao-de-tratamento-de-agua-eta-etapas/>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

Fortlev. Disponível em: <https://www.fortlev.com.br/uploads/2015/03/catalogo_de_produtos.pdf>. Acesso em: 12 out. 2019.

FUNDAÇÃO PROCAFÉ. **Fazenda Experimental de Varginha (FEV).**

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

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

GOULD & NISSEN, Petersen. **The Texas Manual on Rainwater Harversting.** Disponível em: <http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0353_2014.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2019.

DANIEL, Tavares. **Consumo médio de água por pessoa no mundo.** Disponível em: <<https://revistacasa Jardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Casa-e-Jardim-seimporta/noticia/2015/12/consumo-medio-de-agua-por-pessoa-no-mundo.html>>. Acesso: 20 mai. 2019.

PRADO, Darly. **Principais desastres ambientais no Brasil e no mundo.** Disponível em : <<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/12/01/principais-desastres-ambientais-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/paraguacu/panorama>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

KARLA, Renata. **Projeto de aproveitamento da água de chuva para o uso não potável domiciliar.** Disponível em:<<file:///C:/Users/pamel/Downloads/11988-Texto%20do%20artigo-57332-1-10-20171019.pdf>>. Acesso em : 17 mai. 2019

MENDES, Antonio& ROBERTO, Luiz. **Análise do Desperdício de água tratada por meio de vazamentos nas instalações hidráulico-sanitárias em edifícios residenciais.** Disponível em:<<http://servicos.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/PDF/35Assem005.pdf>>. Acesso em: 10 mai.2019.

MUNDO DA EDUCAÇÃO. **Concentração de recursos hídricos do Brasil.** Disponível em:<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/biologia/agua-1.htm>>. Acesso em: 14 mai. 2019.

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

OLIVEIRA, Delly & SAMPAIO, Ricardo. **Metodologia de diagnóstico energético em estação de captação de água**. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n10/v15n10a15.pdf>>. Acesso em: 16 mai. 2019.

PLÚVIO. Versão 2.1: GPRH – GrupodePesquisaemRecursosHídricos.Copyright2006.

REIS, Flavio. **Intensidade Pluviométrica – Hidromundo**.Disponívelem: <<http://www.hidromundo.com.br/intensidade-pluviometrica/>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

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

SABESP. **Companhia de Saneamento Básico de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: 31 mar. 2019.

SARTORI, Andrea. **APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS**. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/04/Aproveitamento-da-%C3%81gua-Pluvial-Para-Fins-N%C3%A3o-Pot%C3%A1veis.pdf>>. Acesso em: 31 mai. 2019.

SICKERMANN, Jack. **Aproveitar água da chuva é solução para economia e redução de enchentes**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/aproveitar-agua-da-chuva-e-solucao-para-economia-e-reducao-de-enchentes_12313_10_0>. Acesso em: 20 out. 2019.

TELES, Dirceu & COSTA, Regina. **Reúso da Água – Conceitos, Teorias e Práticas**. São Paulo: Blucher, 2010.

TOMAZ, Plínio. **A economia de Água para Empresas e Residências – Um estudo atualizado sobre o Uso Racional da Água**. São Paulo: Navegar, 2001a.

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

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água da chuva. Para áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar: São Paulo, 2005.

TUNDISI, José Galizia. **Recursos Hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VASCONCELOS, Yuri. **Água reciclada, ENGENHARIA SANITÁRIA**. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/2015/09/15/agua-reciclada/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

VELASCO, Clara. **Desperdício de água potável aumenta no Brasil**. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/desperdicio-de-agua-potavel-aumenta-no-brasil-e-perdas-chegam-a-mais-de-r-10-bilhoes-ao-ano-aponta-estudo.ghtml>>. Acesso em: 02 mai. 2019.

APÊNDICE A

APÊNDICE B