

CENTRO UNIVERSITÁRIO SUL DE MINAS - UNIS/MG

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

RAFAEL TAVARES PINTO

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL NA
CIDADE DE VARGINHA – MG.**

**VARGINHA
2017**

RAFAEL TAVARES PINTO

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL NA
CIDADE DE VARGINHA – MG.**

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

**VARGINHA
2017**

RAFAEL TAVARES PINTO

**PROJETO DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL
PARA UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR VERTICAL NA
CIDADE DE VARGINHA – MG**

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

Aprovado em / /

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho à minha mãe e a toda
minha família e amigos que não mediram
esforços para que eu chegasse até esta
etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela vida, a saúde e por me guiar nos momentos mais difíceis.

A minha mãe, Eliana Maria de Figueiredo Tavares, que sempre esteve presente em minha trajetória, me educando, apoiando e batalhando muito para que eu consiga concluir minha graduação.

Ao meu padrasto, Luiz Augusto Cominato Rocha, por ter me incentivado no esporte e nos estudos. Desistir nunca era uma opção, foi e sempre será um exemplo para mim.

Ao meu irmão, Luiz Felipe Tavares Cominato Rocha, sendo um dos motivos para que eu não desistisse nos momentos mais difíceis.

Ao meu pai e avô, Jonatas Pires Moreira Pinto e José Gomes Pinto pelo apoio para que eu pudesse concluir o curso.

A minha tia Rozana Tavares pelo apoio e auxílio na revisão deste trabalho.

Aos meus amigos de sala Letícia Sarto, Rafael Venâncio, Rodrigo Petrin, Phelipe Gomes e Luiz Igino que sempre se mantiveram ao meu lado.

Aos meus velhos amigos do vôlei, que ao longo desta caminhada foram minha válvula de escape nos momentos mais estressantes.

A todos da BRZ Empreendimentos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

“Quem acredita sempre
alcança”.

RENATO RUSSO

RESUMO

O aproveitamento da água de chuva é uma maneira de minimizar o consumo de água potável, redução de gastos financeiros, diminuição nos índices de enchentes e, em determinados lugares, solução para o combate da escassez hídrica. Diante deste contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo a análise da viabilidade da implantação do possível sistema de aproveitamento de água pluvial para o condomínio Portal Jardim do Sol I em Varginha-MG. O início se deu por meio de pesquisas bibliográficas a fim de adquirir os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento do projeto. Em seguida, partiu-se para o levantamento de dados do condomínio, estimativa do potencial hidrológico do empreendimento, capacidade de captação de água de chuva através dos telhados, visitas ao local, entrevistas com funcionários e reuniões com o atual gestor do condomínio para uma análise mais acurada da real situação da copropriedade. Após análises dos resultados, foi preciso repensar o destino final da água de chuva captada, desconsiderando o aproveitamento da água de chuva coletada em descargas sanitárias pela dificuldade e transtorno que as obras para implantação de uma nova tubulação predial causariam aos moradores. Estudos e cálculos foram desenvolvidos para que fosse possível chegar a um volume de reservatório que fosse viável para as áreas disponíveis do condomínio. Baseado em toda teoria adquirida e dados obtidos foi possível constatar que o sistema é viável para o condomínio Portal Jardim do Sol I que possui 6.646,58 m² de área de captação contabilizando as 19 torres do empreendimento, sendo capaz de gerar um volume médio mensal de água de chuva de 715.615,11 litros, o que é suficiente para suprir a demanda estimada do consumo de água para fins não potáveis o qual é de 449.988,50 litros. Ao final, foram discutidas as prováveis soluções para a implantação do sistema, atentando-se para as dimensões e possíveis locais para os reservatórios e sistemas elevatórios, abrindo espaço para o dimensionamento do projeto e iniciando uma futura pesquisa para calcular o alcance da viabilidade econômica financeira da implantação do sistema.

Palavras-chave: Água da chuva; sistema de aproveitamento de água pluvial; Condomínio Portal Jardim do Sol I.

ABSTRACT

The use of rainwater is a way to minimize the consumption of drinking water, reduction of financial expenses, reduction in flood rates and in certain places, solution to combat water scarcity. In view of this context, the main objective of this work was to analyze the viability of the implantation of the possible rainwater utilization system for the Portal Jardim do Sol I condominium in Varginha-MG. The beginning was done through bibliographical research to acquire the theoretical concepts necessary for the development of the project. After that, we set out to collect data on the condominium, estimate the hydrological potential of the project, the capacity to collect rainwater through the roofs, visits to the site, interviews with employees and meetings with the current condominium manager for a more detailed analysis. The real situation of the co-ownership. After analyzing the results, it was necessary to rethink the final destination of the collected rainwater, disregarding the use of rainwater collected in sanitary discharges due to the difficulty and inconvenience that the works for the implantation of a new building pipe could cause to the residents. Studies and calculations were developed to make it possible to reach a volume of reservoir that would be feasible for the available areas of the condominium. Based on all theory acquired and data obtained it is possible to verify that the system can be viable for the condominium Portal Jardim do Sol I that has 6.646,58 m² of catchment area counting the 19 towers of the development, being able to generate an average monthly volume of rainwater of 715.615,11 liters, being sufficient to supply the estimated demand of water consumption for non-potable purposes that is 449,988.50 liters. At the end, possible solutions were discussed for the implementation of the system, taking into account the dimensions and possible locations for the reservoirs and lifting systems. Opening a space for the project sizing and a future research to calculate the reach of the economical financial feasibility of the implantation of the system.

Keywords: Rainwater; Rainwater utilization system; Portal Jardim do Sol I.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachadas dos blocos do condomínio Portal Jardim do Sol I	16
Figura 2: Vista aérea do condomínio Portal Jardim do Sol I	17
Figura 3: Representação do apartamento.....	17
Figura 4: Vista dos telhados dos blocos do condomínio.	18
Figura 5: Diagrama de cobertura – Torre Padrão	19
Figura 6: Reservatórios superiores	19
Figura 7: Jardins	20
Figura 8: Piscinas e Salão de Festa.....	20
Figura 9: Área de Lazer	21
Figura 12: 3P Filtro Volumétrico VF6	40
Figura 13: Elementos Hidráulicos	41
Figura 14: Ábaco y/D	42
Figura 15: Reservatório Superior Tipo Taça	44
Figura 16: Dados Pluviométricos	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água	22
Tabela 2: Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de	23
Tabela 3: Taxa de consumo de água.....	23
Tabela 4: Demanda de água não potável estimada para o Condomínio Portal Jardim do Sol 1.....	24
Tabela 5: Média pluviométrica, em mm, para a cidade de Varginha - MG	25
Tabela 6: Cálculo do potencial de captação de água de chuva.....	26
Tabela 7: Cálculo de volume do reservatório	27
Tabela 8: Cálculo do novo consumo mensal	29
Tabela 9: Cálculo do potencial de captação mensal considerando a área de cobertura de 9 torres	29
Tabela 10: Cálculo de volume do reservatório considerando a nova demanda mensal e área de cobertura para captação	30
Tabela 11: Cálculo de volume do reservatório considerando a área de captação de 19 torres.	31
Tabela 12: Coeficiente de rugosidade n de Manning	37
Tabela 13: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	38
Tabela 14: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)	39
Tabela 15: Parâmetros utilizados no projeto	42
Tabela 16: Dimensionamento Galeria	43
Tabela 17: Diâmetro econômico das canalizações de recalque (funcionamento contínuo)	46
Tabela 18– Comprimentos equivalentes – Bomba	47
Tabela 19: Cálculo do potencial de captação de água de chuva.....	49
Tabela 20: Cálculo do novo consumo mensal	50
Tabela 21: Cálculo de volume do reservatório considerando a área de captação de 19 torres.	51
Tabela 22– Rendimento de motores elétricos.....	55
Tabela 23– Rendimento de bombas centrífugas.....	55
Tabela 24– Quantitativo de Calhas.....	62
Tabela 25– Quantitativo de Condutores Verticais.....	62
Tabela 26– Quantitativo de Condutores Horizontais.	62
Tabela 27– Quantitativo Galeria.....	62
Tabela 28– Estimativa de Custo.	63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 DIAGNÓSTICO	16
3.1 APRESENTAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	16
3.2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA EXISTENTE	18
3.3 DETERMINAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO CONDOMÍNIO.....	21
3.4 CONSUMO ESTIMADO DE ÁGUA PLUVIAL.....	22
3.5 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....	25
3.6 ANÁLISE DA DEMANDA, POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E VIABILIDADE.....	26
4 PROJETO	32
4.1 MEMORIAL DESCRITIVO	32
4.1.1 <i>Dados pluviométricos de projeto</i>	32
4.1.2 <i>Determinação da área de cobertura</i>	33
4.1.3 <i>Dimensionamento de Calhas, Condutores e Galeria</i>	34
4.1.4 <i>Reservatórios</i>	43
4.1.5 <i>Sistema Elevatório</i>	45
4.1.6 <i>Rede de Distribuição</i>	48
4.2 MEMORIAL DE CÁLCULO	48
4.2.1 <i>Cálculo 01 – Área da superfície de captação</i>	48
4.2.2 <i>Cálculo 02 - Volume de água pluvial possível de captação</i>	49
4.2.3 <i>Cálculo 03 - Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis</i>	49
4.2.4 <i>Cálculo 04- Reservatório superior</i>	50
4.2.5 <i>Cálculo 05- Reservatório inferior</i>	51
4.2.6 <i>Cálculo 06 – Cálculo da vazão de projeto para calhas e condutores horizontal e vertical</i>	51
4.2.7 <i>Cálculo 07 – Dimensionamento das calhas</i>	53
4.2.8 <i>Cálculo 08 - Dimensionamento do condutor vertical</i>	54
4.2.9 <i>Cálculo 09 – Altura manométrica</i>	54
4.2.10 <i>Cálculo 10 – Potência da bomba</i>	55
4.3 ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS E SERVIÇOS	55
4.3.1 <i>Materiais</i>	56
4.3.2 <i>Serviços</i>	57
4.4 QUANTITATIVO DE MATERIAIS E ESTIMATIVA DE CUSTOS	61
5 PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO	65
6 CONCLUSÃO.....	66
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE A	71
APÊNDICE B.....	72
APÊNDICE C	73
ANEXO A.....	75

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso hídrico vital para a sobrevivência dos seres vivos, além de ser essencial para o desenvolvimento de atividades agrícolas, industriais e sociais impactando diretamente a economia de uma região.

A captação de água de chuva é uma técnica muito antiga e que foi sendo abandonado ao longo do tempo, à medida que os sistemas de água encanada foram se expandindo. Atualmente vem-se buscando um resgate desta prática, porém com a utilização de novas tecnologias que viabilizem a implantação do sistema. Sendo a água um recurso passível de escassez, torna-se inviável a utilização de água potável para fins menos nobres, como lavar calçadas, carros e regar plantas e jardins, práticas comuns em qualquer cidade, que poderiam muito bem ser realizadas com a água pluvial captada dos telhados das próprias residências. Em alguns casos, como na irrigação de jardins, esta substituição é realizada com vantagens, em função da composição química da água de chuva.

Outro aspecto importante da aplicação desta fonte alternativa de água é que uma vez coletada e armazenada, pode-se, ainda, prevenir cheias comuns em grandes centros populacionais onde as áreas permeáveis e sistemas de drenagens são insuficientes comparado ao volume de precipitação da região.

Há que se considerar ainda a distribuição geográfica dos recursos hídricos no Brasil e no Mundo. Mesmo sendo o Brasil detentor de aproximadamente 14% de toda a água doce superficial do planeta, 70% deste recurso está localizado na região amazônica, ou seja, na região menos povoada do país. Em contrapartida, as regiões Sudeste e Nordeste concentram a menor parcela de água disponível no território brasileiro e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira (ANA – Agência Nacional de Águas, 2009).

Atualmente com o grande avanço tecnológico, o crescimento demográfico desordenado juntamente com o uso incorreto da água, intensificam o problema da escassez hídrica. Com isso, são indispensáveis medidas corretivas e conscientização da população para que haja desenvolvimento de projetos sustentáveis com mais frequência a fim de garantir a preservação da água para que as próximas gerações não sofram com a falta de água pela omissão da população de hoje.

O presente trabalho é importante para evidenciar que o sistema de aproveitamento de água pluvial é viável e traz benefícios para o local de implantação, tanto financeiros quanto ambientais.

O projeto de captação de água pluvial será proposto para um condomínio multifamiliar para que seja possível o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis, sendo a princípio utilizada em bacias sanitárias, irrigação de jardins e limpeza em geral.

No decorrer do presente trabalho será apresentado o embasamento teórico adquirido para o desenvolvimento do assunto e posteriormente será apresentado um diagnóstico sobre o local proposto para o sistema e uma análise entre demanda e potencial de volume de água que o sistema pode oferecer para fins não potáveis. Todas estas análises foram realizadas por meio de vistorias técnicas ao local de estudo com medições, entrevistas, fotos e consultas ao projeto a fim de conhecer o empreendimento e dimensionar um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva que seja viável para o condomínio.

Desta forma, o presente trabalho se justifica pelo fato de que o aproveitamento da água pluvial poderá gerar uma economia financeira para o condomínio, evitando a aplicação do uso de água potável para fins menos nobres, contribuindo para solucionar os problemas de escassez de recursos hídricos, redução de enchentes e ainda qualificando a gestão atual do empreendimento com um selo de sustentabilidade e valorizando ainda mais o condomínio.

O trabalho também poderá servir como material de auxílio para o desenvolvimento de outros estudos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto de captação e aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis em um condomínio residencial multifamiliar vertical na cidade de Varginha – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- a. Realizar uma revisão bibliográfica dentro do contexto deste trabalho.
- b. Identificar o potencial hidrológico da área e determinar a vazão pluvial disponível e de consumo do condomínio.
- c. Diagnosticar e analisar o sistema pluvial existente no condomínio.
- d. Dimensionar o sistema de aproveitamento de água para edificação deste projeto;
- e. Fazer um quantitativo dos componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial;
- f. Estimar um valor para implantação do sistema.

3 DIAGNÓSTICO

3.1 Apresentação do local de estudo

O sistema de aproveitamento de água pluvial desenvolvido foi proposto para o condomínio residencial Portal Jardim do Sol I, localizado na cidade de Varginha, Minas Gerais, na Avenida Laís Zaiden Silva, 550, no bairro Sagrado Coração. O empreendimento conta com 19 prédios, cada um com 16 apartamentos, divididos em 4 andares (Figura 1), totalizando 304 apartamentos (Figura 2).

Figura 1: Fachadas dos blocos do condomínio Portal Jardim do Sol I.



Fonte: O autor.

Figura 2: Vista aérea do condomínio Portal Jardim do Sol I



Fonte: BRZ Empreendimentos (2017).

Cada apartamento do empreendimento possui sala para dois ambientes (estar e jantar), dois quartos, cozinha americana conjugada com a área de serviço, banheiro e uma vaga de garagem (Figura 3).

Figura 3: Representação do apartamento



Fonte: BRZ Empreendimentos (2017).

3.2 Descrição do sistema existente

O sistema de drenagem pluvial existente no condomínio é somente para a área comum, possuindo sarjetas e galerias. As torres não contam com nenhum dispositivo de captação e condução de água de chuva.

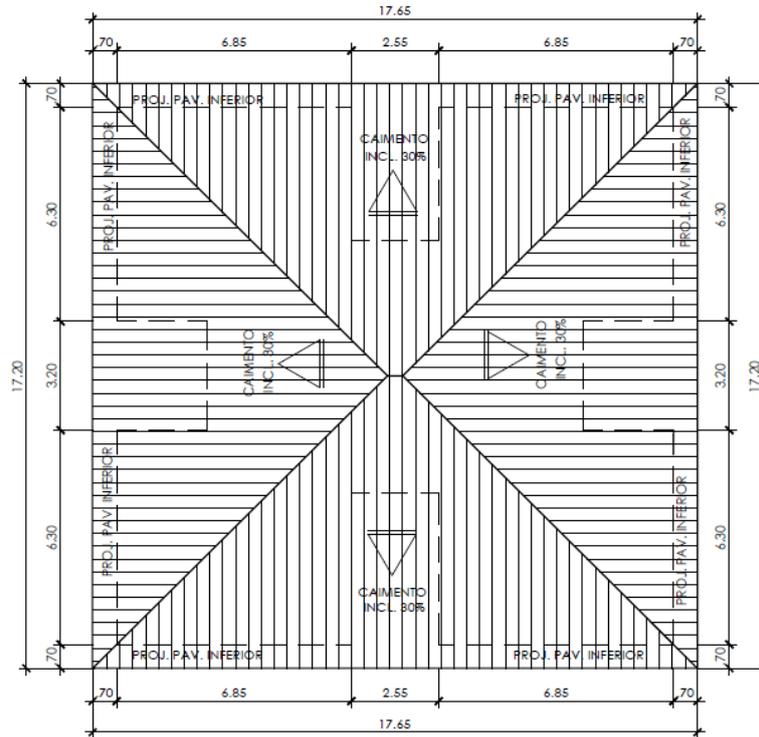
A cobertura de cada bloco possui um telhado de estrutura metálica coberta por telhas de concreto. O telhado é de quatro águas, altura de 2,62 metros e com uma inclinação de 30°, cobrindo uma área de 303,58 m² (Figuras 4 e 5).

Figura 45: Vista dos telhados dos blocos do condomínio.



Fonte: O autor.

Figura 6: Diagrama de cobertura – Torre Padrão



Fonte: O autor.

Cada bloco conta com dois reservatórios superiores de água potável, de 5.000 litros cada, posicionados centralizados na cobertura, para o abastecimento de 16 apartamentos (Figura 6).

Figura 7:8 Reservatórios superiores



Fonte: O autor.

A área comum do empreendimento conta com uma vaga de carro para cada apartamento, área de jardim (Figura 7) de aproximadamente 9.000 m² e duas piscinas (Figura 8) de 90 m³ e 3,5 m³ respectivamente.

Figura 9: Jardins



Fonte: O autor.

Figura 10: Piscinas e Salão de Festa



Fonte: O autor.

O condomínio também conta com uma área de lazer composta por um salão de festa, churrasqueiras, jardins e quadra esportiva (Figuras 9).

Figura 11: Área de Lazer



Fonte: O autor.

3.3 Determinação do consumo de água no condomínio

O condomínio é abastecido pela concessionária responsável pelo saneamento básico de Varginha. Todo o sistema trabalha por gravidade, alimentando os reservatórios superiores de cada torre e pontos de água da área comum do empreendimento.

A conta de água é cobrada pelo consumo por bloco, ou seja, um hidrômetro em cada torre. Para a área comum, são dois hidrômetros que contabilizam o consumo de água do condomínio. Um se encontra na portaria e o segundo no salão de festas.

O consumo médio mensal atualmente no condomínio, contabilizando as contas de água disponíveis dos meses de fevereiro, março, abril e maio, de todas as torres e gastos do condomínio em área comum, é de 1.141,47 m³ de água, resultando em uma média de gasto mensal de aproximadamente R\$ 9.274,00 (nove mil, duzentos e setenta e quatro reais). Considerando que o condomínio não se encontra próximo do seu limite populacional, são 304 apartamentos com cerca de 100 apartamentos já habitados, o valor

médio do consumo de água obtido representa aproximadamente um terço da real demanda do empreendimento.

A proposta inicial do sistema é que a água captada seja aproveitada para o uso em descarga de bacias sanitárias, limpeza em geral da área comum (passeio, escada dos blocos, etc.), irrigação dos jardins e piscinas.

3.4 Consumo estimado de água pluvial

Segundo Tomaz (2011) é possível estimar o consumo de água residencial usando parâmetro de engenharia, contudo, a grande dificuldade está na quantidade de informações necessárias e nem sempre disponíveis.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os parâmetros usados nos Estados Unidos para consumo residencial de água. No Brasil, utilizamos somente algumas estimativas, já que não há pesquisas sobre esse consumo em nosso país (TOMAZ, 2011).

Tabela 1: Parâmetros de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacia sanitária	percentagem	0	30	9
Frequência de banho	banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	litros/segundos	0,08	0,3	0,15
Uso da banheira	banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundos	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	litros/segundos	0,126	0,189	0,15

Fonte: Tomaz, 2011. Nota: foi considerada a pressão nas instalações de 40m.ca.

Tabela 2: Parâmetros de engenharia estimativa da demanda residencial de água potável para uso externo.

Uso interno	Unidades	Valores
Casas com piscina	porcentagem	0,1
Gramma ou jardim	litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	lavagem/mês	4
Mangueria de jardim 1/2"x20m	litros/dia/m ²	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m ²	3
Perdas para evaporação em piscina	litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: Tomaz, 2011.

Tomaz (2011) indica taxas de consumo de água mais aplicadas na prática (Tabela 3):

Tabela 3: Taxa de consumo de água

Descarga em bacias sanitárias	9,0 litros/descarga
Rega de jardim comum	2 litros/m ² xdia
Rega de jardim tipo campo de golfe	4 litros/m ² xdia
Limpeza de pátios comuns	2 litros/m ² xdia

Fonte: Tomaz, 2012.

Para a estimativa do gasto mensal de água não potável (Tabela 4), foram considerados os dados das Tabelas 1, 2 e 3 e uma taxa de ocupação de 2 habitantes por dormitório, ou seja, 4 moradores por apartamento.

São 304 bacias sanitárias, uma em cada apartamento, mais 6 na área comum, totalizando 310 bacias sanitárias, todas elas compostas de caixa acoplada.

Tabela 4: Demanda de água não potável estimada para o Condomínio Portal Jardim do Sol 1.

Utilização	Consumo médio		Demanda (unidade)	Demanda diária (L)	Dias de uso estimado	Demanda Mensal (L)
	Quantidade unitária	Unidade				
Descarga Sanitária	7	l/descarga	1240	8.680,00	30	260.400,00
Lavagem de piso da área comum (hall, salão, guarita, etc.)	2	l/m ² /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m ² /dia	9000	18000	8	144.000,00
Piscinas (Manutenção e Perdas com Evaporação)	8,75	l/m ² /dia	83,80	733,25	10	7.332,50
Consumo mensal estimado (L)						449.988,50

Fonte: O autor.

Para os cálculos do volume de demanda das descargas sanitárias considerou-se uma população de 1240 (mil, duzentos e quarenta) pessoas, contabilizando moradores e funcionários o que resulta em aproximadamente 57% dos gastos com água potável em atividades nas quais é possível a substituição por água pluvial.

Para o jardim, levantou-se a metragem quadrada conforme projeto de implantação do empreendimento e conferência de medições *in loco* juntamente ao engenheiro responsável pela obra, obtendo uma área de jardim de 9.000 m². A partir disto, foi realizada uma consulta com o responsável pela jardinagem do condomínio para conhecimento da rotina de irrigação do jardim do empreendimento o qual informou que, atualmente, irriga os jardins o mínimo possível para economizar na conta de água do condomínio, realizando a irrigação cerca de 1 vez por semana, quando o ideal para jardins é de pelo menos 2 vezes por semana, com uma aguagem abundante, o que resultaria em 32% do consumo mensal de água do empreendimento.

Para o cálculo do consumo na limpeza e manutenção da piscina utilizou-se a área em metros quadrados conferida em visitas ao empreendimento e a aplicação de índices conforme unidades de medida encontradas na Tabela 16, que representam os 11% restantes da consumação de água potável em atividades onde pode ser aplicável o aproveitamento de água pluvial.

Assim sendo, verificou-se a possibilidade de um racionamento de aproximadamente 449.988,50 litros/mês de água potável consumida em atividades em

que, se é possível o aproveitamento da água de chuva, resulta em uma economia de cerca de R\$ 3.653,90, reduzindo aproximadamente 40% o valor da conta de água.

3.5 Determinação do potencial de captação de água de chuva

A partir da planta de cobertura obtida com a construtora, apresentada na Figura 32, foi possível calcular a área de projeção da cobertura passível de captação de água de chuva. Para o cálculo foi utilizada a NBR 10844 (ABNT 1989), para a correção do valor de área em planta para área inclinada.

Obteve-se então uma área de captação de 349,82 m² para uma torre e uma área total de captação de 6.646,58 m² contabilizando as 19 torres do empreendimento.

Para o cálculo do volume possível de ser captado foram utilizadas a equação 9, o coeficiente de escoamento superficial (C) da tabela 13 e área de contribuição total obtida acima. Os dados de precipitação foram retirados da Tabela 5, fornecida pela Fundação Procafé de Varginha – MG. Para o cálculo foram consideradas as médias mensais dos últimos doze anos.

Tabela 5: Média pluviométrica, em mm, para a cidade de Varginha - MG

Mês	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Média
Janeiro	466	157	437	263	263	199	339	335	420	47,6	117	345	282
Fevereiro	71	183	70	342	207	141	91	49	222	12,8	106,8	164,4	138
Março	183	306	46	290	233	117	261	185	161	117,8	202	175,1	190
Abril	83	10	38	200	68	18	93	85	61	82,4	73,3	21,4	69
Maio	116	21	67	35	42	15	6	34	72	15,4	46	30,8	42
Junho	71	9	5	36	44	17	20	111	36	6,4	9,4	54,2	35
Julho	39	4	23	1	21	11	1	23	30	33	6,4	0	16
Agosto	27	16	0	35	37	0	12	1	1	14,4	18	45,2	17
Setembro	69	103	0	81	121	84	2	29	46	46,8	134,4	12,8	61
Outubro	115	103	110	135	91	126	121	47	106	39,6	37	146	98
Novembro	150	267	201	249	124	225	110	140	200	117,6	325,7	170,8	190
Dezembro	324	261	190	252	343	176	226	225	166	164,6	172,6	160,6	222
Total	1714	1440	1187	1919	1594	1129	1282	1264	1521	698	1249	1326	1360

Fonte: Fundação Procafé, (2017).

Com todos os dados disponíveis foi possível determinar o volume do potencial de captação de água de chuva estimado para cada mês. O resultado está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Cálculo do potencial de captação de água de chuva

Mês	Precipitação média (mm)	Área (m²)	Coefficiente de Runoff	Volume mensal (L)
Janeiro	282	6646,58	0,95	1.780.618,78
Fevereiro	138	6646,58	0,95	871.366,64
Março	190	6646,58	0,95	1.199.707,69
Abril	69	6646,58	0,95	435.683,32
Mai	42	6646,58	0,95	265.198,54
Junho	35	6646,58	0,95	220.998,79
Julho	16	6646,58	0,95	101.028,02
Agosto	17	6646,58	0,95	107.342,27
Setembro	61	6646,58	0,95	385.169,31
Outubro	98	6646,58	0,95	618.796,60
Novembro	190	6646,58	0,95	1.199.707,69
Dezembro	222	6646,58	0,95	1.401.763,72
Volume anual (L)				8.587.381,36
Volume médio mensal (L)				715.615,11

De posse da área de telhado disponível para a captação de água pluvial e dos índices médios de precipitação é possível uma coleta média mensal de água de aproximadamente 715.615,11 litros no total do empreendimento, ou seja, 37.663,95 litros captados mensalmente por torre.

3.6 Análise da demanda, potencial de captação e viabilidade

Por meio dos cálculos realizados é possível afirmar que o Condomínio Portal Jardim do Sol I tem potencial de captação de água de chuva suficiente para a implantação de um sistema de coleta e aproveitamento de águas pluviais para o uso não potável.

Comparando o consumo médio mensal estimado de 449.988,50 litros com a média mensal possível de captação de 715.615,11 litros pode-se afirmar que o condomínio conseguirá suprir suas demandas com o volume de água de chuva captado pela área de cobertura de suas torres. Porém é preciso atentar-se ao fato de que os dados foram obtidos através de uma média mensal, o que não assegura que o empreendimento terá esse volume de precipitação em todos os meses.

No período das chuvas, entre os meses de outubro a março, será possível uma coleta de água bem maior que a demanda do condomínio, porém na época da estiagem, entre os meses de abril a setembro, a precipitação média fica abaixo, podendo afetar o

volume do reservatório e conseqüentemente a funcionalidade do sistema. Para que isso não ocorra faz-se necessário uma análise quantitativa e a realização de cálculos para que seja efetuado o armazenamento de água excedida nos meses chuvosos para suprir o déficit de precipitação no período de seca.

Para a realização do cálculo de volume a ser armazenado a cada mês da estação chuvosa é preciso contar com um reservatório com dimensões e capacidade que suportem os volumes mensais, mais o volume excedido, até que comece o período de seca, quando o volume do reservatório diminuirá, até que retorne o período chuvoso, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Cálculo de volume do reservatório

Meses	Volume mensal (m ³)	Demanda Mensal (m ³)	Diferença entre volume e demanda de chuva (m ³)	Diferença acumulada (m ³)	Situação do reservatório
Janeiro	1783,04	449,99	-1333,05	-1333,05	E ¹
Fevereiro	873,47	449,99	-423,48	-423,48	E ¹
Março	1198,08	449,99	-748,09	-748,09	E ¹
Abril	438,37	449,99	11,62	11,62	D ²
Maiο	263,20	449,99	186,79	198,41	D ²
Junho	220,47	449,99	229,52	427,93	D ²
Julho	101,24	449,99	348,75	776,68	D ²
Agosto	108,71	449,99	341,28	1117,96	D ²
Setembro	383,59	449,99	66,40	1184,35	D ²
Outubro	619,11	449,99	-169,12	1015,23	S ³
Novembro	1199,76	449,99	-749,77	265,46	S ³
Dezembro	1400,08	449,99	-950,09	-684,63	E ¹
Total	8589,12	5399,86	Vol. do reservatório (m³)	1184,35	

(1) - água extravasando

(2) - nível do reservatório reduzindo

(3) - nível do reservatório aumentando

Fonte: O autor.

Conforme calculado, o volume de reservatório necessário para suprir a demanda nos meses com baixa precipitação é de 1.184,35 m³. Porém, analisando as dimensões necessárias para o armazenamento deste montante e os espaços disponíveis para a locação de um reservatório deste porte, que comercialmente pode ser encontrado com dimensões médias de 18 metros de diâmetro e 5 metros de altura, constatou-se a inviabilidade da implantação do mesmo no empreendimento. Portanto, fez-se necessário, uma reavaliação

dos destinos finais da água pluvial captada ou a proposição de sistemas menores distribuídos pelas áreas disponíveis e mais próximas a cada torre.

A partir desta avaliação, os cálculos foram refeitos desconsiderando o volume de demanda do consumo em descargas sanitárias. Devido ao atual estado do empreendimento, o aproveitamento de água pluvial para este fim requeria reformas que afetariam a viabilidade do sistema. A obra necessária para a implantação envolveria o destelhamento e desmonte parcial da estrutura metálica do telhado, considerando que para o abastecimento dos sanitários de uma torre, para um dia, seria necessário um reservatório independente com um volume aproximado de 1.000 litros. Além disso, necessitaria também da quebra dos *shafts* de cada banheiro para a instalação da nova coluna de água fria que abasteceria somente a caixa acoplada, e também a quebra das cerâmicas e alvenaria para a execução do novo sub-ramal. Ao se avaliar também a implantação de sistemas de armazenamento da água pluvial por prédio, necessitaria de um reservatório de aproximadamente 70.000 litros, com uma dimensão média comercialmente de 11 metros de altura por 2,80 metros de diâmetro, o que afetaria também a viabilidade do sistema por totalizar a implantação em 19 prédios. Resultaria, portanto, em 19 reservatórios e sistemas elevatórios, causando impacto também na estética e design do condomínio.

Outro ponto importante é o aproveitamento da água de chuva para piscina. Uma vez que a água pluvial seja aproveitada em condições que entrem em contato com a pele humana ou até para utilização, o seu tratamento deve ser melhor controlado e mais intenso que o tratamento para o uso em descargas, irrigação e limpeza. Sendo assim, em razão da complexidade da implantação de uma estação de tratamento que garantisse o uso nas piscinas e também de que os gastos atuais do condomínio com água potável para a manutenção das piscinas representam apenas aproximadamente 1,6%, o que pode não justificar o investimento para este fim.

Todas as decisões foram abordadas em reuniões com o atual síndico do condomínio, Pedro Henrique Claudino, que destacou a relevância da redução dos gastos com água na área comum do empreendimento

Refeitos os cálculos da demanda excluindo-se o consumo de descargas sanitárias e manutenção da piscina, chegou-se a um novo volume da necessidade de água para consumo não potável do empreendimento, conforme Tabela 8.

Tabela 8: Cálculo do novo consumo mensal

Utilização	Consumo médio Quantidade unitária	Unidade	Demanda (unidade)	Demanda diária (L)	Dias de uso estimado	Demanda Mensal (L)
Lavagem de piso da área comum (hall, salão, guarita, etc.)	2	l/m ² /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m ² /dia	9000	18000	8	144.000,00
Consumo mensal estimado (L)						182.256,00

Fonte: O autor.

Levando em consideração a nova demanda, foi readequada a captação para apenas 9 torres, conforme Tabela 9.

Tabela 9: Cálculo do potencial de captação mensal considerando a área de cobertura de 9 torres

Mês	Precipitação média (mm)	Área (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume mensal (l)
466	282	2852,46	0,95	765212,80
71	138	2852,46	0,95	374860,79
183	190	2852,46	0,95	514168,99
83	69	2852,46	0,95	188130,43
116	42	2852,46	0,95	112955,04
71	35	2852,46	0,95	94618,48
39	16	2852,46	0,95	43447,72
27	17	2852,46	0,95	46654,36
69	61	2852,46	0,95	164622,60
115	98	2852,46	0,95	265699,52
150	190	2852,46	0,95	514891,61
324	222	2852,46	0,95	600861,19
Volume anual (l)				3686123,53
Volume médio mensal (l)				307176,96

Fonte: O autor.

Foi adotado, esta nova área de captação abrangendo somente 9 das 19 torres, para que o volume médio de captação mensal fosse superior ao volume de demanda, o que consequentemente, reduz os gastos com a implantação de dispositivos de captação de água pluvial em todas as torres e as dimensões do reservatório. Assim sendo, obteve-se um novo volume de reservatório, conforme calculado na Tabela 10, de aproximadamente 500 m³, que pode ser encontrado no mercado com dimensões de 10 metros de altura e 8 metros de diâmetro.

Tabela 10: Cálculo de volume do reservatório considerando a nova demanda mensal e área de cobertura para captação

Meses	Volume mensal (m ³)	Demanda Mensal (m ³)	Diferença entre volume e demanda de chuva (m ³)	Diferença acumulada (m ³)	Situação do reservatório
Janeiro	765,21	182,26	-582,96	-582,96	E ¹
Fevereiro	374,86	182,26	-192,60	-192,60	E ¹
Março	514,17	182,26	-331,91	-331,91	E ¹
Abril	188,13	182,26	-5,87	-5,87	E ¹
Mai	112,96	182,26	69,30	63,43	D ²
Junho	94,62	182,26	87,64	151,06	D ²
Julho	43,45	182,26	138,81	289,87	D ²
Agosto	46,65	182,26	135,60	425,47	D ²
Setembro	164,62	182,26	17,63	443,11	D ²
Outubro	265,70	182,26	-83,44	359,66	S ³
Novembro	514,89	182,26	-332,64	27,03	S ³
Dezembro	600,86	182,26	-418,61	-391,58	E ¹
Total	3686,12	2187,07	Vol. do reservatório (m³)	443,11	

(¹) - água extravasando

(²) - nível do reservatório reduzindo

(³) - nível do reservatório aumentando

Fonte: O autor.

Outra alternativa é a consideração da captação em todas as torres, exigindo um gasto maior com os dispositivos de captação, porém reduzindo os gastos com o reservatório, pois o volume necessário do mesmo será igual ao volume da demanda, aproximadamente 190 m³, conforme calculado na Tabela 11, exigindo um reservatório com capacidade comercial de 200 m³ que é fabricado por empresas do ramo com medidas médias de 20 metros de altura e 3,50 metros de diâmetro.

Tabela 11: Cálculo de volume do reservatório considerando a área de captação de 19 torres.

Meses	Volume mensal (m ³)	Demanda Mensal (m ³)	Diferença entre volume e demanda de chuva (m ³)	Diferença acumulada (m ³)	Situação do reservatório
Janeiro	1783,04	182,26	-1600,78	-1600,78	E ¹
Fevereiro	873,47	182,26	-691,22	-691,22	E ¹
Março	1198,08	182,26	-1015,82	-1015,82	E ¹
Abril	438,37	182,26	-256,11	-256,11	E ¹
Mai	263,20	182,26	-80,94	-337,05	E ¹
Junho	220,47	182,26	-38,22	-375,27	E ¹
Julho	101,24	182,26	81,02	-294,25	E ¹
Agosto	108,71	182,26	73,55	-220,71	E ¹
Setembro	383,59	182,26	-201,33	-422,04	E ¹
Outubro	619,11	182,26	-436,86	-858,90	E ¹
Novembro	1199,76	182,26	-1017,50	-1876,40	E ¹
Dezembro	1400,08	182,26	-1217,82	-3094,23	E ¹
Total	8589,12	2187,07	Vol. do reservatório (m³)	182,26	

(¹) - água extravasando

(²) - nível do reservatório reduzindo

(³) - nível do reservatório aumentando

Fonte: O autor.

Os valores negativos resultados no item Diferença Acumulada, da Tabela 11, significam que a demanda será suprida em todos os meses.

4 PROJETO

4.1 Memorial Descritivo

Com a busca de sistemas cada vez mais eficientes e sustentáveis, não é mais possível simplesmente fazer um projeto, é preciso pensar e analisar todo o contexto envolvido e considerar todos os parâmetros para chegar o mais próximo possível da excelência.

O presente projeto faz referência a instalação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para um condomínio residencial multifamiliar vertical na cidade de Varginha – MG. Para o desenvolvimento do projeto foram respeitados os padrões estabelecidos nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), consultados autores renomados e respeitados no contexto hidráulico e adotando critérios visando garantir funcionalidade, durabilidade, economia e sustentabilidade.

O projeto de aproveitamento de água pluvial foi elaborado com pensamento sustentável visando preservar as fontes naturais de água, com isso, além de ajudar na preservação dos mananciais, haverá um ganho econômico para o condomínio com a redução do uso de água potável. A água da chuva será armazenada nos períodos chuvosos para ser usada gradativamente, de acordo com o consumo do empreendimento, durante todo o ano.

O sistema será composto por uma área de coleta de água pluvial, neste caso os telhados, coletores verticais e horizontais, filtros, galeria de água pluvial, reservatórios superior e inferior e um sistema elevatório com bomba submersível.

Serão apresentados todos os cálculos e parâmetros utilizados para dimensionar todo o sistema de aproveitamento de água pluvial como sub-ramais, tubulações, condutores horizontais e verticais, reservatórios e o sistema elevatório. Por fim serão mostrados os desenhos de vista e perspectiva do projeto para uma melhor identificação do sistema final.

4.1.1 Dados pluviométricos de projeto

Para o dimensionamento do projeto, é necessário obter o valor da intensidade pluviométrica da cidade de Varginha, com o auxílio do software Plúvio.

Como sugerido pela NBR 10.844 (ABNT 1989) foi considerado um Tempo de Retorno (TR) e Tempo de Concentração (t) de 5 anos e 5 minutos, respectivamente.

Foi obtido um valor de 164,51 mm/h de intensidade de chuva conforme apresentado no cálculo 02.

4.1.2 Determinação da área de cobertura

Para este projeto de aproveitamento de água pluvial, a área contribuinte para captação será o telhado. Através de visitas, medições, cálculos e fotos foi possível então calcular o potencial de captação do mesmo. A cobertura de cada uma das torres é composta de telhas de concreto ocupando uma área de 303,58 m² por torre.

Para o cálculo da área da superfície de captação, a ABNT, 1989, por meio da norma NBR 10844:1989 considera incrementos devido à inclinação da cobertura e as paredes que interceptam a água (anexo X). Para este projeto foi utilizada a equação da superfície inclinada.

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

onde:

A = área, em m²;

a = largura do telhado, em m;

b = comprimento do telhado, em m;

h = altura da inclinação do telhado, em m.

Aplicando essa fórmula, é possível calcular a área inclinada do telhado que é de 349,82m², conforme pode ser visto no cálculo 01.

Para o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, será considerado a captação em todas as 19 torres do empreendimento. Visando a redução das dimensões do reservatório inferior. Esta opção também afetará menos o paisagismo do condomínio, sendo sua cisterna inferior e o reservatório superior implantados em áreas de jardim, evitando assim o trabalho de retirada, demolição e reinstalação de algum patrimônio do empreendimento.

4.1.3 Dimensionamento de Calhas, Condutores e Galeria

Para determinação das dimensões dos componentes do sistema de escoamento das águas pluviais, as calhas e condutores verticais, é necessário antes definir a vazão de projeto que estes componentes transportarão. A NBR 10844:1989 (ABNT, 1989) fixa exigências e critérios necessários para o recolhimento e condução das águas pluviais.

De acordo com a NBR 10844:1989 (ABNT, 1989) a vazão de projeto deve ser calculada pela equação:

$$Q = \frac{i \times A}{60}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

i = intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = área de contribuição, em m².

Utilizando as variáveis obtidas pelo software Plúvio em conjunto com os dados da área de cobertura foi possível encontrar um valor de 119,87 L/min por calha que resulta em uma vazão de projeto total por telhado de 958,96 L/min, conforme cálculo 06.

4.1.3.1 Calhas

A ABNT,1989, por meio da NBR 10844:1989 determina que o dimensionamento das calhas deve ser feito através da equação de Manning-Strickler ou qualquer outra equação equivalente. Para este projeto foi utilizada a equação de Manning, desenvolvida em função da altura, posteriormente determinando largura sendo duas vezes a dimensão da altura. Por determinação da mesma norma a inclinação mínima é de 0,5%.

$$h = \left(\frac{Q}{75614,37 \times i^{0,5}} \right)^{3/8}$$
$$b = 2 \times h$$

Onde:

h = altura da calha, em m;

Q = vazão de projeto em L/mim;

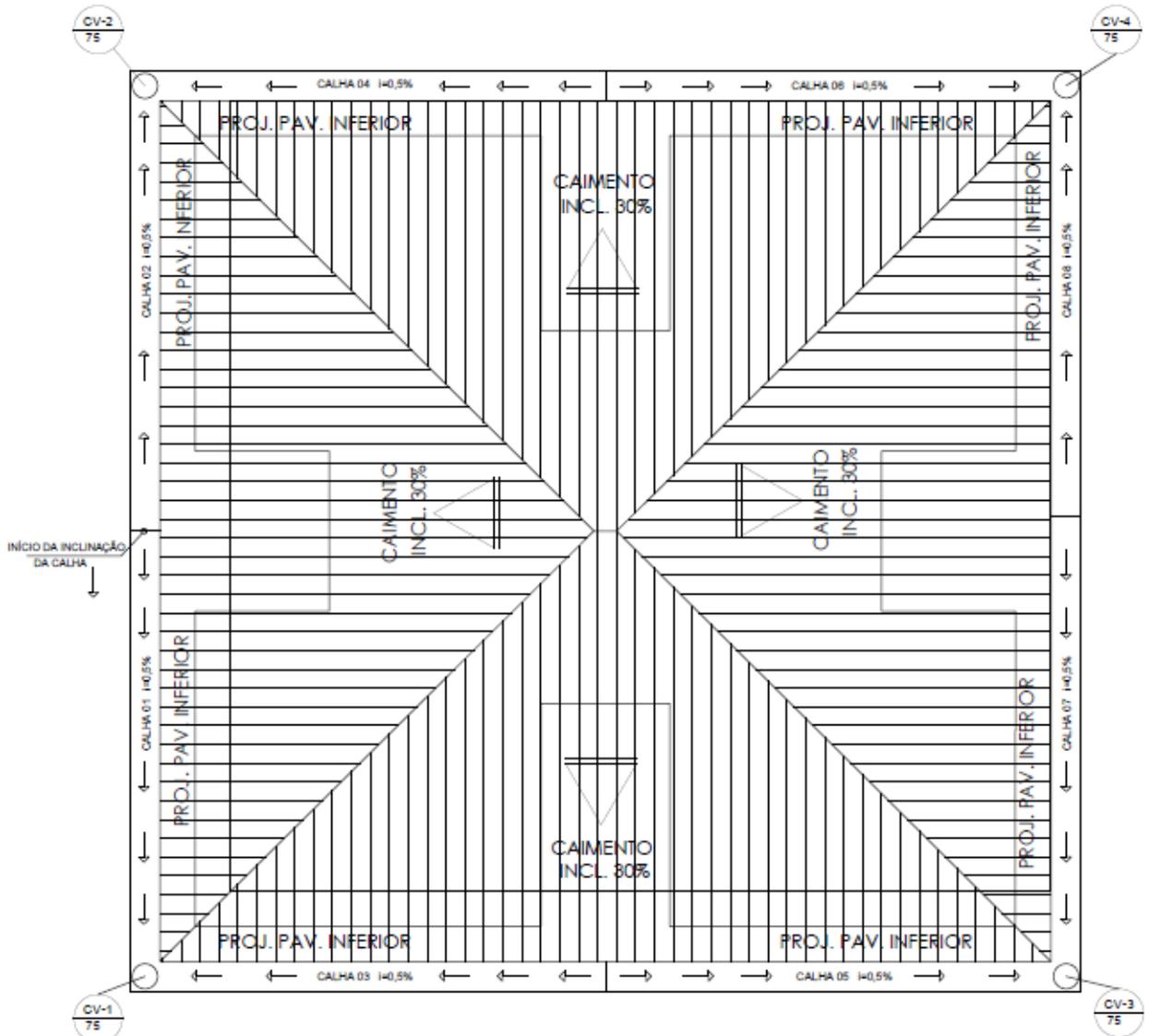
i = inclinação da calha;

b = largura da calha, em m.

Em posse de todas as variáveis solicitadas pela equação de Manning-Strickler foi possível pré-definir as dimensões das calhas para cada torre em 10 cm de largura e 8,50 cm de altura, já considerando a borda de segurança para se evitar um possível transbordamento conforme cálculo 07.

O material escolhido para a calha será o aço galvanizado. Para sua instalação será adotado uma inclinação de 0,5% do centro da água do telhado até sua extremidade conforme Figura 10.

Figura 10: Detalhamento da implantação das calhas.



Fonte: O autor.

Os pontos de saída foram posicionados nas arestas do bloco, resultando assim em um total de 4 condutores verticais por torre.

4.1.3.2 Condutores Verticais

O condutor vertical deste projeto será de PVC (policloreto de polivinila) com seção circular. A NBR 10844:1989 (ABNT, 1989) determina que o diâmetro mínimo do tubo não seja menor que 70mm. O diâmetro do condutor vertical pode ser calculado pela equação:

$$Q = 0,019 \times t^{5/3} \times D^{8/3}$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

t = taxa de ocupação;

D = diâmetro interno, em mm

Aplicando então os valores obtidos, considerando que cada condutor vertical suportará a vazão de um quarto do telhado, o diâmetro encontrado necessário para suportar esta vazão foi de 73,22mm. Será adotado para o projeto o diâmetro de 75mm para o condutor vertical que transportará a água da chuva das calhas até o condutor horizontal, que estará localizado na parte posterior de cada torre conforme cálculo 08.

4.1.3.3 Condutores Horizontais

A NBR 10844:1989 (ABNT, 1989) determina que os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%. A mesma norma fornece uma tabela para obtenção do diâmetro dos condutores horizontais levando em conta a vazão de projeto, a declividade e o coeficiente de rugosidade (Tabela 12).

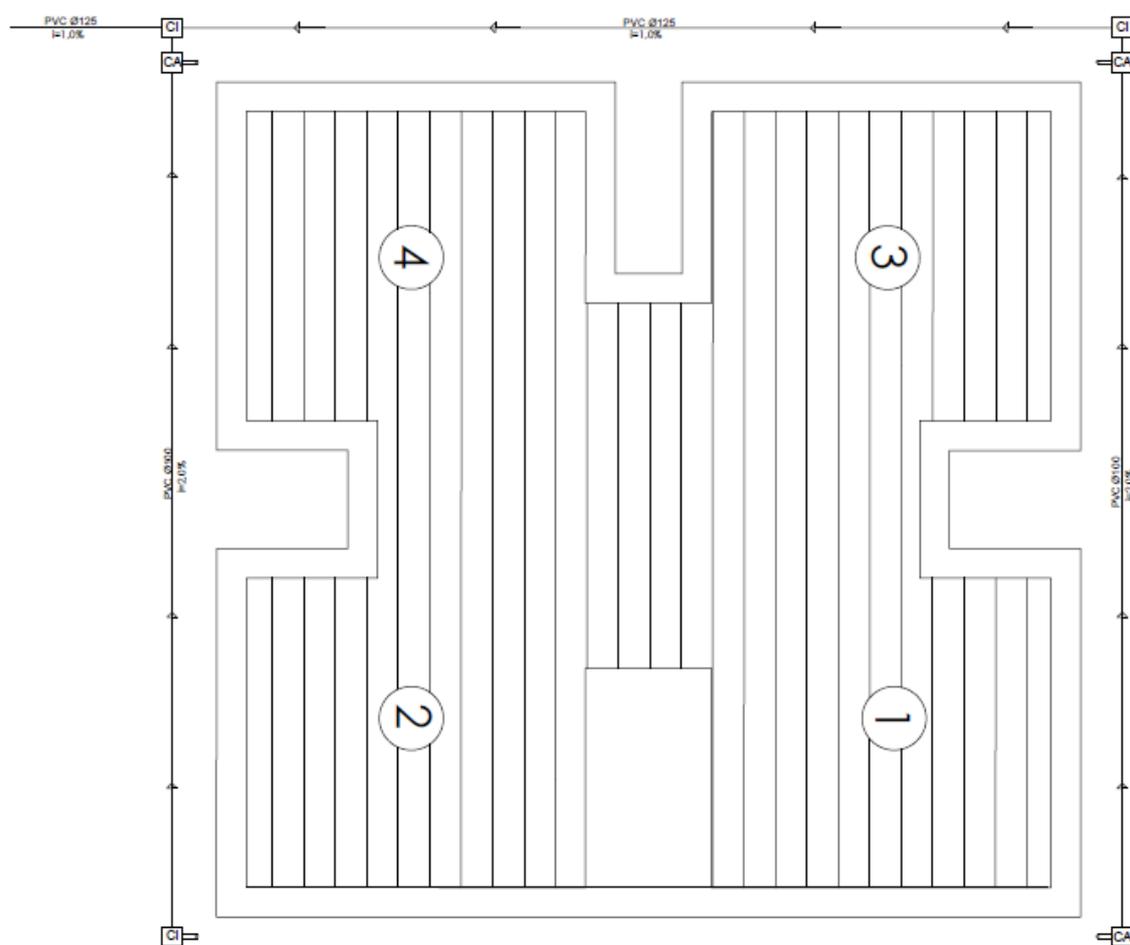
Tabela 12: Coeficiente de rugosidade n de Manning

Material	Coeficiente de rugosidade n de Manning
Plástico, fibrocimento, aço, materiais 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: NBR 10844 (ABNT, 1989).

Considerando uma vazão de projeto de 958,96 L/min para cada torre, é possível dimensionar os dispositivos condutores horizontais por bloco, conforme representa a Figura 11.

Figura 11: Detalhamento dos condutores horizontais.



Fonte: O autor.

Tabela 13: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Diâmetro interno D (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,50%	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	411	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2300	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3310	4600	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5500
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de água igual a 2-3 D

Fonte: NBR 10844(ABNT, 1989).

A rede de condutores horizontais de cada rua terá como destino final uma galeria que alimentará o reservatório inferior localizado ao lado da torre 19.

Utilizando os dados da Tabela 13 foi possível o dimensionamento da rede de condutores horizontais de cada Torre e rua do empreendimento, conforme Tabela 14.

Tabela 14: Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)

Condutores	Diâmetro (mm)	Declividade
Condutores Laterais	100	2%
Condutor 1 Torre	125	1%
Condutor 2 Torres	200	1%
Condutor 3 Torres	250	1%
Condutor 4 Torres	300	1%

Fonte: O autor.

4.1.3.4 Tratamento da Água Coletada

O filtro adotado para realizar o tratamento de água será o VF6 (Figura 12) da empresa 3P Technik do Brasil. Este dispositivo de filtragem tem a capacidade de atender telhados que possuem até 1500m² de superfície de captação. O filtro opera da seguinte maneira: a água da chuva ao chegar próximo ao filtro é “freada” na represa superior, sendo então conduzida para as cascatas. A pré-limpeza tem seu princípio nessa fase. Os resíduos maiores (folhas etc.) descem pelas cascatas em direção à galeria pluvial de drenagem ou esgoto. A partir desse ponto, a água da chuva já se encontra livre das impurezas maiores, passando então por uma tela (malhas de 0,26mm) abaixo das cascatas. Por efeito do desenho especial da tela, ela conduz a sujeira fina por ela retida também para a canalização, ou seja, autolimpante. Através dessas etapas é possível se obter intervalos maiores entre as manutenções.

Figura 1212: 3P Filtro Volumétrico VF6



Fonte: Ecohabitat, 2017

Será implantado um filtro VF6 no final de cada condutor horizontal de cada rua do empreendimento. A água então, quando tratada, será conduzida até uma galeria de água pluvial que será responsável pela condução da água pluvial, filtrada e pronta para o aproveitamento, até o reservatório inferior.

4.1.3.5 Galeria de Água Pluvial

Segundo CETESB (1980) as galerias se tornam necessárias somente quando o sistema de drenagem inicial, como as sarjetas, não suporta a condução das descargas de água que são escoadas por elas.

De acordo com Tucci (2000), as galerias são projetadas para funcionamento de seção plena com vazão de projeto. A velocidade máxima da mesma varia de acordo com o material a ser empregado na rede. Para tudo de concreto a velocidade mínima é de 0,60m/s e a máxima de 5,0 m/s, para que não haja sedimentação e rompimento nas tubulações, verificado através da fórmula de Manning, mostrada abaixo:

$$V = \frac{R_H^{2/3} \sqrt{i}}{n}$$

Onde:

V é a velocidade (m/s);

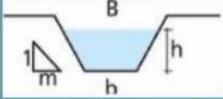
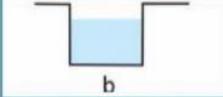
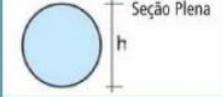
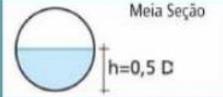
n é coeficiente de rugosidade de Manning;

R_h é o raio hidráulico (m);
i é declividade média (m/m).

Tucci (1995) ainda afirma que o recobrimento deve ser de no mínimo 1,00 metro, quando for empregado sem estrutura especial, já se por condições topográficas, forem usados cobrimentos menores que o citado anteriormente, a mesma deve ser projetada estruturalmente.

Segundo Fernandes (2007) os elementos hidráulicos se diferenciam de acordo com a geometria da galeria, conforme Figura 13.

Figura 1313: Elementos Hidráulicos

Geometria da Seção	Área Molhada (A _m)	Perímetro Molhado (P _m)	Raio Hidráulico (R _H)	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b + 2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b + 2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	b
	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

Fonte: Fernandes (2007)

Fernandes (2007) ainda afirma que o sistema de galeria, pode ser dimensionado através da fórmula de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} R_H^{2/3} \sqrt{i} A_m$$

Onde:

Q é a vazão (m³/s);

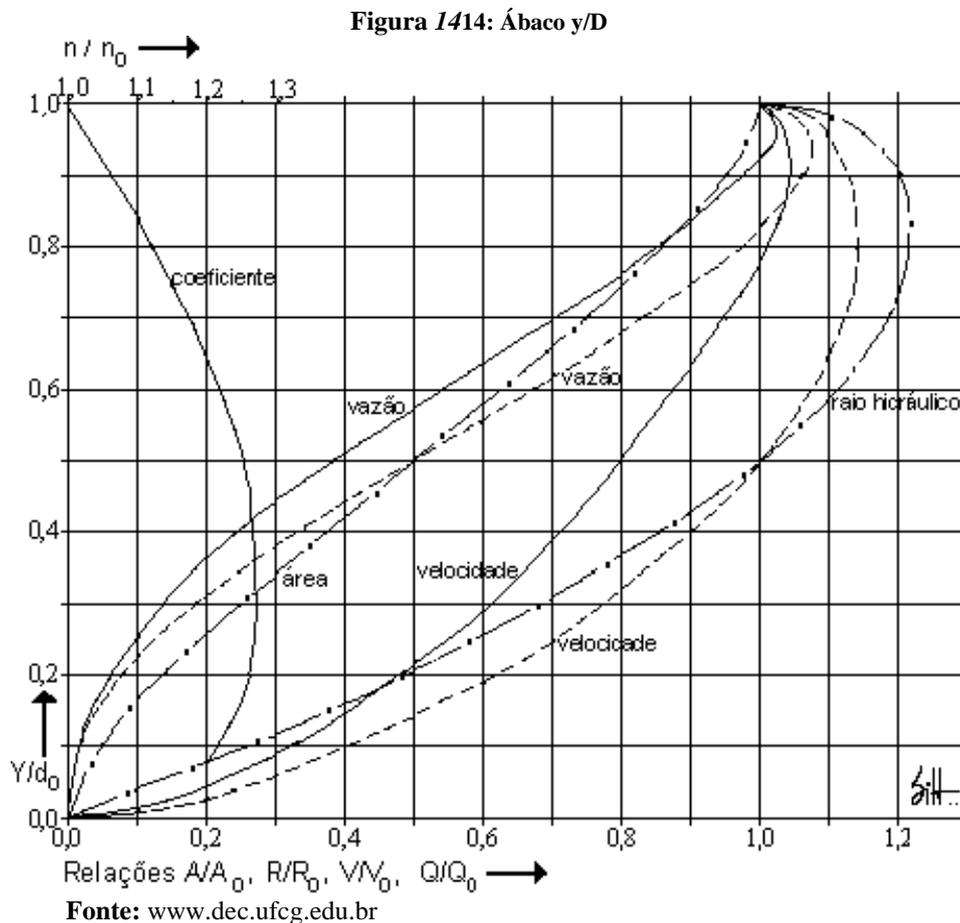
n é coeficiente de rugosidade de Manning;

R_h é o raio hidráulico (m);

i é declividade média (m/m);

A_m área molhada (m²).

Para seções circulares a relação y/D , varia entre 0,5 e 1 (Segundo Tucci (1995), o ideal para esta relação é 0,9), busca-se o fator de correção de vazão e outros parâmetros, através do ábaco especificado na Figura 14.



A seção escolhida para ser utilizada nas galerias pluviais foi a circular, por ser de mais acesso na região. Os parâmetros utilizados no presente projeto são mostrados na Tabela 15.

Tabela 15: Parâmetros utilizados no projeto

Definição dos Parâmetros	
Velocidade (m/s)	$0,75 \leq V \leq 5,00$
y/d	0,70
Q/Q_0	0,84
Nconcreto	0,014
R/R_0	1,185

Fonte: O autor.

A seguir apresenta-se a Tabela 16, contendo os estudos hidráulicos da galeria projetada segundo recomendações e condições prescritas acima.

Tabela 16: Dimensionamento Galeria

Trecho	Extensão	y/d	Coef.	Q proj (m ³ /s)	Cota M (m)	Cota J (m)	i terreno	i adotado	D Calc (mm)	D Com (mm)	Rh pleno	Coef.	Rh	V (m/s)
1 - 2	30	0,9	0,84	0,035	967,500	967,000	1,66667	2%	0,195	200	0,05	1,192	0,042	1,12
2 - 3	29	0,9	0,84	0,128	967,000	964,340	9,17241	9%	0,233	250	0,0625	1,192	0,052	3,00
3 - 4	47	0,9	0,84	0,239	964,340	958,470	12,4894	12%	0,277	300	0,075	1,192	0,063	3,99
4 - 5	46	0,9	0,84	0,440	958,470	952,500	12,9783	12%	0,349	350	0,0875	1,192	0,073	4,41
5 - 6	45	0,9	0,84	0,750	952,500	948,500	8,88889	9%	0,453	450	0,1125	1,192	0,094	4,41
6 - 7	48	0,9	0,84	1,172	948,500	945,000	7,29167	7%	0,530	550	0,1375	1,192	0,115	4,57

Fonte: O autor.

4.1.4 Reservatórios

Para o dimensionamento de reservatórios, a NBR 15527:2007 (ABNT, 2007) apresenta seis métodos, cada um considerando um parâmetro diferente como período de seca, series históricas, perdas e evaporação. No dimensionamento do reservatório inferior deste projeto foi utilizado o método de Rippl, que utiliza médias mensais de chuva para atender a demanda estimada.

4.1.4.1 Reservatório Superior

No dimensionamento do reservatório superior foi levado em conta a média mensal estimada de consumo de aproximadamente 190.000,00 litros/mês obtida no TCC I. A partir das possíveis soluções apresentadas no TCC I, será adotada a captação em todas as torres do condomínio, com uma maior área de captação será possível reduzir as dimensões dos reservatórios. Obtendo então um valor de aproximadamente 6.500,00 litros de água não potável por dia.

Será utilizado um reservatório superior comercial de 7.000,00 litros visando um dia de uso sem necessidade de acionar o sistema elevatório. A caixa de água será do tipo taça comercializada pela empresa Faz Forte (Figura 15).

Figura 1515: Reservatório Superior Tipo Taça



Fonte: O autor.

O reservatório superior será instalado no jardim próximo à Torre 2 do empreendimento e realizará a distribuição da água para os pontos de torneira ao longo de todas as ruas do empreendimento.

4.1.4.2 Reservatório Inferior

No dimensionamento do reservatório inferior foi considerado abastecimento de água não potável para o ano inteiro. Como a solução adotada dispensa o armazenamento da água em meses de estiagem em vista de que o potencial de captação mensal do empreendimento atende a sua demanda, o volume do reservatório inferior será igual à demanda mensal do condomínio, aproximadamente 200.000 litros, conforme calculado no TCC I.

Este reservatório inferior será do tipo cisterna subterrânea com dimensões de 8,00m x 5,00m x 5,00m (comprimento x largura x profundidade). Será feito de concreto armado, onde seu projeto estrutural deverá ser executado por um profissional especialista em fundações e estruturas. Sua construção será na área de jardim disponível ao lado da

torre 19, onde encontra-se uma área de 115m². A implantação da cisterna ocupará cerca de 35% dessa área disponível e terá um recuo de cerca de 2 metros da edificação.

Visando a segurança e integridade do empreendimento, em uma futura implantação deste reservatório é imprescindível a consulta com um profissional especialista geotécnico em conjunto com o engenheiro calculista do empreendimento a fim de se garantir de que a execução deste tipo de construção não comprometa a fundação da torre 19.

4.1.5 Sistema Elevatório

A NBR 5626:1998 (ABNT, 1998) ressalta que na definição do tipo de instalação elevatória e na localização dos reservatórios e bombas hidráulicas, deve-se considerar o uso mais eficaz da pressão disponível, tendo em vista a conservação de energia. Previamente foi definido o local onde serão instalados o sistema elevatório e os comprimentos de tubulação e altura geométrica entre a bomba e o reservatório superior. Para esse projeto será adotado um sistema elevatório com bomba submersível.

4.1.5.1 Determinação do diâmetro de recalque.

Para dimensionar um sistema elevatório é necessário conhecer a vazão de consumo exigida. Para este projeto foi adotada uma vazão de 0,081 L/s (Cálculo X) de água para fins não potável, que representa a vazão necessária para o abastecimento do reservatório superior, atendendo a demanda diária do condomínio.

Azevedo Netto (1998) orienta que para determinar o diâmetro de recalque, deve-se definir anteriormente o tipo de operação do sistema elevatório, isto é, se o mesmo é contínuo ou não. Para este projeto foi considerado o funcionamento da bomba continuamente. No dimensionamento das linhas de recalque de bombas que funcionam vinte e quatro horas por dia, Bresse propôs a seguinte equação:

$$D = K * \sqrt{Q}$$

Onde:

D é o diâmetro (m);

Q é a vazão (m³/s);

K é um coeficiente que pode variar de região para região, fica entre 0,7 e 1,5.

Também é possível o dimensionamento através do Quadro 1, de Azevedo Netto, que aponta o diâmetro mais econômico para canalizações recalque com o funcionamento contínuo.

Tabela 17: Diâmetro econômico das canalizações de recalque (funcionamento contínuo)

QUADRO	Fórmula de Bresse = $K\sqrt{Q}$			
	Diâmetro econômico das canalizações de recalque (funcionamento contínuo)			
D mm	Q em l/s			
	K = 1,0	K = 1,2	K = 1,3	K = 1,5
50	2,5	1,7	1,5	1,1
75	5,6	3,9	3,3	2,5
100	10	6,9	5,9	4,4
150	22,5	17,4	13,3	10
200	40	27,8	23,6	17,8
250	63	43	37	28
300	90	64	53	40
350	123	85	73	54
400	160	111	95	70
450	203	141	12	90
500	250	174	150	100
550	303	210	180	134
600	360	250	213	160

Fonte: (AZEVEDO NETTO, 1998)

O diâmetro de recalque adotado é de 15mm e o de sucção 20mm.

4.1.5.2 Determinação da potência da bomba

Para o cálculo da potência da bomba foram determinadas as alturas manométricas conforme abaixo.

H_s (altura de sucção) = 0,00 pois a bomba será submersível

H_r (altura de recalque) = 34,0 m

$$H_g = H_s + H_r$$

Para cálculo da perda de carga, foram listados os comprimentos de tubulação e as peças utilizadas, conforme Tabela 17.

Tabela 18– Comprimentos equivalentes – Bomba

Diâmetro da tubulação de recalque		D = 20 mm		
Comprimento da tubulação de recalque		L = 317,31 m		
Item	Acessório	Quantidade	Comprimento equivalente unitário (m)	Comprimento equivalente total (m)
1	Joelho 90°	2	7,3	14,6
2	Curva 90°	1	4,4	4,4
3	Joelho 45°	2	5,3	5,3
4	Registro de gaveta	1	2,4	2,4
5	Saída de canalização	1	11,0	11,0
6	Válvula de retenção horizontal	1	28,0	28,0
			Total	383,01 m

Fonte: Do Autor (2017).

Com o comprimento total calculado, pode-se obter o valor da perda de carga através da equação de Hazen-Williams.

$$hf = \frac{10,646 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times L$$

Obtendo a perda de carga de 2,01m (Cálculo 09), calcula-se a altura manométrica (Cálculo 09).

$$H_{man} = H_g + hf$$

Para o cálculo da potência da bomba o coeficiente de rendimento global da bomba do conjunto elevatório η_b precisa ser calculado, utilizando os valores de rendimento do motor e da bomba, que são tabelados conforme cálculo 10.

$$\eta = \eta_{motor} * \eta_{bomba}$$

Obtendo o coeficiente de rendimento global da bomba é possível calcular a potência necessária para atender o sistema elevatório.

$$P = \frac{\gamma \times Q \times H_{man}}{75 * \eta_b}$$

A potência comercial adotada será de 1 CV, conforme cálculo 10.

4.1.6 Rede de Distribuição

A rede de distribuição de água pluvial segue as mesmas regras que uma rede de distribuição de água fria, sendo a NBR 5626/1998 uma diretriz para o seu cálculo. Obedecendo assim as seguintes exigências, nas quais foram adotadas:

- Velocidade máxima da água = 3m/s;
- Pressão mínima de 5 Kpa ou 0,5 m.c.a (metro de coluna d'água);
- Pressão máxima de 400 KPA ou 40 m.c.a;
- Material da tubulação em PVC.

Esta rede tem a finalidade de abastecer todas as torneiras que estarão próximas às edificações e área de lazer, que necessitarão de seu uso.

4.2 Memorial de Cálculo

4.2.1 Cálculo 01 – Área da superfície de captação

Dados:

a = largura do telhado = 17,65m

b = comprimento do telhado = 17,20m

h = altura da inclinação do telhado = 2,62m

% = porcentagem de inclinação do telhado = 30%

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

$$A = \left(8,60 + \frac{2,62}{2} \right) * 8,825$$

$$A = 87,45m^2 * 4 = 349,82m^2$$

Como são dezenove torres:

$$A = 19 x 349,82m^2$$

$$A = 6.646,58 m^2$$

4.2.2 Cálculo 02 - Volume de água pluvial possível de captação

Dados:

P = Precipitação média (mm)

A = área = 421,40m²

C = coeficiente de runoff = 0,95

$$V = P \times A \times C$$

Tabela 19: Cálculo do potencial de captação de água de chuva

Mês	Precipitação média (mm)	Área (m ²)	Coefficiente de Runoff	Volume mensal (L)
Janeiro	282	6646,58	0,95	1.780.618,78
Fevereiro	138	6646,58	0,95	871.366,64
Março	190	6646,58	0,95	1.199.707,69
Abril	69	6646,58	0,95	435.683,32
Mai	42	6646,58	0,95	265.198,54
Junho	35	6646,58	0,95	220.998,79
Julho	16	6646,58	0,95	101.028,02
Agosto	17	6646,58	0,95	107.342,27
Setembro	61	6646,58	0,95	385.169,31
Outubro	98	6646,58	0,95	618.796,60
Novembro	190	6646,58	0,95	1.199.707,69
Dezembro	222	6646,58	0,95	1.401.763,72
Volume anual (L)				8.587.381,36
Volume médio mensal (L)				715.615,11

Fonte: O autor.

4.2.3 Cálculo 03 - Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis

- Volume mensal de consumo de água potável destinada à limpeza de áreas comuns:

$$V = 2 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 1594 \text{ m}^2 \times 12 \text{ dias de consumo} = 38.256,00 \text{ litros}$$

$$V = 38.256,00 \text{ litros}$$

- Volume mensal de consumo de água potável destinada à irrigação dos jardins:

$$V = 2 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2} \times 9000 \text{ m}^2 \text{ de jardim} \times 8 \text{ dias de consumo}$$

$$= 144.000,00 \text{ litros}$$

$$V = 144.000,00 \text{ litros}$$

- Volume mensal para manutenção das piscinas:

$$V = 8,75 \frac{\text{litros}}{\text{m}^2} \times 83,80 \text{ m}^2 \times 10 \text{ dias de manutenção} = 7.332,50 \text{ litros}$$

$$V = 7.332,50 \text{ litros}$$

Tabela 20: Cálculo do novo consumo mensal

Utilização	Consumo médio Quantidade unitária	Unidade	Demanda (unidade)	Demanda diária (L)	Dias de uso estimado	Demanda Mensal (L)
Lavagem de piso da área comum (hall, salão, guarita, etc.)	2	l/m ² /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m ² /dia	9000	18000	8	144.000,00
Piscinas (Manutenção e Perdas com Evaporação)	8,75	l/m ² /dia	83,80	733,25	10	7.332,50
Consumo mensal estimado (L)						189.588,50

Fonte: O autor.

4.2.4 Cálculo 04- Reservatório superior

Dados:

- Estimativa de consumo mensal = 189.588,50 litros
- Dias de consumo = 30 dias

$$\text{volume diário} = \frac{\text{consumo mensal}}{\text{dias de consumo}}$$

$$\text{volume diário} = \frac{189.588,50 \text{ litros/mês}}{30 \text{ dias}}$$

$$\text{volume diário} = 6319,62 \text{ litros/dia}$$

Adotando assim uma caixa de água comercial de 6.500 litros visando o atendimento da demanda diária do condomínio.

4.2.5 Cálculo 05- Reservatório inferior

Dados:

- Estimativa de consumo mensal (demanda) = 182.260 litros

Tabela 21: Cálculo de volume do reservatório considerando a área de captação de 19 torres.

Meses	Volume mensal (m³)	Demanda Mensal (m³)	Diferença entre volume e demanda de chuva (m³)	Diferença acumulada (m³)	Situação do reservatório
Janeiro	1783,04	182,26	-1600,78	-1600,78	E ¹
Fevereiro	873,47	182,26	-691,22	-691,22	E ¹
Março	1198,08	182,26	-1015,82	-1015,82	E ¹
Abril	438,37	182,26	-256,11	-256,11	E ¹
Maio	263,20	182,26	-80,94	-337,05	E ¹
Junho	220,47	182,26	-38,22	-375,27	E ¹
Julho	101,24	182,26	81,02	-294,25	E ¹
Agosto	108,71	182,26	73,55	-220,71	E ¹
Setembro	383,59	182,26	-201,33	-422,04	E ¹
Outubro	619,11	182,26	-436,86	-858,90	E ¹
Novembro	1199,76	182,26	-1017,50	-1876,40	E ¹
Dezembro	1400,08	182,26	-1217,82	-3094,23	E ¹
Total	8589,12	2187,07	Vol. do reservatório (m³)	182,26	

(¹) - água extravasando

(²) - nível do reservatório reduzindo

(³) - nível do reservatório aumentando

Fonte: O autor.

4.2.6 Cálculo 06 – Cálculo da vazão de projeto para calhas e condutores horizontal e vertical

a) Cálculo da intensidade pluviométrica

Dados:

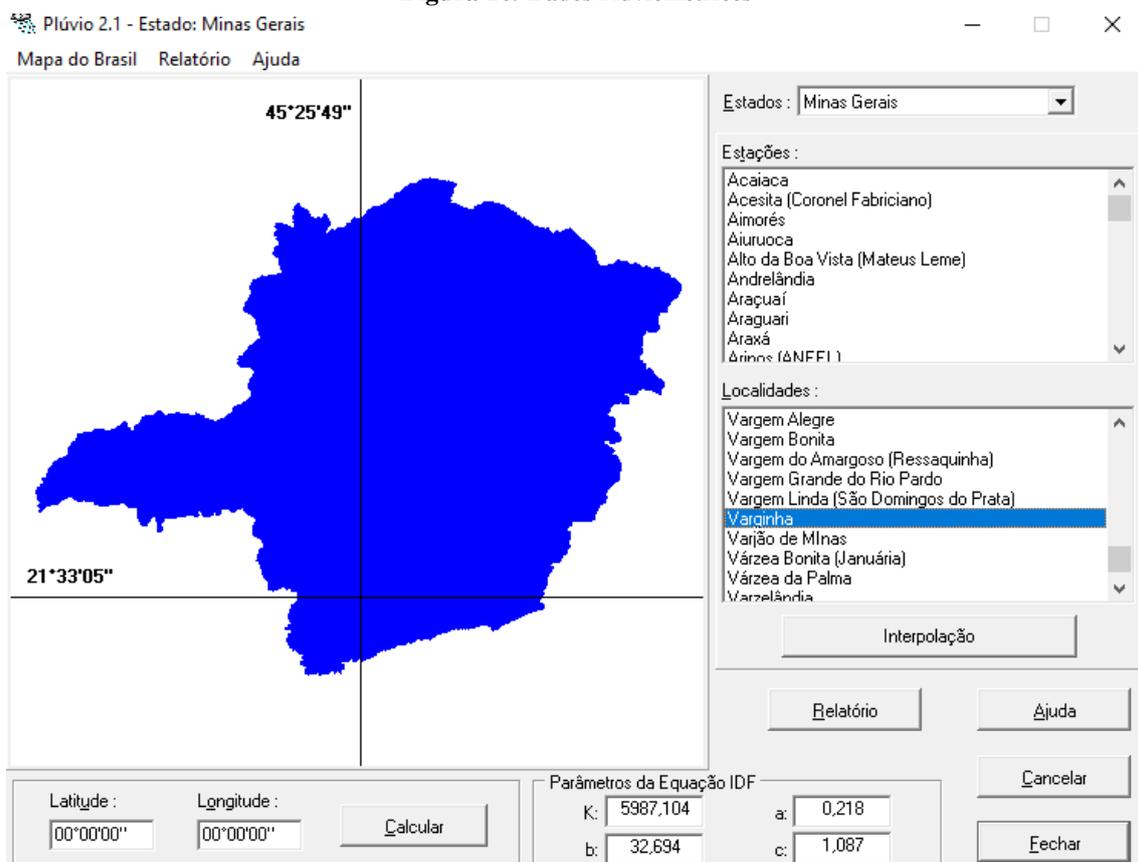
- T = período de retorno = 5 anos
- t = duração da chuva t = 5 minutos
- k = 5987,104

- a = 0,218
- b = 32,694
- c = 1,087
- onde:

k, a, b e c são parâmetros da equação de chuvas intensas para cidade de Varginha obtidas com o *software* Plúvio.

$$i = \frac{k \times TR^a}{(t + b)^c}$$

Figura 16: Dados Pluviométricos



Fonte: O Autor (2017)

$$I_m = \frac{K \times Tr^a}{(t + b)^c} = \frac{5987,104 \times 5^{0,218}}{(5 + 32,694)^{1,087}} = 164,51 \text{ mm/h}$$

b) Cálculo da vazão de projeto

Dados:

$$I = 164,51 \text{ mm/h}$$

$$A = 349,82 \text{ m}^2 / 8 \text{ partes} = 43,72 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{I \times A}{60}$$
$$Q = \frac{164,51 \text{ mm}}{h} \times 43,72 \text{ m}^2$$
$$Q = 119,87 \text{ L/mim}$$

4.2.7 Cálculo 07 – Dimensionamento das calhas

a) Dimensão necessária

Dados:

Q = vazão de projeto = 119,87 L/mim (item 4.1.5.1)

i = inclinação da calha = 0,5%

b = largura da calha

$$h = \left(\frac{Q}{75614,37 \times i^{0,5}} \right)^{3/8}$$
$$h = \left(\frac{119,87 \frac{\text{L}}{\text{min}}}{60 \text{ seg}} \right)^{3/8}$$
$$h = \left(\frac{119,87 \frac{\text{L}}{\text{min}}}{75614,37 \times 0,005^{0,5}} \right)^{3/8}$$
$$h = 0,051 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

$$b = 2 \times h$$

$$b = 2 \times 5 \text{ cm}$$

$$b = 10 \text{ cm}$$

b) Borda de segurança

$$bs = \frac{2}{3} \times h$$

$$bs = \frac{2}{3} \times 5 \text{ cm}$$

$$bs = 3,33 \text{ cm}$$

A seção da calha é de **10cm x 8,50cm** (largura x altura)

4.2.8 Cálculo 08 - Dimensionamento do condutor vertical

Dados:

Q = vazão de projeto = 239,74 L/min (item 4.1.5.1) (Condutor vertical coletará vazão de duas calhas).

t = taxa de ocupação = 30%

D = diâmetro interno

$$Q = 0,019 \times t^{5/3} \times D^{8/3}$$
$$239,74 \frac{L}{min} = 0,019 \times 0,30^{5/3} \times D^{8/3}$$

$$D = 73,22$$

Diâmetro comercial = 75mm

4.2.9 Cálculo 09 – Altura manométrica

Dados:

Vazão (Q) = 0,000081 m³/s

$$Q = \frac{7000 \text{ litros}}{86400} = 0,000081 \text{ m}^3/\text{s}$$

Coefficiente para PVC rígido (C) = 145

Diâmetro (D) = 200 mm

Comprimento equivalente total (L) = 383,01 m

Altura geométrica (H_g) = 34,0 m

$$H_g = H_s + H_r = 34,0 + 0,0 = 34,0 \text{ m}$$

$$hf = \frac{10,646 \times Q^{1,852}}{C^{1,852} \times D^{4,87}} \times L = \frac{10,646 \times 0,000081^{1,852}}{145^{1,852} \times 0,2^{4,87}} \times 383,01 = 2,01 \text{ m}$$

Obtendo a perda de carga calcula-se a altura manométrica.

$$H_{man} = H_g + h_f = 34,0 + 2,01 = 36,01 \text{ m}$$

4.2.10 Cálculo 10 – Potência da bomba

Dados:

Peso específico da água (γ) = 1000 kgf/m³

Vazão (Q) = 0,000081 m³/s

H_{man} = altura manométrica = 36,01 m

Coefficiente médio de rendimento (η_b) = 0,75

Tabela 22– Rendimento de motores elétricos.

Rendimento de motores elétricos												
HP	½	¾	1	1 ½	2	3	5	10	20	30	50	100
η_m	64%	67%	72%	73%	75%	77%	81%	84%	86%	87%	88%	90%

Fonte: NETTO, 1998.

Tabela 23– Rendimento de bombas centrífugas.

Rendimento de bombas centrífugas												
Q (l/s)	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200	
η_b	52%	61%	66%	68%	71%	75%	80%	84%	85%	87%	88%	

Fonte: NETTO, 1998.

$$\eta = \eta_{motor} * \eta_{bomba} = 0,86 * 0,87 = 0,75$$

$$P = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta_b} = \frac{1000 * 0,000081 * 36,01}{75 * 0,75} = 0,05 \text{ Cv}$$

A potência comercial adotada será de 1 CV.

4.3 Especificações dos Materiais e Serviços

As especificações de materiais e serviços são necessárias para identificação dos materiais, equipamentos e serviços previstos no projeto de aproveitamento de águas pluviais. As especificações a seguir discriminam as características e informações básicas à execução do projeto.

4.3.1 Materiais

- a) Reservatório superior deverá ser do tipo taça, com uma altura de 11,5 metros do solo para garantir pressões em todos os pontos de utilização da água. Deverá ser ter vedação total e seguir dimensões e capacidade conforme especificações em projeto;
- b) Reservatório inferior: deverá ser do tipo cisterna subterrânea, seguindo a capacidade e dimensões especificadas em projeto. A cisterna deve ser concreto armado, onde seu projeto estrutural deverá ser elaborado e executado por um profissional especialista em fundações e estruturas;
- c) Galeria subterrânea: As galerias serão de tubos de concreto, de seção circular. E devem se enquadrar nas especificações da NBR 8890-2007: Tudo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio.
- d) Tubos e conexões dos condutores vertical e horizontal: os tubos e conexões deverão ser de PVC branco da série normal da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade, seguindo diâmetros definidos no projeto e atendendo a NBR 5688:1999 (ABNT, 1999);
- e) Tubos e conexões dos ramais de abastecimento: os tubos e conexões dos ramais de abastecimento, colunas de distribuição e ramais secundários deveram ser de PVC rígido, marrom, soldável, da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade, seguindo os diâmetros especificados no projeto e atendendo a NBR 5626:1998 (ABNT, 1998). Os adesivos para união dos tubos e conexões será da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade;
- f) Registros para áreas externas: para áreas externas serão usados registros de gaveta de PVC branco da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade, atendendo os diâmetros especificados no projeto para cada ponto e atendendo a NBR 5626:1998 (ABNT, 1998);

- g) Bomba do sistema elevatório: poderá ser utilizada uma bomba BC-92S 1CV da marca Schneider, ou similar de mesma qualidade, com capacidade de bombeamento de no mínimo 0,30 m³/h para uma altura manométrica de até 35 m
- h) Filtro: o filtro utilizado para completar a remoção da sujeira após o descarte das primeiras águas será o VF6 da empresa 3P Technik do Brasil compatível com a NBR 15.527:2007 (ABNT,2007). A instalação do filtro deverá seguir a localização especificada no projeto;

4.3.2 Serviços

A especificação de serviços define os critérios que orientam a execução do sistema de aproveitamento de água, complementando o projeto gráfico. Cada etapa foi detalhada para uma maior clareza e segurança para quem executar cada serviço.

4.3.2.1 Galeria

No presente projeto as galerias principais vão possuir diâmetros variáveis de 400 milímetros a 600 milímetros e serão do tipo ponta e bolsa, já os tubos de ligação diâmetro mínimo de também 400 milímetros.

O serviço de escavação e assentamento dos tubos deve seguir as seguintes recomendações:

- As escavações de valas deverão propiciar depois de concluídas, condições para montagem das tubulações em planta e perfil, conforme elementos do projeto. O fundo das valas deverá ser perfeitamente regularizado e compactado, possuindo lastro de brita 02, sobre a qual será executada uma camada de 5 cm de concreto magro, com a largura prevista da galeria para melhor assentamento das tubulações;

- A escavação será mecanizada;
- A rede de drenagem deve se respeitar sempre o centro de rolamento da via;
- O diâmetro mínimo a ser utilizado na rede principal de drenagem deve ser DN 400 mm;

- A largura das valas deve ser respeitada como medida mínima, o diâmetro da tubulação + 1,0 metro;
- Os locais escavados deverão ficar livres de água, qualquer que seja a sua origem, devendo para isso ser providenciada a sua drenagem através de esgotamento, para não prejudicar os serviços, ou causar danos à obra.
- O escoramento das valas se torna obrigatório quando exceder 1,20 metros, para preservação da segurança no canteiro;
- O recobrimento mínimo dos tubos em concreto simples e em concreto armado será de 1,00 metro;
- As profundidades mínimas do fundo de valas das galerias irão variar de acordo com os diâmetros externos das bolsas, mais os berços. Onde para cada diâmetro interno, as profundidades serão: 400 mm = 1,40 m; 500 mm = 1,50 m; 600 mm = 1,60 m;
- O material escavado obrigatoriamente sempre que possível será colocado em um lado somente da via, a fim de deixar um lado passível de trânsito e também sem o excesso de material de escavação ao longo das bordas de valas;
- Os posicionamentos dos tubos serão feitos através de processos mecânicos, utilizando maquinário, tal como Retroescavadeira, permitindo o alinhamento, nivelamento e declividades impostas obrigatoriamente pelo projeto;
- A junta da tubulação deverá ser executada somente após a conferência da declividade da mesma;
- Quando há diferença de diâmetro entre as galerias, é obrigatório que a geratriz superior do tubo de menor diâmetro esteja alinhada com a geratriz também superior do tubo de maior diâmetro;
- Os tubos de concreto deverão ser rejuntados com argamassa de cimento e areia com traço 1:3;

Para o serviço de aterro devem ser seguidas as seguintes restrições:

- Os aterros que deverão ser executados serão provenientes do material retirado durante o processo de escavação, desde que não haja a presença de vestígios vegetais;
- O processo de compactação pode ser feito manualmente ou mecanizado, em camadas de 20 cm, gerando compactação de 97%;

A reposição da terra, até a altura de 50 centímetros acima da geratriz superior da galeria, deve ser feita manualmente, para serem evitadas a presença de pedras ou outros tipos de corpos, e também a fim de evitar acidentes que podem gerar a danificação da tubulação;

4.3.2.1.1 *Posto de Visita*

Os poços de visita e caixas de passagem são dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de drenagem que permitem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro, início de rede e inspeção e limpeza das canalizações.

Na execução dos mesmos, deve seguir as seguintes recomendações:

- Os poços de visita são espaçados em distâncias variando entre 30,0 metros a 135,0 metros, conforme projeto;
 - A quantidade e localização estão de acordo com o projeto;
 - Os poços de visita possuíram tampões de ferro fundido com diâmetro de 60 centímetros, com nível superior no mesmo nível do greide de pavimentação;
 - O método construtivo dos poços de visita, assim como sua chaminé, será em alvenaria estrutural, com parede de 25 centímetros de espessura, assentados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3, com tijolos maciços rebocados no interior, e seu fundo em concreto com traço de 1:3:6, com espessura constante de 10 cm;
- As dimensões dos mesmos serão de acordo com o detalhamento;

4.3.2.2 *Reservatórios*

Os reservatórios deverão ser instalados nas áreas especificadas em projeto, sendo respeitado um espaço mínimo de 60cm ao seu redor. Deverá ser verificada se a superfície da base prevista em projeto está totalmente nivelada sem a presença de pedras ou pontas que possam danificá-la. Para os furos dos encanamentos deve ser utilizada uma serra-copo compatível com a flange a ser instalada para tubulação especificada em projeto. Na ausência de uma serra-copo poderá ser feito com uma furadeira de broca fina com sucessivos furos sobre uma circunferência pré-marcada na caixa. O reservatório inferior deverá ser executado respeitando todas especificações propostas pelo projeto estrutural e de fundação, desde a escavação até o fechamento da tampa.

4.3.2.3 Condutores Verticais

O condutor vertical que levará a água das calhas ao condutor horizontal deverá descer na parede externa da torre e ser executado de acordo com as cotas e alinhamento especificados em projetos. Os tubos de PVC serão fixados na parede da caixa de escadas com abraçadeiras de metal e parafusos sendo uma a cada 1,50m. A união dos tubos será por bolsa tipo dupla ação sendo necessário limpar a ponta e a bolsa do tubo e acomodar o anel de borracha na virola da bolsa. Após colocar o anel na virola (canaleta), aplicar a pasta lubrificante no anel e na ponta do tubo, sem usar óleo ou graxa, que poderão atacar o anel de borracha. Encaixar a ponta chanfrada do tubo no fundo da bolsa, recuar 5 mm tendo como referência a marca previamente feita na ponta do tubo.

4.3.2.4 Condutores Horizontais

O condutor horizontal que levará a água do condutor vertical até o sistema de filtragem passará pela área externa atrás de cada torre, paralelamente ao muro de arrimo de cada rua, e deverá ser executado de acordo com as cotas e alinhamento especificados em projetos. A união dos tubos será por bolsa tipo dupla ação sendo necessário limpar a ponta e a bolsa do tubo e acomodar o anel de borracha na virola da bolsa. Após colocar o anel na virola (canaleta), aplicar a pasta lubrificante no anel e na ponta do tubo, sem usar óleo ou graxa, que poderão atacar o anel de borracha. Encaixar a ponta chanfrada do tubo no fundo da bolsa, recuar 5 mm tendo como referência a marca previamente feita na ponta do tubo.

4.3.2.5 Filtro

O filtro será instalado no final de cada condutor horizontal, de cada rua do empreendimento. Ele será devidamente posicionado de acordo com seu manual de instruções e seguindo os detalhes das cotas de alinhamento especificadas no projeto.

4.3.2.6 Bomba

A bomba do sistema elevatório deverá ser instalada por um profissional da área, que irá determinar as bitolas de fios e disjuntores específicos para o sistema. Este profissional

fará a programação da bomba para funcionar o tempo necessário para abastecer o reservatório superior. O tempo de funcionamento e as cotas de localização e alinhamento estão especificados em projeto.

4.3.2.7 Rede de Distribuição

As tubulações e conexões da rede de distribuição serão executadas de acordo com os diâmetros e cotas de alinhamento especificados no projeto.

Após a saída do reservatório superior os ramais passarão pelo chão da área externa do condomínio, sob jardins e ruas, que serão escavados desde o reservatório até as torneiras.

As uniões dos tubos e conexões serão feitas com os adesivos plásticos onde as pontas dos tubos devem estar perfeitamente limpas. Por meio de uma lixa, tirar o brilho das superfícies para aumentar a área de ataque do adesivo depois aplicar o produto com um pincel. Deverá ser observado se o encaixe ficou perfeito para evitar futuros inconvenientes.

4.4 Quantitativo de Materiais e Estimativa de Custos

Para montar a estimativa de custo do sistema de aproveitamento de água pluvial foi utilizada a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO) de 2014 com o valor de homem hora, para o oficial e o auxiliar, atualizados de acordo com o índice nacional de preços do consumidor de 2017. Para o preço dos componentes do sistema de aproveitamento de água e os materiais para o reservatório foi utilizada a composição de serviços da empresa BRZ que também tem como base a TCPO e tabela SINAPI. Após a coleta de preços foi feito uma média, que foi a base para estimativa de preço dos componentes do sistema.

Vale ressaltar que os custos obtidos são apenas uma estimativa para que possamos obter uma grandeza financeira, e os valores adquiridos são apenas os custos diretos.

Todos os produtos e componentes para o sistema são de excelente qualidade o que eleva consideravelmente o custo, mas proporciona um sistema durável e seguro. Além dos componentes, a eficiência do sistema dependerá de uma mão de obra qualificada que siga as especificações de projeto.

Tabela 24– Quantitativo de Calhas

Calha	Comprimento Torre (m)	Comprimento Total (m)
	72,2	1371,8

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 25– Quantitativo de Condutores Verticais

Condutores Verticais	Diâmetro (mm)	Comprimento Torre (m)	Comprimento Total (m)
	75	46,2	877,8

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 26– Quantitativo de Condutores Horizontais.

	Diâmetro (mm)	Comprimento Total (m)
Condutores Horizontais	100	661,2
	125	135,9
	200	106,25
	250	106,25
	300	68,9

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 27– Quantitativo Galeria.

Trecho	Extensão (m)	Galeria Ø (mm)	Largura Recorte Via (m)	Profundidade Recorte Via (m)	Área Recorte (m²)	Volume Escavação (m³)	Volume Reaterro (m³)
1 - 2	30	400	1,40	1,60	42,000	67,200	63,543
2 - 3	29	400	1,40	1,60	40,600	64,960	61,425
3 - 4	47	400	1,40	1,60	65,800	105,280	99,551
4 - 5	46	400	1,40	1,60	64,400	103,040	97,433
5 - 6	45	500	1,50	1,70	67,500	114,750	106,179
6 - 7	48	600	1,60	1,80	76,800	138,240	125,075

Fonte: O Autor (2017)

Tabela 28 – Estimativa de Custo.

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Pr. Unitário	Pr. Total
1	Sistema Elevatório e Rede de Distribuição				
1.1	Bomba de água 1/2CV	un	1	R\$440,55	R\$440,55
1.2	Reservatório Tipo Taça 7000 Litros	un	1	R\$8.645,00	R\$8.645,00
1.3	Boia	un	2	R\$50,40	R\$100,80
1.4	Adesivo para PVC 175g	un	30	R\$11,50	R\$345,00
1.5	Tubo de PVC marrom rígido ø20mm	m	395	R\$1,98	R\$782,10
1.6	Tubo de PVC marrom rígido ø25mm	m	440	R\$2,65	R\$1.166,00
1.7	Joelho de 90° em PVC marrom rígido ø20mm	un	1	R\$0,70	R\$0,70
1.8	Joelho de 90° em PVC marrom rígido ø25mm	un	1	R\$2,90	R\$2,90
1.9	Joelho 90° cola e rosca 20mm p/ 1/2"	un	7	R\$0,70	R\$4,90
1.10	Joelho 90° cola e rosca 25mm p/ 3/4"	un	9	R\$2,90	R\$26,10
1.11	T de 90° soldável 20mm	un	3	R\$0,90	R\$2,70
1.12	T de 90° soldável 25mm	un	12	R\$1,70	R\$20,40
1.13	Registro de esfera 25mm	un	1	R\$35,00	R\$35,00
1.14	Redução 25mm p/ 20mm	un	6	R\$0,75	R\$4,50
1.15	Torneira de jardim metálica ø20mm	vb	16	R\$22,00	R\$352,00
1.16	Filtro VF6	un	6	R\$8.981,00	R\$53.886,00
1.17	Instalação do sistema	vb	1	R\$16.395,41	R\$16.395,41
1.18	Instalação da bomba elétrica	vb	1	R\$1.254,40	R\$1.254,40
Subtotal				R\$83.464,46	
2	Reservatório Subterrâneo				
2.1	Escavação mecanizada em solo de 1° categoria	m ³	200	R\$8,68	R\$1.736,00
2.2	Transporte de terra em caminhão de 6 m ³	m ³	200	R\$5,30	R\$1.060,00
2.3	Apiloamento de fundo com maço de 30 Kg	m ²	40	R\$21,35	R\$854,00
2.4	Lastro de concreto magro incluindo preparo e lançamento com e= 8 cm	m ³	3,2	R\$36,77	R\$117,66
2.5	Armadura de aço para estruturas em geral CA-50 com Ø 8 mm sendo corte e dobra na obra	Kg	1300	R\$8,13	R\$10.569,00
2.6	Forma de madeira com tabuas e sarrafo	m ²	18	R\$171,00	R\$3.078,00
2.7	Concreto dosado em obra com 20 MPa	m ³	16,2	R\$173,00	R\$2.802,60
2.8	Transporte, lançamento e adensamento do concreto	m ³	16,2	R\$124,00	R\$2.008,80
2.9	Impermeabilização	m ²	120	R\$69,32	R\$8.318,40
2.10	Reaterro manual das valas	m ³	6,5	R\$58,23	R\$378,50
2.11	Tampa de concreto para o reservatório	m ³	1,5	R\$173,00	R\$259,50
2.12	Concretagem e instalação	vb	1	R\$10.544,35	R\$10.544,35
Subtotal				R\$41.726,81	
3	Escavação e Reaterro				
3.1	Escavação mecanizada de vala	m ³	593,47	R\$7,38	R\$4.379,81
3.2	Reaterro manual de vala com compactação mecanizada	m ³	553,2	R\$17,55	R\$9.708,66
3.3	Base e Sub-base				
3.4	Fornecimento lançamento de brita n.2	m ³	17,85	R\$53,99	R\$963,72

3.5	Concreto magro fck 18MPa	m ³	17,85	R\$57,00	R\$1.017,45
Subtotal				R\$16.069,64	
<hr/>					
4	Fornecimento, transporte e assentamento de tubos de concreto				
4.1	Tubo de concreto para rede pluvial Ø 400 mm	m	152	R\$85,94	R\$13.062,88
4.2	Tubo de concreto para rede pluvial Ø 500 mm	m	45	R\$120,58	R\$5.426,10
4.3	Tubo de concreto para rede pluvial Ø 600 mm	m	48	R\$140,37	R\$6.737,76
Subtotal				R\$25.226,74	
<hr/>					
5	Poços de Visita				
5.1	Poço de visita 1,2x1,2x1,6m	un	9	R\$1.889,10	R\$17.001,90
Subtotal				R\$17.001,90	
<hr/>					
6	Tampão de Ferro Fundido				
6.1	Tampão fofo articulado Ø 600 mm	un	9	R\$475,83	R\$4.282,47
Subtotal				R\$4.282,47	
<hr/>					
7	Sistema de Captação				
7.1	Calha	m	1412,95	R\$3,46	R\$4.888,81
7.2	Rebite de ferro zincado n° 8	kg	42,38	R\$2,08	R\$88,15
7.3	Estanho para solda 30x70	kg	42,38	R\$57,87	R\$2.452,53
7.4	Prego 15 x 15	kg	98,9	R\$3,70	R\$365,93
7.5	Tubo de PVC drenagem rígido ø75mm	m	877,8	R\$5,58	R\$4.898,12
7.6	Tubo de PVC drenagem rígido ø100mm	m	661,2	R\$7,11	R\$4.701,13
7.7	Tubo de PVC drenagem rígido ø125mm	m	135,9	R\$12,30	R\$1.671,57
7.8	Tubo de PVC drenagem rígido ø200mm	m	106,25	R\$18,25	R\$1.939,06
7.9	Tubo de PVC drenagem rígido ø250mm	m	106,25	R\$20,10	R\$2.135,63
7.10	Tubo de PVC drenagem rígido ø300mm	m	68,9	R\$25,40	R\$1.750,06
Subtotal				R\$24.890,99	
<hr/>					
Total				R\$212.663,01	

Fonte: O Autor (2017)

5 PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Com a caracterização de consumo de água não potável da edificação e a informação de consumo total atual, pode-se efetuar um estudo para identificar a economia que a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial poderá oferecer para o condomínio, e com isso determinar o prazo de retorno do investimento.

O empreendimento consome atualmente 450 m³ por mês de água potável em atividades em que, se é possível o aproveitamento da água de chuva. Consumo esse de água potável utilizada para os fins não potáveis também. Conforme tarifas da Copasa, o abastecimento e tratamento da água é de R\$ 26,30 por metro cúbico de água, o que gera em média um gasto mensal de R\$11.835,00. Com a implantação do sistema, que visa o aproveitamento da água de chuva apenas para jardinagem e limpeza do condomínio que somados demandam mensalmente 182,256 m³ de água, será possível reduzir por mês aproximadamente R\$ 4.793,33.

Efetuando uma comparação dos dados de custo estimado de implantação do sistema e da economia gerada nessa implantação, chegou-se no tempo aproximado de retorno do investimento realizado, payback, que resultou em 3,7 anos, aproximadamente 3 anos e 9 meses.

6 CONCLUSÃO

A água é um fator limitante para o desenvolvimento econômico, mesmo em regiões nas quais é um recurso abundante. O mau gerenciamento deste bem pode comprometer diretamente a sua qualidade. A escassez não é atributo somente de regiões áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes podem sofrer por demandas excessivamente elevadas, podendo ser vítimas de conflitos de uso e restrições de consumo. Neste contexto é imprescindível a procura por novas tecnologias sustentáveis ou fontes para complementar a reduzida disponibilidade hídrica.

Considerando os benefícios ambientais e econômicos que um sistema de aproveitamento de água pluvial traz, é preciso a conscientização de que não é apenas um investimento para que se torne uma economia pessoal, mas sim uma contribuição ao meio ambiente e às gerações futuras.

No decorrer deste trabalho, o diagnóstico permitiu a verificação dos fatores que tornam a implantação desse sistema apropriado ao condomínio Portal Jardim do Sol I, tendo em vista a grande área de captação que os telhados de todos os seus 19 blocos oferecem, os espaços disponíveis para a instalação dos componentes do sistema e também o estudo elaborado dos dados históricos de precipitação na região, o que possibilita a captação de um potencial hídrico pluvial excelente no empreendimento capaz de atender a demanda de água exigida para os fins não potáveis que foram propostos.

Confirma-se, através dos incontáveis aspectos positivos e benefícios econômicos e ambientais que este sistema de aproveitamento de águas pluviais traz em conjunto com as condições favoráveis do condomínio Portal Jardim do Sol I, que sua implantação é totalmente viável, com a apresentação dos valores de dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial e um quantitativo de materiais e serviços para o projeto, os objetivos do trabalho foram alcançados e se mostraram satisfatórios, e ainda, financeiramente possível de ser implantado contando com um prazo de retorno de investimento relativamente curto.

Todo o projeto foi desenvolvido consultando autores renomados no contexto hidráulico como Azevedo Neto e Tomaz Plinio, o que possibilitou analisar e utilizar os melhores critérios para os cálculos necessários. Também foram respeitados todos os parâmetros normativos para cada etapa do desenvolvimento do projeto, bem como a utilização de componentes que respeitam suas respectivas normas.

Dada a importância deste trabalho torna-se necessário o desenvolvimento de um projeto estrutural e de fundação para o reservatório inferior, o que deixaria o presente projeto mais completo.

Neste sentido, o desenvolvimento deste projeto de aproveitamento de água pluvial para o Condomínio Portal Jardim do Sol I proporciona um esclarecimento em termos dimensionais e quantitativos referentes às suas características. Também oferece conceitos e parâmetros a quem se preocupa com projetos que preservem os recursos naturais.

REFERÊNCIAS

3P TECHNIK – Filtro autolimpante pré-fabricado. Disponível em: <http://www.agua-de-chuva.com/4-2-Home.html>.

ANA (Agência Nacional de Águas). DOMINGUES, Antônio; **Fatos e Tendências - Água**, Brasília, 2009. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf Acesso em 18 mar, 2017.

ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari. **Aproveitamento da Água da Chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

AQUASTOCK CATÁLOGO DE PRODUTOS. Disponível em: <http://www.aquastock.com.br/>. Acesso em: 25 mar, 2017.

BAPTISTA, Pedro Rui de Andrade Crespo. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para Utilizações Domésticas: Caso de Estudo**. 2014. 167 f. Dissertação (Obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharias, Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2014.

BERTOLO, Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da água da chuva em edificações**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2006.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Águas de Chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. São Paulo: Edgar Blucher, 2011.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JUNIOR, Geraldo de A. **Instalações hidráulicas prediais feitas para durar**. São Paulo: Pro Editores, 1998.

DE OLIVEIRA, Sulayre Mengotti. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça – SC**. Monografia (Graduação em engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

DOCOL. Disponível em: <http://docol.com.br/>. Acesso em: 26 mar, 2017

ECOHABITAT. Disponível em: http://ecohabitatbrasil.com.br/exibe_produtos.php?id=14&t=2. Acesso em: 26 mar, 2017

Escolas municipais de varginha terão que reaproveitar água das chuvas. Blog do Madeira. 2015. Disponível em: <http://www.blogdomadeira.com.br/2015/08/escolas-municipais-de-varginha-terao-que-reaproveitar-agua-das-chuvas/>. Acesso em 18 abr, 2017.

FEAM (Fundação Estadual do Meio Ambiente). MALARO, Antônio; INTRANET. **Aproveitamento de Água Pluvial – Conceitos e Informações Gerais**, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf. Acesso em 18 mar, 2017.

FT ÁGUA DE CHUVA. Disponível em: <http://agua-de-chuva.com/brazil/index.php?content=kitchuva>. Acesso em 25 mar. 2017

GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água da Chuva. In: KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. A. Editora Organic Trading – Curiiba/PR, 2002.

HARVESTING BRASIL. Disponível em: <http://harvesting.com.br/>. Acesso em 25 mar, 2017

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). ZANELLA, Luciano. Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico], Coleção IPT Publicações, São Paulo, 2015.

JABUR, Andrea Sartori; BENETTI Heloiza Piassa; SILIPRANDI, Elizangela Marcelo. Aproveitamento da água pluvial para fins não potáveis. **Congresso nacional de excelência em gestão**, Rio de Janeiro, 7. Ed. 2011.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NBR 10.844: instalações prediais de águas pluviais: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. dez.

NBR 15.527: água de chuva :aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.out.

NBR 5626: instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. set.

NETTO, Azevedo et al. **Manual de hidráulica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

OLIVEIRA, Janerson Rios de Menezes. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em área de vivência e apoio de canteiro de obras: Um estudo de caso em uma obra na cidade de Feira de Santana-BA.** Feira de Santana. 2012. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/JANERSON%20RIOS%20DE%20MENEZES%20OLIVEIRA.pdf>. Acesso em 26 mar, 2017.

PHILIPPI, Luís Sergio; VACCARI, Karla Ponzó; PETERS, Madelon Rebelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. Aproveitamento da Água da Chuva. In: Gonçalves, Ricardo Franci (Coo.). **Uso racional da água em edificações.** Vitória: Projeto Gráfico, 2006. P. 73-152.

PROCAFÉ, Fundação Procafé. Disponível em: <http://www.fundacaoprocafe.com.br/>. Acesso em: 05 abr, 2017

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva**: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis, 2 ed. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, Plínio. **Cálculo hidrológicos e hidráulicos para obras**, 2 ed. São Paulo: Navegar, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2ª Ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L; NARROS, M. T. D. **Drenagem Urbana**. 1ª Ed. Rio Grande do Sul: Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

APÊNDICE A

APÉNDICE B

APÊNDICE C

APÊNDICE D

ANEXO A