

## **ANÁLISE DE VIABILIDADE: sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em condomínio residencial na cidade de Varginha - MG.**

Pedro Henrique Claudino<sup>1\*</sup>  
Prof. Felipe Melo

### **RESUMO**

A água potável é um recurso natural imprescindível à sobrevivência humana, mas que por diversas vezes é utilizada para fins não nobres (aqueles que não demandam potabilidade), que resultam em desperdício. Seguindo nessa linha, e abordando também a economia de recursos financeiros, redução de enchentes, e solução para escassez hídrica, o aproveitamento da água de chuva é um método que minimiza esses efeitos, e ainda auxiliam na redução do consumo de água potável para fins não nobres. O presente trabalho, portanto, tem como foco analisar a viabilidade de implantação do possível sistema de aproveitamento de água pluvial para o condomínio Portal Jardim do Sol II, em Varginha - MG. A pesquisa iniciou com a busca de bibliografias e materiais para que conceitos teóricos pudessem nortear o desenvolvimento. Seguindo, o levantamento de dados, índices pluviométricos e de capacidade do local prospectado, como também metragens de espaços e características construtivas. Através da relação do conhecimento teórico aplicado aos dados obtidos, o próximo passo foi planejar o destino da água captada, e seus impactos na estrutura atual, analisando a viabilidade econômica, construtiva, e de retorno da implantação do sistema. Concluindo, portanto, que o condomínio Portal Jardim do Sol II, com 6.646,58 m<sup>2</sup> de área de captação, distribuído nos telhados das 19 torres, gera um volume médio mensal de água pluvial 715.615,11 litros, quantidade suficiente para equacionar e superar a demanda atual de 449.988,50 litros, validando a viabilidade da implantação do sistema.

**Palavras-chave:** Água Potável; Água Pluvial; Água de chuva; Sistema de aproveitamento de água pluvial; Condomínio Portal Jardim do Sol II; Sustentabilidade.

<sup>1\*</sup> Graduando em Engenharia Civil, décimo período, Centro Universitário do Sul de Minas - Varginha MG. E-mail: pedro.claudino@alunos.unis.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso hídrico de grande importância para a sobrevivência do ser vivo, é também, de extrema importância para o desenvolvimento de atividades agrícolas, industriais e sociais, impactando assim, diretamente na economia de determinada região.

A captação da água da chuva é um procedimento antigo e que ao longo do tempo foi sendo abandonado com a expansão dos sistemas de encanamento de água. Na atualidade, vem sendo resgatado esta prática, porém com novas tecnologias as quais viabilizam a implantação do sistema. Como a água é um recurso que pode se tornar escasso, tornou-se inviável o uso da água potável para fins menos nobres, como por exemplo, na utilização de lavagem das calçadas, carros, regar plantas e jardins, práticas comuns em qualquer município, podendo ser realizadas com a água captada dos telhados das próprias residências. Em casos como na irrigação dos jardins, fazer esta substituição obtém-se vantagens.

Outro ponto importante dessa aplicação, é que, ao se coletar e armazenar, isso ajuda na prevenção de cheias em grandes centros, onde suas áreas permeáveis e seu sistema de drenagem não são suficientes se comparado ao volume de precipitação da região.

Deve ser considerado ainda a distribuição geográfica dos recursos hídricos no Brasil e no Mundo. Mesmo o Brasil possuindo aproximadamente 14% de toda água doce superficial do planeta, 70% está localizado na região da Amazônia, ou seja, região menos povoada do país. Em compensação, as regiões Sudeste e Nordeste possuem a menor parcela de água doce disponível em território brasileiro e são responsáveis por abastecer mais de 70% da população brasileira (ANA – Agência Nacional de Águas, 2009).

Com o avanço tecnológico, o crescimento demográfico desordenado junto com a utilização incorreta da água, é intensificado o problema da escassez hídrica. Assim, são imprescindíveis as medidas corretivas e a conscientização da população, podendo então, haver desenvolvimento de projetos sustentáveis com maior frequência, para garantir a preservação da água para que as gerações futuras não sofram com a falta de água.

O presente trabalho tem a importância de evidenciar que o sistema de aproveitamento de água além de ser viável, traz benefícios para o local onde será implantado, tanto ambientais quanto financeiros.

O projeto de captação de água para reaproveitamento, será proposto para um condomínio multifamiliar, para fins não potáveis, sendo de início utilizada para irrigação de jardins, limpeza em geral e bacias sanitárias.

No transcorrer do trabalho, serão apresentados embasamentos teóricos obtidos para o desenvolvimento do assunto proposto e depois será apresentado um diagnóstico sobre o local onde será implantado o sistema, além disso, será feita uma análise entre a demanda e o potencial do volume de água que o sistema poderá oferecer para fins não potáveis. Toda análise foi feita por meio de vistorias técnicas ao local estudado onde foram realizadas medições, entrevistas, consultas ao projeto a fim de conhecer o empreendimento e propor as possíveis soluções.

Diante de tudo que foi abordado, o presente trabalho se justifica pelo fato do aproveitamento da água apresentar economia financeira para o condomínio em questão, evitando a utilização da água potável para os fins menos nobres, contribuindo assim, na solução dos problemas de escassez dos recursos hídricos, redução das enchentes e por fim qualificando a gestão atual do empreendimento através do selo de sustentabilidade o qual irá valorizar mais o condomínio.

O presente trabalho poderá também servir como material de apoio para desenvolvimentos de outros estudos.

## **2 O SISTEMA DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DE CHUVA**

### **2.1 O local**

O sistema de aproveitamento de água pluvial desenvolvido foi proposto para o condomínio residencial Portal Jardim do Sol II, localizado na cidade de Varginha, Minas Gerais, na Rua Futura, 30, no bairro Sagrado Coração. O empreendimento conta com 19 prédios, cada um com 16 apartamentos, divididos em 4 andares, totalizando 304 apartamentos.

### **2.2 O sistema de abastecimento atual**

No condomínio existem apenas sistemas de drenagem pluvial nas áreas comuns, através de sarjetas e galerias, sendo as torres excluídas desse sistema.

A cobertura de cada bloco possui um telhado de estrutura metálica coberta por telhas de cimento, com quatro águas, altura de 2,62 metros e inclinação de 30°, cobrindo uma área de 303,58 m<sup>2</sup>.

A área comum do empreendimento conta com uma vaga de estacionamento para cada apartamento, área de jardim de aproximadamente 9.000 m<sup>2</sup> e duas piscinas de 90 m<sup>3</sup> e 3,5 m<sup>3</sup> respectivamente, e uma área de lazer composta por um salão de festa, churrasqueiras, jardins e quadra poliesportiva.

O condomínio é abastecido pela COPASA, através do sistema convencional por gravidade, alimentando os reservatórios de cada torre e pontos de água das áreas comuns.

O consumo médio mensal no condomínio, de todas as torres e área comum, é de 1.141,47 m<sup>3</sup> de água, resultando em uma média de gasto mensal de aproximadamente R\$ 9.274,00 (nove mil duzentos e setenta e quatro reais).

### **2. Estimativa da demanda 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:** Parâmetro de Engenharia para estimativas da demanda residencial de água

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m <sup>3</sup> /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:** Parâmetro 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 <sup>2</sup>	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	lavagem/mês	4
Mangueria de jardim 1/2"x20m	litros/dia/m <sup>2</sup>	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas para evaporação em piscina	litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 450
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

**Fonte:** Tomaz, 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 <sup>2</sup> xdia
Rega de jardim tipo campo de golfe	4 litros/m <sup>2</sup> xdia
Limpeza de pátios comuns	2 litros/m <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m <sup>2</sup> /dia	9000	18000	8	144.000,00
Piscinas (Manutenção e Perdas com Evaporação)	8,75	l/m <sup>2</sup> /dia	83,80	733,25	10	7.332,50
<b>Consumo mensal estimado (L)</b>						<b>449.988,50</b>

**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, 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 m<sup>2</sup>. 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 Potencial de captação de água de chuva**

A partir da planta de cobertura, 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 m<sup>2</sup> para uma torre e uma área total de captação de 6.646,58 m<sup>2</sup> 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
Mai	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
<b>Total</b>	1714	1440	1187	1919	1594	1129	1282	1264	1521	698	1249	1326	1360

**Fonte:** Fundação Procafé, (2019).

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 (m <sup>2</sup> )	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
<b>Volume anual (L)</b>				8.587.381,36
<b>Volume médio mensal (L)</b>				715.615,11

**Fonte:** O autor.

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 Viabilidade**

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

(<sup>1</sup>) - água extravasando

(<sup>2</sup>) - nível do reservatório reduzindo

(<sup>3</sup>) - 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 m<sup>3</sup>. 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 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 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 não justifica o investimento para este fim.

Todas as decisões foram abordadas em reuniões com o atual síndico do condomínio, Guilherme Henrique Esteves, 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		Demanda (unidade)	Demanda diária (L)	Dias de uso estimado	Demanda Mensal (L)
	Quantidade unitária	Unidade				
Lavagem de piso da área comum (hall, salão, guarita, etc.)	2	l/m <sup>2</sup> /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m <sup>2</sup> /dia	9000	18000	8	144.000,00
<b>Consumo mensal estimado (L)</b>						<b>182.256,00</b>

**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 <sup>2</sup> )	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
<b>Volume anual (l)</b>				<b>3686123,53</b>
<b>Volume médio mensal (l)</b>				<b>307176,96</b>

Fonte: O autor.

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

<b>Total</b>	3686,12	2187,07	<b>Vol. do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	443,11
--------------	---------	---------	---	--------

(<sup>1</sup>) - água extravasando

(<sup>2</sup>) - nível do reservatório reduzindo

(<sup>3</sup>) - 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 m<sup>3</sup>, conforme calculado na Tabela 11, exigindo um reservatório com capacidade comercial de 200 m<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> )	Demanda Mensal (m <sup>3</sup> )	Diferença entre volume e demanda de chuva (m <sup>3</sup> )	Diferença acumulada (m <sup>3</sup> )	Situação do reservatório
Janeiro	1783,04	182,26	-1600,78	-1600,78	E <sup>1</sup>
Fevereiro	873,47	182,26	-691,22	-691,22	E <sup>1</sup>
Março	1198,08	182,26	-1015,82	-1015,82	E <sup>1</sup>
Abril	438,37	182,26	-256,11	-256,11	E <sup>1</sup>
Mai	263,20	182,26	-80,94	-337,05	E <sup>1</sup>
Junho	220,47	182,26	-38,22	-375,27	E <sup>1</sup>
Julho	101,24	182,26	81,02	-294,25	E <sup>1</sup>
Agosto	108,71	182,26	73,55	-220,71	E <sup>1</sup>
Setembro	383,59	182,26	-201,33	-422,04	E <sup>1</sup>
Outubro	619,11	182,26	-436,86	-858,90	E <sup>1</sup>
Novembro	1199,76	182,26	-1017,50	-1876,40	E <sup>1</sup>
Dezembro	1400,08	182,26	-1217,82	-3094,23	E <sup>1</sup>
<b>Total</b>	8589,12	2187,07	<b>Vol. do reservatório (m<sup>3</sup>)</b>	182,26	

(<sup>1</sup>) - água extravasando

(<sup>2</sup>) - nível do reservatório reduzindo

(<sup>3</sup>) - 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 DIMENSIONAMENTO**

### **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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup>;

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 349,82m<sup>2</sup>, conforme pode ser visto no cálculo 01.

### 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 m<sup>2</sup>.

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;

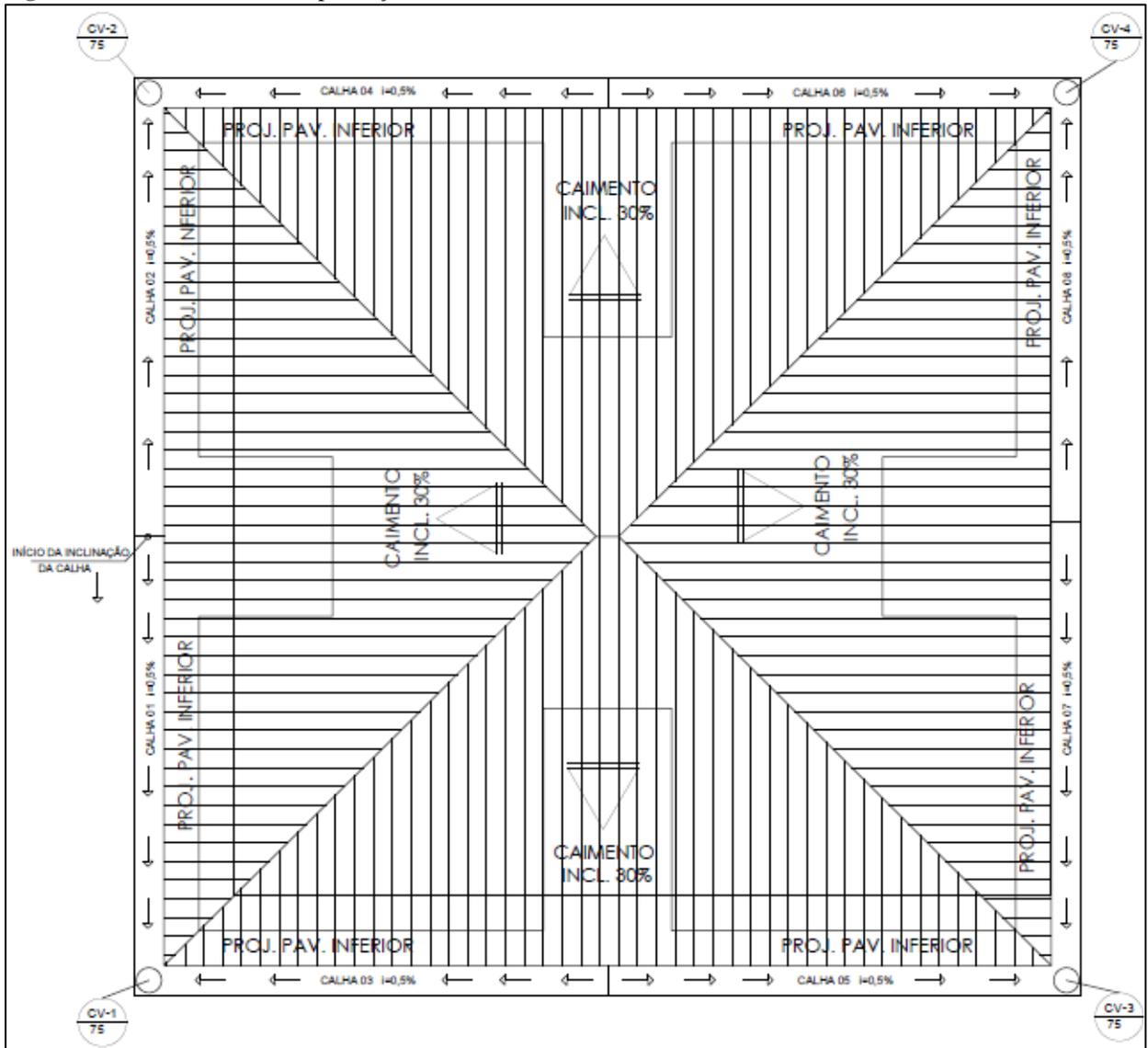
$i$  = inclinação da calha;

$b$  = 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/mim;

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).

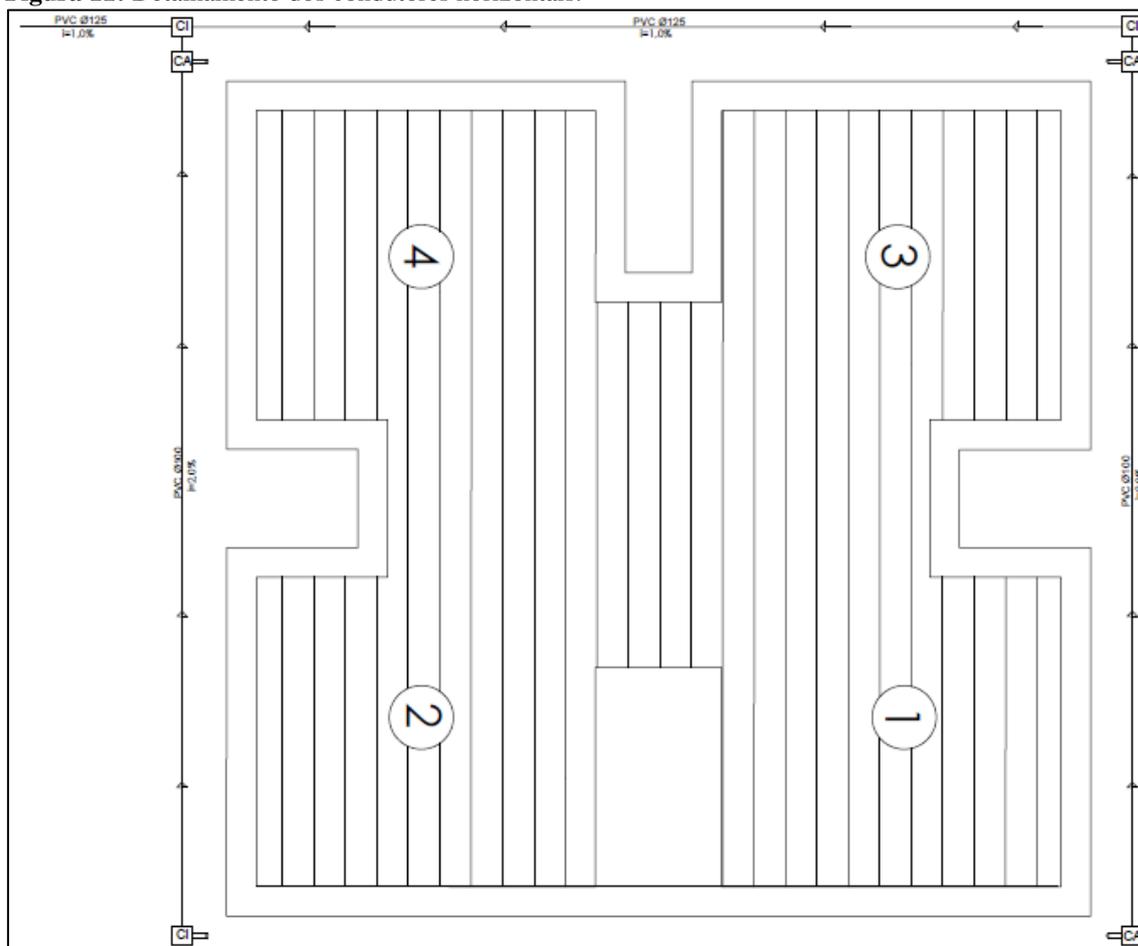
**Tabela 12:** Coeficiente de rugosidade n de Manning

<b>Material</b>	<b>Coeficiente de rugosidade n de Manning</b>
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 1500m<sup>2</sup> 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 12: 3P Filtro Volumétrico VF6**



**Fonte:** Ecohabitat, 2019.

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;

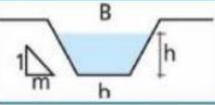
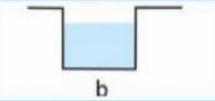
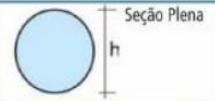
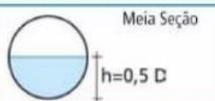
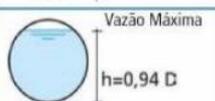
**R<sub>h</sub>** é o raio hidráulico (m);

**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 131:** Elementos Hidráulicos

Geometria da Seção	Área Molhada (A <sub>m</sub> )	Perímetro Molhado (P <sub>m</sub> )	Raio Hidráulico (R <sub>H</sub> )	Largura Superficial (B)
	$(b+mh)h$	$b+2h\sqrt{1+m^2}$	$\frac{(b+mh)h}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$	$b+2mh$
	$b \cdot h$	$b+2h$	$\frac{b \cdot h}{b+2h}$	$b$
 Seção Plena	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\pi \cdot D$	$\frac{D}{4}$	----
 Meia Seção	$\frac{\pi \cdot D^2}{8}$	$\frac{\pi \cdot D}{2}$	$\frac{D}{4}$	----
 Vazão Máxima	$0,7662 \cdot D^2$	$2,6467 \cdot D$	$0,2895 \cdot D$	----

**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 (m<sup>3</sup>/s);

**n** é coeficiente de rugosidade de Manning;

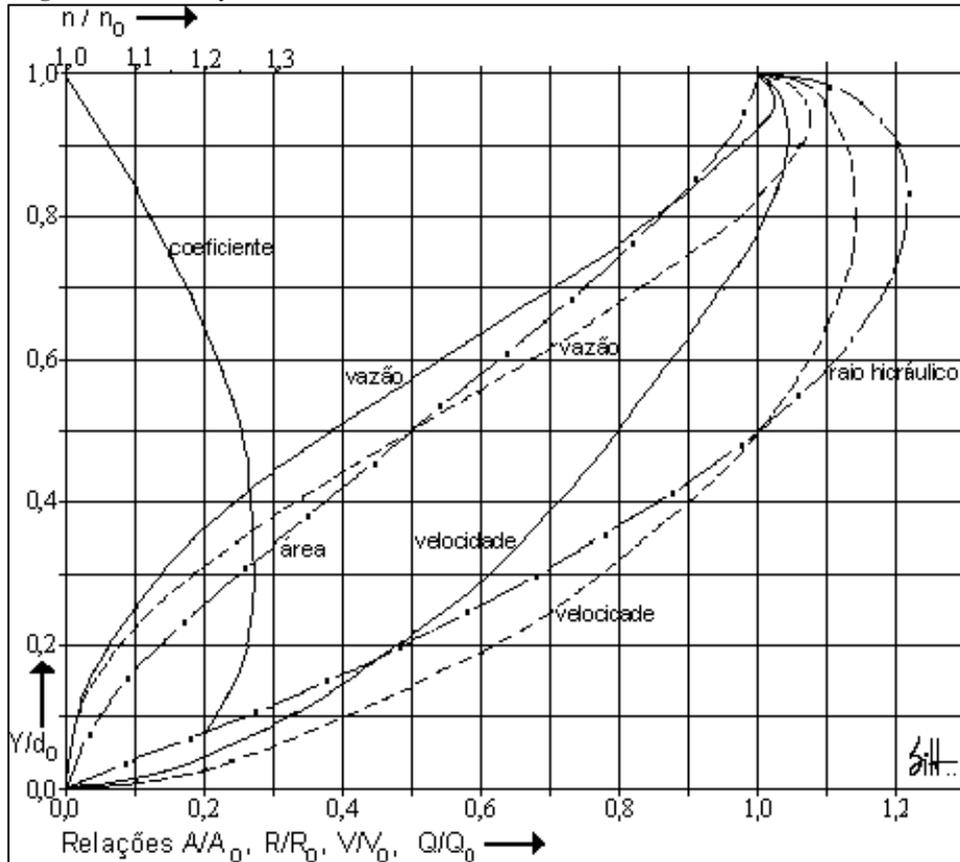
**R<sub>h</sub>** é o raio hidráulico (m);

$i$  é declividade média (m/m);

$A_m$  área molhada ( $m^2$ ).

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.

**Figura 14:** Ábaco  $y/D$



Fonte: [www.dec.ufcg.edu.br](http://www.dec.ufcg.edu.br)

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/Qo	0,84
Nconcreto	0,014
R/Ro	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 <sup>3</sup> /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 15:** 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 115m<sup>2</sup>. 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 (m<sup>3</sup>/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)			
	Q em l/s			
D mm	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

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
<b>Total</b>				<b>383,01 m</b>

**Fonte:** Do Autor (2019).

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  $\eta_b$  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.

#### **4.4 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 2019. 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 19:** Quantitativo de Calhas

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

Fonte: O Autor (2019).

**Tabela 20:** Quantitativo de Condutores Verticais

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

Fonte: O Autor (2019).

**Tabela 21:** 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 (2019).

**Tabela 22:** Quantitativo Galeria.

Trecho	Extensão (m)	Galeria Ø (mm)	Largura Recorte Via (m)	Profundidade Recorte Via (m)	Área Recorte (m <sup>2</sup> )	Volume Escavação (m <sup>3</sup> )	Volume Reaterro (m <sup>3</sup> )
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 (2019).

**Tabela 23:** Estimativa de Custo.

Item	Discriminação	Unid.	Quant.	Pr. Unitário	Pr. Total
<b>1</b>	<b>Sistema Elevatório e Rede de Distribuição</b>				
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 <sup>3</sup>	200	R\$8,68	R\$1.736,00
2.2	Transporte de terra em caminhão de 6 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	200	R\$5,30	R\$1.060,00
2.3	Apiloamento de fundo com maço de 30 Kg	m <sup>2</sup>	40	R\$21,35	R\$854,00
2.4	Lastro de concreto magro incluindo preparo e lançamento com e= 8 cm	m <sup>3</sup>	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 <sup>2</sup>	18	R\$171,00	R\$3.078,00
2.7	Concreto dosado em obra com 20 MPa	m <sup>3</sup>	16,2	R\$173,00	R\$2.802,60
2.8	Transporte, lançamento e adensamento do concreto	m <sup>3</sup>	16,2	R\$124,00	R\$2.008,80
2.9	Impermeabilização	m <sup>2</sup>	120	R\$69,32	R\$8.318,40
2.10	Reaterro manual das valas	m <sup>3</sup>	6,5	R\$58,23	R\$378,50
2.11	Tampa de concreto para o reservatório	m <sup>3</sup>	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 <sup>3</sup>	593,47	R\$7,38	R\$4.379,81
3.2	Reaterro manual de vala com compactação mecanizada	m <sup>3</sup>	553,2	R\$17,55	R\$9.708,66
3.3	Base e Sub-base				
3.4	Fornecimento lançamento de brita n.2	m <sup>3</sup>	17,85	R\$53,99	R\$963,72
3.5	Concreto magro fck 18MPa	m <sup>3</sup>	17,85	R\$57,00	R\$1.017,45

**Subtotal**

**R\$16.069,64**

<b>4 Fornecimento, transporte e assentamento de tubos de concreto</b>					
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
<b>Subtotal</b>				<b>R\$25.226,74</b>	
<b>5 Poços de Visita</b>					
5.1	Poço de visita 1,2x1,2x1,6m	un	9	R\$1.889,10	R\$17.001,90
<b>Subtotal</b>				<b>R\$17.001,90</b>	
<b>6 Tampão de Ferro Fundido</b>					
6.1	Tampão fofo articulado Ø 600 mm	un	9	R\$475,83	R\$4.282,47
<b>Subtotal</b>				<b>R\$4.282,47</b>	
<b>7 Sistema de Captação</b>					
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
<b>Subtotal</b>				<b>R\$24.890,99</b>	
<b>Total</b>				<b>R\$212.663,01</b>	

Fonte: O Autor (2019).

## **5 PRAZO DE RETORNO DO INVESTIMENTO**

O empreendimento consome atualmente 450 m<sup>3</sup> por mês de água potável em atividades em que, se é possível o aproveitamento da água de chuva. 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 m<sup>3</sup> 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 II, 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, 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 Plínio, 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 II 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.

## ABSTRACT

Drinking water is an extremely important natural resource for human survival, but it is often used for non-noble purposes that result in waste. Following this line of thought, and also addressing the economy of financial resources, flood reduction, and the solution for water lack, the use of rainwater is a method that minimizes these effects, and also helps to reduce the consumption of drinking water for non-noble purposes. The current work, therefore, focuses on analyzing the feasibility of implementing a water reuse system for the condominium Portal Jardim do Sol II in Varginha - MG. The research started with the search of bibliographies and materials so that theoretical concepts could guide the development of it. After that, it was followed by the data collection, the rainfall and capacity rates of the prospected site, as well as the dimensions and features of the construction. By the relationship between the theoretical knowledge applied to the obtained data, the next step was to plan the destination of the retained water and its impacts on the current structure, analyzing the economical and constructive viability, besides the system return rates. Given that, it's possible to conclude that the condominium Portal Jardim do Sol II, which has 6,646.58 m<sup>2</sup> of catchment area, distributed throughout the roofs of its 19 towers, generates an average monthly volume of rainwater of 715,615.11 liters, which is enough to equate and overcome the current demand of 449,988.50 liters, validating the feasibility of the system implementation.

**Keywords:** Drinking Water; Rainwater; Rainwater reusal system; Condominium Portal Jardim do Sol II; Sustainability.

## 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](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/fatosetendencias/edicao_2.pdf) Acesso em 11 ago, 2019.

ANNECCHINI, Karla Ponzio 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: 08 nov, 2019.

BAPTISTA, Pedro Rui de Andrade Crespo. **Sistema 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: 08 nov, 2019

**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 10 ago, 2019.

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](http://feam.br/images/stories/2016/PRODUCAO_SUSTENTAVEL/GUIAS-TECNICOS-AMBIENTAIS/CARTILHA_AGUA_DA_CHUVA_INTRANET.pdf).

Acesso em 02 set, 2019.

**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 11 nov, 2019

**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 08, ago 2019.

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: 14 out, 2019

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. **Cálculos 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.

## ANEXO A

### 1.0 Memorial de Cálculo

#### 1.1 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:

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

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

#### 1.2 Cálculo 02 - Volume de água pluvial possível de captação

Dados:

P = Precipitação média (mm)

A = área = 421,40m<sup>2</sup>

C = coeficiente de runoff = 0,95

$$V = P x A x C$$

**Tabela 24:** Cálculo do potencial de captação de água de chuva

Mês	Precipitação média (mm)	Área (m <sup>2</sup> )	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
<b>Volume anual (L)</b>				<b>8.587.381,36</b>
<b>Volume médio mensal (L)</b>				<b>715.615,11</b>

Fonte: O autor..

### 1.3 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:

$$V = 2 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 9000 \text{ m}^2 \text{ de jardim} \times 8 \text{ dias de consumo} = 144.000,00 \text{ litros}$$

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

- Volume mensal para manutenção das piscinas:

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

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

**Tabela 25:** 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 <sup>2</sup> /dia	1594	3188	12	38.256,00
Irrigação de jardim	2	l/m <sup>2</sup> /dia	9000	18000	8	144.000,00
Piscinas (Manutenção e Perdas com Evaporação)	8,75	l/m <sup>2</sup> /dia	83,80	733,25	10	7.332,50
<b>Consumo mensal estimado (L)</b>						<b>189.588,50</b>

Fonte: O autor.

#### 1.4 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.

## 1.5 Cálculo 05- Reservatório inferior

Dados:

- Estimativa de consumo mensal (demanda) = 182.260 litros

**Tabela 26:** Cálculo de volume do reservatório considerando a área de captação de 19 torres.

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

(1) - água extravasando

(2) - nível do reservatório reduzindo

(3) - nível do reservatório aumentando

**Fonte:** O autor.

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

a) Cálculo da intensidade pluviométrica

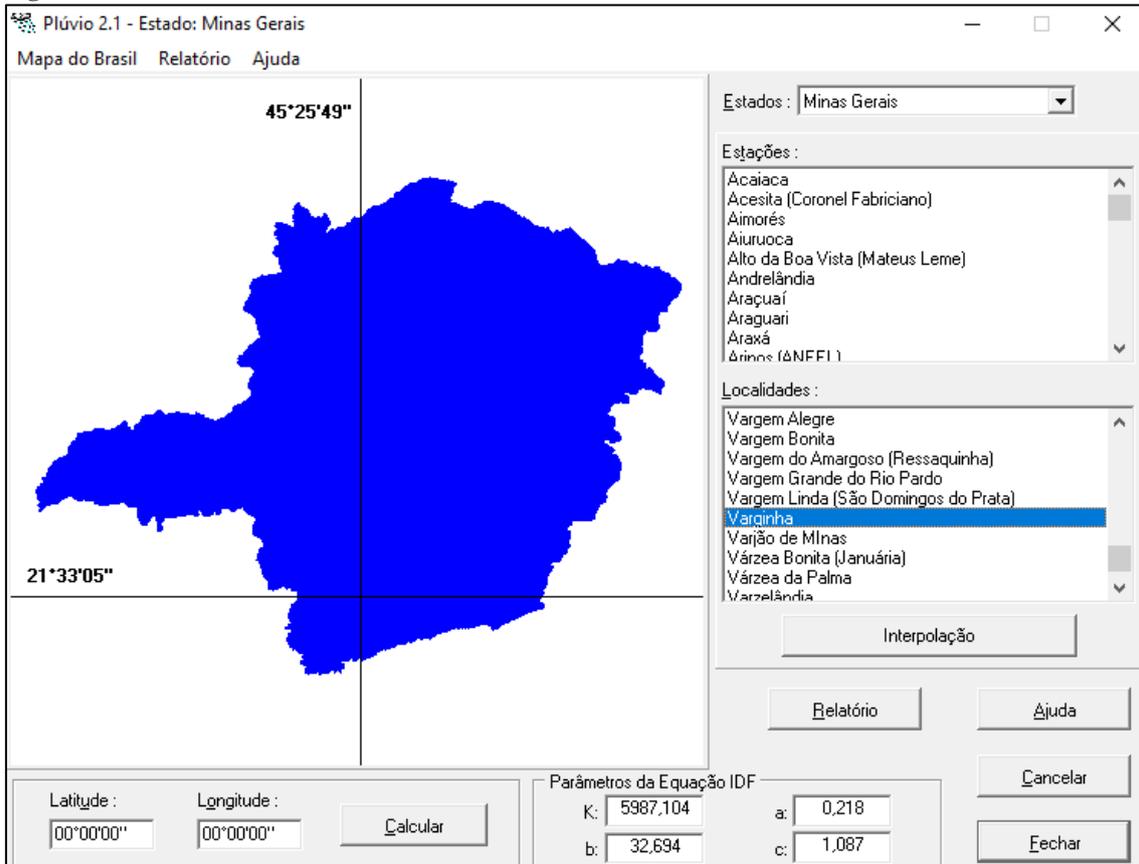
Dados:

- 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 2:** Dados Pluviométricos



Fonte: O Autor.

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

b) Cálculo da vazão de projeto

Dados:

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

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

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

$$Q = \frac{\frac{164,51mm}{h} \times 43,72m^2}{60}$$

$$Q = 119,87 L/mim$$

### 1.7 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

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

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

$$h = 0,051m = 5 \text{ cm}$$

$$b = 2 \times h$$

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

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

b) Borda de segurança

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

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

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

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

## 1.8 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**

## 1.9 Cálculo 09 – Altura manométrica

Dados:

Vazão (Q) = 0,000081 m<sup>3</sup>/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<sub>g</sub>) = 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.

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

### 1.10 Cálculo 10 – Potência da bomba

Dados:

Peso específico da água ( $\gamma$ ) = 1000 kgf/m<sup>3</sup>

Vazão (Q) = 0,000081 m<sup>3</sup>/s

H<sub>man</sub> = altura manométrica = 36,01 m

Coefficiente médio de rendimento ( $\eta_b$ ) = 0,75

**Tabela 27:** Rendimento de motores elétricos.

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

Fonte: NETTO, 1998.

**Tabela 28:** Rendimento de bombas centrífugas.

Rendimento de bombas centrífugas											
Q (l/s)	5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	100	200
$\eta_b$	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.