

CENTRO UNIVERSITÁRIO SUL DE MINAS - UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

PAULO CESAR MANUEL DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA UM EDIFÍCIO COMERCIAL E RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR VERTICAL NA CIDADE DE PARAGUAÇU- MG**

VARGINHA

2016

PAULO CESAR MANUEL DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA UM EDIFÍCIO COMERCIAL E RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR VERTICAL NA CIDADE DE PARAGUAÇU- 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

2016

PAULO CESAR MANUEL DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA UM EDIFÍCIO COMERCIAL E RESIDENCIAL
MULTIFAMILIAR VERTICAL NA CIDADE DE PARAGUAÇU- MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis – como pré-requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Ms. Ivana Prado de Vasconcelos

Prof. Dr. Leopoldo Umberto Júnior

Prof. Esp. Luana Ferreira

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que permitiu mais uma conquista em minha vida.

Agradeço especialmente a minha esposa Juliana pelo apoio, incentivo, companheirismo e compreensão durante meu período acadêmico.

A minha mãe Geiza, por aceitar todas as minhas desculpas de não comparecimento por ter que estudar.

A minha filha Ana Laura, por entender que quando estive ausente e não pude fazer nossas brincadeiras e lazer foi para alcançar esta conquista.

A todos os meus amigos, em especial Amaury, Vanessa e Rose, que entenderam e apoiaram todas as vezes que precisei recusar um convite para poder estudar.

A todos os professores do UNIS que de várias formas contribuíram para o meu crescimento, em especial a professora Ivana, que além dos conhecimentos passados no meio acadêmico orientou meu Trabalho de Conclusão de Curso com toda dedicação e paciência.

Agradeço ao meu colega de graduação Leandro, pelos estudos, trabalhos, acertos, enfim, por ter se tornado um amigo.

RESUMO

A água é o bem mais valioso do planeta, sendo essencial para qualquer forma de vida, entretanto o homem a usa de forma irracional. Atualmente o mundo enfrenta uma grave crise hídrica que só piora com o uso desordenado da água, os mananciais que abastecem as cidades têm se tornado escassos devido ao aumento da população e da poluição lançada aos mesmos. Esse cenário negativo resulta em uma busca por soluções alternativas e sustentáveis para a conservação da água, e uma das alternativas é o aproveitamento da água da chuva, que consiste em mecanismos para sua captação e armazenamento a fim de aproveitá-la para fins não potáveis. Esse trabalho consiste em um projeto para a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, para um edifício multifamiliar comercial. Para o desenvolvimento do projeto foram utilizados dados pluviométricos dos últimos onze anos da região, e realizada uma análise geral do edifício através de fotos e medições, a fim de conhecer o espaço disponível. Após a análise dos dados, baseado na teoria adquirida, foi possível constatar que o Edifício Alfredo Fressato conta com uma área de captação de 421,40m² e é capaz de gerar um volume médio mensal de água da chuva de 48.573,37 litros, sendo suficiente para a demanda estimada de 29.776,00 litros para fins não potáveis. Para fornecer água não potável para o edifício seria necessário a implantação de um reservatório superior de 2.000,00 litros capaz de suprir dois dias de uso, um outro reservatório inferior com capacidade de 52.210,00 litros suficiente para ter água nos períodos de seca e a instalação de um sistema elevatório, preferencialmente com uma bomba de funcionamento a energia solar, garantindo um sistema inda mais sustentável. Após todos os cálculos realizados e o dimensionamento final do sistema de aproveitamento de águas pluviais foi possível fazer uma estimativa do custo que representaria a execução deste projeto.

Palavras-chave: Água. Projeto. Sustentável.

ABSTRACT

Water is the most valuable asset of the planet, is essential for any form of life, however the man uses irrationally. Currently the world is facing a serious water crisis worsens with the disorderly use of water, the water sources that supply the cities have become scarce due to increasing population and pollution released to them. This negative scenario results in a search for alternative and sustainable solutions for water conservation, and one of the alternatives is the use of rainwater, which consists of mechanisms for their capture and storage in order to take advantage of it for non-potable purposes. This work consists of a project for the implementation of a recovery system of rainwater for a commercial multi-family building. For to development of the project were used pluviometric data of the last eleven years of the region, and a general analysis of the building through photos and measurements, in order to know the available space. After analyzing the data, based on the acquired theory, it was possible to verify that the Alfredo Fressato Building has a catchment area of 421,40 m² and is capable of generating an average monthly volume of rainwater 48,573.37 liters, is sufficient for the estimated demand of 29,776.00 liters for non-potable purposes. In order to supply non-potable water to the building, it would be necessary to install an upper reservoir of 2000.00 liters capable of supplying two days of use, another lower reservoir with a capacity of 52210.00 liters sufficient to have water during periods of drought and installation of a lifting system, preferably with a solar- powered pump, guaranteeing a more sustainable system. After all the calculations and the final design of the rainwater harvesting system, it was possible to estimate the cost of implementing this project.

Keywords: Water. Project. Sustainable.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Fachada frontal do Edifício Alfredo Fressato-----	13
Figura 02 - Diagrama de cobertura e representação das alturas e inclinação do telhado -----	14
Figura 03 - Imagem aérea do telhado do edifício alfredo fressato -----	15
Figura 04 - Parâmetros pluviométricos para cidade de Paraguaçu-MG-----	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Coeficiente de escoamento superficial (C) -----	18
Tabela 02 - Média pluviométrica mensal, em mm, para cidade de Paraguaçu, Mg -----	18
Tabela 03 - Parâmetros de engenharia para estimativa de demanda de água para uso externo	19
Tabela 04 - Parâmetros de engenharia para estimativa de demanda de água para uso interno	19
Tabela 05 - Coeficiente de rugosidade N de Manning-----	23
Tabela 06 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min)-----	24
Tabela 07 - Coeficiente de rugosidade-----	26
Tabela 08 - Rendimento de motores elétricos-----	27
Tabela 09 - Rendimento de motores elétricos-----	27
Tabela 10 - Diâmetros mínimos para os sub-ramais de acordo com a tabela 5 da NBR 5626:1998-----	28
Tabela 11 - Média pluviométrica mensal, em mm, para cidade de Paraguaçu, Mg -----	30
Tabela 12 - Demanda de água estimada para o Edifício Alfredo Fressato -----	32
Tabela 13 - Dimensionamento do reservatório pelo Método De Rippl -----	33
Tabela 14 - Comprimento equivalente de perdas localizadas -----	37
Tabela 15 - Peso relativo-----	39
Tabela 16 - Quantitativo de componentes para o sistema de aproveitamento de água-----	45
Tabela 17 - Estimativa de custo para o sistema de aproveitamento de água -----	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivo geral	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 DIAGNÓSTICO	13
3.1 Descrição do local de estudo	13
3.2 Caracterização do sistema existente	13
4 PROJETO	16
4.1 Memorial descritivo	16
4.1.1 Área de captação	16
4.1.2 Cálculo do volume de água pluvial possível de captação	17
4.1.3 Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis	18
4.1.4 Dimensionamento dos reservatórios	20
4.1.4.1 Reservatório superior	20
4.1.4.2 Reservatório inferior	20
4.1.5 Sistema condutor da água	21
4.1.5.1 Vazão de projeto	21
4.1.5.2 Dimensionamento das calhas	22
4.1.5.3 Dimensionamento do condutor vertical	22
4.1.5.4 Dimensionamento do condutor horizontal	23
4.1.6 Sistema de descarte da primeira água e de filtragem	24
4.1.7 Dimensionamento do sistema elevatório	25
4.1.7.2 Determinação da potência da bomba	26
4.1.8 Dimensionamento das tubulações internas	27
4.1.8.1 Sub-ramais	27
4.1.8.2 Coluna de água e barriletes	28
4.2 Memorial de cálculo	29
Cálculo 01 – Área da superfície de captação	29
Cálculo 02 - Volume de água pluvial possível de captação	30
Calculo 03 - Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis	30
Calculo 04- Reservatório superior	32
Cálculo 05- Reservatório inferior	32
Calculo 06 – Cálculo da vazão de projeto para calhas e condutores horizontal e vertical	33
Calculo 07 – Dimensionamento das calhas	35
Cálculo 08 - Dimensionamento do condutor vertical	36
Cálculo 09 – Volume de descarte das primeiras águas	36
Cálculo 10 – Dimensionamento do sistema elevatório	36
Cálculo 11 – Diâmetro das colunas de água e barriletes	38
4.3 Especificações de materiais e serviços	40
4.3.1 Materiais	40
4.3.2 Equipamentos	41
4.3.3 Serviços	41
4.3.3.1 Reservatórios	41
4.3.3.2 Condutor vertical	42
4.3.3.3 Condutor horizontal	42

4.3.3.4 Descarte das primeiras águas e filtragem -----	42
4.3.3.5 Bomba-----	43
4.3.3.6 Tubulações e conexões internas -----	43
4.3.3.7 Instalação dos sub-ramais do vaso sanitário e saídas para torneiras -----	43
4.4 Quantitativos projeto e estimativa de custo -----	44
5 CONCLUSÃO -----	48
REFERÊNCIAS -----	49
APÊNDICE A- Componentes superiores do sistema de aproveitamento de água pluvial -----	50
APÊNDICE B – Detalhamento da tubulação horizontal, localização do reservatório inferior e disposição dos sistemas de filtragem e elevatório -----	52
APÊNDICE C – Vistas e perspectivas das tubulações internas e saída para torneira externa -----	54
ANEXO A – Planta baixa apartamento do Edifício Alfredo Fressato -----	56
ANEXO B – Pavimento tipo do Edifício Fressato -----	57
ANEXO C - Indicações para cálculo de área de contribuição -----	58
ANEXO D – Comprimentos equivalentes e perdas localizadas-----	59
ANEXO E – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização-----	60

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento de água pluvial consiste em recolher as águas da chuva que incidem sobre as superfícies como telhados, terraços entre outros sendo essa água armazenada para posterior utilização em diversos fins não potáveis. O tratamento ou o não tratamento vai depender de qual será seu uso.

Para o presente trabalho foi desenvolvido um projeto de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para um Edifício Comercial e Residencial Multifamiliar Vertical na Cidade de Paraguaçu- MG. Este projeto foi elaborado para garantir um sistema sustentável respeitando parâmetros e critérios normativos.

A escassez dos recursos naturais faz o homem procurar por soluções que minimizem suas ausências. A crise hídrica mundial dos últimos anos vem afetando até mesmo regiões onde havia água em abundância, o que levou o homem a buscar mecanismos alternativos para preservar a água das fontes naturais para que as gerações futuras não sofram com falta de água pelo uso desordenado desta geração.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto para utilização das águas da chuva para fins não potáveis como descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de garagens e calçada. Também será apresentada uma caracterização física do local de implantação, o volume de água necessário para suprir a demanda não potável do edifício e o volume possível de captação para níveis pluviométricos da região de estudo.

Este trabalho é de grande importância para mostrar a viabilidade do sistema de aproveitamento de água pluvial, pois além de trazer benefícios para o local implantado contribui também com o meio ambiente. Apesar de existir um custo inicial elevado o sistema se mostra viável principalmente pela sua característica sustentável, e a implantação e funcionamento não causa poluição e impactos ambientais significativos.

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. Em seguida as especificações dos materiais e serviços utilizados para execução do projeto, bem como todos os parâmetros normativos e teóricos que foram consultados.

Por fim será mostrado uma tabela quantitativa dos componentes que serão utilizados na execução do projeto e uma estimativa de custo para uma orientação do que representaria, financeiramente, a implantação desse sistema de aproveitamento de águas pluviais. Poderá ser consultado também todos os desenhos de plantas para maior entendimento do projeto.

1.1 Justificativa

Tendo em vista a problemática, principalmente nos últimos anos, em relação à escassez da água foi escolhido o tema de aproveitamento de água pluvial para este trabalho. A importância que tem a preservação da água no planeta não pode ser negligenciada por todos que a consomem, principalmente pelos governos e pessoas de maior influência que deveriam estar à frente na conscientização e desenvolvimento de mecanismos sustentáveis para preservação da água.

As edificações verticais são grandes consumidoras de água, por isso a escolha de se desenvolver um sistema para o aproveitamento de água da chuva para o uso não potável, visando uma economia financeira para o edifício e uma contribuição imensa para o meio ambiente.

A implantação desses sistemas, principalmente pelos grandes consumidores de água, é uma forma concreta e plausível para ajudar no combate à escassez desse recurso.

Este trabalho foi desenvolvido com embasamento teórico em autores respeitados e com pensamentos sustentáveis que buscam maneiras para salvar o que a maioria está destruindo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial para um Edifício Comercial e Residencial Multifamiliar Vertical na cidade de Paraguaçu, Minas Gerais.

2.2 Objetivos específicos

- a) Fazer uma revisão bibliográfica sobre o contexto deste projeto;
- b) Caracterizar a vazão pluvial disponível e a de consumo;
- c) Diagnosticar a edificação onde será proposto o sistema de captação de água pluvial;
- 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 Descrição do local de estudo

O sistema de aproveitamento de água pluvial será proposto para uma edificação Comercial e Residencial Multifamiliar Vertical na cidade de Paraguaçu, Minas Gerais (figura 01). O Edifício Alfredo Fressato, inaugurado em 2004, está localizado à Rua Barão do Rio Branco, 281, no centro da cidade. Tem 13,75m de altura e é constituído de uma loja que ocupa todo o pavimento térreo, oito apartamentos divididos no segundo e terceiro pavimento, quatro terraços acima do terceiro pavimento e uma garagem.

Cada apartamento do edifício possui uma sala, sala de jantar, cozinha, área de serviço, suíte, dois quartos e dois banheiros sociais (anexo A). O pavimento tipo possui quatro apartamentos de iguais dimensões e distribuição dos espaços (anexo B).

Figura 01 - Fachada frontal do Edifício Alfredo Fressato



Fonte: o autor

3.2 Caracterização do sistema existente

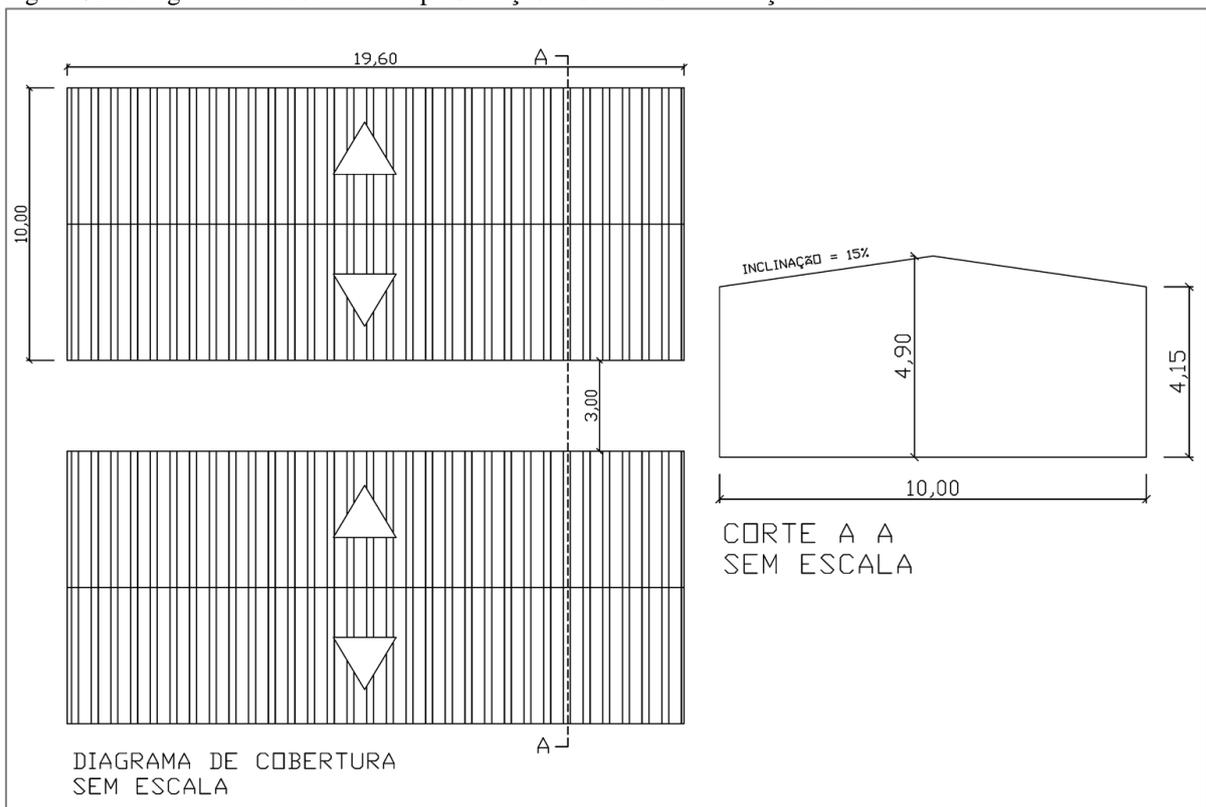
O Edifício Alfredo Fressato conta hoje com 100% da sua água vinda de uma concessionária de saneamento básico de Paraguaçu, MG. Essa água chega por gravidade nos

quatro reservatórios e é distribuída para os oito apartamentos, loja, limpeza do condomínio e calçada e irrigação dos jardins. A conta de água é distribuída em partes iguais a todos proprietários. Atualmente o edifício tem um consumo médio de 135.500,00 litros de água por mês, o que gera um custo médio de R\$ 920,00 mensais.

O telhado é de duas águas com uma altura de 4,90m e tem uma inclinação de 15%. São dois telhados em estrutura metálica, sendo que cada um cobre a área de dois terraços (figura 02). O telhado já conta com um sistema de calhas e condutores verticais que transportam a água da chuva às galerias públicas. As calhas possuem dimensão de 17 cm de largura por 14 cm de altura.

As caixas de água potável existentes estão dispostas nas laterais do edifício, sendo que cada uma abastece dois apartamentos abaixo da mesma (figura 03). Na mesma estrutura estão abrigados os reservatórios de água quente e fria.

Figura 02 - Diagrama de cobertura e representação das alturas e inclinação do telhado



Fonte: o autor

Figura 03 - Imagem aérea do telhado do Edifício Alfredo Fressato



Fonte: o autor

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 Edifício Comercial e Residencial Multifamiliar Vertical de três pavimentos com oito apartamentos e uma loja na cidade de Paraguaçu- 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 usados 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 edifício 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 edifício, durante todo o ano.

O sistema será composto por uma área de coleta de água pluvial, neste caso o telhado, coletores verticais e horizontais, um sistema de descarte da primeira água, 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 Área de captação

Para este projeto de aproveitamento de água pluvial a micro bacia contribuinte para captação de água será o telhado. Através de medições, cálculos e fotos foi possível conhecê-lo para então calcular o volume de água que ele pode captar. O telhado da edificação é de telhas metálicas e está localizado nos terraços, ocupando uma área total de 392,00m².

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 C). 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.

Essa fórmula calcula a área de uma água do telhado, como são dois telhados de duas águas a superfície de captação total será de 421,40 m² (ver cálculo 01).

4.1.2 Cálculo do volume de água pluvial possível de captação

Para obter o volume possível de água de chuva captada foram utilizados conceitos de Tomaz (2003), que mostra que para efeito de cálculo, o volume de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Para isso usa-se o coeficiente de escoamento superficial chamado coeficiente de runoff (tabela 01), que é o coeficiente entre a água que esco superficialmente pelo total da água precipitada. O volume pode ser calculado pela equação:

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

onde:

V = volume, em m³;

P = precipitação, em mm;

A = área, em m²;

C = coeficiente de runoff.

Tabela 01 - Coeficiente de escoamento superficial (C)

Superfície	Coeficiente C
telhado	0,70 a 0,95
pavimentos	0,40 a 0,90
via mecadamizada	0,25 a 0,60
vias e passeios apedregulhados	0,15 a 0,30
quintais e lotes vazios	0,10 a 0,30
parques, jardins, gramados dependendo da declividade	0,00 a 0,25

Fonte: (TOMAZ, 2003).

Considerando uma área de contribuição de 421,40m² obtida no item 4.1.1 deste memorial, dados de precipitação fornecidos pelo produtor rural José Hermano Prado da Fazenda Três Estrelas Ltda. em Paraguaçu, MG (tabela 02) e a equação proposta por Tomaz (2003) foi possível estimar um volume de captação médio de 48.573,37 m³ de água da chuva (ver cálculo 02).

Tabela 02 - Média pluviométrica mensal, em mm, para cidade de Paraguaçu, MG

Mês	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Média
Jan	466	127	437	263	263	199	339	335	420	47,6	117	274
Fev	71	183	30	342	207	141	91	49	222	12,8	106,8	132
Mar	183	306	46	270	233	117	261	185	161	117,8	202	189
Abr	93	75	125	200	75	28	93	85	61	82,4	73,3	90
Mai	126	91	67	95	82	35	6	34	72	15,4	96	65
Jun	91	43	85	43	47	25	27	111	18	9,8	12,5	47
Jul	52	78	43	13	48	19	11	28	0	33	9,4	30
Ago	57	56	20	45	37	14	12	1	0	14,4	18	25
Set	125	103	0	83	121	124	0	59	46	46,8	134,4	77
Out	115	103	110	135	91	126	121	47	106	39,6	37	94
Nov	150	267	361	249	124	225	110	140	200	117,6	325,7	206
Dez	324	285	190	252	343	176	226	225	166	164,6	172,6	229
Total	1853	1717	1514	1990	1671	1229	1297	1299	1472	702	1305	1459

Fonte: (Fazenda Três Estrelas Ltda, 2016)

4.1.3 Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis

Para estimativa do gasto mensal de água não potável foi levado em conta dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2014, que aponta uma média de 4,13 moradores por residência no estado de Minas Gerais. Também foram utilizados parâmetros das tabelas 03 e 04 que faz estimativas de demanda para consumos internos e externos de água.

Tabela 03 - Parâmetros de engenharia para estimativa de demanda de água para uso externo

Uso externo	Unidade	Parâmetros
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros com frequência	Lavagem/mês	4
mangueira de jardim 1/2"x 20cm	Litros/dia	50
Perdas por evaporação em piscinas	Litros/dia/m ²	5,75
Reechimento de piscina	Anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Fonte: (TOMAZ, 2003)

Tabela 04 - Parâmetros de engenharia para estimativa de demanda de água para uso interno

Uso interno	Unidade	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	5
Número de pessoas na casa	Pessoa	2	5	3
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	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 roupas	Minuto/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litros/segundo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Fonte: (TOMAZ, 2003)

Nos cálculos foram considerados trinta e três moradores e seis funcionários da loja. A área do jardim foi obtida com medição *in loco* dos três pequenos jardins, totalizando 18,5 m². O tempo gasto para lavagem de garagem e passeios foi obtido por marcação de tempo durante a limpeza.

Com a implantação do sistema de captação de água pluvial espera-se uma redução de 29.766,00 litros/mês de água potável consumida (ver cálculo 03). Os volumes de consumo para cada utilização podem ser consultados na tabela 11 do memorial de cálculo.

4.1.4 Dimensionamento dos 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 29.766,00 litros/mês obtida no item 4.1.3 deste memorial. A partir desta estimativa mensal chegou então a um valor de 992,20 litros de água não potável por dia (ver cálculo 04).

Será utilizado um reservatório superior comercial de 2.000 litros visando dois dias de uso sem necessidade de acionar o sistema elevatório. A caixa de água será de polietileno com fechamento total e seguro, atendendo a NBR 14799:2011 (ABNT, 2011).

O reservatório superior será instalado acima da caixa de escadas (ver desenho 1, apêndice A) e vai distribuir água para os banheiros dos apartamentos e loja, para limpeza dos corredores e garagem e para irrigação dos jardins.

4.1.4.2 Reservatório inferior

No dimensionamento do reservatório inferior foi considerado abastecimento de água não potável para o ano inteiro. Para isso as sobras de águas de chuva excedentes ao uso de cada mês do período de chuva serão armazenadas para serem usadas gradativamente no período de seca.

Utilizando os dados médios de chuva já demonstrado item 4.1.2 (tabela 02), a demanda mensal estimada para consumo do item 4.1.3 de 29.766,00 litros, a área de captação de 421,40m² do item 4.1.1 e o coeficiente de escoamento de 0,95 (tabela 01) foi possível, através do Método de Rippl, estimar um reservatório com volume de 52,21m³ (ver cálculo 05). Os valores para cada mês estão apresentados na tabela 12 do memorial de cálculo.

O reservatório inferior terá as dimensões de 5,00m x 4,00 x 3,60m (comprimento x largura x altura), sendo um metro de altura não considerado para volume de água, apenas para disposição da tubulação dos componentes. Este será feito em concreto armado, onde seu projeto

deverá ser feito por um profissional na área de estruturas e fundação. Sua construção será ao lado da garagem, atrás da casa de gás do edifício (ver desenho 5, apêndice B).

4.1.5 Sistema condutor da água

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.

4.1.5.1 Vazão de projeto

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.

A área de contribuição é de 105,35m² (item 4.1.1) e a intensidade, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a duração de precipitação e o período de retorno. A mesma norma determina que para coberturas e/ou terraços o período de retorno (T) deve ser de 5 anos e a duração de precipitação (t) deve ser de 5 minutos.

Utilizando variáveis para cidade de Paraguaçu obtidas com o *software* Plúvio, que determina parâmetros da equação de chuvas intensas, obteve-se um intensidade pluviométrica $i = 160$ mm/h (ver cálculo 06 a). Com a área de contribuição e obtenção dos fatores meteorológicos foi possível determinar a vazão de projeto de 280,93 L/min para cada água do telhado (ver cálculo 06 b). Quando considerado todo o telhado a vazão total é de 1.123,73 L/min.

4.1.5.2 Dimensionamento das 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.

Com as dimensões das calhas pré-definidas em 14cm 7cm (largura x altura) (ver cálculo 07 a) deve-se acrescentar uma borda de segurança (bs) de dois terços da altura para evitar o transbordo.

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

Para recolher a água do telhado estima-se uma calha de seção 14cm x 12cm (largura x altura) já considerando uma borda de segurança (ver cálculo 07 b). Como o edifício já possui um sistema de calhas de dimensão 17cm x 14cm (largura x altura) e estas calhas atendem as exigências da NBR 10844:1989 (ABNT, 1989), não será necessário a substituição ou ampliação das calhas existentes.

4.1.5.3 Dimensionamento do condutor vertical

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

Será adotado para o projeto o diâmetro de 150mm (ver cálculo 08) para o condutor vertical que transportará a água da chuva das calhas até o condutor horizontal, no nível da garagem do edifício (ver desenho 1, apêndice A).

4.1.5.4 Dimensionamento do condutor horizontal

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 05).

Tabela 05 - 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 10844:1989)

Para uma vazão de projeto de 1.123,73 L/mim (item 4.1.5.1), um coeficiente de rugosidade (n) de 0,011 e adotada uma declividade de 2%, será definido para o projeto um condutor horizontal em PVC de 150mm (tabela 06) para uma vazão máxima de 1.190,00 L/mim, que levará a água do condutor vertical até o sistema de descarte das primeiras águas e filtragem.

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

Diâmetro interno D (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,50%	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 lâmina de água igual a 2-3 D

Fonte: (NBR 10.844:1989)

4.1.6 Sistema de descarte da primeira água e de filtragem

Para evitar que a primeira parcela da chuva interfira na qualidade da água que será coletada, visto que esta carrega as maiores impurezas devido à exposição do telhado a folhas de árvores, poeiras e excrementos de animais, o sistema de descarte da primeira água da chuva será instalado antes do filtro. Segundo Tomaz (2003) uma quantidade suficiente para o descarte é de 1mm de água, o que resultaria em um volume de 420 litros (ver cálculo 09). Para este volume de descarte será instalado uma caixa de água fechada de polietileno de 500 litros, que depois de cheio a água passará a encher o reservatório inferior. A água retida no tanque seguirá para as galerias públicas.

Após o descarte da primeira água será instalado um filtro para completar a separação da sujeira, garantindo uma água apta a ser usada para fins não potáveis. Será utilizado um filtro Vortex de polipropileno para telhado de até 500m². Vale ressaltar que este filtro já possui uma tecnologia que descarta uma pequena vazão para as primeiras águas, porém, como nas proximidades do edifício existem muitas árvores altas, foi optado por instalar o filtro e também o sistema de descarte das primeiras águas.

Para evitar o turbilhonamento e distribuir o influxo da água que chega ao reservatório após a filtragem será instalado um freio de água DN 150 compatível com o filtro.

4.1.7 Dimensionamento do 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 será instalado o sistema elevatório e os comprimentos de tubulação e altura geométrica entre a bomba e o reservatório superior (ver desenhos 3 e 4 do apêndice B). Para esse projeto será adotado um sistema elevatório com bomba submersível.

4.1.7.1 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 992,20L/dia (item 4.1.3) de água para fins não potável.

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 2 horas por dia. No dimensionamento das linhas de recalque de bombas que funcionam apenas algumas horas por dia, Forchheimer propôs a seguinte equação:

$$D = 1,3 X^{1/4} * \sqrt{Q}$$

onde:

D = diâmetro, em m;

Q = vazão, em m³/s;

X é a relação entre o número de horas de funcionamento diário do conjunto elevatório e 24 horas.

Para o recalque foi adotado tubo soldável de PVC rígido com diâmetro nominal de 20mm (ver cálculo 10 a).

4.1.7.2 Determinação da potência da bomba

Para o cálculo da potência da bomba, Azevedo Netto (1998) inicia com o cálculo da altura manométrica.

$$H_{man} = H_g + \text{perdas de cargas totais}(hf)$$

onde:

H_{man} = altura manométrica, em m

H_g = altura geométrica, isto é, a diferença de nível, em m;

H_f = perdas de cargas totais considerando comprimentos equivalentes das peças, em m.

O comprimento total de tubo, desde a bomba submersa até o reservatório superior, foi obtida através de medições com a locação do sistema definida (ver desenhos 3 e 4 do apêndice B), já o cálculo das perdas totais foi feito através da equação de Hazen-Williams utilizando a tabela de comprimentos equivalentes a perdas localizada (anexo D) e um coeficiente de rugosidade de 125 para PVC até 75mm de diâmetro (tabela 07). A altura manométrica foi de 19,38m (ver cálculo 10 b).

Tabela 07 - Coeficiente de rugosidade

Tipo de tubo	C
Aço soldado com 30 anos de uso	75
Aço soldado com 20 anos de uso	90
Ferro fundido, usado	90
Ferro fundido com 15 anos de uso	100
Aço galvanizado usado	100
Aço galvanizado com costura	125
Aço galvanizado sem costura novo	130
Cobre e latão	130
Plástico PVC até 75mm	125
Plástico PVC até 100mm	135
Plástico PVC mais de 100mm	145

Fonte: Azevedo Netto

Determinada a altura manométrica e utilizando um rendimento médio $\eta_b = 0,69$ (tabelas 07 e 08), é possível calcular a potência da bomba pela equação:

$$P = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta_b} (Cv)$$

onde:

P = potência do motor (1CV = 0,986 HP);

γ = peso específico do líquido a ser elevado (H₂O=1000 kgf/m³);

Q = vazão ou descarga, em m³/s;

H_{man} = altura manométrica, em m;

η_b é o coeficiente de rendimento global da bomba, onde $\eta_b = \eta_{motor} \times \eta_{bomba}$.

Tabela 08 - Rendimento de motores elétricos

Rendimento de motores elétricos												
HP	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	5	10	20	30	50	100
η_m	64%	67%	72%	73%	75%	77%	81%	84%	86%	87%	88%	90%

Fonte: (AZEVEDO NETTO, 1998)

Tabela 09 - Rendimento de motores elétricos

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: (AZEVEDO NETTO, 1998)

Para um sistema elevatório com essas características seria necessário uma bomba com potência de 0,0516 Cv (ver cálculo 10 c). Além dos cálculos foi consultada a tabela de dimensionamento da Anauger para determinar a bomba que melhor atende as condições exigidas pelo sistema. A bomba utilizada poderá ser uma Anauger solar R100 vibratória com um painel fotovoltaico de 110Wp (watts-pico), ou uma bomba Anauger 700 submersa vibratória para reservatório com potência de 450W (watts) que equivale a 0,60 Cv. A escolha de uma bomba solar deixaria o sistema ainda mais sustentável.

4.1.8 Dimensionamento das tubulações internas

4.1.8.1 Sub-ramais

Para obtenção dos diâmetros internos dos sub-ramais foi utilizada a tabela de diâmetros mínimos para os sub-ramais de acordo NBR 5626:1998 (ABNT,1998) (tabela 09).

Tabela 10 - Diâmetros mínimos para os sub-ramais de acordo com a tabela 5 da NBR 5626:1998

Ponto de utilização	Diâmetro nominal	
	mm	polegadas
Aquecedor de alta pressão	15	1/2
Aquecedor de baixa pressão	20	3/4
Banheira	15	1/2
Bebedouro	15	1/2
Bidê	15	1/2
Caixa de descarga	15	1/2
Filtro de pressão	15	1/2
Lavatório	15	1/2
Máquina de lavar roupa ou prato	20	3/4
Mictório auto aspirante	25	1
Mictório não aspirante	15	1/2
Pia de cozinha	15	1/2
Tanque de despejo ou de lavar roupa	20	3/4
Válvula de descarga	32 (A)	1 1/4
(A) - Quando a pressão estática de alimentação for inferior a 30 Kpa (3 m.c.a.), recomenda-se instalar a Válvula de descarga em sub-ramal com diâmetro de 40 mm (1 1/2)		

Fonte: (NBR 5626:1998, ABNT,1998)

Neste projeto, para todos os pontos de saída para caixa de descarga e torneiras terão diâmetro nominal de 15mm.

As saídas para caixa de descarga sairão das colunas de água que passaram pelos *shafts* e seguiram pelo teto do piso inferior, subindo até o local determinado (ver desenhos 6, 7, 8 e 9, apêndice C).

Para a saída de torneira que será usada para irrigação dos jardins e lavagem da calçada e garagem será feito um furo na *shaft* da lateral do edifício onde passa a rampa de acesso à garagem, possibilitando a instalação de uma única torneira para as três atividades (ver desenhos 10 e 11, apêndice C).

4.1.8.2 Coluna de água e barriletes

Para o cálculo das colunas de água e barriletes foi utilizado o Método Máximo Provável, acumulando todo o peso que depende da alimentação da coluna de água em questão. Primeiramente se obteve a vazão através da equação:

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P}$$

onde:

Q = vazão, em L/s

P = somatório de pesos relativos (anexo E).

A vazão nas colunas de água será de 0,36 L/s (ver cálculo 11 a). Com a vazão definida é possível determinar o diâmetro da tubulação utilizando a equação Fair Whipple para PVC adotando uma perda de carga máxima $J = 8\%$.

$$J = 0,000865 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75}$$

onde:

Q = vazão, em L/s;

J = perda de carga máxima, em %;

D = diâmetro, em mm

A tubulação das colunas de água que descerão pelos *shafts* do edifício e os barriletes que passarão pelo chão dos terraços (ver desenho 2, apêndice A), serão de PVC rígido marrom com diâmetro nominal de 25 mm (ver cálculo 11 a e b).

4.2 Memorial de cálculo

Cálculo 01 – Área da superfície de captação

dados:

a = largura do telhado = 5,0m

b = comprimento do telhado = 19,60m

h = altura da inclinação do telhado = 0,75m

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

$$A = \left(5,0m + \frac{0,75m}{2} \right) * 19,60m$$

$$A = 105,35m^2$$

Como são quatro partes de telhado:

$$A = 4 \times 105,35m^2$$

$$A = 421,40 m^2$$

Cálculo 02 - Volume de água pluvial possível de captação

dados:

P = média de onze anos para cada mês

A = área = 421,40m²

C = coeficiente de runoff = 0,95

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

Tabela 11 - Média pluviométrica mensal, em mm, para cidade de Paraguaçu, MG

Volume de água pluvial possível de captação no Edifício Fressato				
Mês	Média mensal de precipitação de onze anos P (mm)	Área A (m²)	Coeficiente C	Volume mensal V (L)
Janeiro	274	421,4	0,95	109.690,42
Fevereiro	132	421,4	0,95	52.843,56
Março	189	421,4	0,95	75.662,37
Abril	90	421,4	0,95	36.029,70
Maio	65	421,4	0,95	26.021,45
Junho	47	421,4	0,95	18.815,51
Julho	30	421,4	0,95	12.009,90
Agosto	25	421,4	0,95	10.008,25
Setembro	75	421,4	0,95	30.024,75
Outubro	94	421,4	0,95	37.631,02
Novembro	206	421,4	0,95	82.467,98
Dezembro	229	421,4	0,95	91.675,57
Volume anual de água pluvial possível de precipitação (L)				582.880,48
Volume Médio mensal (L)				48.573,37

Fonte: o autor

Calculo 03 - Consumo estimado de água pluvial para fins não potáveis

- Volume mensal de descarga dos apartamentos

$$V = 33 \text{ moradores} \times 4 \frac{\text{descarga}}{\text{morador}} = 132 \text{ descargas}$$

$$V = 132 \text{ descargas} \times 6 \frac{\text{litros}}{\text{descarga}} = 792,00 \text{ litros}$$

$$V = 792,00 \text{ litros} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{23.760,00} \frac{\text{litros}}{\text{mês}}$$

- Volume mensal de descarga da loja

$$V = 6 \text{ funcionários} \times 4 \frac{\text{descarga}}{\text{funcionário}} = 24 \text{ descargas}$$

$$V = 24 \text{ descargas} \times 6 \frac{\text{litros}}{\text{descarga}} = 144,00 \text{ litros}$$

$$V = 144,00 \text{ litros} \times 24 \text{ dias} = \mathbf{3.456,00,00} \frac{\text{litros}}{\text{mês}}$$

- Volume mensal para irrigação dos jardins

$$V = 18.50 \text{ m}^2 \times 2 \frac{\text{litros}}{\frac{\text{dia}}{\text{m}^2}} = 37,00 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

$$V = 37 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 30 \text{ dias} = \mathbf{1.110,00} \frac{\text{litros}}{\text{mês}}$$

- Volume mensal para limpeza da garagem

$$V = 20 \frac{\text{minutos}}{\text{dia}} \times 10 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} = 200,00 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

$$V = 200,00 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 4 \text{ dias} = \mathbf{800,00} \frac{\text{litros}}{\text{mês}}$$

- Volume mensal para limpeza da calçada e estacionamento da loja

$$V = 8 \frac{\text{minutos}}{\text{dia}} \times 10 \frac{\text{litros}}{\text{minuto}} = 80,00 \frac{\text{litros}}{\text{dia}}$$

$$V = 80,00 \frac{\text{litros}}{\text{dia}} \times 8 \text{ dias} = \mathbf{640,00} \frac{\text{litros}}{\text{mês}}$$

Tabela 12 - Demanda de água estimada para o Edifício Alfredo Fressato

Consumo estimado de água não potável						
Utilização da água	Consumo Médio		Demanda (unidade)	Demanda diária (L)	Dias de uso estimado	Demanda mensal (L)
	Quantidade unitária	Unidade				
Descarga sanitária apartamentos	6	L/descarga	132	792	30	23760
Descarga sanitária loja	6	L/descarga	24	144	24	3456
Irrigação de jardim	2	L/dia/m ²	18,5	37	30	1110
Limpeza da garagem	10	L/minuto	20	200	4	800
Limpeza da calçada e estacionamento da loja	10	L/minuto	8	80	8	640
Consumo mensal estimado (L)						29766

Fonte: o autor

Calculo 04- Reservatório superior

dados:

- estimativa de consumo mensal = 29.766,00 litros
- dias de consumo = 30 dias

$$volum\ e\ di\ ario = \frac{consumo\ mensal}{dias\ de\ consumo}$$

$$volum\ e\ di\ ario = \frac{29.766,00\ litros/m\ e\ s}{30\ dias}$$

$$volum\ e\ di\ ario = 992,20\ litros/dia$$

Adotar uma caixa de água comercial de 2.000 litros visando dois dias de uso.

Cálculo 05- Reservatório inferior

Dados:

- estimativa de consumo mensal (demanda) = 29.766,00 litros
- área de captação = 421,40m²

- volume médio de chuva de onze anos (tabela 02 do memorial descritivo)
- coeficiente de runoff (tabela 01 do memorial descritivo)

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$Q_{(T)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$

$V = \sum S_{(t)}$ somente para valores $S_{(t)} > 0$

Tabela 13 - Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl

MESES	CHUVA MÉDIA MENSAL	DEMANDA CONSTANTE MENSAL	ÁREA DA CAPTAÇÃO	VOLUME DE CHUVA MENSAL	DIFERENÇA ENTRE OS VOLUMES DA DEMANDA	DIFERENÇA ACUMULADA DOS VALORES POSITIVOS	OBS.
	(mm)	(m ³)	(m ²)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	
Coluna 01	Coluna 02	Coluna 03	Coluna 04	Coluna 05	Coluna 06	Coluna 07	Coluna 08
Janeiro	274,00	29,77	421,40	109,69	-79,92	0,00	E
Fevereiro	132,00	29,77	421,40	52,84	-23,08	0,00	E
Março	189,00	29,77	421,40	75,66	-45,90	0,00	E
Abril	90,00	29,77	421,40	36,03	-6,26	0,00	E
Mai	65,00	29,77	421,40	26,02	3,74	3,74	D
Junho	47,00	29,77	421,40	18,82	10,95	14,70	D
Julho	30,00	29,77	421,40	12,01	17,76	32,45	D
Agosto	25,00	29,77	421,40	10,01	19,76	52,21	D
Setembro	75,00	29,77	421,40	30,02	-0,26	51,95	S
Outubro	94,00	29,77	421,40	37,63	-7,87	44,09	S
Novembro	206,00	29,77	421,40	82,47	-52,70	0,00	E
Dezembro	229,00	29,77	421,40	91,68	-61,91	0,00	E

E: água escoando pelo extravasor D: nível de água baixando S: nível de água subindo

Fonte: Adaptado de (TOMAZ, 2011)

Seria necessário um reservatório de volume igual a 52,21m³. Suas dimensões serão de 5,00m x 4,00 x 2,60m (comprimento x largura x altura) para o volume de água e adicionado um metro na altura para disposição dos componentes e tubulações.

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

a) Cálculo da intensidade pluviométrica

Dados:

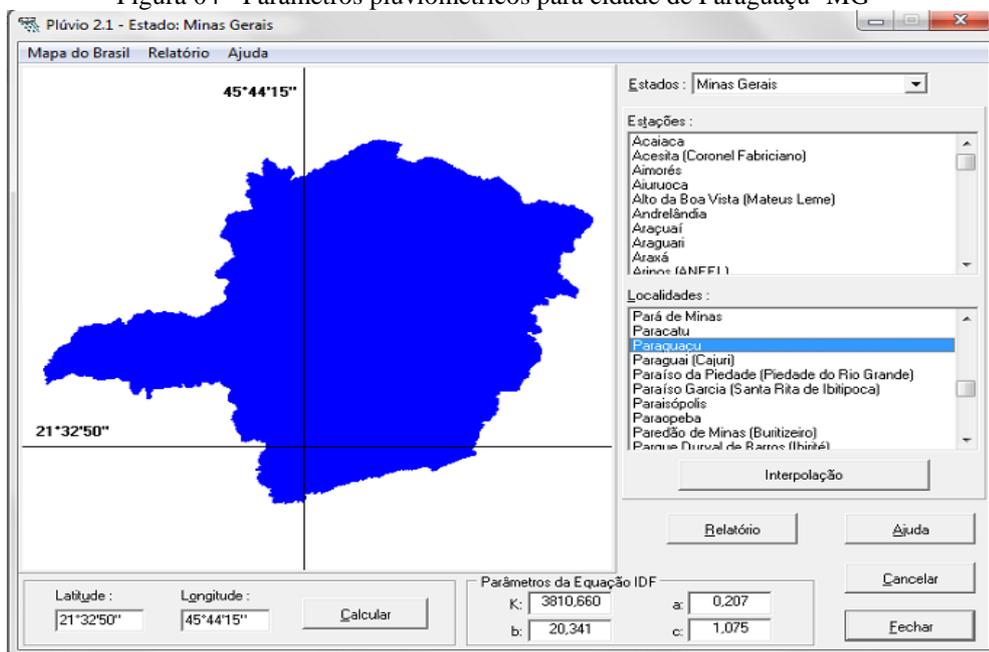
- T = período de retorno = 5 anos
- t = duração da chuva t = 5 minutos
- k = 3810,66
- a = 0,207

- $b = 20,341$
- $c = 1,075$
- onde:

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

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

Figura 04 - Parâmetros pluviométricos para cidade de Paraguaçu- MG



Fonte: o autor

$$i = \frac{3810,66 \times T5^{0,207}}{(5 + 20,341)^{1,075}}$$

$$i = 160 \frac{mm}{hora}$$

b) Cálculo da vazão de projeto

dados:

$$I = 160 \text{ mm/h}$$

$$A = 105,35 \text{ m}^2$$

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

$$Q = \frac{\frac{160\text{mm}}{h} \times 105,35\text{m}^2}{60}$$

$$\mathbf{Q = 280,93 L/mim}$$

Calculo 07 – Dimensionamento das calhas

a) Dimensão necessária

dados:

Q = vazão de projeto = 280,93L/mim (item 4.1.5.1)

i = inclinação da calha = 0,5%

b = largura da calha

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

$$h = \left(\frac{\frac{280,93 \frac{\text{L}}{\text{min}}}{60 \text{ seg}}}{75614,37 \times 0,005^{0,5}} \right)^{3/8}$$

$$\mathbf{h = 0,071m = 7 cm}$$

$$b = 2 \times h$$

$$b = 2 \times 7\text{cm}$$

$$\mathbf{b = 14cm}$$

b) Borda de segurança

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

$$bs = \frac{2}{3} \times 7\text{cm}$$

$$\mathbf{bs = 4,66cm}$$

A sessão da calha é de 14cm x 12cm (largura x altura)

Cálculo 08 - Dimensionamento do condutor vertical

dados:

Q = vazão de projeto = 1.123,73 L/min (item 4.1.5.1)

t = taxa de ocupação = 30%

D = diâmetro interno

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

$$1.123,73 \frac{L}{min} = 0,019 \times 0,30^{5/3} \times D^{8/3}$$

$$\mathbf{D = 130,69mm}$$

$$Diametro comercial = 150mm$$

Cálculo 09 – Volume de descarte das primeiras águas

Dados:

Área de captação = 421,40 (item 4.1.1)

Volume estimado de descarte = 1mm chuva

$$1 \text{ mm chuva} = 1 \text{ litro}/m^2$$

$$421,40 \text{ m} \times 1 \text{ litro}/m^2$$

$$\mathbf{421,40 \text{ litros}}$$

Cálculo 10 – Dimensionamento do sistema elevatório

a) Diâmetro de recalque

dados:

Q = vazão = 0,00001148m³/s (item 4.1.3) x 12 = 0,0001378 m³/s

X = relação entre horas de funcionamento diário e 24 h = 0,25

$$D = 1,3 X^{1/4} \times \sqrt{Q}$$

$$D = 1,3 \frac{2 \text{ horas}}{24 \text{ horas}}^{1/4} \times \sqrt{0,0001378 m^3/seg}$$

$$\mathbf{D = 0,00819m}$$

$$D = 8,19 \text{ mm}$$

$$D_{\text{nominal}} = 20\text{mm}$$

b) Altura manométrica

dados:

$$Q = \text{vazão} = 0,00001148 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (item 4.1.3)} \times 12 = 0,0001378 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C = \text{coeficiente que depende da natureza do material} = 125 \text{ (tabela 13)}$$

$$D = \text{diâmetro} = 20 \text{ mm}$$

$$L_{\text{eq}} = \text{comprimento equivalente} = 3,20 \text{ (tabela 14)}$$

$$L_{\text{tubo}} = 32,70 \text{ m}$$

$$H_{\text{man}} = ?$$

$$H_g = \text{altura geométrica} = 13,20\text{m}$$

Tabela 14 - Comprimento equivalente de perdas localizadas

Comprimento equivalente a perdas localizadas (utilizando perdas equivalentes do anexo D)		
Qde	Peças	L equivalente 20mm
1	saída de canalização	0,5
1	válvula de retenção (tipo livre)	1,6
2	cotovelos longos 90°	0,8
1	curva de 45°	0,2
1	registro de gaveta	0,1
Total		3,20 m

Fonte: o autor

$$hf = \frac{10.641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times (L_{\text{eq}} + L_{\text{tubo}})$$

$$hf = \frac{10.641}{C^{1,85}} \times \frac{Q^{1,85}}{D^{4,87}} \times (L_{\text{eq}} + L_{\text{tubo}})$$

$$hf = \frac{10.641}{125^{1,85}} \times \frac{0,0001378 \text{ m}^3/\text{s}^{1,85}}{0,02\text{mm}^{4,87}} \times (3,20\text{m} + 32,70\text{m})$$

$$hf = 0,68\text{m}$$

$$H_{man} = H_g + \text{perdas de cargas totais}(hf)$$

$$H_{man} = 18,70m + 0,68m$$

$$\mathbf{H_{man} = 19,38m}$$

c) Potência da bomba

dados:

$$\gamma = \text{peso específico da água} = 1000 \text{ kgf/m}^3$$

$$Q = \text{vazão} = 0,00001148 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (item 4.1.3)} \times 12 = 0,0001378 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H_{man} = \text{altura manométrica} = 19,38m$$

$$\eta_b = \text{coeficiente médio de rendimento} = 0,69$$

$$P = \frac{\gamma * Q * H_{man}}{75 * \eta_b} \text{ (Cv)}$$

$$P = \frac{\frac{1000 \text{ kgf}}{\text{m}^3} \times 0,0001378 \text{ m}^3/\text{s} \times 19,38m}{75 \times 0,69} \text{ (Cv)}$$

$$\mathbf{P = 0,0516 \text{ (Cv)}}$$

Através da tabela de dimensionamento da Anauger, foi sugerida uma bomba Anauger solar R100 vibratória com um painel fotovoltaico de 110Wp (watts-pico), ou uma bomba Anauger 700 submersa vibratória para reservatório com potência de 450W (watts) que equivale a 0,60 Cv.

Cálculo 11 – Diâmetro das colunas de água e barriletes

a) Coluna de água

dados:

$$P = \text{somatório de pesos relativos} = 1,50 \text{ (tabela 15)}$$

$$J = \text{perda de carga máxima} = 8\%$$

$$D = \text{diâmetro} = ?$$

Tabela 15 - Peso relativo

Sub-ramais		
Peças	Ø (mm)	Peso
3 caixa acoplada	15	0,9
2 torneiras	15	0,6
Total		1,5

Fonte: o autor

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P}$$

$$Q = 0,3 \times \sqrt{1,5}$$

$$Q = 0,36 \text{ L/s}$$

$$J = 0,000865 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75}$$

$$0,08 = 0,000865 \times 0,36^{1,75} \times D^{-4,75}$$

$$D = 0,0209m$$

$$D = 20,90 \text{ cm}$$

Adotado o diâmetro nominal de 25 mm

b) Barrilete

dados:

P = somatório de pesos relativos = 3,0 (2 colunas de água)

J = perda de carga máxima = 8%

$$Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P}$$

$$Q = 0,3 \times \sqrt{3,0}$$

$$Q = 0,519 \text{ L/s}$$

$$J = 0,000865 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75}$$

$$0,08 = 0,000865 \times 0,519^{1,75} \times D^{-4,75}$$

$$D = 0,0238m$$

$$D = 23,80 \text{ cm}$$

Adotado o diâmetro nominal de 25 mm

4.3 Especificações de 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: a caixa de água superior deverá ser de polietileno com fechamento total e seguro da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade, seguindo a capacidade especificada no projeto e atendendo a NBR 14799:2011 (ABNT, 2011);
- b) Reservatório para descarte da primeira chuva: para o reservatório deverá ser usada uma caixa de água fecha de polietileno da marca Tigre, ou similar de mesma qualidade, seguindo a capacidade especificada no projeto e atendendo a NBR 14799:2011 (ABNT, 2011);
- c) 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);
- d) 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;
- e) 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);
- f) Bomba do sistema elevatório: para o sistema elevatório poderá ser utiliza uma bomba Anauger solar R100 vibratória para bombeamento de até 40 m de altura manométrica e vazão diária de 600 a 3.300 L/dia com um painel fotovoltaico de 175Wp (watts-pico) ou uma bomba Anauger 700 submersa vibratória para reservatório ou cisterna com potência de 450W (watts), elevação máxima de 50m e vazão máxima de 1.900 L/hora. Ambas

atendendo a NBR 12214: 1992 (ABNT, 1992). A instalação dos componentes do sistema elevatório deverá seguir a localização especificada no projeto. A instalação elétrica ou fotovoltaica será feita por um profissional da área contratado por empreitada;

- g) Filtro: o filtro utilizado para completar a remoção da sujeira após o descarte das primeiras águas será o Filtro Fino Vortex WFF 150 compatível com a NBR 15.527:2007 (ABNT, 2007). A instalação do filtro deverá seguir a localização especificada no projeto;
- h) Freio de água: para o fundo do reservatório será instalado um freio de água DN 100 compatível com filtro Vortex WFF 150. A instalação do freio de água deverá seguir a localização especificada no projeto.

4.3.2 Equipamentos

Os equipamentos necessários à execução dos serviços serão adequados aos locais de instalações das obras referidas, atendendo ao que dispõem as prescrições específicas para os serviços similares. Recomendam-se, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- a) Andaime fachadeiro
- b) Betoneira
- c) Escada
- d) Retroescavadeira
- e) Compactador de solo
- f) Caminhão basculante

4.3.3 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.

4.3.3.1 Reservatórios

O reservatório superior deverá ser instalado na área especificada em projeto, sendo respeitado um espaço mínimo de 60cm ao seu redor. Deverá ser verificada se a superfície 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.

4.3.3.2 Condutor vertical

O condutor vertical que levará a água das calhas ao condutor horizontal deverá descer pela caixa de escadas 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.

4.3.3.3 Condutor horizontal

O condutor horizontal que levará a água do condutor vertical até o sistema de filtragem passará pelo chão da garagem 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. Após a união dos tubos conexões necessárias o chão da garagem deverá ser devidamente concretado e pintado.

4.3.3.4 Descarte das primeiras águas e filtragem

No descarte das primeiras águas será instalada uma caixa de água de 500 litros antes do filtro. No fundo caixa será feito um furo para colocação de uma mangueira fina que irá descartar

a água da caixa com uma pequena vazão incapaz de interferir no abastecimento do reservatório. Os detalhes das cotas de alinhamento estão especificadas no projeto.

O filtro será instalado logo após o descarte das primeiras águas. Ele será devidamente posicionado de acordo com seu manual de instruções e seguindo os detalhes das cotas de alinhamento especificadas no projeto.

4.3.3.5 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.

Pensando na sustentabilidade do sistema a bomba sugerida funciona com energia solar. Todos seus componentes serão instalados pelo mesmo profissional da bomba

4.3.3.6 Tubulações e conexões internas

As tubulações e conexões internas das colunas de água e sub-ramais de saída serão executados de acordo com os diâmetros e cotas de alinhamento especificados no projeto.

Após a saída do reservatório superior os barriletes passaram pelo chão do terraço, que será cortado desde o reservatório até os *shafts* por onde desceram as colunas de água. Após o corte no chão e o assentamento dos barriletes o piso do chão será reparado com as sobras existentes em estoque no prédio.

As uniões dos tubos e conexões será feita 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.

4.3.3.7 Instalação dos sub-ramais do vaso sanitário e saídas para torneiras

A saída do sub-ramal do vaso sanitário será instalada pelo piso inferior. Será removido o rebaixamento de teto existente no banheiro do piso inferior, onde existe toda tubulação de

esgoto, instalada a tubulação até a cota do vaso sanitário, fazendo um furo na laje para instalar o ponto de saída, respeitando as cotas e alinhamentos especificadas em projeto. Após o assentamento dos tubos e conexões deverá ser feito o reparo no teto com um novo rebaixamento em gesso.

Para instalação da torneira para lavagem da garagem, calçada e irrigação dos jardins, será feito um furo no shaft na lateral do edifício e colocada a saída para torneira. A localização da torneira esta especifica em projeto.

4.4 Quantitativos projeto e estimativa de custo

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 2015, acumulado nos últimos doze anos. Para o preço dos componentes do sistema de aproveitamento de água e os materiais para o reservatório foi feita uma pesquisa de preços em cinco casas de material de construção de Paraguaçu, MG e região. Após a coleta de preços foi feita uma média, que foi a base para estimativa de preço dos componentes do sistema.

Vale ressaltar que os custos obtidos são apenas uma estimava para um ordem de grandeza financeira, e os valores adquiridos são apenas os custos diretos.

O valor da instalação da bomba foi obtido através da consulta de um eletricista de Paraguaçu que fez seu orçamento disponibilizando todo material elétrico que será utilizado.

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.

A quantidade de tubos, conexões e componentes do sistema elevatório estão apresentados na tabela 16. Já o valor estimado para o sistema de aproveitamento de água pluvial está na tabela 17.

Tabela 16 - Quantitativo de componentes para o sistema de aproveitamento de água

DESCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
Bomba de água	u	1
Filtro de água	u	1
Caixa de água 2000 L	u	1
Caixa de água 500 L	u	1
Tubo PVC branco Ø 150 mm	m	57
Joelho PVC branco Ø 150 mm	u	7
Tê PVC branco 150 x150 mm	u	3
Tubo PVC branco Ø 100 mm	m	3,8
Joelho PVC branco Ø 100 mm	u	1
Tubo PVC marrom rígido Ø 25 mm	m	133,5
Joelho PVC marrom rígido Ø 25 mm	u	10
Tê PVC marrom rígido 25 x 25 mm	u	6
Tê de redução marrom rígido 25 x 20 mm	u	15
Tubo PVC marrom rígido Ø 20 mm	m	82,5
Joelho PVC marrom rígido Ø 20 mm	u	46
Registro esfera Ø 20 mm	u	1
Registro esfera Ø 25 mm	u	1
Registro de gaveta Ø 20 mm	u	17
Luva com bucha de latão	u	17
Boia	u	1
Adaptador com flange	un	2
Freio de água	u	1
Adesivo para PVC	u	3
Fita de vedação	u	5
Pasta lubrificante para anel	u	1
Anel de borracha para tubos de Ø 150 mm	u	22
Anel de borracha para tubos de Ø 100 mm	u	4
Abraçadeiras para tubos de Ø 150 mm	u	10
Abraçadeiras para tubos de Ø 20 mm	u	10
Parafuso e bucha de 8 para abraçadeiras	u	20
Parafuso e bucha de 6 para abraçadeiras	u	20

Fonte: o autor, 2016.

Tabela 17 - Estimativa de custo para o sistema de aproveitamento de água

ESTIMATIVA DE CUSTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA					
	DISCRIMINAÇÃO	Unidade	Quantidade	Preço unitário R \$	Preço total R \$
1	TUBOS E CONEXÕES PVC BRANCO				
1.1	Tubo Ø 150 mm serie normal	m	57,5	48,85	2.808,88
1.2	Joelho 90° Ø 150 mm	u	7	69,01	483,07
1.3	Tê 150 x 150 mm	u	3	81,57	244,71
1.4	Fixação com abraçadeira para tubos de 150 mm	u	10	27,39	273,90
1.5	Tubo Ø 100 mm serie normal	m	3,8	35,91	136,46
1.6	Joelho 90° Ø 100 mm	u	1	26,14	26,14
1.7	Freio de água	u	1	135,04	135,04
	Subtotal			4.108,19	
2	COMPONENTES DO SISTEMA ELEVATÓRIO E FILTAGEM				
2.1	Bomba submersa Anauger solar P100	u	1	2.074,24	2.074,24
2.2	Instalação elétrica da bomba	vb	1	680,00	680,00
2.3	Tubo marrom soldável Ø 20 mm	m	43,5	6,40	278,40
2.4	Joelho 90° marrom soldável Ø 20 mm	u	5	6,49	32,45
2.5	Registro esfera soldável com borboleta 20 mm	u	1	44,31	44,31
2.6	Filtro Vórtex WFF 150	u	1	2.219,12	2.219,12
2.7	Caixa de água	u	1	596,68	596,68
	Subtotal			5.925,20	
3	COMPONENTES, TUBOS E CONEXÕES DE PVC MARRON RÍGIDO PARA DISTRIBUIÇÃO				
3.1	Caixa de água	u	1	1.141,66	1.141,66
3.2	Registro esfera soldável com borboleta Ø 25 mm	u	1	45,30	45,30
3.3	Tubo PVC marrom rígido soldável Ø 25mm	m	65,5	6,54	428,37
3.4	Joelho 90° Ø 25 mm marrom soldável	u	10	6,45	64,50
3.5	Tê marrom soldável 25 x 25 mm	u	6	7,06	42,36
	Subtotal			1.722,19	
4	TUBOS E CONEXÕES PARA OS PONTOS DE SAÍDA PARA O USO				
4.1	Tubo PVC marrom rígido soldável Ø 25mm	m	68	6,54	444,72
4.2	Tê marrom soldável de redução 25 x 20 mm	u	15	7,65	114,75
4.3	Tubo PVC marrom rígido soldável Ø 20mm	m	39	6,40	249,60
4.4	joelho 90° Ø 20 mm marrom soldável	u	41	6,49	266,09
4.5	Registro de gaveta soldável Ø 20 mm	u	17	55,30	940,10
4.6	Luva soldável com bucha de latão Ø 20 mm	u	17	11,91	202,47
	Subtotal			2.217,73	

Continuação tabela 17 – Estimativa de custo para o sistema de aproveitamento de água

5	RESERVATÓRIO INFERIOR				
	Escavação mecanizada em solo de 1º categoria	m³	72	8,68	624,96
	Transporte de terra em caminhão de 6 m³	m³	72	5,3	381,60
	Apiloamento de fundo com maço de 30 Kg	m²	20	21,35	427,00
	Lastro de concreto magro incluindo preparo e lançamento com e= 8 cm	m³	20	36,77	735,40
	Armadura de aço para estruturas em geral CA-50 com Ø 8 mm sendo corte e dobra na obra	Kg	1300	8,13	10.569,00
	Forma de madeira com tabuas e sarrafo	m²	18	171	3.078,00
	Concreto dosado em obra com 20 MPa	m³	16,2	173	2.802,60
	Transporte, lançamento e adensamento do concreto	m³	16,2	124	2.008,80
	Impermeabilização	m²	64,8	69,32	4.491,94
	Reaterro manual das valas	m³	6,5	58,23	378,50
	Tampa de concreto para o reservatório	m³	1,5	173	259,50
	subtotal			25.757,29	
	Total				39.730,60

Fonte: o autor, 2016

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho possibilita o entendimento de como se desenvolve um projeto de aproveitamento de água pluvial, além disso, também orienta para uma estimativa do custo que representaria a execução deste projeto.

O diagnóstico permite verificar que o Edifício Alfredo Fressato possui fatores favoráveis à implantação desse sistema, visto que ele tem uma boa área de captação e espaço para disposição dos componentes do sistema e os cálculos do projeto, bem como os dados históricos de precipitação mostram que é possível captar um volume de água necessário para suprir a demanda exigida para os fins não potáveis.

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.

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 projeto 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 Edifício Alfredo Fressato 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

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

_____. NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. abr.

_____. NBR 14.799: Reservatório com corpo em polietileno, com tampa em polietileno ou em polipropileno, para água potável, de volume nominal até 3 000 L (inclusive): Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.out.

_____. 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.

_____. NBR 5688: Sistemas prediais de água pluvial, esgoto sanitário e ventilação - Tubos e conexões de PVC, tipo DN - Requisitos: ABNT, 1999. jan.

GAVIÃO, Gustavo. **Projeto arquitetônico**. Paraguaçu: 2002

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Média de moradores por domicílio e por situação (urbana e rural), segundo as unidades territoriais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/tab161.shtm>>. Acesso em: 19 mai. 2016.

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

TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2014.

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.

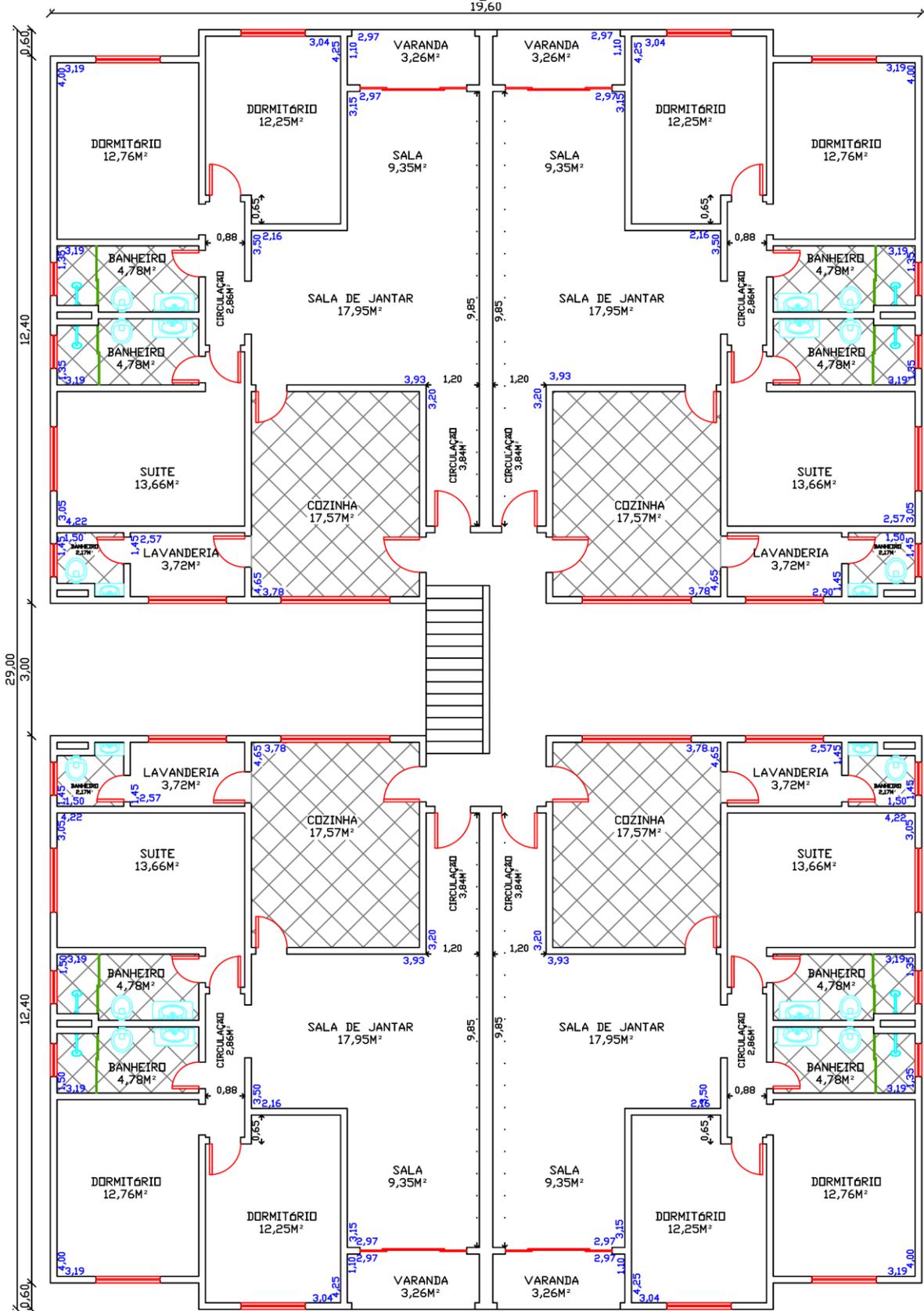
TOMAZ, Plínio. **Cálculo hidrológicos e hidráulicos para obras**, 2 ed. São Paulo: Navegar, 2011.

APÊNDICE A- Componentes Superiores do sistema de aproveitamento de água pluvial

APÊNDICE B – Detalhamento da tubulação horizontal, localização do reservatório inferior e disposição dos sistemas de filtragem e elevatório

APÊNDICE C – Vistas e perspectivas das tubulações internas e saída para torneira externa

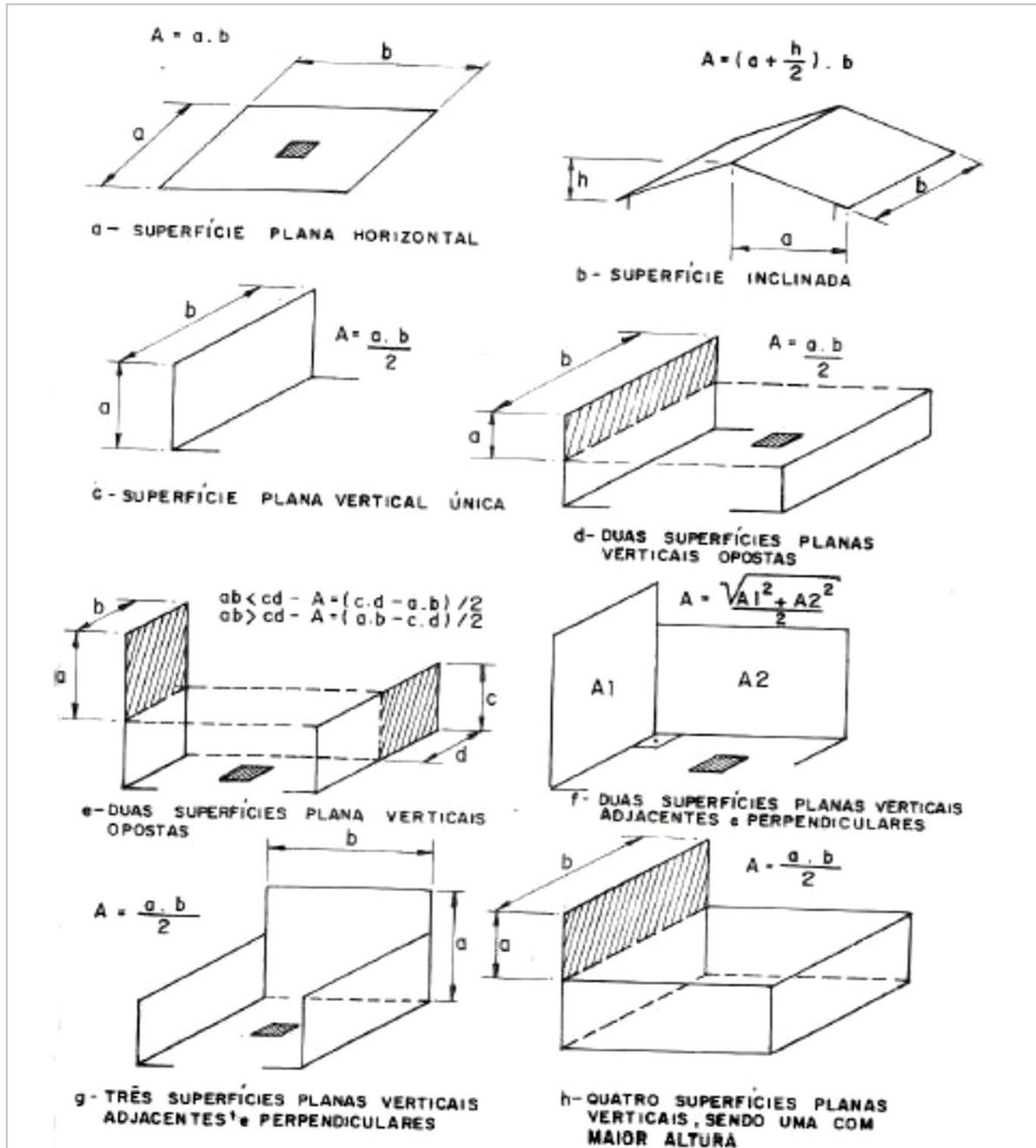
ANEXO B – Pavimento tipo do Edifício Fressato



PAVIMENTO TÍPO SEM ESCALA

Fonte: (GAVIÃO,2002)

ANEXO C - Indicações para cálculo de área de contribuição



Fonte: (NBR 10844:1989)

Anexo D – Comprimentos equivalentes e perdas localizadas

Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. (Expressos em metros de canalização retílinea)*

DIÂMETRO D mm pol	COTOVELO 90° RAIO LONGO	COTOVELO 90° RAIO MÉDIO	COTOVELO 90° RAIO CURTO	COTOVELO 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REGISTRO DE GAIVETA ABERTO	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	TE PASSAGEM DIREITA	TE SAÍDA DE LADO	TE SAÍDA BILATERAL	VALVULA DE PÉ DE CRIVO	SAÍDA DA CANALIZ.	VALVULA DE RETEÇÃO TIPO LEVE	VALVULA DE RETEÇÃO TIPO PLANO
13	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	0,4	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	0,7	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	0,9	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	1,1	0,6	0,8	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	1,3	0,8	0,9	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	1,6	1,0	1,1	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	2,1	1,3	1,5	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	2,7	1,6	1,9	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	3,4	2,1	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	4,3	3,0	3,5	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	5,5	3,8	4,5	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	6,1	4,6	5,5	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	36,0
350	7,3	5,3	6,2	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

*Os valores indicados para registros de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descarga

Fonte: Azevedo Netto (1998)

ANEXO E – Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo	
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3	
	Válvula de descarga	1,70	32	
Banheira	Misturador (água fria)	0,30	1,0	
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,1	
Bidê	Misturador (água fria)	0,10	0,1	
Chuveiro ou ducha	Misturador (água fria)	0,20	0,4	
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,1	
Lavadora de pratos ou de roupas	Registro de pressão	0,30	1,0	
Lavatório	Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3	
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3	
Pia	Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7	
	Torneira elétrica	0,10	0,1	
Tanque	Torneira	0,25	0,7	
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,4	

Fonte: NBR- 5626