

**CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL
HUDSON PRUDÊNCIO GAIPO**

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
HABITAÇÕES POPULARES EM TRÊS CORAÇÕES.**

**Varginha
2016**

HUDSON PRUDÊNCIO GAIPO

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
HABITAÇÕES POPULARES EM TRÊS CORAÇÕES.**

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

Varginha

2016

HUDSON PRUDÊNCIO GAIPO

**PROJETO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA
HABITAÇÕES POPULARES EM TRÊS CORAÇÕES.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel pela Banca examinadora compostas pelos membros:

Aprovado em 29/11/2016

Prof. (Me) Ivana Prado de Vasconcelos (orientador)

Prof. (Dr.) Leopoldo Uberto Junior (membro)

Prof. (Esp.) Luana Ferreira Mendes (membro)

OBS.:

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus amigos, professores, a minha família e a todos que contribuíram para a construção deste trabalho.

"O maior inimigo do conhecimento não é a
ignorância; é a ilusão do conhecimento"

Stephen Hawking

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo desenvolver um projeto de aproveitamento de água pluvial para habitações populares no município de Três Corações-MG. Buscou-se pesquisar em bibliografias técnicas pertinentes ao assunto, sites, normas, obtendo-se os conceitos teóricos necessários, prezando pela redução de custos do sistema. Para elaboração do projeto iniciou-se a coleta de dados referentes a precipitações na região estudada, verificou-se a existência de um sistema de aproveitamento de água pluvial na residência, foram feitas visitas a edificação para uma melhor análise da situação, determinando o potencial de captação de água pluvial pela cobertura. Subsequentemente foi necessário dimensionar e verificar todos os componentes do sistema como: as calhas, os condutores verticais e horizontais, o reservatório, o sistema elevatório e, por fim, a rede de distribuição, sendo elaborado o projeto de aproveitamento avaliando a viabilidade do sistema.

Palavras-chave: Aproveitamento de Água pluvial. Captação. Escassez. Viabilidade.

ABSTRACT

This academic paper aimed to develop a rainwater utilization project for affordable housing in the city of Três Corações -MG. We attempted to search the bibliographies techniques relevant to the subject, websites, standards, obtaining the necessary theoretical concepts, valuing the reduction of system costs. For project design began collecting data on rainfall in the study area, it was the existence of a rainwater utilization system in residence, visits were made to the building for a better analysis of the situation, determining the potential capturing rainwater for coverage. Subsequently it was necessary to measure and verify all system components such as the rails, the vertical and horizontal conductors, the reservoir, the lift system and finally the distribution network, establishing the use of project evaluating the system's viability.

Keyword: *Rainwater utilization. Capture. Shortages. Viability.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Fachada da residência estudada	15
Figura 02 - Fundo e lateral direita da residência estudada	15
Figura 03 - Vista lateral da residência estudada	17
Figura 04 - Calha de beiral.....	18
Figura 05 - Calha de platibanda.....	18
Figura 06 - Calha água-furtada.....	21
Figura 07 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.....	23
Figura 08 - Histórico de consumo da residência estudada	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Coeficientes de rugosidade	21
Tabela 02 - Área de cobertura para condutores verticais de seção circular.....	24
Tabela 03 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)	24
Tabela 04 - Média de precipitação mensal para Três Corações em milímetros (mm).....	32
Tabela 05 - Volume de água pluvial captada por área de contribuição	33
Tabela 06 - Dimensionamento das calhas	34
Tabela 07 - Dimensionamento dos Condutores Verticais	34
Tabela 08 - Dimensionamento dos Condutores Horizontais	35
Tabela 09 - Dimensionamento do Reservatório	35
Tabela 10 - Valores aproximados do coeficiente de perda de carga localizada K no recalque	37
Tabela 11 - Valores aproximados do coeficiente de perda de carga localizada K na sucção	37
Tabela 12 - Cálculo das perdas lineares.....	37
Tabela 13 - Cálculo de Pressões.....	39
Tabela 14 - Orçamento do sistema de captação e armazenamento de água pluvial	44
Tabela 15 - Economia com a utilização do SAAP	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 BREVE DIAGNÓSTICO	15
3.1 Apresentação e descrição da região estudada	15
3.2 Análises da residência estudada	16
3.3 Análise dos dados apresentados	18
3.4 Indicativo de solução do TCC I	18
4 MEMORIAL DESCRITIVO	19
4.1 Região de estudo	19
4.2 Dados Pluviométricos do município	19
4.3 Consumo	19
4.4 Área de contribuição	19
4.5 Cálculo da vazão de projeto	19
4.6 Calhas	20
4.6.1 Calha de beiral	20
4.6.2 Calha de platibanda	20
4.6.3 Calha de água-furtada	20
4.7 Condutores Verticais	22
4.8 Condutores Horizontais	24
4.9 Bombeamento	25
4.10 Reservatórios	25
4.10.1 Método de Rippl	25
4.11 Sistema Elevatório	26
4.11 Rede de Distribuição de água pluvial	28
5 MEMORIAL DE CÁLCULO	29
5.1 Determinação do consumo	29
5.2 Área de Contribuição	31
5.3 Cálculo Intensidade pluviométrica	32
5.4 Determinação da Captação da água de chuva	32
5.6 Dimensionamento das Calhas	33
5.6 Dimensionamento dos Condutores Verticais	34
5.6 Dimensionamento dos Condutores Horizontais	34

5.7 Dimensionamento do Reservatório	35
5.8 Sistema Elevatório	36
5.9 Rede de distribuição	38
6 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAS E SERVIÇOS	40
6.1 Principais materiais utilizados	40
6.1.1 Cisterna	40
6.1.2 Filtro	40
6.1.3 Bomba.....	40
6.1.4 Calhas	41
6.1.5 Tubulações e conexões	41
6.1.6 Caixa d'água.....	41
6.2 Principais serviços.....	41
6.2.1 Sondagem do solo	41
6.2.2 Escavação	42
6.2.3 Construção da cisterna de alvenaria	42
6.2.4 Instalação da bomba	42
6.2.5 Instalações das tubulações e conexões	42
6.2.6 Limpeza geral.....	42
7 ESTIMATIVA DE CUSTO DO SISTEMA	43
8 VIABILIDADE.....	44
8.1 Viabilidade Econômica	44
8.2 Viabilidade Ambiental	45
9 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO A.....	51
Anexo 1 - Selo do projeto arquitetônico	51
Anexo 2 - Planta Baixa	53
ANEXO B	54
ANEXO C	55
ANEXO D.....	56
ANEXO E	57
ANEXO F	58
APÊNDICE A	59

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável a vida dos seres humanos, podendo ser utilizada em diversas atividades, como: na agricultura, no comércio e na indústria, sendo essencial para o desenvolvimento de uma região.

O planeta Terra é composto por $\frac{3}{4}$ de água, sendo que 97,5 % dessa água é salgada, disposta em mares e oceanos. Apenas 2,5% desse total é água doce, sendo distribuída da seguinte forma: 68,9% em geleiras; 29,9% leitões subterrâneos e apenas 0,3% em rios e lagos. Nota-se que a grande maioria de água doce se encontra em regiões de difícil acesso e que somente 0,007% de toda a água doce do planeta encontra-se em locais de simples acesso para o consumo humano (TOMAZ,2001).

Diante de um consumo impróprio de água potável, o aumento acelerado da população mundial, o desenvolvimento de cidades e indústrias, além de uma inadequada distribuição populacional em função das reservas hídricas. Conforme Ghisi (2006), os locais com alta densidade demográfica são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há alta disponibilidade de água apresenta-se baixa população. Fatores que acarretam em um aumento na demanda por água potável, resultando na escassez dos recursos hídricos.

O sistema de aproveitamento de água pluvial surge como uma solução sustentável para o problema de escassez da água, pois, possibilita a racionalização e conservação da água potável, onde a água captada pode ser utilizada em descargas do vaso sanitário, higienização de espaço, rega de jardins, lavagem de carro etc.

“A eficiência de um sistema de aproveitamento de água pluvial consiste em captar a água da chuva que cai sobre a área de captação da edificação, onde essa água é direcionada até o local de armazenamento através das calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem.” (LEAL,2000).

Este trabalho apresenta técnicas para o aproveitamento de água pluvial, a partir de diretrizes da norma NBR 15527(ABNT,2007), onde será demonstrado a viabilidade implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, visando a redução de consumo e de gastos com água potável para habitações populares em Três Corações-MG.

Nesta etapa do trabalho apresentam-se o projeto completo, com todos os componentes do sistema dimensionados, analisados e seus respectivos desenhos da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial em habitações populares em Três Corações – MG. Sendo feitos os cálculos dos custos do sistema de aproveitamento de água pluvial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor sistema de aproveitamento de água pluvial em habitações populares na cidade de Três Corações – MG.

2.2 Objetivos Específicos

- Fazer revisão da literatura técnica pertinente ao assunto.
- Buscar dados e projetos arquitetônicos junto à prefeitura de Três Corações.
- Analisar o projeto arquitetônico.
- Fazer a análise hidrológica do sistema.
- Apresentar diagnóstico sobre a situação verificada
- Calcular todo o sistema de aproveitamento de água pluvial.

3 BREVE DIAGNÓSTICO

3.1 Apresentação e descrição da região estudada

Para o estudo será analisada a residência localizada na rua Antônio Osvaldo, nº: 121, lote 3, Quadra E, bairro Recanto Bom Jardim, Três Corações-MG, conforme mostram as Figuras 01 e 02, construída em maio de 2013 conforme dados do projeto.

Figura 01 - Fachada da residência estudada



Fonte: o autor (05/04/2016)

Figura 02 - Fundo e lateral direita da residência estudada

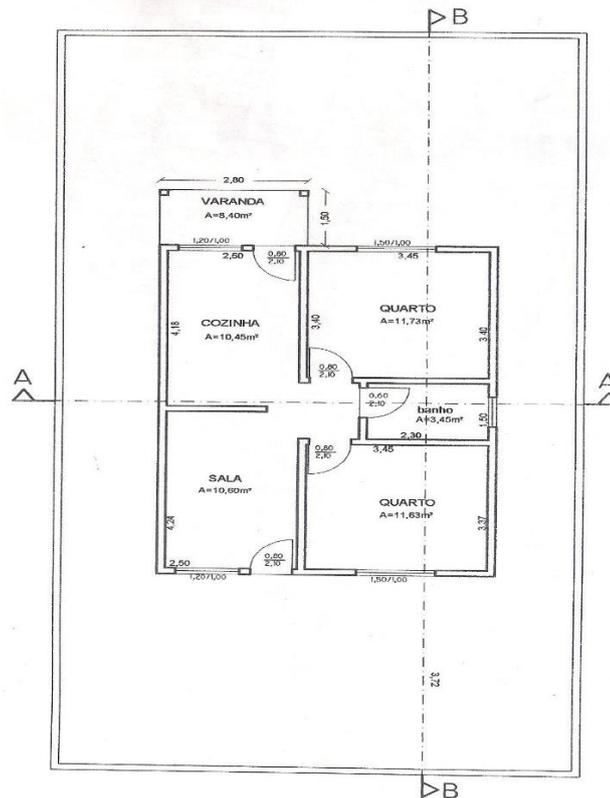


Fonte: o autor (05/04/2016)

3.2 Análise da residência estudada

A residência estudada é composta por 2 quartos, sala, cozinha, banheiro e varanda com área total de 60,96 m², com um terreno de 200 m², conforme mostra o Anexo 2 a seguir.

Anexo 2 - Planta Baixa



Fonte: (Adaptado, Prefeitura Municipal de Três Corações ,2016)

A partir de uma análise no local, constatou-se, que a edificação não possui calhas e nenhum outro componente para captação de água pluvial, conforme mostra a Figura 03 a seguir.

Figura 03 - Vista lateral da residência estudada



Fonte: o autor (05/04/2016)

3.3 Análise dos dados apresentados

Conforme dados apresentados no TCC I, foi possível verificar que o sistema de aproveitamento de água pluvial para a residência estudada, apesar de não apresentar nenhum componente para o sistema, como: calhas e condutores, atende aos requisitos exigidos para se fazer um bom sistema.

Onde foi necessário inicialmente de um volume de 5,7 m³; baseados no consumo mensal, diante dos parâmetros de engenharia propostos, verificou-se, que a área de contribuição de 90,61 m² juntamente com a intensidade pluviométrica mensal para a cidade de Três Corações, garantem que esse volume de água seja captado para os meses de janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro apenas.

A edificação dispõe de espaço suficiente para a implementação do sistema, conforme mostrado no Anexo A2.

3.4 Indicativo de solução do TCC I

O trabalho de TCC I teve por finalidade redução de consumo e conservação de água potável, analisando a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial para habitações populares em Três Corações-MG de acordo com as diretrizes da norma NBR 15527 (ABNT,2007).

Para esta finalidade será necessário dimensionar todos os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial como: calhas, condutores verticais, condutores horizontais e reservatório.

Diante da escolha do melhor sistema, será feito uma análise da viabilidade técnica e econômica deste sistema, dimensionando-se todos os componentes e considerando todas as variáveis existentes, afim de obter o ponto ideal para implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

4 MEMORIAL DESCRITIVO

4.1 Região de estudo

O estudo foi feito em uma casa popular, no bairro Recanto Bom Jardim situado em Três Corações – MG, onde foi conseguido o projeto arquitetônico junto à prefeitura da cidade e foi desenvolvido o projeto do sistema de água pluvial para o local em questão.

4.2 Dados Pluviométricos do município

Os dados pluviométricos foram adquiridos através dos Índices Pluviométricos de Minas Gerais segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa (2010, p.87), a partir de uma série de dados de 30 anos observados, sendo, o período analisado de 1980 a 2010.

4.3 Consumo

Para determinação do consumo da residência foram considerados os seguintes parâmetros de engenharia: descarga do vaso sanitário, higienização de espaço, gramado ou jardim e lavagem de carro, conforme TOMAZ (2009). Foi utilizado o consumo de água da COPASA para determinar o volume consumido pelos moradores referente ao ano de 2016, sendo agosto o mês da última medição.

4.4 Área de contribuição

Seguindo as informações contidas na planta de cobertura da edificação, onde é possível visualizar as medidas e inclinações da área contribuinte, que foi calculada de acordo com o que determina a NBR 10844 (ABNT,1989).

4.5 Cálculo da vazão de projeto

Segundo a NBR 10844 (ABNT,1989) a partir da junção dos dados de intensidade pluviométrica e da área de contribuição com suas devidas ressalvas, foi possível calcular a vazão de projeto pela seguinte equação:

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

(Equação 1)

4.6 Calhas

De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) calha é definida como o canal que recolhe a água de coberturas, terraços e similares e a conduz a um ponto de destino.

Segundo GHISI (2005) as calhas apresentam geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular. Diversos tipos de calhas podem ser instalados como por exemplo: calha de beiral, mostrada na Figura 04; calha de platibanda, mostrada na Figura 05 e a calha de água-água-furtada, mostrada na Figura 06.

4.6.1 Calha de beiral

De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) é a calha instalada na linha de beiral da cobertura.

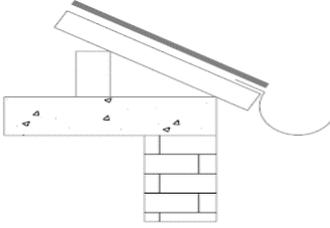
4.6.2 Calha de platibanda

Segundo a NBR 10844 (ABNT,1989) é a calha instalada na linha de encontro da cobertura com a platibanda.

4.6.3 Calha de água-furtada

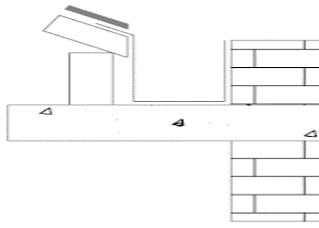
De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) é a calha instalada na linha de água-furtada da cobertura. A seguir, as figuras citadas acima:

Figura 04 - Calha de beiral



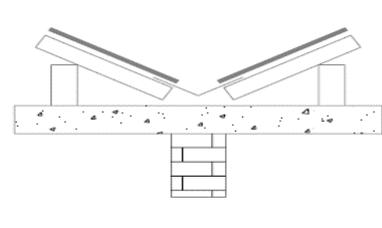
Fonte: (GHISI,2005,p.4)

Figura 05 - Calha de platibanda



Fonte: (GHISI,2005,p.4)

Figura 06 - Calha água-furtada



Fonte: (GHISI,2005,p.4)

De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) o dimensionamento das calhas deve seguir a fórmula de Manning-Stricker, indicada a seguir:

$$Q = K \times \left(\frac{S}{n}\right) \times Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 2)

$$Rh = \frac{S}{P}$$

(Equação 3)

Sendo:

Q: Vazão de projeto, em litros/min

A: Área da seção molhada, em m²

η: Coeficiente de rugosidade

Rh: Raio hidráulico, em m

P: Perímetro molhado, em m

I: Declividade da calha, em m/m

K=60.0000

A Tabela 01 mostra os valores do coeficiente de rugosidade de acordo com o tipo de materiais utilizados na fabricação de calhas segundo a NBR 10844 (ABNT,1989).

Tabela 01 - Coeficientes de rugosidade

Material	η
Plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
Ferro-fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012

Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não revestida	0,015

Fonte:(Adaptado, ABNT,1989, p.6)

4.7 Condutores Verticais

Segundo a NBR 10844 (ABNT,1989) os condutores verticais devem ser projetados em uma só prumada, sempre que possível. Se houver necessidade de desvio deve-se utilizar curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção. E seu dimensionamento deve ser feito a partir dos seguintes dados:

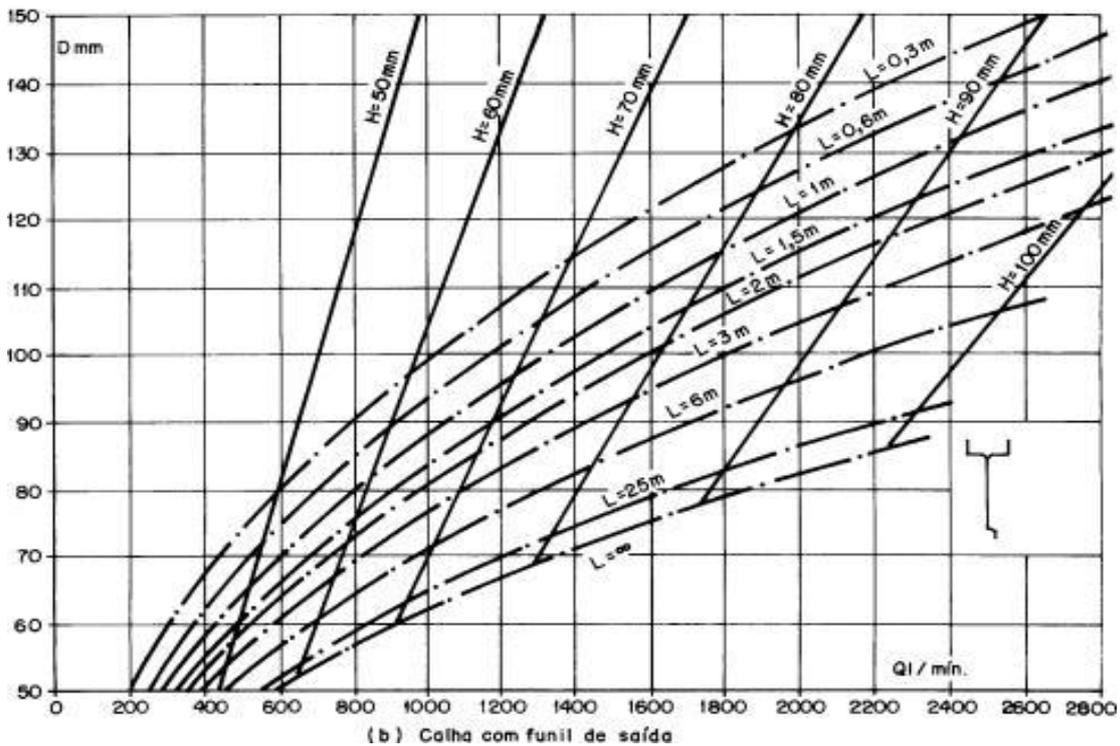
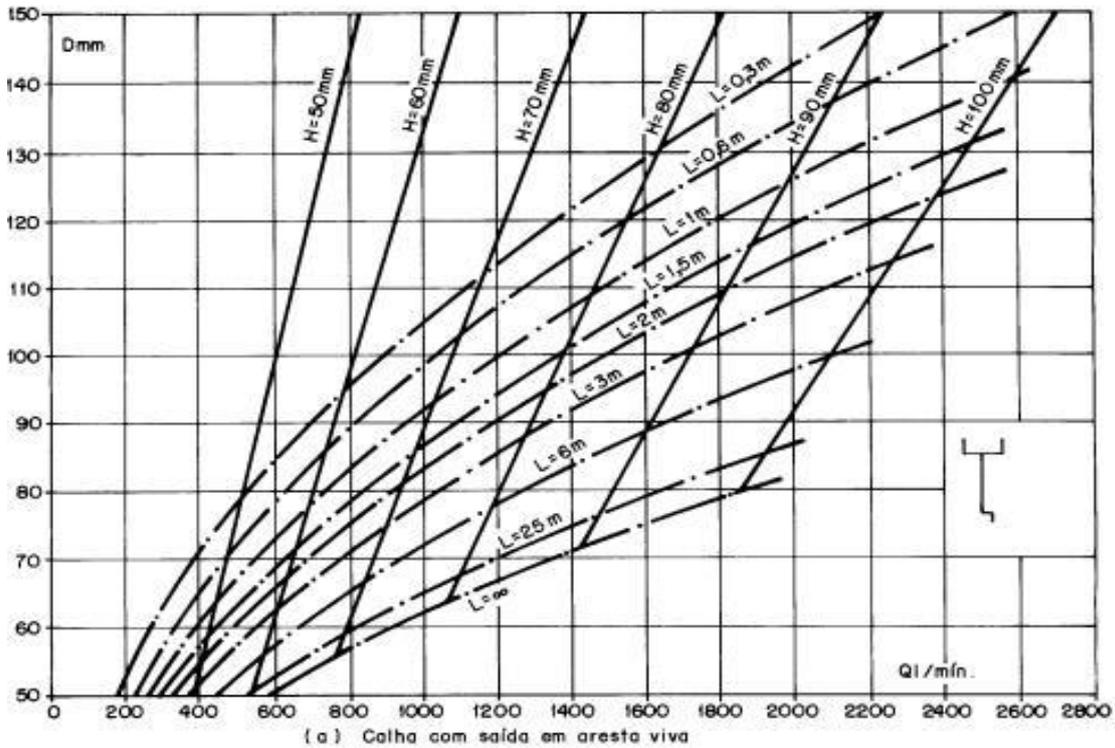
Q: Vazão de projeto, em L/min

H: Altura da lamina de água na calha, em mm

L: Comprimento do condutor vertical, em m

Com esses dados é possível determinar o diâmetro interno do condutor vertical que é obtido através dos ábacos da Figura 07, o diâmetro mínimo em seção circular é 70 mm.

Figura 07 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais



Fonte: (ABNT,1989, p.8)

Segundo BOTELHO & RIBEIRO Jr. (1998) para o dimensionamento dos condutores verticais, pode-se utilizar a Tabela 02 a seguir, que fornece o diâmetro do condutor vertical e o máximo valor da área de telhado drenada pelo tubo.

Tabela 02 - Área de cobertura para condutores verticais de seção circular

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área de cobertura (m²)
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212
150	11,53	348
200	25,18	760

Fonte: (BOTELHO & RIBEIRO Jr, 1998)

4.8 Condutores Horizontais

Segundo a NBR 10844 (ABNT,1989) os condutores horizontais devem ser projetados, com declividade uniforme, sempre que for possível, com o valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento desses condutores em seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo. As respectivas vazões para tubos de 7 diferentes materiais e inclinações estão indicados a seguir na Tabela 03.

Tabela 03 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

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

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

Fonte: (ABNT,1989, p.9)

4.9 Bombeamento

Segundo a NBR 15527 (ABNT,2007) em caso de necessidade de bombeamento, deve-se seguir a NBR 12214 (ABNT, 1992). Deve-se analisar também, as orientações sobre as tubulações de sucção e recalque, as velocidades mínimas de sucção e a seleção do conjunto motor-bomba. Junto à bomba centrífuga, é permitido a instalação de um dosador automático de derivado clorado, sendo critério do projetista utilizar ou não o dosador.

4.10 Reservatórios

Segundo a NBR 15527 (ABNT,2007) o volume dos reservatórios deve ser dimensionado considerando, critérios técnicos, econômicos e ambientais, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo, a critério do projetista, ser utilizados os métodos abaixo ou outro, desde que devidamente justificado.

4.10.1 Método de Rippl

Segundo a NBR 15527 (ABNT,2007) neste método podem-se utilizar series históricas mensais quanto diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{(Equação 4)}$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad \text{(Equação 5)}$$

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

$$\text{Sendo que: } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

S (t): é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q (t): é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D (t): é a demanda ou consumo no tempo t;

V: é o volume do reservatório;

C: é o coeficiente de escoamento superficial.

4.11 Sistema Elevatório

Segundo Netto (1998), sistema de recalque ou elevatório é o conjunto de tubulações, acessórios, bombas e motores necessário para transportar uma certa vazão de água ou qualquer outro líquido de um reservatório inferior para outro reservatório superior.

Conforme Netto (1998) para dimensionar o sistema elevatório é necessário seguir as seguintes etapas:

- 1) Definir a vazão de bombeamento (Q).

$$Q = \frac{V}{T}$$

(Equação 6)

Onde:

Q - Vazão (m³/s)

V - Volume (m³)

T - tempo (s)

- 2) Estimar o diâmetro de recalque, conforme Bresse:

$$\phi r = k \times \sqrt{Q}$$

(Equação 7)

- 3) Cálculo do diâmetro de recalque, de acordo com as horas de funcionamento do conjunto moto bomba, conforme a NBR 5626/1998.

$$\phi r = 1,3 \times X^{0,25} \times \sqrt{Q}$$

(Equação 8)

- 4) Cálculo da perda de carga localizada, conforme ANEXO F.

5) Cálculo da perda de carga linear, segundo Hazen-Williams:

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

(Equação 9)

Onde:

C - Coeficiente de Hazen-Williams, PVC=135.

D - Diâmetro em metros.

Q - Vazão em m³.

L - Comprimento da tubulação em metros.

6) Cálculo da altura manométrica:

$$Hman = Hg + \Delta H \text{ linear} + \Delta H \text{ loc}$$

(Equação 10)

Onde:

Hg - Altura geométrica.

ΔH linear - Valor calculado na (Equação 9).

7) Indicar o rendimento requerido para a bomba e para o motor (η_B e η_m)

8) Indicar o fator de folga (Fs)

9) Cálculo da Potência – Motor Bomba

$$P = \frac{\gamma \times Q \times Hman}{75 \times \mu}$$

(Equação 11)

Onde:

γ - Peso específico da água = 1000 kgf/ cm³

μ - Rendimento da bomba (%)

10) Especificar a potência comercial do motor.

Para o sistema foi considerado uma vazão (Q) = 1,65 m³/dia, sendo o funcionamento da bomba de seis horas por dia e a tubulação em PVC.

4.11 Rede de Distribuição de água pluvial

Para o cálculo da rede de distribuição de água pluvial, utiliza-se as mesmas premissas para a rede de distribuição de água fria, conforme a NBR 5626/1998.

O cálculo da vazão nos pontos de utilização será feito pelo método máximo provável, mostrado a seguir:

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

(Equação 12)

Onde:

Onde:

Q - Vazão estimada no trecho considerado, l/s

0,3 - Coeficiente de descarga, l/s

$\sum P$ - Somatória dos pesos relativos de todas as peças de utilização do trecho considerado.

Esta rede tem a finalidade de abastecer quatro torneiras e um vaso sanitário com caixa acoplada.

5 MEMORIAL DE CÁLCULO

5.1 Determinação do consumo

Para o consumo foram considerados 3 moradores, seguindo os parâmetros de engenharia, de acordo com Tomaz (2009), onde serão utilizados:

- Descarga do vaso sanitário
- Higienização de espaço
- Gramado ou jardim
- Lavagem de carro

E serão calculados da seguinte forma:

- Uso Interno

Descarga do vaso sanitário

Considerando que cada pessoa use o vaso sanitário 5 (cinco) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros. Considerando ainda um vazamento de 8 % em cada descarga, conforme parâmetros de engenharia demonstrados nas Tabelas 10 e 11.

Logo:

$$\begin{aligned}
 3 \text{ pessoas} &\times \frac{5 \frac{\text{descargas}}{\text{pessoa}}}{\text{dia}} \times 9 \frac{\text{litros}}{\text{descarga}} \times 1,08 (\text{vazamentos}) \times 30 \text{ dias} \\
 &= 4374 \text{ litros / mês}
 \end{aligned}$$

(Equação 13)

- Uso externo

Gramado ou Jardim

A área do jardim é igual a 15 m² e gasta-se 2 litros/dia/m², sendo a frequência de lavagem de 8 (dez) vezes por mês, obtêm-se, 0,266 vezes/mês, de acordo com os parâmetros de engenharia.

$$15 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times 0,266 \text{ vezes/mês} \times 30 \text{ dias} = 239,4 \text{ litros/mês.}$$

(Equação 14)

Lavagem de carro

Considerando a frequência de lavagem de carros de 4 vezes/mês e que o gasto seja de 150 litros por lavagem, conforme parâmetros de engenharia, obtêm-se:

$$1 \text{ carro} \times 150 \text{ litros/lavagem} \times 4 = 600 \text{ litros/mês}$$

(Equação 15)

Higienização de espaço

A área da casa é igual a 60,96 m² e gasta-se 2 litros/dia/m², sendo a frequência de lavagem de 4 (dez) vezes por mês, obtêm-se, 0,133 vezes/mês, de acordo com os parâmetros de engenharia demonstrados.

$$60,96 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times 0,133 \text{ vezes/mês} \times 30 \text{ dias} = 486 \text{ litros/mês.}$$

(Equação 16)

Desta forma, o consumo total em um mês será de aproximadamente 5700 L/mês.

4.1.1 Consumo de água COPASA

Segundo a COPASA (2016) o consumo de água da residência estudada é em média 170 l/dia, conforme a Figura 08.

Figura 08 - Histórico de consumo da residência estudada

Serviços - Histórico de Consumo

LEANDRO TEODORO OURIVES RIBEIRO Matrícula: 00130140554
R ANTONIO OSVALDO ,00121 -

Referência	Data Leitura	Leitura	Ocorr. Leitura	VOLUME Faturado	Critério Fatur.	Média Consum. 12 meses	Valor Faturado(R\$)	Vencimento
07/2016	18/07/2016	208	-	7	02	6	36,42	06/08/2016
06/2016	16/06/2016	201	-	6	02	6	31,89	05/07/2016
05/2016	17/05/2016	195	-	9	02	6	37,64	05/06/2016
04/2016	15/04/2016	186	-	7	02	7	28,65	07/05/2016
03/2016	17/03/2016	179	-	7	02	7	28,77	05/04/2016
02/2016	18/02/2016	172	-	10	02	7	44,86	08/03/2016
01/2016	18/01/2016	162	30	6	02	7	24,54	18/01/2016
12/2015	17/12/2015	158	-	6	02	7	24,49	05/01/2016
11/2015	17/11/2015	152	-	6	02	7	24,93	06/12/2015
10/2015	19/10/2015	148	-	9	02	7	36,79	07/11/2015
09/2015	17/09/2015	139	-	6	02	7	24,41	06/10/2015
08/2015	18/08/2015	136	-	6	02	7	24,70	06/09/2015

Fonte: (COPASA,2016)

Em comparação com o determinado pelas contas de água da COPASA, pode-se destacar que o consumo médio é de 7000 L / mês e conforme SABESP (2016), o consumo de água não potável é de aproximadamente 55 %, logo o consumo de água não potável para a residência estudada seria de 3850 L/mês, sendo um total de 1850 L/mês de diferença do resultado baseado nos parâmetros de engenharia conforme TOMAZ,2009. Logo será considerado uma demanda de 4000 L/mês.

5.2 Área de Contribuição

De acordo com uma análise preliminar e o projeto arquitetônico da edificação, foi possível determinar a área de contribuição do telhado, que será calculada, de acordo com a NBR 10844(ABNT,1989). Sendo:

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

(Equação 17)

$$A1 = A2 = \left(4,94 + \frac{1,48}{2} \right) \times 7,40 = 42,032 \text{ m}^2$$

$$A3 = \left(1,5 + \frac{0,45}{2} \right) \times 3,80 = 6,55 \text{ m}^2$$

$$A_{total} = 42,032 + 42,032 + 6,55 \text{ m}^2 = 90,61 \text{ m}^2$$

5.3 Cálculo Intensidade pluviométrica

Os dados pluviométricos foram adquiridos através dos Índices Pluviométricos de Minas Gerais segundo a Embrapa (2010, p.87), a partir de uma série de dados de 30 anos observados, sendo, o período analisado de 1980 a 2010, conforme mostra a Tabela 04 a seguir.

Tabela 04 - Média de precipitação mensal para Três Corações em milímetros (mm)

Município	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
Três Corações	244,6	158,3	154,1	52,2	38,5	21,8	17,7	19,6	73,3	101,4	176,2	250,2	1307,9

Fonte: (Embrapa,2010, p.87)

Onde pode-se observar que os meses de julho e agosto são os meses que apresentam menores intensidade pluviométricas, já os meses de janeiro e dezembro, possuem as maiores Precipitações em Três Corações – MG.

Para o cálculo da intensidade pluviométrica será utilizada a Equação 18, dados referentes a cidade de Três Corações, obtidos através do programa Plúvio, desenvolvido pela UFV (Universidade Federal de Viçosa) considerando o TR= 5 anos e 1 ano e o t= 5 minutos, conforme a NBR 10844(ABNT,1989).

$$I = \frac{6057,951 \times TR^{0,220}}{(t + 32,867)^{1,090}}$$

(Equação 18)

$$I = \frac{6057,951 \times 5^{0,220}}{(5 + 32,867)^{1,090}} = 164,35 \text{ mm/h}$$

$$I = \frac{6057,951 \times 1^{0,220}}{(5 + 32,867)^{1,090}} = 115,35 \text{ mm/h}$$

5.4 Determinação da Captação da água de chuva

Com a área de contribuição e a intensidade pluviométrica, pode-se calcular a vazão de projeto, conforme Equação 1.

$$Q_{c1} = Q_{c2} = \frac{I \times A}{60} = \frac{164,35 \times 42,032}{60} = 115,13 \text{ L/min}$$

$$Q_{c3} = \frac{I \times A}{60} = \frac{164,35 \times 6,55}{60} = 17,94 \text{ L/min}$$

Estas vazões que se apresentam aqui somente serão utilizadas para o dimensionamento das calhas e demais componentes do sistema de drenagem predial.

De acordo com a média pluviométrica mensal é possível calcular os volumes mínimos e máximos que a área de cobertura, pode captar de água pluvial durante um ano, conforme a Tabela 05.

Tabela 05 - Volume de água pluvial captada por área de contribuição

Mês	I (mm)	Área (m ²)	Volume (m ³)
JAN	244,6	90,61	17,73
FEV	158,3	90,61	11,47
MAR	154,1	90,61	11,17
ABR	52,2	90,61	3,78
MAI	38,5	90,61	2,79
JUN	21,8	90,61	1,58
JUL	17,7	90,61	1,28
AGO	19,6	90,61	1,42
SET	73,3	90,61	5,31
OUT	101,4	90,61	7,35
NOV	176,2	90,61	12,77
DEZ	250,2	90,61	18,14

Fonte: O autor (07/05/2016)

5.6 Dimensionamento das Calhas

De acordo com as vazões (Q) foi possível calcular as dimensões das calhas 01, 02 e 03, conforme a Tabela 06.

Tabela 06 - Dimensionamento das calhas

TIPO			Calha Retangular		Semi-Circular (mm)
CALHA	Q (L/min)	i(%)	h (cm)	b (cm)	
01	115,13	1	5,0	10,0	100
02	115,13	1	5,0	10,0	100
03	17,94	1	3,0	6,0	100

Fonte: o autor (17/09/2016)

5.6 Dimensionamento dos Condutores Verticais

De acordo com BOTELHO & RIBEIRO Jr. (1998), conhecendo a área de contribuição do telhado é possível determinar o diâmetro de condutor vertical. De acordo com a NBR 10844 (ABNT,1989) o diâmetro mínimo do condutor vertical é 70 mm, sendo utilizado 75 mm por se tratar de um diâmetro comercial, conforme a Tabela 07.

Tabela 07 - Dimensionamento dos Condutores Verticais

Condutor	Área (m ²)	BOTELHO	COMERCIAL
		Ø (mm)	Ø (mm)
CV1	42,06	75	75
CV2	42,06	75	75
CV3	42,06	75	75
CV4	42,06	75	75
CV5	6,55	50	75

Fonte: o autor (17/09/2016)

5.6 Dimensionamento dos Condutores Horizontais

A partir das áreas e do Índice pluviométrico, foi possível calcular o diâmetro dos condutores horizontais, conforme a NBR 10844 (ABNT,1989), como mostra a Tabela 08.

Tabela 08 - Dimensionamento dos Condutores Horizontais

C.H	Ralo	Comprimento (m)	I(mm/h)	Área (m ²)	i (%)	Ø (mm)
1	1	4,7	115,35	3,3	0,5	75
2	2	4,7	115,35	10,35	0,5	75
3	3	4,5	115,35	26,77	0,5	100
EXT	-	3,6	-	-	0,5	100
4	4	4,7	115,35	3	0,5	100
5	5	4,7	115,35	10,35	0,5	100
6	6	4,5	115,35	26,77	0,5	100

Fonte: o autor (17/09/2016)

5.7 Dimensionamento do Reservatório

Considerando uma demanda de 4000 L/mês, baseado no consumo da residência, utilizando o método de Rippl, foi possível calcular o volume do reservatório, conforme a Tabela 09.

Tabela 09 - Dimensionamento do Reservatório

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume da demanda - volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 valores positivos (m ³)	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9
JAN	244,6	4	90,61	17,73	-13,73	-	E
FEV	158,3	4	90,61	11,47	-7,47	-	E
MAR	154,1	4	90,61	11,17	-7,17	-	E
ABR	52,2	4	90,61	3,78	0,22	0,22	D
MAI	38,5	4	90,61	2,79	1,21	1,43	D
JUN	21,8	4	90,61	1,58	2,42	3,85	D
JUL	17,7	4	90,61	1,28	2,72	6,56	D
AGO	19,6	4	90,61	1,42	2,58	9,14	D
SET	73,3	4	90,61	5,31	-1,31	-	S
OUT	101,4	4	90,61	7,35	-3,35	-	S
NOV	176,2	4	90,61	12,77	-8,77	-	S
DEZ	250,2	4	90,61	18,14	-14,14	-	S
TOTAL	1307,9	48	-	95		-	
E=água escoando para o extravasor			D=nível de água baixando			S=nível de água subindo	

Fonte: o autor (17/09/2016)

Conforme a Tabela 09 será necessário um reservatório de no mínimo 9,14 m³.

O reservatório será circular com diâmetro de 2,2 m e com altura de 2,6 m com uma capacidade de 9,88 m³; será utilizada reservatório de alvenaria.

5.8 Sistema Elevatório

Sabendo-se que o volume do reservatório é de 9,88 m³ e o funcionamento da bomba será de 6 horas por dia, é possível calcular a vazão de bombeamento do sistema, conforme a Equação 6.

$$Q = \frac{9,88}{6} = 1,65 \frac{m^3}{h} = 0,000457 \frac{m^3}{s}$$

(Equação 6)

Conhecendo a vazão é possível calcular o diâmetro de recalque do sistema e estabelecer o diâmetro de sucção, conforme Equações 7 e 8.

Cálculo do diâmetro de recalque, conforme Bresse:

$$\varnothing r = 1,2 \times \sqrt{0,00045} = 25 \text{ mm}$$

(Equação 7)

Cálculo do diâmetro de recalque, de acordo com as horas de funcionamento do conjunto moto bomba, conforme a NBR 5626/1998.

$$\varnothing r = 1,3 \times \frac{6^{0,25}}{24} \times \sqrt{0,00045} = 19,5 \text{ mm}$$

(Equação 8)

Sendo assim o diâmetro de recalque será de 20 mm e o de sucção 25 mm

Cálculo das perdas de cargas localizadas no recalque e na sucção, conforme Tabelas 10 e 11, valores disponíveis no ANEXO C.

Tabela 10 - Valores aproximados do coeficiente de perda de carga localizada K no recalque

Peças	K	Quantidade
Válvula de retenção	2,5	1
Cotovelo ou Joelho de 90°	0,9	3
Válvula de gaveta aberta	0,2	1
$\Sigma K =$	5,4	

Fonte: o autor (27/09/16)

Tabela 11 - Valores aproximados do coeficiente de perda de carga localizada K na sucção

Peças	K	Quantidade
Curva 90°	0,4	1
Saída de canalização	1	1
Válvula de gaveta aberta	0,2	1
Válvula de pé	1,75	1
Crivo	0,75	1
$\Sigma K =$	4,1	

Fonte: o autor (27/09/16)

Cálculo das perdas de cargas lineares no recalque e na sucção, segundo Hazen-Williams, conforme Tabela 12.

Tabela 12 - Cálculo das perdas lineares

	Recalque	Sucção
D(m)	0,02	0,025
Q(m³/s)	0,00045	0,00045
L(m)	9,2	2,6
C	135	135
Hf(m)	2,15	0,33

Fonte: o autor (27/09/16)

Com as perdas de carga no recalque de 2,15 m, a perda de carga na sucção de 0,33 m e a altura geométrica de 3,8 m é possível calcular a altura manométrica, conforme Equação 10.

$$H_{man} = 3,8 + 2,15 + 0,33 = 6,28 \text{ m}$$

(Equação 10)

Com a altura manométrica, vazão e considerando o rendimento da bomba de 50%, pode-se calcular a Potência da bomba, conforme Equação 11.

$$P = \frac{1000 \times 0,00045 \times 6,28}{75 \times 0,5} = 0,07 \text{ CV}$$

(Equação 11)

Por segurança aumenta-se a potência em 20%. Logo:

$$P = 0,102 * 1,2 = 0,08 \text{ CV}$$

Logo será utilizado uma bomba centrífuga, da marca Dancor de 1/12 CV.

5.9 Rede de distribuição

Peso relativo da torneira = 0,4

Peso relativo do vaso sanitário com caixa acoplada=0,3

Trecho 1 - Ø 20 mm

3 Cotovelos 90 – 3 x 1,2 = 3,6

1 Registro de gaveta – 1 x 0,2 = 0,2

Comprimento da tubulação = 7,5 m

Trecho 2 - Ø 20 mm

4 Cotovelos 90 – 4 x 1,2 = 4,8

Comprimento da tubulação = 10,95 m

Trecho 2 - 3 - Ø 20 mm

3 Cotovelos 90 – 3 x 1,2 = 3,6

Comprimento da tubulação = 8,6 m

Trecho 4 - Ø 20 mm

2 Cotovelos 90 – 2 x 1,2 = 2,4

1 Registro de gaveta – $1 \times 0,2 = 0,2$

Comprimento da tubulação = 3,5 m

Na Tabela 13 a seguir, é mostrada o Cálculo de Pressões.

Tabela 13 - Cálculo de Pressões

Cálculo de Pressões - Rede de Água fria															
Trecho	Pesos	Vazão (l/s)	ø (mm) Tab	ø (mm) Calculado	ø (mm) Utiliz.	J (m/m)	Vel. (m/s)	Comprimento			Hf(m)		Cota(m)	Pressão	
								Real	Equiv.	Total	Unit	Total		M	J
1	0,4	0,1897	15	16,4015	20	0,0312	0,6040	7,50	4,60	12,10	0,0312	0,3773	0,00	3,50	3,12
2	0,8	0,2683	20	18,6352	20	0,0572	0,8541	10,95	7,80	18,75	0,0572	1,0722	0,00	3,12	2,05
2-3	0,4	0,1897	15	16,4015	20	0,0312	0,6040	8,60	3,30	11,90	0,0312	0,3711	-0,15	2,05	1,53
4	0,3	0,1643	15	15,5549	20	0,0242	0,5230	3,50	2,20	5,70	0,0242	0,1382	-0,15	1,53	1,24

Fonte: O autor (08/10/16)

6 ESPECIFICAÇÕES DE MATERIAS E SERVIÇOS

Para a realização do projeto proposto, de um sistema de aproveitamento de água pluvial para habitações populares em Três Corações - MG, serão necessários os seguintes materiais e serviços.

6.1 Principais materiais utilizados

6.1.1 Cisterna

A cisterna será projetada para receber a água do telhado, tendo uma capacidade de 9880 litros, que diante da variedade de cisternas disponíveis no mercado, optou-se pela cisterna em alvenaria, por apresentar um menor custo e materiais com boa disponibilidade para a região.

A cisterna será de alvenaria de tijolo cerâmico maciço, com as dimensões de 5 x 9 x 19 cm. Considerando a espessura da argamassa em 10 mm a no máximo 20 mm, o traço da argamassa de assentamento será de 1:2:9 (cimento, cal e areia).

Será utilizado também, argamassa polimérica para a impermeabilização da cisterna.

6.1.2 Filtro

O filtro será instalado no solo, onde são unidos na tubulação que drena a água de chuva dos condutores verticais, sendo então mais eficientes. Utilizam um princípio original de filtragem que garante grande eficiência, separando a água de chuva de impurezas como folhas, galhos, insetos e musgo, com mínima perda de água e exigência de manutenção mínima.

6.1.3 Bomba

Foi escolhido para o sistema, uma bomba centrífuga de 1/12 CV da Dancor, onde o diâmetro de sucção será de 25 mm e o diâmetro de recalque de 20 mm.

6.1.4 Calhas

As calhas são responsáveis por captar a água do telhado e direcionar para os condutores verticais, as calhas serão de aço galvanizado atendendo as dimensões estabelecidas no projeto.

6.1.5 Tubulações e conexões

As tubulações serão de PVC e deverão ser da Amanco, Tigre ou similar, com os diâmetros estabelecidos no projeto.

6.1.6 Caixa d'água

A caixa d'água será destinada para armazenar a água da chuva que será utilizada nas quatro torneiras e no vaso sanitário com caixa acoplada. Optou-se por uma caixa de polietileno de 500 L.

6.2 Principais serviços

- Sondagem do solo
- Escavação
- Construção da cisterna
- Instalação da bomba
- Instalação das tubulações e conexões
- Limpeza do Local

6.2.1 Sondagem do solo

Antes de iniciar as etapas de construção da cisterna é necessário fazer uma sondagem no solo, afim de verificar a profundidade do lençol freático.

De acordo com Tomaz (2001), as cisternas aterradas devem ficar no mínimo a 1,5 m de profundidade do lençol freático.

6.2.2 Escavação

Para a profundidade de escavação considerar a altura da Cisterna mais 60 cm constando 10 cm da base de concreto mais 20cm entre o topo da cisterna e o topo da escavação, sendo necessário uma escavação de aproximadamente 13 m³. O processo de escavação será manual.

6.2.3 Construção da cisterna de alvenaria

Após terminada a etapa de escavação, inicia-se a construção da cisterna alvenaria, executando todas as diretrizes para a sua confecção e respeitando as dimensões estabelecidas no projeto.

6.2.4 Instalação da bomba

Terminada a cisterna, instala-se a bomba, seguindo o que é estabelecido manual de instalação.

6.2.5 Instalações das tubulações e conexões

As instalações das tubulações e conexões deverão respeitar as inclinações e diâmetros contidos no projeto.

6.2.6 Limpeza geral

Após concluídas etapas da construção da cisterna e seus acessórios, deverá ser feita uma limpeza geral do local, onde será removido todo entulho do terreno e quaisquer detritos de materiais gerados no decorrer da obra.

7 ESTIMATIVA DE CUSTO DO SISTEMA

Para o custo estimado do sistema foi previsto o uso de calhas, tubulações, filtros, bomba, cisterna e demais itens complementares.

A estimativa de custo do sistema, baseou-se nos resultados obtidos nos cálculos de dimensionamento dos componentes do sistema. Os custos serão apresentados a seguir na Tabela 13 com a descrição do item e seu respectivo valor, após somatório chegou-se ao custo para a implantação do projeto.

Os custos foram baseados na TCPO 14 (Tabela para Composição de Preços para Orçamentos), que cobre o ano de dez/2013. A mão de obra está incluída no valor unitário de cada item e não foram considerados valores de BDI (Benefícios e Despesas Indiretas). Para os itens não encontrados na TCPO 14, foi necessário fazer uma pesquisa nas casas de materiais de construção do município, na qual foi colocado o valor médio dos materiais utilizados.

Tabela 14 - Orçamento do sistema de captação e armazenamento de água pluvial

Descrição	Unidade	Quantidades	Valor Unitário (R\$)	Valor Total(R\$)
Adaptador com flange e anel de Vedação PVC, soldável ø 100mm	unid	19	1,89	35,91
Adaptador com flange e anel de Vedação PVC, soldável ø 75 mm	unid	8	1,79	14,32
Caixa d'água em polietileno, 500 litros, com tampa	unid	1	182	182
Caixa de Areia 50 x 50 cm em alvenaria para águas pluviais	unid	3	176	528
Calha Retangular de chapa galvanizada (m)	m	18,6	15	279
Cistema de alvenaria de 9880 L	unid	1	2700	2700
Conjunto motobomba 1/12 CV	unid	1	399,45	399,45
Escavação manual de vala em solo 1ª categoria profundidade maior de 2 m	m³	13	14,72	191,36
Filtro Aproveitamento de água pluvial	unid	1	285,6	285,6
Freio d'água 100 mm	unid	1	115	115
Joelho 90° Esg. Série Normal ø 100 mm	unid	11	11,39	125,29
Joelho 90° Esg. Série Normal ø 75	unid	5	8,36	41,8
Joelho 90° Soldável marrom ø 20mm	unid	15	2,47	37,05
Joelho 90° Soldável marrom ø 25mm	unid	1	2,53	2,53
Limpeza geral da edificação	m²	25	2,58	64,5
Luva Simples de PVC , reforçadp ø 100 mm	unid	12	7,56	90,72
Luva Simples de PVC, reforçado ø 75 mm	unid	5	5,86	29,3
Ralo de PVC rígido sifonado 100 x 53 x 40 mm	unid	6	17,93	107,58
Resgistro de Gaveta bruto ø 20mm	unid	2	37,48	74,96
Resgistro de Gaveta bruto ø25mm	unid	1	50,51	50,51
Sifão Extravasor	unid	1	249	249
Tê 90° de PVC Soldável marrom ø 20mm	unid	2	2,57	5,14
Tomeira de Pressão metálica para uso geral	unid	4	35,94	143,76
Tubo de PVC Soldável marrom ø 25mm (m)	m	2,89	3,38	9,7682
Tubo de PVC Soldável ø 20mm (m)	m	40,24	2,66	107,0384
Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal ø 100 mm (m)	m	50	10,28	514
Tubo Esgoto de PVC Esgoto Série Normal ø 75mm (m)	m	42	12,02	504,84
TOTAL				R\$ 6.888,43

Fonte: o autor (12/10/16)

Portanto, o custo estimado total para o sistema de aproveitamento de água pluvial foi de 6.888,43reais.

8 VIABILIDADE

8.1 Viabilidade Econômica

Para verificação da viabilidade do sistema de aproveitamento de água pluvial para habitações populares em Três Corações MG, foi necessário estimar o custo do sistema, que dentre os principais serviços e materiais para a sua execução, obteve-se um valor de R\$ 6.888,43 reais.

Utilizando a planilha Simulador de Faturas, conforme ANEXO D e os dados de Tarifas cobradas aos usuários da concessionária COPASA, conforme ANEXO E. Foi possível

determinar o valor economizado, conforme Tabela 14. Com este resultado é possível, calcular o tempo de retorno do investimento e avaliar a sua viabilidade econômica.

Tabela 15 - Economia com a utilização do SAAP

Descrição	Consumo médio de água potável mensal (m ³)	Valor Cobrado (R\$)
Sem o SAAP*	7	R\$ 44,54
Com o SAAP*	3	R\$ 31,12
Economia	4	R\$ 13,42

*SAAP = Sistema de aproveitamento de água pluvial

Fonte: o autor (18/10/16)

Logo o sistema proporcionará uma economia de R\$161,04 reais por ano.

Com o custo do sistema de R\$ 6.888,43 reais e o valor economizado por ano de R\$ 161,04; calcula-se o tempo de retorno (Tr) do investimento.

$$Tr = \frac{6.888,43}{161,04} = 42,77 \text{ anos}$$

(Equação 19)

Desta forma, o valor encontrado de aproximadamente 43 anos para o retorno do investimento, faz com que seja inviável economicamente o sistema de aproveitamento de água pluvial para a residência estudada.

8.2 Viabilidade Ambiental

Para a verificação da viabilidade ambiental do sistema de aproveitamento de água pluvial, devido ao aumento contínuo e diário da demanda pela água, é essencial que alternativas para sua conservação sejam analisadas. Pode-se notar que, nem sempre a viabilidade econômica é significativa, entretanto com o aumento da escassez de água e a busca por construções sustentáveis, a viabilidade ambiental tende a se sobressair. Com os seguintes benefícios:

- Economia do consumo de água potável.
- Contribui para a redução dos riscos de inundação.
- Conscientização e educação ambiental.
- Possibilita o consumo adequado de água.
- Preservação de rios e lagos

Para este projeto, observou-se uma economia de 4000 L de água potável que gera uma redução no consumo de 57% de água potável. Sendo 7000 L a média do consumo mensal de água potável da residência estudada, sem o sistema de aproveitamento de água pluvial. Conforme a Equação 20.

$$\frac{4000}{7000} \times 100 = 57\%$$

(Equação 20)

Por se tratar de uma economia de recurso natural, seus benefícios são considerados intangíveis, ou seja, não é possível fazer uma avaliação econômica direta.

9 CONCLUSÃO

Os problemas de falta de água potável no Brasil e no mundo, devido vários fatores como aumento populacional, desperdícios da água, entre outros, faz com que seja necessário a procura de outros meios para obtenção de água, é o caso do sistema de aproveitamento da água pluvial. Apesar de proporcionar uma boa economia de água potável os custos financeiros e as vantagens econômicas e ambientais devem ser levados em conta para implantação do sistema.

O presente trabalho mostra uma análise geral para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, com a finalidade de redução de custos e conservação de água própria ao consumo humano.

Diante das análises iniciais, verificou-se que o telhado da residência localizada no bairro Recanto Bom Jardim em Três Corações-MG possui uma baixa área de coleta de água, reduzindo assim, a possibilidade de maior aproveitamento de água no sistema de água pluvial. Por não atender a demanda de consumo em todos os meses, foi necessário dimensionar o reservatório, utilizando o método de Rippl, obtendo um volume mínimo do reservatório de 9,14 m³.

Este trabalho atingiu os objetivos propostos de desenvolver o projeto de um sistema de água pluvial para habitações populares em Três Corações-MG, no qual foram determinados os equipamentos dispostos no projeto, definidos o consumo médio de água não potável para limpeza e descarga de vaso sanitário, dimensionados os componentes do sistema, estimando os custos e verificando a viabilidade econômica do sistema.

Com a verificação da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento da água pluvial para o vaso sanitário e para quatro torneiras de jardim para uma residência unifamiliar com 3 moradores, pôde-se concluir que: O valor de implantação do sistema foi de R\$ 6.888,43 reais, a economia de água potável foi de 4000 L por mês, a economia financeira foi de R\$ 161,04 reais por ano e o tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente 43 anos.

Desta forma, por apresentar um longo período para retorno do valor investido, fazendo com que o sistema de aproveitamento de água pluvial não seja viável financeiramente. A residência teve um consumo médio de água potável menor que 10 m³, favorecendo assim a compra do serviço de água potável do que implantar um sistema para aproveitar água pluvial, diante do baixo custo cobrado pelo tratamento de água potável.

Ainda assim, o sistema de aproveitamento de água pluvial não deve ser descartado por ser sustentavelmente viável, propiciando uma boa economia de água potável que para a residência estudada foi de 57%, cerca de 4000 l de água por mês. O sistema de aproveitamento possibilita o uso correto de água de acordo com a sua finalidade e reduz os impactos causados pelas inundações.

Portanto haverá melhorias ambientais significativas com a implantação do sistema de captação e aproveitamento de água pluvial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*, setembro de 2007. NBR 15527/07.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalação predial de água fria*. NBR 5626 de setembro de 1999.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalações prediais de águas pluviais*. NBR 10844 de dezembro de 1989.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de Captação de água de superfície para abastecimento público*. NBR 12213 de abril de 1992.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. NBR 12217 de julho de 1994.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de Sistema de bombeamento de água para abastecimento público*. NBR 12214 de abril de 1992.

ANEEL-AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2007.

BELLA CALHA. **Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva e Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.bellacalha.com.br>>. Acesso em: 10/10/2016.

BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS e RIBEIRO JR, GERALDO DE ANDRADE. Instalações Hidráulicas Prediais feitas para durar. 1a ed. São Paulo: Pro-editores, maio de 1998.

BRASIL, AMANCO. Disponível em: <www.amanco.com.br>. Acesso em: 18/10/2016.

CARDOSO, DANIEL CORRÊA. Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social–Caso: “Minha Casa Minha Vida”. **Feira de Santana: Universidade de Feira de Santana**, 2010.

CLIMATEMPO. **Previsão do tempo para Três Corações, MG**. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/climatologia/198/trescoracoes-mg>> Acesso em: 07/maio/2016.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/>. Acesso: 07/09/16

DA CRUZ BEZERRA, Stella Maris et al. Dimensionamento de Reservatório Para Aproveitamento de Água de Chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **CEP**, v. 80230, p. 901, 2010.

DE AMORIM, Simar Vieira; DE ANDRADE PEREIRA, Daniel José. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

DE BRITO TAVARES, André. Projeto de aproveitamento da água da chuva para a escola Brilho do Saber em Paraguaçu-MG. Varginha: Centro Universitário do sul de minas, 2015.

DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL, CONJUNTURA. Informe 2015. **Especial. Brasília: ANA**, 2015.

Edifique, Aproveitamento de água pluvial, Disponível em: <<http://www.edifique.arq.br/images/cisterna.GIF>> Acesso em: 03 abr.2016.

FEDERAL, CAIXA Econômica. SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. 2016.

FERREIRA, Daniel Fabrício; GHISI, Enedir. Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas para Fins não Potáveis em um Condomínio Residencial Localizado em Florianópolis-SC. **Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 2005.**

GAIPO, Hudson Prudêncio. Aproveitamento de água pluvial: Viabilidade para habitações populares em Três Corações. Parte 1. Trabalho de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Varginha, 2016.

LEAL, U. **Ciclo da água na edificação.** *Téchne*, v. 9, n. 48, p.45-6, 2000.

LIMA, R. P.; MACHADO, Thiago Garcia. Aproveitamento de Água Pluvial: análise do custo de implantação do sistema em edificações. São Paulo: Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, 2008.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MIERZWA, José Carlos et al. Águas Pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **Revista de Gestão de Águas da América Latina**, v. 4, p. 29-37, 2007.

NETTO, AZEVEDO. "JM de; FERNANDEZ, MF; ARAÚJO, R. de; ITO, AE Manual de hidráulica." *São Paulo: Edgard Blücher* (1998).

NOSÉ, Daniel. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas em condomínios residenciais. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi, 2008.

PARAVIZO BREGALDA, Plínio. Projeto de aproveitamento da água da chuva para o galpão da empresa Armazéns Gerais Leste de Minas em Varginha. Varginha: : Centro Universitário do sul de minas, 2014.

PEREIRA GUIMARÃES, Daniel. Índices pluviométricos em Minas Gerais. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2010.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em : < www.sabesp.com.br > **Acesso em:** 08/09/2016.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, 2013.

TCPO ESTUDANTIL, PINI. Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. **Editora Pini Ltda. 14ª edição**, 12/2013.

TIGRE, TUBOS E CONEXÕES. *Manual Técnico de Instalações Hidráulicas e Sanitárias.* São Paulo: PINI, 1987.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. **Oceania**, v. 65, n. 4, p. 5, 2009.

TOMAZ, Plínio. Previsão de consumo de água em gramados. **Revista Eletrônica**, http://discovirtual.uol.com.br/disco_virtual/pliniotomaz/arquivos Fevereiro, 2007.

TOMAZ, Plinio. Previsão de consumo de água. **São Paulo: Navegar**, 2000.

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

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais: piscinões, galerias, bueiros, canais; métodos SCS, Denver, Santa Bárbara, Racional, TR-55**. Navegar, 2002.

TOMAZ, Plínio. **Conservação da água**. 1998.

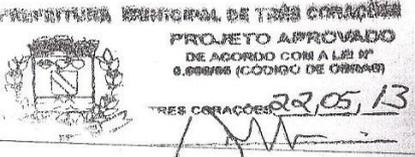
TOMAZ, Plínio. **Economia de água para empresas e residências: um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não convencionais do uso racional da água**. Navegar, 2001.

UNIÁGUA-Universidade da água. Água no planeta, 2016. Disponível em: <www.uniagua.org.br> Acesso em: 05 abr.2016.

ANEXO A

Projeto arquitetônico analisado neste trabalho.

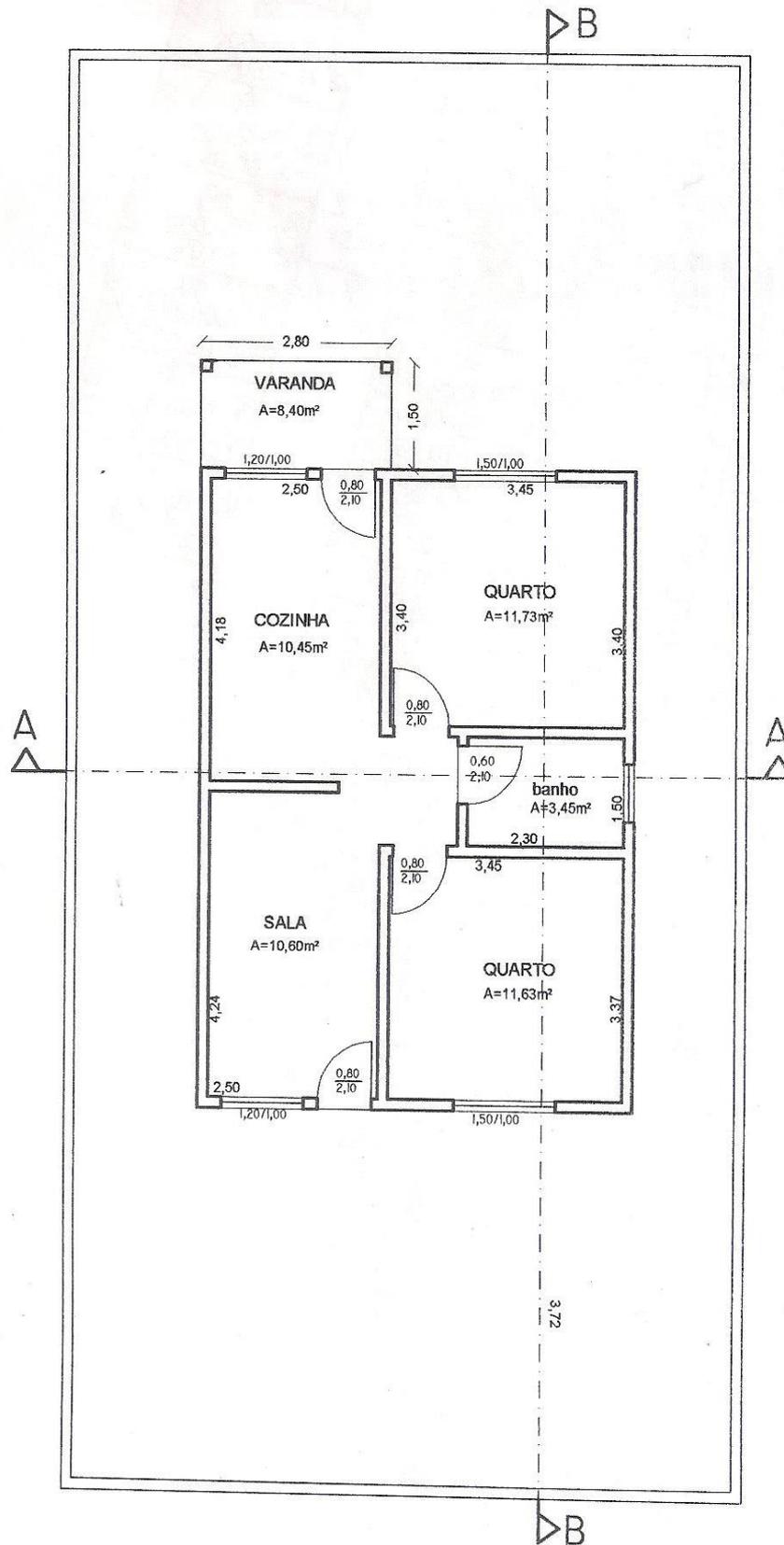
Anexo 1 - Selo do projeto arquitetônico

TITULO	PROJETO PARA CONSTRUÇÃO			PRANCHA	ÚNICA
TIPO	RESIDENCIAL UNIFAMILIAR			ARQUITETURA	
LOCAL	RUA ANTONIO OSVALDO, Nº 121, Lote 3, Quadra "E" BAIRRO RECANTO BOM JARDIM - T. CORAÇÕES- MG			PLANTA BAIXA CORTES FACHADAS IMPLANTAÇÕES COBERTURA	
PROP.	LEANDRO TEODORO OURIVES RIBEIRO			CPF	056.950.496-10
A.PROJ.	LUIZ WALDEMAR PITALUGA Eng Civil - CREA 47.081/D-MG			CPF	376.447.696-68
R.T.	LUIZ WALDEMAR PITALUGA Eng Civil - CREA 47.081/D-MG			CPF	376.447.696-68
				PROPRIETÁRIO ASS. <i>Leandro Teodoro Ourives Ribeiro</i> A. PROJ. <i>[Signature]</i> ASS. <i>[Signature]</i> R.T. <i>[Signature]</i> ASS. <i>[Signature]</i>	
S.U.	ZONA	USO	MODELO	DES/	DATA
02	ZR	R - 1	MA - 2	MARIO BRAZ	MAIO/2013
TAXAS	OCUP.	APROV.		ESC.	
	30,48 %			1 / 100 E 1 / 200	
AREAS M2 TERRENO 200,00 m² ÁREA A CONSTRUIR 60,96 m²				PMTC  	
CREA				OBS:	

LUIZ WALDEMAR PITALUGA - Prata N.º 26 - Ficha N.º 816

Fonte: (Adaptado, Prefeitura Municipal de Três Corações ,2016)

Anexo 2 - Planta Baixa



Fonte: (Adaptado, Prefeitura Municipal de Três Corações ,2016)

ANEXO B

Planilha para cálculo do Método de Rippl, conforme TOMAZ (2009).

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Volume da demanda - volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 valores positivos (m ³)	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8

Fonte: Adaptado, Tomaz (2009)

As colunas da Tabela 09, conforme Tomaz (2009)

Coluna 1: É o período de tempo de janeiro a dezembro.

Coluna 2: Na coluna 2 estão as precipitações médias mensais em milímetros do município de Três Corações- MG.

Coluna 3: Demanda mensal de água não potável em m³.

Coluna 4: É a área de captação da água de chuva que é constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.

Coluna 5: Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva em m³, considerando o coeficiente de runoff de 0,80.

Coluna 6: Estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.

Coluna 7: Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheia.

Coluna 8

O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo: E = água escoando pelo extravasor; D= nível de água baixando e S= nível de água subindo.

ANEXO C

Tabela de Comprimento equivalente em metros das principais peças especiais, para os diâmetros comerciais mais usados para tubulações de PVC.

Peça	Diâmetro Comercial (mm)										
	20	25	32	40	50	60	75	85	100	150	160
Joelho de 90°	1,10	1,20	1,50	2,00	3,20	3,40	3,70	3,90	4,30	4,90	5,40
Joelho de 45°	0,40	0,50	0,70	1,00	1,30	1,50	1,70	1,80	1,90	2,40	2,60
Curva de 90°	0,40	0,50	0,60	0,70	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,90	2,10
Curva de 45°	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20
Entrada Normal	0,30	0,40	0,50	0,60	1,00	1,50	1,60	2,00	2,20	2,50	3,80
Entrada de Borda	0,90	1,00	1,20	1,80	2,30	2,80	3,30	3,70	4,00	5,00	5,60
Registro de Gaveta Aberto	0,10	0,20	0,30	0,40	0,70	0,80	0,90	0,90	1,00	1,10	1,20
Registro de Globo Aberto	11,1	11,40	15,0	22,0	35,6	37,9	38,0	40,0	42,3	50,9	56,7
Registro de Angulo Aberto	5,90	6,10	8,40	10,5	17,0	18,5	19,0	20,0	22,10	26,2	26,7
Saída de Canalização	0,80	0,90	1,30	1,40	3,20	3,30	3,30	3,70	3,90	4,90	5,50
Tê de 90° Passagem Direta	0,70	0,80	0,90	4,50	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	3,30	3,80
Tê de 90° Saída Lateral	2,30	2,40	3,10	4,60	7,30	7,60	7,80	8,00	8,30	10,0	11,1
Tê de 90° Saída Bilateral	2,30	2,40	3,10	4,60	7,30	7,60	7,80	8,00	8,30	10,0	11,1
Válvula de Pé com Crivo	8,10	9,50	13,3	15,5	18,3	23,7	25,0	26,8	28,2	37,4	43,4
Válvula de Retenção Leve	2,50	2,70	3,80	4,90	6,80	7,10	8,20	9,30	10,4	12,5	13,9
Válvula de Retenção Pesada	3,60	4,10	5,80	7,40	9,10	10,8	12,5	14,2	15,0	19,2	21,4

Fonte: Adaptado, NBR 5626(ABNT,1998)

ANEXO D

Simulador de Faturas

Simulador de Faturas

1 - **Digite** o volume total consumido (m³)

2 - **Clique** no serviço oferecido

só Água

Água e Coleta de Esgoto (EDC)

Água e Tratamento de Esgoto (EDT)

Coleta de Esgoto (EDC)

Tratamento de Esgoto (EDT)

3 - **Digite** o número de economias* relativas a cada categoria

Categorias	Número de economias	Valor Água	Valor Esgoto	Valor Total
Residencial Social	<input style="width: 50px;" type="text"/>			R\$ -
Residencial	<input style="width: 50px;" type="text"/>			R\$ -
Comercial	<input style="width: 50px;" type="text"/>			R\$ -
Industrial	<input style="width: 50px;" type="text"/>			R\$ -
Pública	<input style="width: 50px;" type="text"/>			R\$ -
Valor Total	0	R\$ -	R\$ -	R\$ -

[Clique aqui para Calcular](#)

*Economia faz referência ao número de unidades familiares, comerciais ou produtivas que existem para um mesmo hidrômetro/ligação. Excluída em um mesmo consumo, com hidrômetro único, três familiares e duas lojas, três e 3 economias residenciais e 2 economias comerciais para 11 ligação



Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de MG - ARSAE

Notas: - Este simulador não é ajustado para cálculos em meses com mudança de tarifas. Nestas situações o prestador aplicará tanto as tarifas novas quanto as antigas de acordo com o período de leitura do hidrômetro e com a data da mudança das tarifas, individualizando o cálculo.
- Diferenças de poucos centavos podem ocorrer devido a critérios de arredondamentos adotados.

Fonte: COPASA, 2016.

ANEXO E

Tarifas aplicáveis aos usuários da concessionária COPASA.

RESOLUÇÃO ARSAE-MG 82/2016, DE 12 DE ABRIL DE 2016

Considerar apenas as colunas correspondentes ao serviço prestado:

- ÁGUA: abastecimento de água
- EDC: esgoto dinâmico com coleta
- EDT: esgoto dinâmico com coleta e tratamento

TABELA TARIFÁRIA DE APLICAÇÃO - COPASA					
Categoria	Faixa	Maio/2016 a abril/2017			Unidade
		ÁGUA	EDC	EDT	
Residencial Social	Fixa	8,49	4,25	7,64	RS/mês
	0 a 5 m ³	0,44	0,23	0,39	RS/m ³
	> 5 a 10 m ³	2,230	1,116	2,008	RS/m ³
	> 10 a 15 m ³	5,256	2,628	4,730	RS/m ³
	> 15 a 20 m ³	6,820	3,411	6,138	RS/m ³
	> 20 a 40 m ³	7,158	3,580	6,442	RS/m ³
	> 40 m ³	12,056	6,028	10,850	RS/m ³
Residencial	Fixa	14,15	7,08	12,74	RS/mês
	0 a 5 m ³	0,74	0,38	0,67	RS/m ³
	> 5 a 10 m ³	2,788	1,395	2,510	RS/m ³
	> 10 a 15 m ³	5,839	2,920	5,256	RS/m ³
	> 15 a 20 m ³	6,82	3,41	6,14	RS/m ³
	> 20 a 40 m ³	7,158	3,580	6,442	RS/m ³
	> 40 m ³	12,06	6,03	10,85	RS/m ³
Comercial	Fixa	21,61	10,81	19,45	RS/mês
	0 a 5 m ³	1,89	0,95	1,71	RS/m ³
	> 5 a 10 m ³	2,83	1,41	2,54	RS/m ³
	> 10 a 20 m ³	7,912	3,956	7,120	RS/m ³
	> 20 a 40 m ³	9,043	4,522	8,139	RS/m ³
	> 40 a 200 m ³	9,42	4,71	8,48	RS/m ³
	> 200 m ³	9,984	4,993	8,985	RS/m ³
Industrial	Fixa	21,61	10,81	19,45	RS/mês
	0 a 5 m ³	1,89	0,95	1,71	RS/m ³
	> 5 a 10 m ³	2,83	1,41	2,54	RS/m ³
	> 10 a 20 m ³	7,912	3,956	7,120	RS/m ³
	> 20 a 40 m ³	9,043	4,522	8,139	RS/m ³
	> 40 a 200 m ³	9,419	4,710	8,477	RS/m ³
	> 200 m ³	9,984	4,993	8,985	RS/m ³
Pública	Fixa	18,01	9,01	16,21	RS/mês
	0 a 5 m ³	2,07	1,04	1,86	RS/m ³
	> 5 a 10 m ³	2,64	1,32	2,37	RS/m ³
	> 10 a 20 m ³	7,536	3,769	6,782	RS/m ³
	> 20 a 40 m ³	8,289	4,145	7,461	RS/m ³
	> 40 a 200 m ³	9,419	4,710	8,477	RS/m ³
	> 200 m ³	9,984	4,993	8,985	RS/m ³

Fonte: COPASA,2016.

ANEXO F

Histórico de Consumo de água da Residência estudada

Serviços - Histórico de Consumo

LEANDRO TEODORO OURIVES RIBEIRO Matrícula: 00130140554
 R ANTONIO OSVALDO ,00121 -

Referência	Data Leitura	Leitura	Ocorr. Leitura	Volume Faturado	Critério Fatur.	Média Consum. 12 meses	Valor Faturado(R\$)	Vencimento
09/2016	21/09/2016	225	-	9	02	7	46,48	10/10/2016
08/2016	17/08/2016	216	-	8	02	7	40,26	05/09/2016
07/2016	18/07/2016	208	-	7	02	6	36,42	06/08/2016
06/2016	16/06/2016	201	-	6	02	6	31,89	05/07/2016
05/2016	17/05/2016	195	-	9	02	6	37,64	05/06/2016
04/2016	15/04/2016	186	-	7	02	7	28,65	07/05/2016
03/2016	17/03/2016	179	-	7	02	7	28,77	05/04/2016
02/2016	18/02/2016	172	-	10	02	7	44,86	08/03/2016
01/2016	18/01/2016	162	30	6	02	7	24,54	18/01/2016
12/2015	17/12/2015	158	-	6	02	7	24,49	05/01/2016
11/2015	17/11/2015	152	-	6	02	7	24,93	06/12/2015
10/2015	19/10/2015	148	-	9	02	7	36,79	07/11/2015

Ocorrência(s) de leitura

Critério(s) de faturamento

Detalhamento de faturas

APÊNDICE A

Projeto completo e detalhado em AutoCad