

UNIS - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

ENGENHARIA CIVIL

PAMELLA SILVA REIS

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO
POTÁVEIS NO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CIDADE NOVA EM
VARGINHA - MG**

**Varginha
2016**

PAMELLA SILVA REIS

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO
POTÁVEIS NO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CIDADE NOVA EM
VARGINHA - MG**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Civil do UNIS/MG – Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Profª. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior.

**Varginha
2016**

PAMELLA SILVA REIS

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO
POTÁVEIS NO CONDOMÍNIO RESIDENCIAL CIDADE NOVA EM
VARGINHA - MG**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil do UNIS/MG – Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: 29/11/2016

Prof^o. Dr. Leopoldo Uberto Ribeiro Junior

Prof^a. Esp. Luana Ferreira Mendes

Eng^a. Tamara Amabile Roberto Fonseca

Dedico este trabalho a todos que não
desistiram de sonhar junto comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, orientador e em especial a minha mãe que se doaram em me ajudar.

“Realizar o sonho mais lindo que Deus sonhou. Em meu lugar estar na espera de um novo que vai chegar. Vou persistir, continuar a esperar e crê.”

Padre Fábio de Melo

RESUMO

A qualidade da água da chuva para fins não potáveis é considerada de acordo com a finalidade e juntamente com os parâmetros de qualidade. Neste trabalho de conclusão de curso são demonstrados cálculos que auxiliam na construção de elaboração de todo o sistema de captação e aproveitamento, que leva em conta a quantidade de edifícios e o consumo destes. É demonstrada a distribuição de água em todos os edifícios levando em conta a descarga na bacia sanitária, chuveiro, utilização das torneiras e também a lavagem de roupa dos apartamentos. O potencial de aproveitamento de água da chuva é um ponto forte de análise neste projeto, pois ele fornece informações de quanto de água é possível coletar através do cálculo da área do telhado. A análise de captação e o aproveitamento de água da chuva visam às vantagens que o sistema oferece tanto econômica quanto ambiental, demonstrando ainda onde pode ser empregada a água tais como, lavagem de carros, limpeza de passeio dentre outros. Visando o máximo aproveitamento da água da chuva, para obter o menor consumo de água potável da concessionária.

Palavras – chave: Água. Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis. Captação. Condomínio.

ABSTRACT

Rain water quality for non-potable purposes is considered in accordance with the purpose and with the quality parameters. In this course conclusion work are presented calculations that help in building development of the entire collection and utilization system, which takes into account the amount of buildings and the consumption of these. the distribution of water is demonstrated in all buildings taking into account the discharge into the sanitary bowl, shower, use of taps and also the laundry from the apartments. The potential of rainwater utilization is a strong point of analysis in this project because it provides information on how much water you can collect through the calculation of the roof area. Attracting analysis and rainwater utilization seek the benefits that the system offers both economic and environmental, demonstrating yet which can be used to water such as car wash, drive cleaning and others. Aiming at the maximum use of rainwater, to get the lowest consumption of drinking water utility.

Key words: Water. Use of rainwater for non-potable purposes. Capture. Condominium.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Distribuição de água na Terra	17
Figura 02 – Uso indicado para usos da água da chuva não potável	19
Figura 03 – Formulas para calculo da área de contribuição	22
Figura 04 – Inclinação da chuva devida à ação do vento	23
Figura 05 – Sistema de aproveitamento de água pluvial	24
Figura 06 – Esqueleto da coleta da água da chuva em um telhado com reservatório de auto – limpeza.....	25
Figura 07 – Sistema de fluxo total.....	27
Figura 08 – Sistema com derivação.....	27
Figura 09 – Sistema com volume adicional de retenção	28
Figura 10 – Sistema com filtração no solo	28
Figura 11 – Desviador das águas das primeiras chuvas com válvula de desvio vertical	33
Figura 12 – Condomínio Residencial Cidade Nova	37
Figura 13 – Telhado do Bloco Padrão	41
Figura 14 – Posicionamento dos reservatórios	58
Figura 15 – Reservatório de Polietileno	59
Figura 16 – Filtro para água da chuva captada	59
Figura 17 – Dimensão dos reservatórios	60

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Produção hídrica do mundo por região.....	18
Quadro 02 – Produção hídrica na superfície da América do Sul.....	18
Quadro 03 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para às cinco regiões do Brasil.....	19
Quadro 04 – Frequência da manutenção	26
Quadro 05 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	34
Quadro 06 – Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência.....	35
Quadro 07 – Coeficiente de escoamento superficial	39
Quadro 08 – Potencial de aproveitamento de água da chuva no Bloco Padrão	40
Quadro 09 – Indicador de consumo (L/dia/pessoa)	42
Quadro 10 – Porcentagem geral de previsão de consumo.....	43
Quadro 11 – Previsão de consumo	43
Quadro 12 – Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial.....	44
Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de RippL	46
Quadro 14 - Ponto de consumo atendido pela captação de água da chuva	51
Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl	52
Quadro 16 – Resumo de volume de água no reservatório dos blocos.....	56
Quadro 17 – Volume do reservatório	57
Quadro 18 – Potencial de economia	61
Quadro 19 – Custo de Implantação	66
Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	67
Quadro 21 – Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial.....	72
Quadro 22 – Tempo de retorno.....	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 – Vazão de projeto	24
Equação 02 – Volume de água no reservatório no tempo t (Método de Rippl)	29
Equação 03 – Volume de chuva aproveitável no tempo t	29
Equação 04 – Volume de água no reservatório no tempo t (Método da simulação)	29
Equação 05 – Volume de chuva no reservatório no tempo t-1 (Método da simulação)	29
Equação 06 – Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (Método prático Azevedo Neto)	30
Equação 07 – Volume de água do reservatório (Método prático alemão)	30
Equação 08 – Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (Método prático inglês)	31
Equação 09 – Volume mensal produzido pela chuva (Método prático australiano)	31
Equação 10 – Volume de água que está no tanque no fim do mês t (Método prático australiano)	31
Equação 11 – Falha (Método prático australiano)	32
Equação 12 – Confiança (Método prático australiano)	32
Equação 13 – Volume mensal de chuva que poderia ser captado	35
Equação 14 – Indicador de consumo	36
Equação 15 – Indicador de consumo per capita de água	42
Equação 16 – Potencial de economia de água potável em cada bloco	60
Equação 17 – Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial	66
Equação 18 – Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial	71
Equação 19 – Tempo de retorno em ano	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área de contribuição (m ²)
A	Área total de captação (m ²)
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
C	Coefficiente de escoamento superficial (adimensional)
C	É o consumo diário médio de água do edifício (L/dia)
C	É o consumo medido pela COPASA para o bloco desejado e para o mês de referência
Ci	Custo de implantação do sistema de aproveitamento
CD	É o consumo diário per capita
CM _{água potável}	Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês)
Cm	Consumo mensal (m ³ /mês)
Cmensal	Consumo médio mensal de água no prédio (m ³ /mês)
CM1	Gasto atual
CM2	Novo gasto
D	Demanda anual da água não potável
Dm	Quantidade de dias de consumo
D _(t)	Demanda ou consumo no tempo t
D _(t)	Demanda mensal, em metros cúbicos
I	intensidade pluviométrica (mm/ h)
I	Interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação
IC	Indicador de Consumo (L/ Agente consumidor x dia)
IC _{per capita}	É o indicador de consumo per capita de água (L/pessoa x dia)
N	É o número de meses considerado, geralmente 12 meses
NA	Numero de agentes consumidores
Nb	É o número de apartamentos por bloco
NBR	Norma Brasileira
Nm	É o número de dias por mês de referência
Np	É a média de moradores por apartamentos, considerada separadamente para cada bloco

Nr	É o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$
m^3	Metro cúbico
P	Precipitação média anual
P	Precipitação média mensal (mm)
P	Precipitação mensal
Peconomia	Potencial de economia de água potável obtido através do uso de água pluvial (%)
Pop	É a população (moradores e funcionários) do edifício
Pr	É a falha
PPWS	Potencial de economia de água potável em cada bloco (%)
PWR	Consumo de água potável mensal em cada cidade ($m^3/mês$)
Q	Vazão de projeto (L/min)
Q	Volume mensal produzido pela chuva
$Q_{(t)}$	Volume de chuva aproveitável no tempo t
$Q_{(t)}$	Volume mensal produzido pela chuva no mês t
$S_{(t)}$	Volume de água no reservatório no tempo t
T	Número de meses de pouca chuva ou seca
T	Tempo de retorno em ano
$V_{adotado}$	Volume de água do reservatório
V	Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório
V	Volume de aproveitável de água de chuva anual
V	Volume do reservatório
$V_{(t)}$	Volume de água que está no tanque no fim do mês t
$V_{(t-1)}$	Volume de água que está no tanque no início do mês t
V	Volume mensal de chuva que poderia ser captado (m^3)
V_{COPASA}	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/ m^3)
VR	Volume mensal de chuva que poderia ser coletado ($m^3/mês$)
%	Porcentagem
m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivo Específico	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1 Recursos hídricos	17
3.1.1 Disponibilidade no Mundo	17
3.1.2 Disponibilidade no Brasil	18
3.2 Água da chuva para uso doméstico, para edificações públicos, industriais e comerciais	19
3.3 Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis	20
3.3.1 Normas	20
3.3.2 Área de contribuição.....	21
3.3.3 Sistema de Aproveitamento da água	23
3.3.3.1 Calhas e condutores	24
3.3.3.1.1 Vazão de projeto.....	24
3.3.3.2 Fatores meteorológicos.....	25
3.3.3.3 Manutenção do sistema de aproveitamento.....	26
3.3.4 Métodos de cálculo do reservatório segundo a NBR 15527/07	29
3.3.4.1 Método de Rippl	29
3.3.4.2 Método da simulação.....	29
3.3.4.3 Método prático Azevedo Neto.....	30
3.3.4.4 Método prático alemão	30
3.3.4.5 Método prático inglês	31
3.3.4.6 Método prático australiano	31
3.4 Qualidade da água pluvial	32
3.5 Uso de água em edificações	34
3.5.1 Distribuição do consumo	34
3.6 Potencial de aproveitamento de água da chuva.....	35
3.7 Metodologia para indicador de consumo	36

4 METODOLOGIA.....	37
4.1 Caracterização do local de estudo	37
4.2 Caracterização do consumo.....	37
4.3 Área contribuinte do condomínio	37
4.4 Aquisição de dados pluviométricos	38
4.5 Distribuição de consumo no condomínio em estudo	38
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	39
5.1 Potencial de aproveitamento da água da chuva.....	39
5.2 Indicador de consumo IC.....	42
5.3 Previsão de consumo	43
5.4 Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial	44
6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL	46
6.1 Análise econômica e levantamento de custo da obra	60
7 CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	74
ANEXO A.....	77
APÊNDICE A	78

1 INTRODUÇÃO

A água é de vital importância para toda a sociedade, sem ela não existiríamos. Dependemos fielmente dela.

A sociedade vem demonstrando hoje uma preocupação maior quando a questão é natureza e seus recursos, mesmo assim a poluição continua com as indústrias, jogando seu esgoto sem tratamento na água. A população lança lixos nas ruas e quando chove os lixos são levados para os rios, muitas vezes o mercúrio é jogado nos rios por garimpeiros, tornando o rio impróprio para consumo, pois o mercúrio é um metal pesado (PIERATTI, 2016).

Fonte indispensável é a água e a sua importância tem grande influência quando se fala dos setores que precisam de água, como o setor de produção agrícola, pecuária, indústrias geradora de energia elétrica. Sem água estaríamos fadados ao fracasso. O consumo de água é dividido como descrito abaixo (ONU, 2011):

- Humano 460 milhões m³/ano - 7%
- Indústria 140 milhões m³/ano - 23%
- Irrigação 1400 milhões m³/ano, cerca de - 70%.

Nos tópicos citados anteriormente só à irrigação (setor agrícola) é o maior consumidor, por apresentar novas tecnologias agrícolas para o aumento do cultivo de alimentos, causando assim o crescimento do consumo de água (PIERATTI, 2016).

A captação de água da chuva é a maneira importante para economia de água potável das concessionárias, com esta coleta da água da chuva pode ser utilizadas em rega de jardins, nas descargas de bacias sanitárias, na lavagem de carros e calçadas para tanto faz - se necessário um estudo para implantação do sistema de captação.

A Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), relata que em 2050 a população mundial chegará há 9 bilhões, o que sobrecarregará o sistema de abastecimento de água. Portanto, será necessário buscar novas técnicas para obter o melhor aproveitamento de água.

Utilizando o sistema de captação e aproveitamento de água da chuva, podemos suprir a demanda de água não potável que a população faz uso. A água coletada pode ser utilizada em diversos ambientes, como por exemplo: nas torneiras de jardim, lavagem de carros, lavagem de roupas, descargas de bacias sanitárias, dentre outros.

Nesta monografia será relatado todo o estudo de captação e aproveitamento de água da chuva mostrando um estudo de caso no Condomínio Residencial Cidade Nova em Varginha – MG.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar com os dados coletados, caracterizar o consumo do condomínio residencial Cidade Nova a captação de água da chuva para uso, observando o potencial de economia de água potável com a utilização de um sistema de aproveitamento.

2.2 Objetivo específico

Esta monografia analisa um o condomínio em Varginha – MG para atingir os seguintes objetivos abaixo:

- Caracterizar o consumo de água nos nove blocos através da conta de água da concessionária COPASA fornecida pela administradora do condomínio;
- Através do cálculo do indicador de consumo – IC, verificar o índice do consumo de cada edificação presente no condomínio;
- Verificar o quanto de volume de água da chuva é possível captar pelo telhado da edificação;
- Analisar através da inserção do sistema de captação a viabilidade econômica para o conjunto habitacional.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Recursos hídricos

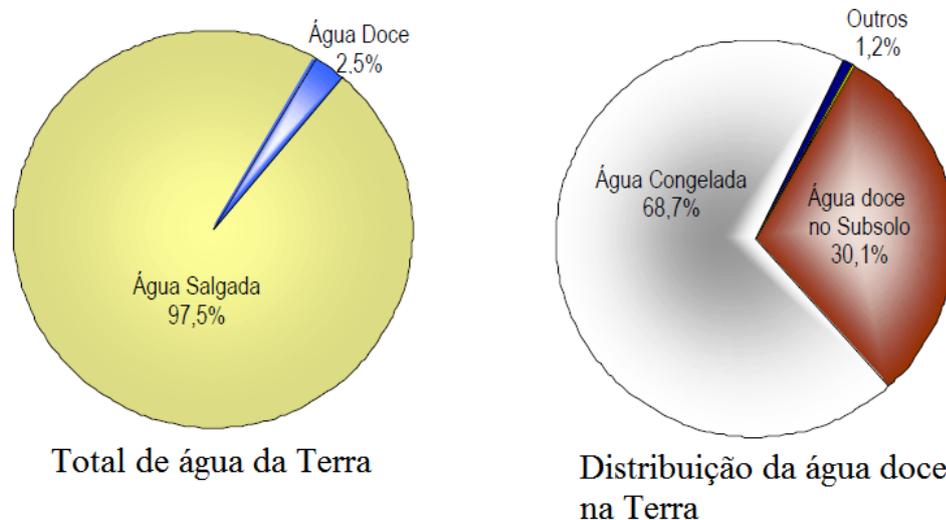
3.1.1 Disponibilidade no Mundo

97,5% da água do mundo é salgada, o percentual de água doce congelada é de 68,9% isso se refere às calotas polares no Ártico, Antártida e regiões montanhosas (TOMAZ, 2001a, p. 9)

Apenas 0,007% de água estão disponíveis para o uso humano, sendo que 1386 milhões de Km³ é o total de volume de água que a Terra tem.

A figura 01 demonstra o volume de água e como ela subdivide entre os reservatórios na Terra.

Figura 01- Distribuição de água na Terra



Fonte: (SETTI, et al, 2001, p. 48)

A Ásia tem o maior percentual de produção hídrica do mundo com a vazão chegando a 458.000 m³/s logo atrás está a América do Sul de acordo com o quadro 01 (TOMAZ, 2001 a, p. 9).

Quadro 01 – Produção hídrica do mundo por região

Regiões do Mundo	Vazão média (m ³ /s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
<i>Total</i>	1.448.000	100,0%

Fonte: TOMAZ, 2001

3.1.2 Disponibilidade no Brasil

O Brasil tem 8.512.000 Km² de área se colocando como o quinto país mais extenso territorialmente. A sua disponibilidade hídrica é estimada em 35.732 m³/hab/ano, isso faz o Brasil ser conhecido como o país “rico em água”. 12% da água doce do mundo estão no Brasil (TOMAZ, 2001a).

O quadro 02 nos demonstra que em relação aos outros países da América do Sul, somente o Brasil possui uma vazão de 177.900 m³/s cerca de 53% do total de produção hídrica.

Quadro 02 - Produção hídrica na superfície da América do Sul

América do sul	Vazão média (m³/s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100%

Fonte: TOMAZ, 2001

De acordo com a Agência Nacional de Águas ANA, Rio Amazonas, Tocantins-Araguaia, São Francisco, Atlântico Norte Nordeste, Uruguai, Atlântico Leste, Atlântico Sul e Sudeste, Rios Paraná e Paraguai são as bacias hidrográficas do Brasil em que 73% da água doce do mundo está situado na bacia do Rio Amazonas.

Quanto maior é a população de uma determinada região menor é o seu percentual de disponibilidade de água. O que pode ser observado no quadro 03 (GHISI, 2006).

Quadro 03 – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população para às cinco regiões do Brasil.

Região do Brasil	Area Territorial (%)	Disponibilidade de Água (%)	População (%)
Norte	45	69	8
Nordeste	18	3	28
Sudeste	11	6	43
Sul	7	6	15
Centro-Oeste	19	15	7

Fonte: GHISI, 2006

E pode também ser observado no quadro 03 que a maior disponibilidade de água ocorre onde a percentual de população é menor.

3.2 Água da chuva para uso doméstico, para edificações públicas, industriais e comerciais.

A água da chuva não é um meio potável de água limpa mesmo que aparentemente se apresente com coloração clara, a água da chuva pode ter em sua estrutura contaminações que podem fazer mal a saúde (ZANELLA, 2015, p. 6).

O seu uso indicado é para regar o jardim, lavar o carro, lavagem de passeios, pátios e pisos, e até mesmo para as descargas de bacias sanitárias e mictórios. A reutilização pode atingir a reserva de água para combate ao incêndio.

É necessário que a água tenha qualidade para se atingir padrões de potabilidade para alguns usos domésticos (PORTARIA MS nº518/2004 do MINISTERIO DA SAÚDE, 2005). Nos exemplos citados anteriormente e conforme pode ser observado na figura 02, são dados os exemplos de utilização da água não potável.

Figura 02 - Uso indicado para água da chuva não potável



Rega de jardins e plantações



Lavagem de carros



Limpeza de pisos



Descargas em bacias sanitárias

Fonte: (ZANELLA, 2015, p. 7)

3.3 Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis

O reuso de água e nem o reaproveitamento não são sinônimos de aproveitamento de água. A palavra reuso vem de quando a água já foi utilizada pelo homem (MACÊDO, 2007).

O aproveitamento de água da chuva é uma atitude contra o racionamento (GRUP RAINDROPS, 2002).

A diminuição dos custos com água potável de companhias e diminuição dos riscos de enchente são vantagens para aproveitamento da água (MAY, 2004, p. 7).

Há vários anos o sistema de aproveitamento da água da chuva já vem sendo utilizada em muitos países o que provoca o racionamento da água potável. Por exemplo, para os britânicos o incentivo ao uso da chuva é intenso, pois o consumo de água influencia muito quando a questão é economia (FEWKES, 1999).

3.3.1 Normas

A NBR 10844/89: Instalações prediais de água pluvial, esta norma define os cálculos da área de captação da água da chuva.

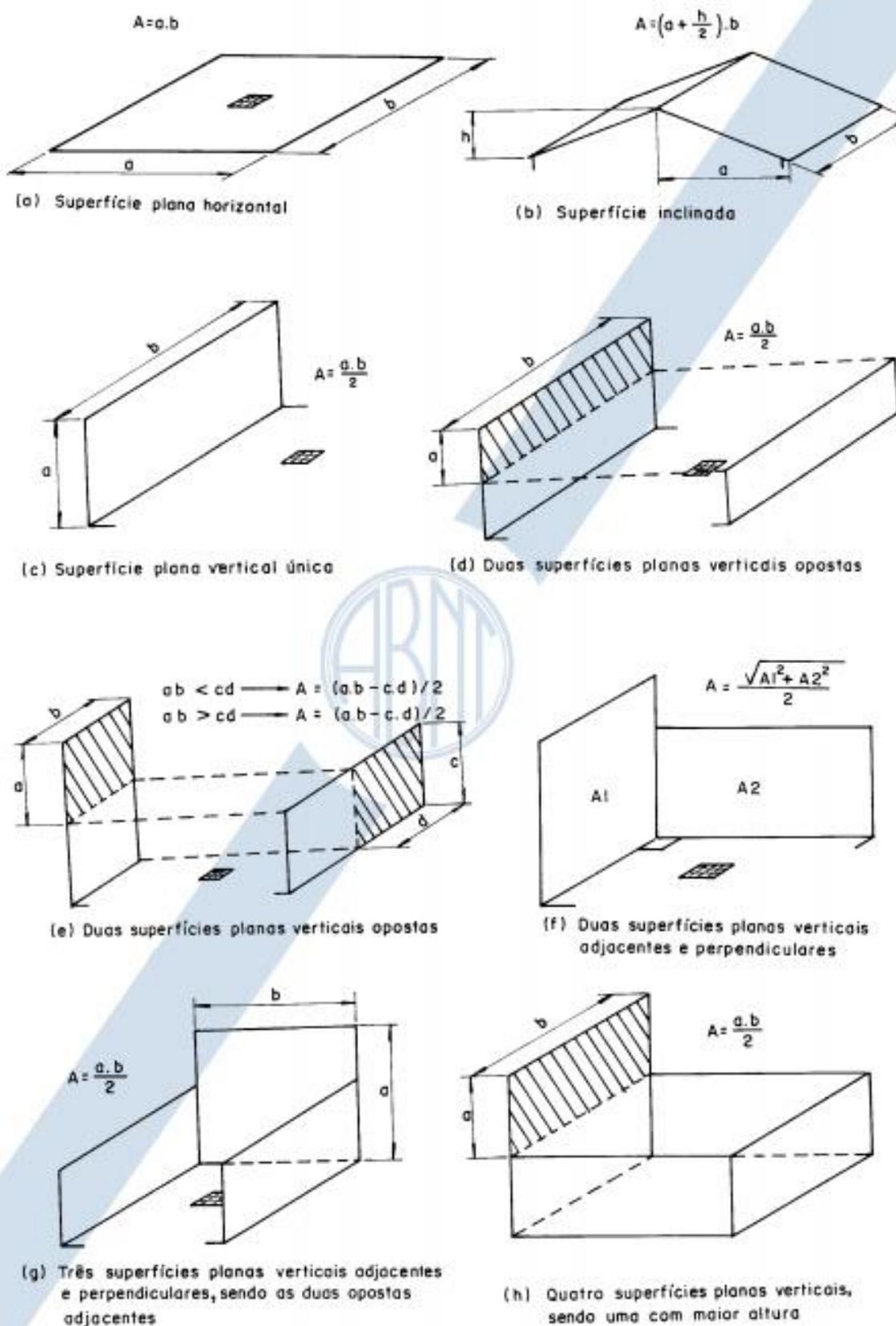
A norma para o aproveitamento de água é dada pela NBR 15527/07: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas pra fins não potáveis. Esta norma é empregada para água da chuva para fins não potáveis em que pode ser aplicadas depois de um adequado tratamento, para uso de irrigação de gramados, descargas de bacias sanitárias, lavagem de veículos e limpezas de modo geral, tais como: pátios, ruas e calçadas e uso industrial. E comenta também sobre calhas e condutores que devem ser considerados a análise de vazão de projeto. Menciona também a manutenção que deve ser feita nos sistemas de aproveitamento.

Segundo a NBR 5626/98 Instalação predial de água fria, não pode haver ligação de tubulação de reservatório de água potável com reservatório de água de chuva para garantir a potabilidade da água fornecida pela concessionária. Todas as tubulações e reservatórios abastecidos por água não potável devem estar devidamente identificados com símbolos e cores e devem ter a frase: “ÁGUA NÃO POTÁVEL” para advertir os usuários.

3.3.2 Área de contribuição

A área de contribuição em análise dos edifícios, os cálculos são descritos pela norma NBR 10844/ 89 Instalações prediais de água pluvial, que menciona em função das medidas e inclinação do telhado e das paredes que interceptem a água da chuva para o aproveitamento. A aplicação desta norma é para drenagem pluvial em edifícios em suas coberturas. Conforme pode ser observado na Figura 03.

Figura 03 – Formulas para calculo da área de contribuição

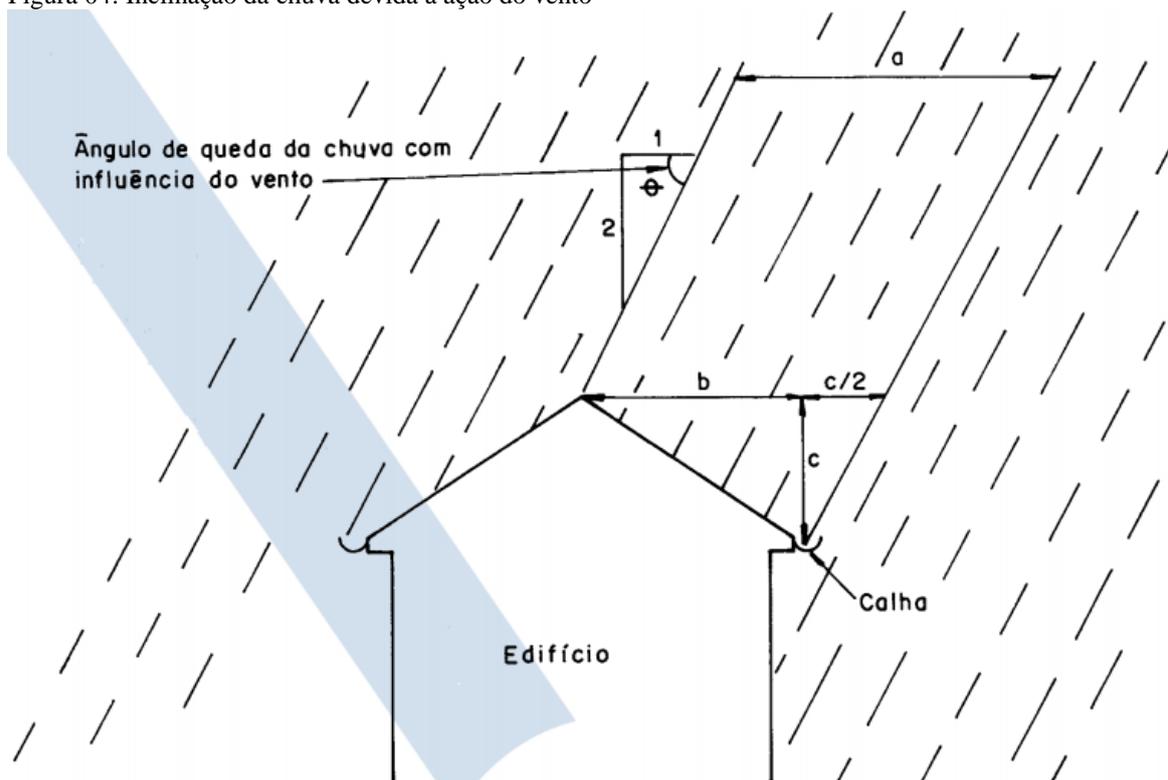


Fonte: (ABNT, 1989, p. 5)

Conforme pode ser observado na figura 03, existem variadas maneiras de obter a área de contribuição.

Ainda a norma NBR 10844/89 diz que deve levar em conta a ação do vento, analisando o ângulo de inclinação da chuva para o cálculo da quantidade de chuva a ser interceptada por áreas inclinadas ou verticais, como pode ser observado na figura04:

Figura 04: Inclinação da chuva devida à ação do vento

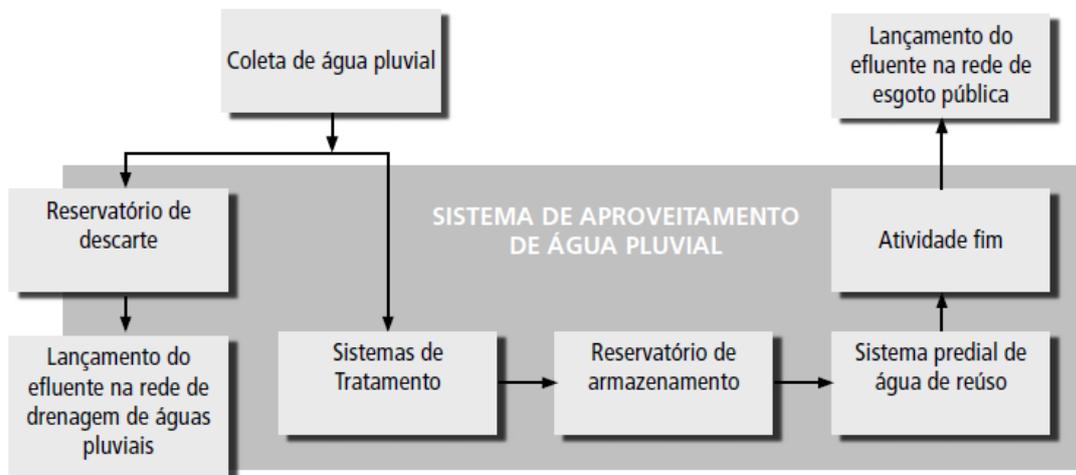


Fonte: (ANBT, 1989, p. 4)

3.3.3 Sistema de aproveitamento da água

É por meio do telhado inclinado ou plano que a água da chuva é coletada. O telhado é meio mais fácil da técnica de coleta da água da chuva, que por sua vez essa água tem melhor qualidade (TOMAZ, 2010, p. 476). A figura 05 demonstra o sistema de aproveitamento da água.

Figura 05 - Sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: (SINDUSCON, 2005, p. 71)

3.3.3.1 Calhas e Condutores

De acordo com a NBR 10844/89 a calha é um canal que recebe a água da chuva e transporta esta água para um destino final. Os condutores de água podem ser divididos em dois: verticais e horizontais.

1 - Condutores Verticais: De acordo com a norma NBR 10844/89 este condutor tem por objetivo recolher a água de calhas, cobertura, terraços e guiar para parte inferior da edificação.

2 – Condutores Horizontais: segundo a NBR 10844/89 este tem por objetivo recolher e guiar a água pluvial até um lugar autorizado pelo dispositivo legal (ralo).

3.3.3.1.1 Vazão de projeto

A NBR 15527/07 diz que as calhas e condutores, devem ser observados a vazão de projeto e os fatores meteorológicos que são definidos pela NBR 10844/89.

A vazão de projeto serve para o cálculo de dimensionamento de calhas e condutores (ABNT, 1989, p. 2). Abaixo o cálculo da vazão segundo NBR 10844/89.

$$Q = \frac{I.A}{60} \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

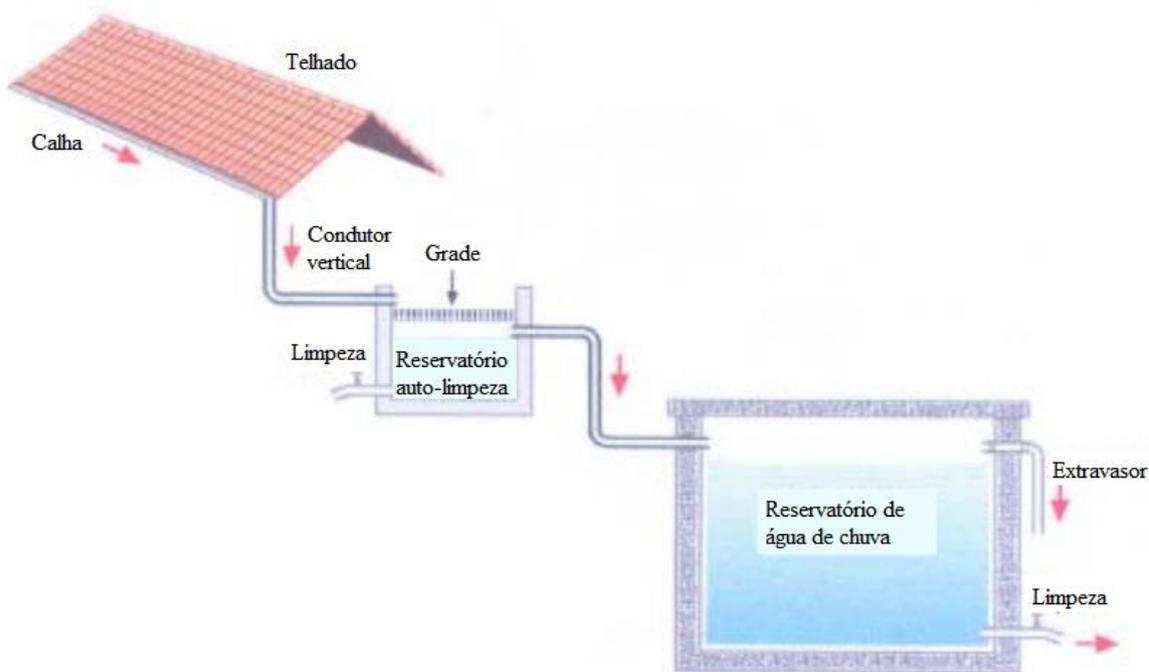
Q: vazão de projeto, em L/ min;

I: intensidade pluviométrica, em mm/ h;

A: área de contribuição, em m².

É necessário a utilização de coletores verticais e horizontais para a coleta da água da chuva atendo sempre a norma NBR 10844/89 (TOMAZ, 2010, p. 28). Na figura 06 pode ser observado o esquema de coleta da água da chuva em um telhado.

Figura 06 – Esqueleto da coleta da água da chuva em um telhado com reservatório de auto – limpeza.



Fonte: (TOMAZ, 2009, p. 8)

3.3.3.2 Fatores Meteorológicos

De acordo com a norma 10844/89 a duração de precipitação deve ser sempre fixado em $t=5\text{min}$ para que se possa determinar a intensidade pluviométrica “I”. Com as características da área a ser drenada, o valor do tempo de retorno é fixado, porém a sua fixação tem que atender as seguintes condições:

T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde empoçamentos possam ser tolerados;

T = 5 anos, pra coberturas e/ou terraços;

T = 25 anos, para coberturas e áreas onde empoçamentos ou extravasamento não possa ser tolerado.

Ainda segundo a norma 10844/89, se houver o conhecimento dos valores exatos do tempo de contração e intensidade pluviométrica é possível ser utilizado. É adotado I = 150 mm/h quando tem uma área de construção de até 100 m² de projeção horizontal.

3.3.3.3 Manutenção do sistema de aproveitamento

A norma 15527/07 faz menção á frequente manutenção que deve ser feita no sistema e ainda cita que quando faz usos de produtos que fazem mal a saúde na área de captação tem que desconectar o sistema para que este produto não contamine a água da chuva coletada, depois de ser adequadamente limpa e não havendo mais risco de contaminação o sistema pode ser reconectado. O quadro 04 mostra a frequência da manutenção segundo a norma.

Quadro 04 - Frequência da manutenção

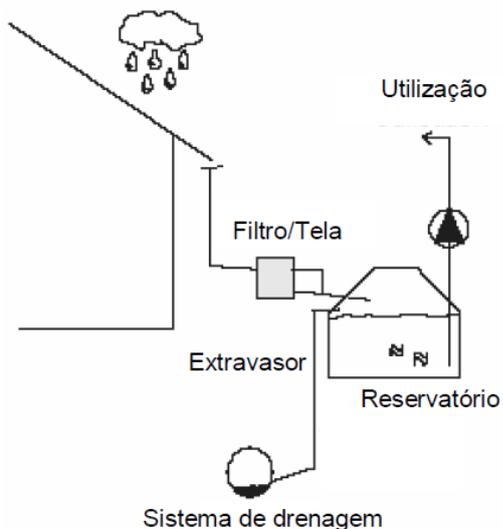
Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção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

Fonte: (ABNT, 2007, p. 5)

Abaixo são apresentados quatro Sistemas de aproveitamento descrito por Herrmann e Schmida (1999, p. 308 *apud* ANNECCHINI, 2005, p. 36):

1 - Sistema de fluxo total: na figura 07 demonstra que a chuva total coletada pela área de captação é passada por um filtro ou tela para depois ser orientada para o reservatório de armazenamento.

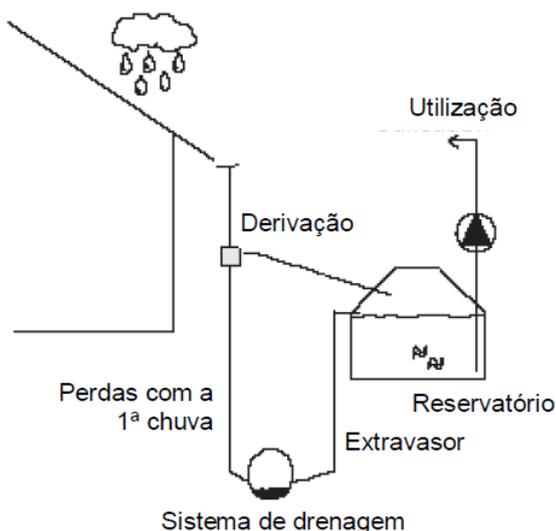
Figura 07 – Sistema de fluxo total



Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999, p. 308 *apud* ANNECCHINI, 2005, p. 37).

2 – Sistema com derivação: na tubulação vertical da descida da água da chuva é colocada uma derivação, que tem a função de descartar a primeira água da chuva. A derivação pode ter ou não filtro ou tela instalada. Este sistema também pode receber o nome de sistema auto – limpante. Como pode ser analisado na figura 08.

Figura 08 – Sistema com derivação

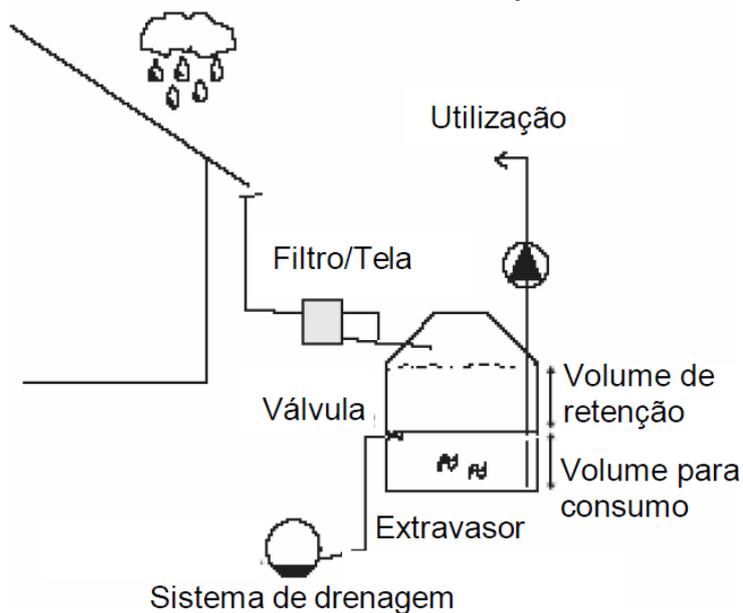


Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999, p. 309 *apud* ANNECCHINI, 2005, p. 37).

3 - Sistema com volume adicional de retenção: Faz necessário a construção de um reservatório maior que tem por objetivo armazenar o volume da chuva para suprimento da demanda e armazenar um volume adicional de água pra evitar inundações. Uma válvula é colocada neste

sistema para regular a saída de água adicional para o sistema de drenagem. Demonstrado pela figura 09.

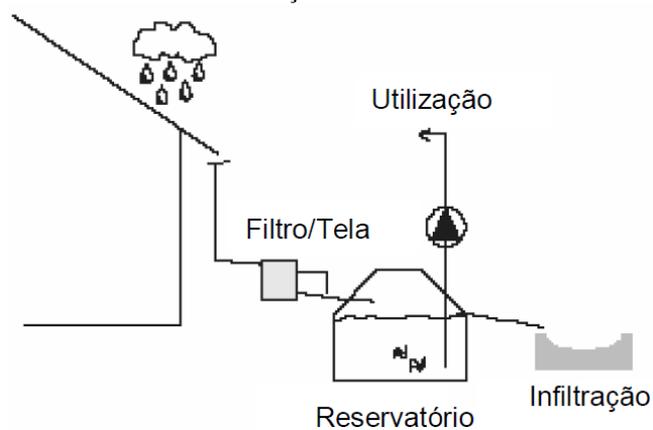
Figura 09 – Sistema com volume adicional de retenção



Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999, p. 309 *apud* ANNECCHINI, 2005, p. 37).

4 – Sistema com filtração no solo: a chuva total coletada pela área de captação é passada por um filtro ou tela para depois ser orientada pra o reservatório de armazenamento. O volume que extravasa do reservatório é guiado para um sistema de infiltração de água no solo. Demonstrado pela figura 10.

Figura 10 – Sistema com filtração no solo



Fonte: Adaptado, Herrmann e Schmida (1999, p. 309 *apud* ANNECCHINI, 2005, p. 37).

3.3.4 Métodos de cálculo do reservatório segundo a NBR 15527/07

3.3.4.1 Método de Rippl

O superdimensionamento do reservatório está presente neste método, mas é bom para analisar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de água de chuva. Neste método pode-se usar séries históricas. Utilizando a equação 03.

$$s_{(T)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{Equação 02}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad \text{Equação 03}$$

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

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, em metros cúbicos;

C : é o coeficiente de escoamento superficial.

3.3.4.2 Método da simulação

Neste método a evaporação da água é desprezada. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito. Utilizando a equação 04 e a equação 05.

$$s_{(T)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad \text{Equação 04}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad \text{Equação 05}$$

Sendo que: $0 \leq S_{(t)} \leq V$

Onde:

$S_{(t)}$: é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$: é o volume de água no reservatório no tempo $t-1$;

$Q_{(t)}$: é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$: é a demanda ou consumo no tempo t ;

V : é o volume do reservatório fixado;

C : é o coeficiente de escoamento superficial.

NOTA: Para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “ t ”; os dados históricos são representativos para as condições futuras.

3.3.4.3 Método prático Azevedo Neto

Este método utiliza a equação 06.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{Equação 06}$$

Onde:

P : é a precipitação média anual, em milímetros;

T : é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A : é a área de coleta, em metros quadrados;

V : é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

3.3.4.4 Método prático alemão

É um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. Utilizando a equação 07.

$$V_{\text{adotado}} = \min(V; D) \times 0,06 \quad \text{Equação 07.}$$

Onde:

V : é o volume de aproveitável de água de chuva anual, em litros;

D: é a demanda anual da água não potável, e m litros;

V_{adotado} : é o volume de água do reservatório, em litros.

3.3.4.5 Método prático inglês

O método Prático inglês faz uso da equação 08.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{Equação 08}$$

Onde:

P: é a precipitação média anual, em milímetros;

A: é a área de coleta, em metros quadrados;

V: é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

3.3.4.6 Método prático australiano

A equação 09 é a formula para utilizar o método australiano.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \text{Equação 09}$$

Onde:

C: é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P: é a precipitação média mensal, em milímetros;

I: é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A: é a área de coleta, em metros quadrados;

Q: é o volume mensal produzido pela chuva, em metros cúbicos.

O calculo do volume do reservatório conforme a equação 10 é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório:

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

$Q_{(t)}$: é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

$V_{(t)}$: é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos;

$V_{(t-1)}$: é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;

$D_{(t)}$: é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: Para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

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

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos

Confiança:

$$Pr = \frac{Nr}{N} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

Pr: é a falha;

Nr: é o número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando $V_t = 0$

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses.

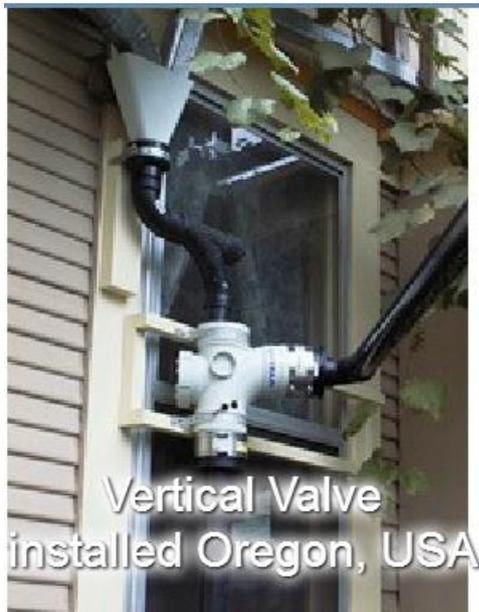
$$\text{Confiança} = (1 - Pr) \quad \text{Equação 12}$$

Os valores de confiança devem estar entre 90% à 99%

3.4 Qualidade da água pluvial

O local onde a água da chuva é coletada influi na qualidade. A primeira água da chuva não deve ser utilizada, pois contém poeiras, folhas, dentre outras sujeiras vindas do telhado a ser captada a água, portanto esta primeira água tem que ser descartada. Existem dispositivos que descartam a primeira água da chuva como pode ser observado na figura 11.

Figura 11 - Desviador das águas das primeiras chuvas com válvula de desvio vertical



Fonte: (SAFERAIN)

Quando é para uso não potável não se faz necessário o tratamento, mas por conta das sujeiras, folhas e galhos pequenos, a filtração se faz necessária para eliminação do mesmo ou de outras sujeiras que não foram mencionadas e poderá ser utilizadas somente para fins não potáveis como irrigação de jardins, escolas, praças.

Para não colocar a saúde em risco se faz necessário que haja sempre a verificação da qualidade da água e o tipo de tratamento que deve se usado. (MAY S, 2004, p. 7)

A ABNT, 2007 diz que fica a cargo do projetista definir o padrão de qualidade, mediante a utilização prevista, porem se é para uso mais restritivo deve ser seguida o quadro 05.

Quadro 05 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: (ABNT, 2007, p. 4)

Ainda de acordo com a norma seguindo com o critério do projetista, na desinfecção pode ser aplicado derivado clorado, raios ultravioleta, ozônio dentre outros. Onde for necessária a aplicação de um residual desinfetante, tem que usar derivado clorado e ainda quando utilizado o cloro livre este deve estar entre 0,5mg/L e 3,0 mg/L.

3.5 Uso de água em edificações

3.5.1 Distribuição do consumo

Na distribuição de consumo faz necessário conhecer a tipologia da edificação onde se vê que a utilização de água potável é maior.

O quadro 06 de Tomaz (2010 *apud* VICKERS, 2001) demonstra a quantidade de consumo no tipo residencial.

Segundo Tomaz, 2010 o consumo médio no Brasil é de 160 litros/dia.habitante. Pode-se perceber que com gasto de 27% que há na descarga é o que se pode ser economizado utilizando água da chuva.

Quadro 06 – Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência

Tipos de usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas na bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamentos em geral	14%	22
Lavagem de pratos	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3
Total	100%	160

Fonte: (TOMAZ, 2010, p. 35)

3.6 Potencial de aproveitamento de água da chuva

A contribuição da grande área de captação gera maior quantidade de água coletada. O material de que é feito o telhado é de fundamental importância para que aja definição do coeficiente de Runoff que é o coeficiente de escoamento superficial. É importante ter o conhecimento da composição do material do telhado para que se venha a evitar contaminação da água por causa de alguma toxina que faz parte da constituição do telhado. (HAGEMANN, 2009, p. 29).

GHISI, 2007 e LIMA, 2011, colocam a equação 13 para resolução do potencial de água que a área do telhado pode captar de água da chuva para o aproveitamento.

$$V = \frac{P \times A \times C}{1000} \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

V: Volume mensal de chuva que poderia ser captado (m³);

P: Precipitação mensal (mm);

A: Área total de captação (m²);

C: Coeficiente de runoff (adimensional);

1000 é um fator de conversão da precipitação de mm para m.

3.7 Metodologia para indicador de consumo

Oliveira (1999, p. 4 *apud* Gonçalves, 2005, p. 37) relata que o indicador de consumo é dado pela equação 14:

$$IC = \frac{Cm \times 1000}{NA \times Dm} \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

IC: Indicador de consumo (litros/agente consumidor*dia);

Cm: Consumo mensal (m³/mês);

NA: Numero de agentes consumidores;

Dm: Quantidade de dias de consumo.

O método do indicador de consumo se refere à relação do volume de consumo de água em um determinado tempo e o numero de consumidores nesse mesmo tempo.

Agente consumidor é a representação do volume consumido na edificação. Edifício residencial ou escritório litros/pessoa.dia; em uma escola, litros/aluno.dia; em um hospital, litros/leito.dia estes são exemplos para expressar a unidade do IC (indicador de consumo) que vai variando de acordo com a tipologia da edificação (SINDUSCON, 2005, p. 27).

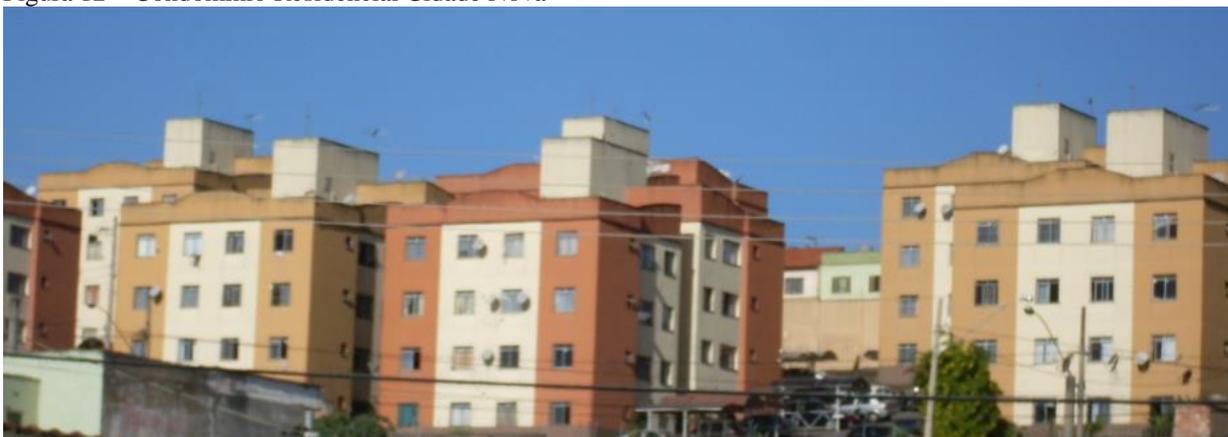
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do local de estudo

O condomínio Residencial Cidade Nova é o objeto de estudo deste trabalho, localizado na Alameda dos Mandarins, nº 07, bairro Jardim Cidade Nova, na cidade de Varginha – MG figura 12.

O Condomínio é composto por 12 edificações, 9 são os prédios com 04 andares cada um com 16 apartamentos em um único prédio sendo distribuído 02 apartamento por andar totalizando 144 apartamentos no condomínio, os outros três são distribuídos entre lixeira, guarita e centro social.

Figura 12 – Condomínio Residencial Cidade Nova



Fonte: O autor

4.2 Caracterização do consumo

Para caracterizar o consumo foi necessário utilizar a conta de água do período de 1 ano para fazer a verificação e caso fosse necessário como uma segunda opção de verificação de consumo é fazer a leitura de hidrômetros das 09 edificações do condomínio para obter o volume de água consumido. A partir destas informações coletadas, foi possível ter o consumo diário e os dias de uso de água potável.

4.3 Área contribuinte do condomínio

A área contribuinte é área do telhado das edificações do condomínio. Com a planta de cobertura será possível fazer os cálculos determinados pela NBR 10844/89.

4.4 Aquisição de dados pluviométricos

Para a cidade de Varginha/ MG foram utilizados os dados pluviométricos de chuva através da Fundação Procafé localizado Latitude 21° 34' 00'' e de Longitude 45° 24' 22'' com altitude de 1000 m em média no bairro Vila Verônica em Varginha (Fundação Procafé, 2016).

A preferência por esta estação meteorológica foi porque a Fundação que faz as análises é localizada na cidade onde está sendo analisado o condomínio e possui grande quantidade de informação.

4.5 Distribuição de consumo no condomínio em estudo

No condomínio Residencial Cidade Nova a distribuição de consumo são para a limpeza da área externa e interna das edificações, como, as escadarias e janelas dos corredores dos 9 prédios. Dentro dos apartamentos a sua distribuição se dá para o vaso sanitário, chuveiro, tanque de lavar roupa e para a pia da cozinha.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Potencial de aproveitamento da água da chuva

Para o cálculo do volume que pode ser aproveitado foi considerado o coeficiente de runoff 0,9 para telhado fibrocimento retirado do quadro 07.

Quadro 07 - Coeficiente de escoamento superficial

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástido, pvc	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2007, p. 4)

Portanto no quadro 08 é descrito a quantidade de volume que podem ser captado pelo telhado de um bloco padrão, a partir da série histórica de precipitação desde 1974 á 2015 e de 1974 á 2016.

Quadro 08 – Potencial de aproveitamento da água da chuva do Bloco Padrão

Potencial de aproveitamento da água da chuva		
Precipitação (mm)	V (m ³)	
Janeiro 1974-2015	272,30	89,97
Fevereiro 1974-2015	180,70	59,70
Março 1974-2015	176,70	58,38
Abril 1974-2015	80,30	26,53
Mai 1974-2015	50,70	16,75
Junho 1974-2015	34,20	11,30
Julho 1974-2015	18,60	6,15
Agosto 1974-2015	17,30	5,72
Setembro 1974-2015	73,00	24,12
Outubro 1974-2015	107,30	35,45
Novembro 1974-2015	180,40	59,61
Dezembro 1974-2015	257,20	84,98
Janeiro 1974-2016	274,10	90,56
Fevereiro 1974-2016	180,30	59,57
Área (m ²)	367,12	
C	0,90	

V=Volume mensal de chuva que poderia ser captado (m³)

Fonte: O autor

Onde:

C: Coeficiente de Runoff (Coeficiente de escoamento superficial) = 0,9 telhado fibrocimento.

Para o cálculo da área de captação de água da chuva foi utilizado as dimensões do telhado na figura 13 e o apêndice A. Com a área de captação foi possível chegar para cada mês o volume que o telhado pode aproveitar de água de chuva em m³.

5.2 Indicador de consumo IC

Para o cálculo do indicador de consumo foi feito o cálculo médio do consumo mensal dos 03 últimos meses \pm o desvio padrão, porém houve valores que não estavam compreendidos pela média \pm o desvio padrão. Então foi necessário fazer o consumo médio para os últimos 12 meses no período de março de 2015 à fevereiro de 2016. Fazendo a média aritmética $\pm 2 \times$ o desvio padrão, retirando os valores atípicos que estão fora da faixa, chegando assim no indicador de consumo de cada bloco, conforme pode ser observado no quadro 09.

Para se chegar ao IC L/hab.dia foi utilizada a equação 15 abaixo que é o IC per capita (FIESP, 2005, p. 13).

$$IC_{\text{per capita}} = \frac{C}{\text{Pop}} \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

$IC_{\text{per capita}}$: É o indicador de consumo per capita de água (L/pes.dia)

C: É o consumo diário médio de água do edifício (L/dia);

Pop: É a população (moradores e funcionários) do edifício (pessoas)

Quadro 09 – Indicador de consumo (L/dia/pessoa)

Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nº hab/bloco	40	45	41	42	40	46	42	41	47
IC (L/dia/pessoa)	134,03	127,96	80,00	170,83	126,11	137,36	159,37	135,16	94,38

Fonte: O autor

O quadro 09 é para analisar o consumo de cada bloco durante os meses de março de 2015 à fevereiro de 2016. Pode se notar que o bloco 3 do quadro 09 tem o indicador de consumo muito baixo em relação aos demais blocos, isso se deve ao baixo consumo de água.

No anexo A estão o consumo de água do bloco que consome mais água no condomínio.

5.3 Previsão de consumo

Com o número de pessoas que moram em cada bloco e com a estimativa da vazão dos aparelhos por meio de normas se chegou aos quadros 10 e 11 que demonstram a distribuição de água por aparelho no condomínio.

Quadro 10 – Porcentagem geral de previsão de consumo

Porcentagem e vazão geral de previsão de consumo dos blocos		
Tipos de usos da água	Porcentagem geral dos blocos	Vazão geral dos Blocos litros/dia/habitantes
Descarga na bacia sanitária	26,87%	34,79
Chuveiro	16,87%	21,84
Lavar roupas	21,87%	28,32
Lavar pratos	1,87%	2,42
Consumo das torneiras	16,25%	21,04
Outros	1,87%	2,42
Vazamento	14,40%	18,61
TOTAL	100	

Fonte: O autor

A partir do indicador de consumo obteve a distribuição de consumo em cada bloco do condomínio conforme pode ser visto no quadro 11.

Quadro 11 – Previsão de consumo

Previsão de consumo de água				
Blocos	1	2	3	4
Tipos de usos da água	Consumo residencial de 134,03 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 127,96 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 80,00 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 170,83 litros/dia/habitantes
Descarga na bacia sanitária	36,02	34,38	21,5	45,91
Chuveiro	22,61	21,59	13,5	28,82
Lavar roupa	29,35	27,99	17,5	37,37
Lavar prato	2,51	2,4	1,5	3,2
Consumo das torneiras	21,78	20,8	13	27,76
Outros	2,51	2,4	1,5	3,2
Vazamento	19,28	18,4	11,5	24,56

Fonte: O autor

Quadro 11 – Previsão de consumo (Cont.)

Previsão de consumo de água					
Blocos	5	6	7	8	9
Tipos de usos da água	Consumo residencial de 126,11 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 137,36 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 159,37 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 135,16 litros/dia/habitantes	Consumo residencial de 94,38 litros/dia/habitantes
Descarga na bacia sanitária	33,89	36,91	42,83	36,32	25,36
Chuveiro	21,28	23,18	26,89	22,81	15,92
Lavar roupa	27,58	30,049	34,86	29,56	20,65
Lavar prato	2,36	2,57	2,98	2,53	1,77
Consumo das torneiras	20,5	22,32	25,89	21,97	15,34
Outros	2,36	2,57	2,98	2,53	1,77
Vazamento	18,14	19,73	22,9	19,44	13,57

Fonte: O autor

A bacia sanitária como pode ser observado é o aparelho que tem maior gasto com o consumo, isso se dá por causa de quantas vezes em média uma pessoa utiliza o vaso sanitário.

5.4 Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial

Para obter o total de água que pode ser substituída em m³/mês, para cada bloco foi utilizado o somatório total da: (descarga na bacia sanitária + outros) que estão em L/dia/habitantes, então o somatório é dividido por 1000 para obter m³, vezes a quantidade de habitantes por bloco, vezes quantidade de dias de consumo para ter o resultado por mês.

O Quadro 12 representa a quantidade de água potável da concessionária em m³/mês que é possível ser substituída por água da chuva para um determinado consumo de água não potável para cada bloco em estudo neste projeto.

Quadro 12 – Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial

Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial									
Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Descarga na bacia sanitária	36,02	34,38	21,5	45,91	33,89	36,91	42,83	36,32	25,36
Outros (Limpeza)	2,51	2,4	1,5	3,2	2,36	2,57	2,98	2,53	1,77
Total (litros/ dia/ habitantes)	38,53	36,78	23	49,11	36,25	39,48	45,81	38,85	27,13
Total (m ³ / mês)	46,24	49,65	26,29	61,88	43,50	54,48	57,72	47,79	38,25

Fonte: O autor

No quadro anterior de quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial, vimos que o total em m³/mês, é o que pode ser trocado de água potável fornecida pela COPASA pela água de chuva coletada pela edificação.

6 RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL

Para os sistemas de aproveitamento de água pluvial é essencial a existência do reservatório de acumulação de água da chuva, que precisa ser dimensionado, de acordo com alguns elementos que influenciam o cálculo do dimensionamento. São os elementos:

- Área de captação;
- Precipitação pluviométrica;
- Quantidade de água pluvial;
- Custo de implantação.

Para base deste dimensionamento o método de Rippl, analisando a demanda mensal do bloco versus o volume coletado de água da chuva, assim, será possível observar o abastecimento no condomínio.

O método de Rippl demonstra o valor extremo do volume de água no reservatório, além de ser o método mais aplicado para o aproveitamento de água da chuva. Este método se inicia, com o a suposição de que o reservatório está sempre cheio.

Quando há excesso de água o sinal é negativo, e sinal positivo representa que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 01						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	46,24	367,12	89,97	-43,73	
fev/15	180,7	46,24	367,12	59,7	-13,46	
mar/15	176,7	46,24	367,12	58,38	-12,14	
abr/15	80,3	46,24	367,12	26,53	19,71	19,71
mai/15	50,7	46,24	367,12	16,75	29,49	49,2
jun/15	34,2	46,24	367,12	11,3	34,94	84,14
jul/15	18,6	46,24	367,12	6,15	40,09	124,23
ago/15	17,3	46,24	367,12	5,72	40,52	164,75
set/15	73	46,24	367,12	24,12	22,12	186,87
out/15	107,3	46,24	367,12	35,45	10,79	197,66
nov/15	180,4	46,24	367,12	59,61	-13,37	
dez/15	257,2	46,24	367,12	84,98	-38,74	
jan/16	274,1	46,24	367,12	90,56	-44,32	
fev/16	180,3	46,24	367,12	59,57	-13,33	
TOTAL	1903,1	554,88		628,79		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 02						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	49,65	367,12	89,97	-40,32	
fev/15	180,7	49,65	367,12	59,7	-10,05	
mar/15	176,7	49,65	367,12	58,38	-8,73	
abr/15	80,3	49,65	367,12	26,53	23,12	23,12
mai/15	50,7	49,65	367,12	16,75	32,9	56,02
jun/15	34,2	49,65	367,12	11,3	38,35	94,37
jul/15	18,6	49,65	367,12	6,15	43,5	137,87
ago/15	17,3	49,65	367,12	5,72	43,93	181,8
set/15	73	49,65	367,12	24,12	25,53	207,33
out/15	107,3	49,65	367,12	35,45	14,2	221,53
nov/15	180,4	49,65	367,12	59,61	-9,96	
dez/15	257,2	49,65	367,12	84,98	-35,33	
jan/16	274,1	49,65	367,12	90,56	-40,91	
fev/16	180,3	49,65	367,12	59,57	-9,92	
TOTAL	1448,7	595,8		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 03						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	28,29	367,12	89,97	-61,68	
fev/15	180,7	28,29	367,12	59,7	-31,41	
mar/15	176,7	28,29	367,12	58,38	-30,09	
abr/15	80,3	28,29	367,12	26,53	1,76	1,76
mai/15	50,7	28,29	367,12	16,75	11,54	13,3
jun/15	34,2	28,29	367,12	11,3	16,99	30,29
jul/15	18,6	28,29	367,12	6,15	22,14	52,43
ago/15	17,3	28,29	367,12	5,72	22,57	75
set/15	73	28,29	367,12	24,12	4,17	79,17
out/15	107,3	28,29	367,12	35,45	-7,16	
nov/15	180,4	28,29	367,12	59,61	-31,32	
dez/15	257,2	28,29	367,12	84,98	-56,69	
jan/16	274,1	28,29	367,12	90,56	-62,27	
fev/16	180,3	28,29	367,12	59,57	-31,28	
TOTAL	1448,7	339,48		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 04						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m³)
jan/15	272,3	61,88	367,12	89,97	-28,09	
fev/15	180,7	61,88	367,12	59,7	2,18	2,18
mar/15	176,7	61,88	367,12	58,38	3,5	5,68
abr/15	80,3	61,88	367,12	26,53	35,35	41,03
mai/15	50,7	61,88	367,12	16,75	45,13	86,16
jun/15	34,2	61,88	367,12	11,3	50,58	136,74
jul/15	18,6	61,88	367,12	6,15	55,73	192,47
ago/15	17,3	61,88	367,12	5,72	56,16	248,63
set/15	73	61,88	367,12	24,12	37,76	286,39
out/15	107,3	61,88	367,12	35,45	26,43	312,82
nov/15	180,4	61,88	367,12	59,61	2,27	315,09
dez/15	257,2	61,88	367,12	84,98	-23,1	
jan/16	274,1	61,88	367,12	90,56	-28,68	
fev/16	180,3	61,88	367,12	59,57	2,31	
TOTAL	1448,7	742,56		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 05						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m³)
jan/15	272,3	43,5	367,12	89,97	-46,47	
fev/15	180,7	43,5	367,12	59,7	-16,2	
mar/15	176,7	43,5	367,12	58,38	-14,88	
abr/15	80,3	43,5	367,12	26,53	16,97	16,97
mai/15	50,7	43,5	367,12	16,75	26,75	43,72
jun/15	34,2	43,5	367,12	11,3	32,2	75,92
jul/15	18,6	43,5	367,12	6,15	37,35	113,27
ago/15	17,3	43,5	367,12	5,72	37,78	151,05
set/15	73	43,5	367,12	24,12	19,38	170,43
out/15	107,3	43,5	367,12	35,45	8,05	178,48
nov/15	180,4	43,5	367,12	59,61	-16,11	
dez/15	257,2	43,5	367,12	84,98	-41,48	
jan/16	274,1	43,5	367,12	90,56	-47,06	
fev/16	180,3	43,5	367,12	59,57	-16,07	
TOTAL	1448,7	522		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 06						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m³)
jan/15	272,3	54,48	367,12	89,97	-35,49	
fev/15	180,7	54,48	367,12	59,7	-5,22	
mar/15	176,7	54,48	367,12	58,38	-3,9	
abr/15	80,3	54,48	367,12	26,53	27,95	27,95
mai/15	50,7	54,48	367,12	16,75	37,73	65,68
jun/15	34,2	54,48	367,12	11,3	43,18	108,86
jul/15	18,6	54,48	367,12	6,15	48,33	157,19
ago/15	17,3	54,48	367,12	5,72	48,76	205,95
set/15	73	54,48	367,12	24,12	30,36	236,31
out/15	107,3	54,48	367,12	35,45	19,03	255,34
nov/15	180,4	54,48	367,12	59,61	-5,13	
dez/15	257,2	54,48	367,12	84,98	-30,5	
jan/16	274,1	54,48	367,12	90,56	-36,08	
fev/16	180,3	54,48	367,12	59,57	-5,09	
TOTAL	1448,7	653,76		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 07						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m³)
jan/15	272,3	57,72	367,12	89,97	-32,25	
fev/15	180,7	57,72	367,12	59,7	-1,98	
mar/15	176,7	57,72	367,12	58,38	-0,66	
abr/15	80,3	57,72	367,12	26,53	31,19	31,19
mai/15	50,7	57,72	367,12	16,75	40,97	72,16
jun/15	34,2	57,72	367,12	11,3	46,42	118,58
jul/15	18,6	57,72	367,12	6,15	51,57	170,15
ago/15	17,3	57,72	367,12	5,72	52	222,15
set/15	73	57,72	367,12	24,12	33,6	255,75
out/15	107,3	57,72	367,12	35,45	22,27	278,02
nov/15	180,4	57,72	367,12	59,61	-1,89	
dez/15	257,2	57,72	367,12	84,98	-27,26	
jan/16	274,1	57,72	367,12	90,56	-32,84	
fev/16	180,3	57,72	367,12	59,57	-1,85	
TOTAL	1448,7	692,64		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 08						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	47,79	367,12	89,97	-42,18	
fev/15	180,7	47,79	367,12	59,7	-11,91	
mar/15	176,7	47,79	367,12	58,38	-10,59	
abr/15	80,3	47,79	367,12	26,53	21,26	21,26
mai/15	50,7	47,79	367,12	16,75	31,04	52,3
jun/15	34,2	47,79	367,12	11,3	36,49	88,79
jul/15	18,6	47,79	367,12	6,15	41,64	130,43
ago/15	17,3	47,79	367,12	5,72	42,07	172,5
set/15	73	47,79	367,12	24,12	23,67	196,17
out/15	107,3	47,79	367,12	35,45	12,34	208,51
nov/15	180,4	47,79	367,12	59,61	-11,82	
dez/15	257,2	47,79	367,12	84,98	-37,19	
jan/16	274,1	47,79	367,12	90,56	-42,77	
fev/16	180,3	47,79	367,12	59,57	-11,78	
TOTAL	1448,7	573,48		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 13 – Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 09						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	38,25	367,12	89,97	-51,72	
fev/15	180,7	38,25	367,12	59,7	-21,45	
mar/15	176,7	38,25	367,12	58,38	-20,13	
abr/15	80,3	38,25	367,12	26,53	11,72	11,72
mai/15	50,7	38,25	367,12	16,75	21,5	33,22
jun/15	34,2	38,25	367,12	11,3	26,95	60,17
jul/15	18,6	38,25	367,12	6,15	32,1	92,27
ago/15	17,3	38,25	367,12	5,72	32,53	124,8
set/15	73	38,25	367,12	24,12	14,13	138,93
out/15	107,3	38,25	367,12	35,45	2,8	141,73
nov/15	180,4	38,25	367,12	59,61	-21,36	
dez/15	257,2	38,25	367,12	84,98	-46,73	
jan/16	274,1	38,25	367,12	90,56	-52,31	
fev/16	180,3	38,25	367,12	59,57	-21,32	
TOTAL	1448,7	459		478,66		

Fonte: O autor

Conforme observado no quadro 13, a demanda mensal gerada pelo os blocos: 2, 4, 5, 6, 7 e 8, são maiores do que o volume de água da chuva, sendo assim, não podendo preencher toda a demanda. Portanto, os reservatórios destes blocos seriam muito grandes. Para que esta situação seja resolvida, os pontos estudados para substituição de água potável por água da chuva deve ser revista.

Diante da situação em que se encontra o reservatório que captou água da chuva, optou-se em retirar a bacia de descarga, O quadro 14 demonstra que se optou com ficar com o Outros que é a limpeza (como por exemplo: passar pano no chão, lavagem de banheiro e janelas) dos apartamentos individualmente.

Quadro 14 - Ponto de consumo atendido pela captação de água da chuva

Quantidade de água que poderia ser substituída por água pluvial									
Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Outros (Limpeza)	2,51	2,4	1,5	3,2	2,36	2,57	2,98	2,53	1,77
Total (m ³ / mês)	3,012	3,24	1,845	4,032	2,832	3,5466	3,7548	3,1119	2,4957

Fonte: O autor

Com a nova formulação do ponto de consumo se obteve o quadro15, que demonstra que a volume de água da chuva coletado é mais que suficiente, para atender a demanda mensal de cada bloco estudado neste projeto.

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 01						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	3,012	367,12	89,97	-86,958	
fev/15	180,7	3,012	367,12	59,7	-56,688	
mar/15	176,7	3,012	367,12	58,38	-55,368	
abr/15	80,3	3,012	367,12	26,53	-23,518	
mai/15	50,7	3,012	367,12	16,75	-13,738	
jun/15	34,2	3,012	367,12	11,3	-8,288	
jul/15	18,6	3,012	367,12	6,15	-3,138	
ago/15	17,3	3,012	367,12	5,72	-2,708	
set/15	73	3,012	367,12	24,12	-21,108	
out/15	107,3	3,012	367,12	35,45	-32,438	
nov/15	180,4	3,012	367,12	59,61	-56,598	
dez/15	257,2	3,012	367,12	84,98	-81,968	
jan/16	274,1	3,012	367,12	90,56	-87,548	
fev/16	180,3	3,012	367,12	59,57	-56,558	
TOTAL	1903,1	36,144		628,79		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 02						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	3,24	367,12	89,97	-86,73	
fev/15	180,7	3,24	367,12	59,7	-56,46	
mar/15	176,7	3,24	367,12	58,38	-55,14	
abr/15	80,3	3,24	367,12	26,53	-23,29	
mai/15	50,7	3,24	367,12	16,75	-13,51	
jun/15	34,2	3,24	367,12	11,3	-8,06	
jul/15	18,6	3,24	367,12	6,15	-2,91	
ago/15	17,3	3,24	367,12	5,72	-2,48	
set/15	73	3,24	367,12	24,12	-20,88	
out/15	107,3	3,24	367,12	35,45	-32,21	
nov/15	180,4	3,24	367,12	59,61	-56,37	
dez/15	257,2	3,24	367,12	84,98	-81,74	
jan/16	274,1	3,24	367,12	90,56	-87,32	
fev/16	180,3	3,24	367,12	59,57	-56,33	
TOTAL	1448,7	38,88		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 03						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	1,845	367,12	89,97	-88,125	
fev/15	180,7	1,845	367,12	59,7	-57,855	
mar/15	176,7	1,845	367,12	58,38	-56,535	
abr/15	80,3	1,845	367,12	26,53	-24,685	
mai/15	50,7	1,845	367,12	16,75	-14,905	
jun/15	34,2	1,845	367,12	11,3	-9,455	
jul/15	18,6	1,845	367,12	6,15	-4,305	
ago/15	17,3	1,845	367,12	5,72	-3,875	
set/15	73	1,845	367,12	24,12	-22,275	
out/15	107,3	1,845	367,12	35,45	-33,605	
nov/15	180,4	1,845	367,12	59,61	-57,765	
dez/15	257,2	1,845	367,12	84,98	-83,135	
jan/16	274,1	1,845	367,12	90,56	-88,715	
fev/16	180,3	1,845	367,12	59,57	-57,725	
TOTAL	1448,7	22,14		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 04						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	4,032	367,12	89,97	-85,938	
fev/15	180,7	4,032	367,12	59,7	-55,668	
mar/15	176,7	4,032	367,12	58,38	-54,348	
abr/15	80,3	4,032	367,12	26,53	-22,498	
mai/15	50,7	4,032	367,12	16,75	-12,718	
jun/15	34,2	4,032	367,12	11,3	-7,268	
jul/15	18,6	4,032	367,12	6,15	-2,118	
ago/15	17,3	4,032	367,12	5,72	-1,688	
set/15	73	4,032	367,12	24,12	-20,088	
out/15	107,3	4,032	367,12	35,45	-31,418	
nov/15	180,4	4,032	367,12	59,61	-55,578	
dez/15	257,2	4,032	367,12	84,98	-80,948	
jan/16	274,1	4,032	367,12	90,56	-86,528	
fev/16	180,3	4,032	367,12	59,57	-55,538	
TOTAL	1448,7	48,384		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 05						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	2,832	367,12	89,97	-87,138	
fev/15	180,7	2,832	367,12	59,7	-56,868	
mar/15	176,7	2,832	367,12	58,38	-55,548	
abr/15	80,3	2,832	367,12	26,53	-23,698	
mai/15	50,7	2,832	367,12	16,75	-13,918	
jun/15	34,2	2,832	367,12	11,3	-8,468	
jul/15	18,6	2,832	367,12	6,15	-3,318	
ago/15	17,3	2,832	367,12	5,72	-2,888	
set/15	73	2,832	367,12	24,12	-21,288	
out/15	107,3	2,832	367,12	35,45	-32,618	
nov/15	180,4	2,832	367,12	59,61	-56,778	
dez/15	257,2	2,832	367,12	84,98	-82,148	
jan/16	274,1	2,832	367,12	90,56	-87,728	
fev/16	180,3	2,832	367,12	59,57	-56,738	
TOTAL	1448,7	33,984		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 06						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	3,546	367,12	89,97	-86,424	
fev/15	180,7	3,546	367,12	59,7	-56,154	
mar/15	176,7	3,546	367,12	58,38	-54,834	
abr/15	80,3	3,546	367,12	26,53	-22,984	
mai/15	50,7	3,546	367,12	16,75	-13,204	
jun/15	34,2	3,546	367,12	11,3	-7,754	
jul/15	18,6	3,546	367,12	6,15	-2,604	
ago/15	17,3	3,546	367,12	5,72	-2,174	
set/15	73	3,546	367,12	24,12	-20,574	
out/15	107,3	3,546	367,12	35,45	-31,904	
nov/15	180,4	3,546	367,12	59,61	-56,064	
dez/15	257,2	3,546	367,12	84,98	-81,434	
jan/16	274,1	3,546	367,12	90,56	-87,014	
fev/16	180,3	3,546	367,12	59,57	-56,024	
TOTAL	1448,7	42,552		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 07						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	3,7548	367,12	89,97	-86,2152	
fev/15	180,7	3,7548	367,12	59,7	-55,9452	
mar/15	176,7	3,7548	367,12	58,38	-54,6252	
abr/15	80,3	3,7548	367,12	26,53	-22,7752	
mai/15	50,7	3,7548	367,12	16,75	-12,9952	
jun/15	34,2	3,7548	367,12	11,3	-7,5452	
jul/15	18,6	3,7548	367,12	6,15	-2,3952	
ago/15	17,3	3,7548	367,12	5,72	-1,9652	
set/15	73	3,7548	367,12	24,12	-20,3652	
out/15	107,3	3,7548	367,12	35,45	-31,6952	
nov/15	180,4	3,7548	367,12	59,61	-55,8552	
dez/15	257,2	3,7548	367,12	84,98	-81,2252	
jan/16	274,1	3,7548	367,12	90,56	-86,8052	
fev/16	180,3	3,7548	367,12	59,57	-55,8152	
TOTAL	1448,7	45,0576		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 08						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	3,112	367,12	89,97	-86,858	
fev/15	180,7	3,112	367,12	59,7	-56,588	
mar/15	176,7	3,112	367,12	58,38	-55,268	
abr/15	80,3	3,112	367,12	26,53	-23,418	
mai/15	50,7	3,112	367,12	16,75	-13,638	
jun/15	34,2	3,112	367,12	11,3	-8,188	
jul/15	18,6	3,112	367,12	6,15	-3,038	
ago/15	17,3	3,112	367,12	5,72	-2,608	
set/15	73	3,112	367,12	24,12	-21,008	
out/15	107,3	3,112	367,12	35,45	-32,338	
nov/15	180,4	3,112	367,12	59,61	-56,498	
dez/15	257,2	3,112	367,12	84,98	-81,868	
jan/16	274,1	3,112	367,12	90,56	-87,448	
fev/16	180,3	3,112	367,12	59,57	-56,458	
TOTAL	1448,7	37,344		478,66		

Fonte: O autor

Quadro 15 - Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl (Cont.)

Dimensionamento do reservatório: Método de Rippl						
Bloco: 09						
1	2	3	4	5	6	7
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda e de chuva (m ³)	Diferença acumulada coluna 6 dos valores positivos (m ³)
jan/15	272,3	2,4957	367,12	89,97	-87,4743	
fev/15	180,7	2,4957	367,12	59,7	-57,2043	
mar/15	176,7	2,4957	367,12	58,38	-55,8843	
abr/15	80,3	2,4957	367,12	26,53	-24,0343	
mai/15	50,7	2,4957	367,12	16,75	-14,2543	
jun/15	34,2	2,4957	367,12	11,3	-8,8043	
jul/15	18,6	2,4957	367,12	6,15	-3,6543	
ago/15	17,3	2,4957	367,12	5,72	-3,2243	
set/15	73	2,4957	367,12	24,12	-21,6243	
out/15	107,3	2,4957	367,12	35,45	-32,9543	
nov/15	180,4	2,4957	367,12	59,61	-57,1143	
dez/15	257,2	2,4957	367,12	84,98	-82,4843	
jan/16	274,1	2,4957	367,12	90,56	-88,0643	
fev/16	180,3	2,4957	367,12	59,57	-57,0743	
TOTAL	1448,7	29,9484		478,66		

Fonte: O autor

O quadro 15 demonstrou que em todos os blocos o volume de chuva mensal é maior que a demanda necessária, portanto o reservatório utilizado deve ser a demanda mensal que todos os blocos exigem. Com os resultados obtidos dos quadros 14 e 15 o quadro 16 apresenta de modo resumido o volume de água no reservatório dos blocos.

Quadro 16 – Resumo de volume de água no reservatório dos blocos

Resumo de volume de água no reservatório dos blocos									
Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume de água dos pontos Bacia sanitaria e Outros (limpeza) (m ³)	197,66	221,53	79,17	315,09	178,48	255,34	278,02	208,51	141,73
Volume de água do ponto Outros (limpeza) (m ³)	3,012	3,24	1,845	4,032	2,832	3,546	3,7548	3,112	2,4957

Fonte: O autor

Com a definição de utilizar um ponto Outros que é limpeza individual dos apartamentos, foi verificado qual é o volume do reservatório, a partir destes dados é possível adotar o tamanho do reservatório adequado para cada edificação, o quadro 17 demonstra o volume ideal.

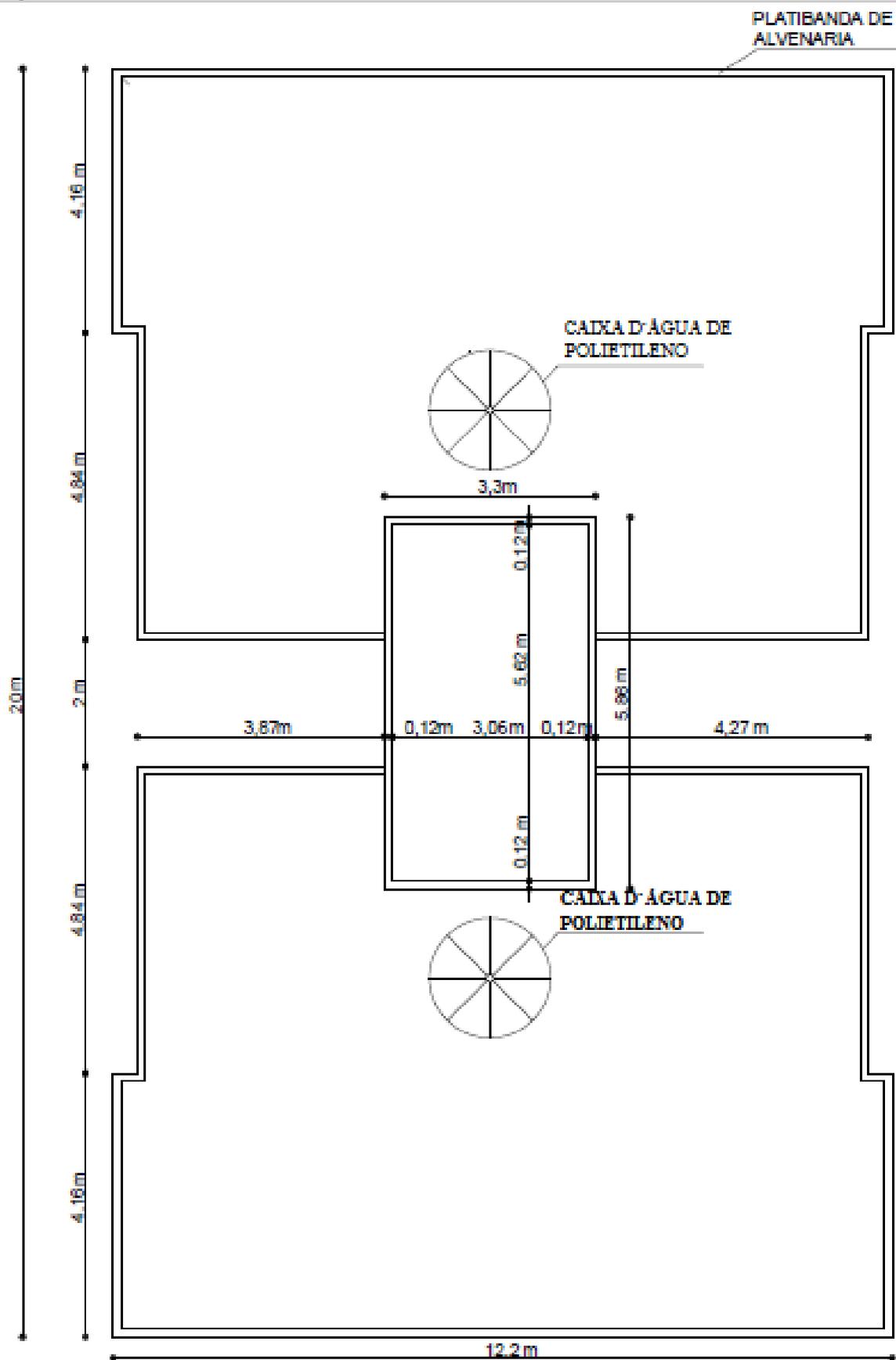
Quadro 17 – Volume do reservatório

Volume do Reservatório									
Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volume do reservatório (m ³)	3,012	3,24	1,85	4,032	2,832	3,546	3,755	3,112	2,496
Volume do reservatório (L)	3012	3240	1845	4032	2832	3546	3755	3112	2496
Volume do reservatório para cada lado do bloco (L)	1506	1620	923	2016	1416	1773	1877	1556	1248
Reservatório em polietileno (L)	1500	2000	1000	2000	1500	2000	2000	2000	1500

Fonte: O autor

O volume do reservatório para cada lado do bloco é a divisão da quantidade de água de um bloco para abastecer os dois lados do mesmo bloco, como pode observado na figura 14.

Figura 14 – Posicionamento dos reservatórios



Fonte: O autor

O reservatório de polietileno, figura 15, é o que será utilizado no projeto. Serão instalados nas lajes dos blocos, onde coletará a água da chuva por gravidade e a sua distribuição para os apartamentos será também por gravidade. Ao lado de cada reservatório, será instalado um filtro volumétrico VF1, figura 16, que tem a função de separar as sujeiras vindas com a água chuva. A primeira água da chuva e as sujeiras devem ser descartadas para as tubulações de água pluvial existentes na edificação.

Figura 15 – Reservatório de Polietileno



Fonte: (Catalogo técnico FORTLEV)

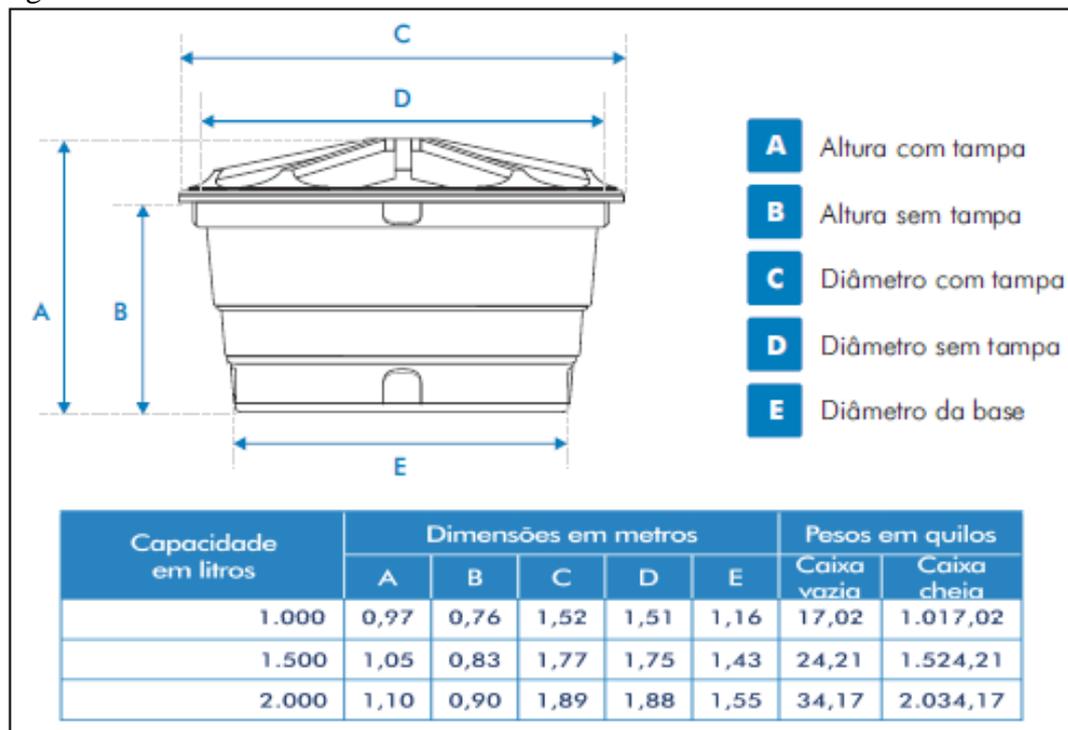
Figura 16 – Filtro para água da chuva captada



Fonte: (EDIFICANT)

Os reservatórios fabricados seguem a norma NBR 14799. E os procedimentos de instalações seguem a NBR 14800. A figura 17 demonstra as dimensões dos reservatórios dos blocos.

Figura 17 – Dimensão dos reservatórios



Fonte: (Catalogo técnico FORTLEV)

6.1 Análise econômica e levantamento de custo da obra

A análise econômica completa este trabalho de pesquisa da economia que pode trazer a implementação do sistema de captação de água da chuva. A base desta análise é fazer o levantamento de materiais, custos e de mão de obra. Com equação 16 é possível obter o potencial de economia de água potável que pode ser observada no quadro 17 para cada bloco.

$$PPWS = 100 \frac{VR}{PWR} \quad \text{Equação 16}$$

Onde:

PPWS: potencial de economia de água potável em cada bloco (%);

VR: volume mensal de chuva que poderia ser coletado (m³/mês);

PWR: consumo de água potável mensal em cada bloco (m³/mês).

Quadro 18 – Potencial de economia

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 01					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	3,012	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	3,012	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	3,012	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	3,012	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	3,012	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	3,012	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	3,012	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	3,012	367,12	5,72	100
set/15	73	3,012	367,12	24,12	100
out/15	107,3	3,012	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	3,012	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	3,012	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	3,012	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	3,012	367,12	59,57	100
TOTAL	1903,1	36,144		628,79	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 02					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	3,24	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	3,24	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	3,24	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	3,24	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	3,24	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	3,24	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	3,24	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	3,24	367,12	5,72	100
set/15	73	3,24	367,12	24,12	100
out/15	107,3	3,24	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	3,24	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	3,24	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	3,24	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	3,24	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	38,88		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 03					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	1,845	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	1,845	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	1,845	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	1,845	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	1,845	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	1,845	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	1,845	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	1,845	367,12	5,72	100
set/15	73	1,845	367,12	24,12	100
out/15	107,3	1,845	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	1,845	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	1,845	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	1,845	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	1,845	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	22,14		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 04					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	4,032	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	4,032	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	4,032	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	4,032	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	4,032	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	4,032	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	4,032	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	4,032	367,12	5,72	100
set/15	73	4,032	367,12	24,12	100
out/15	107,3	4,032	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	4,032	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	4,032	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	4,032	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	4,032	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	48,384		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 05					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	2,832	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	2,832	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	2,832	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	2,832	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	2,832	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	2,832	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	2,832	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	2,832	367,12	5,72	100
set/15	73	2,832	367,12	24,12	100
out/15	107,3	2,832	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	2,832	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	2,832	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	2,832	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	2,832	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	33,984		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 06					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	3,546	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	3,546	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	3,546	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	3,546	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	3,546	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	3,546	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	3,546	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	3,546	367,12	5,72	100
set/15	73	3,546	367,12	24,12	100
out/15	107,3	3,546	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	3,546	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	3,546	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	3,546	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	3,546	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	42,552		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 07					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	3,7548	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	3,7548	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	3,7548	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	3,7548	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	3,7548	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	3,7548	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	3,7548	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	3,7548	367,12	5,72	100
set/15	73	3,7548	367,12	24,12	100
out/15	107,3	3,7548	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	3,7548	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	3,7548	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	3,7548	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	3,7548	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	45,0576		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 08					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	3,112	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	3,112	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	3,112	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	3,112	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	3,112	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	3,112	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	3,112	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	3,112	367,12	5,72	100
set/15	73	3,112	367,12	24,12	100
out/15	107,3	3,112	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	3,112	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	3,112	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	3,112	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	3,112	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	37,344		478,66	

Fonte: O autor

Quadro 18 – Potencial de economia (Cont.)

Potencial de economia de água potável					
Bloco: 09					
1	2	3	4	5	6
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Potencial de economia de água potável (%)
jan/15	272,3	2,4957	367,12	89,97	100
fev/15	180,7	2,4957	367,12	59,7	100
mar/15	176,7	2,4957	367,12	58,38	100
abr/15	80,3	2,4957	367,12	26,53	100
mai/15	50,7	2,4957	367,12	16,75	100
jun/15	34,2	2,4957	367,12	11,3	100
jul/15	18,6	2,4957	367,12	6,15	100
ago/15	17,3	2,4957	367,12	5,72	100
set/15	73	2,4957	367,12	24,12	100
out/15	107,3	2,4957	367,12	35,45	100
nov/15	180,4	2,4957	367,12	59,61	100
dez/15	257,2	2,4957	367,12	84,98	100
jan/16	274,1	2,4957	367,12	90,56	100
fev/16	180,3	2,4957	367,12	59,57	100
TOTAL	1448,7	29,9484		478,66	

Fonte: O autor

A estimativa de custo de materiais e equipamentos se deu por meio de pesquisa de preço em lojas de materiais de construção, Casa Auxiliadora, Maiolini Construção, dentre outros, como o objetivo de obter o melhor preço.

Foram orçados os seguintes materiais:

- Reservatório em Polietileno 1000 Litros;
- Reservatório em Polietileno 1500 Litros;
- Reservatório em fibra Polietileno 2000 Litros;

Sendo que serão necessárias duas unidades destes reservatórios. O quadro 18 demonstra os valores médios pesquisados no mercado e os serviços para implantação do sistema, as quantidades e custo total.

Quadro 19 – Custo geral de Implantação

Custo de Implantação			
Equipamentos/ Serviços	Quantidade (und)	Custo Unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Reservatório polietileno 1000L (Tigre)	2	279,90	376,11
Reservatório polietileno 1500L (Tigre)	6	579,90	3479,4
Reservatório polietileno 2000L (Tigre)	10	759,90	7599
Filtro modelo VF1 Marca 3P Teknik	18	1500	27000
Tubulações, conexões	...	15% do total	6027,7365
Mão-de-obra	30 dias	57,68/dia	1730,4
Custo TOTAL			46212,65

Fonte: O autor

A obtenção do custo de mão de obra fora, obtidos através 20ª convenção coletiva de trabalho que especifica levando em conta o cargo, o quanto os profissionais cobram por hora. O custo médio da mão-de-obra de 7,21/hora = R\$ 57,68/ dia.

Os gastos com tubulação e conexões foram estimados em 15% do custo total da implantação do sistema (FERREIRA, 2005). Com este percentual é possível suprir os custos desses materiais. Então, com o total dos custos foi aplicado o fator de majoração de 1,15.

Através da equação 17 colocada por MARINOSKI, 2007, é possível verificar qual seria o novo custo de água potável, após a instalação do sistema de captação de água da chuva para cada bloco.

$$CM \text{ água potável } 2 = C_{\text{mensal}} * [(1 - P_{\text{economia}}) / 100] * V_{\text{copasa}} \quad \text{Equação 17}$$

Onde:

CM água potável 2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

C_{mensal}: Consumo médio mensal de água no prédio (m³/mês);

P_{economia}: Potencial de economia de água potável obtido através do uso de água pluvial (%);

V COPASA: Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m³).

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 01				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	187	100	981,44	7,16
fev/15	139	100	610,56	2,31
mar/15	159	100	698,4	2,31
abr/15	135	100	592,96	2,31
mai/15	120	100	564,8	2,31
jun/15	125	100	642,99	2,66
jul/15	136	100	687,2	2,66
ago/15	146	100	737,76	2,66
set/15	131	100	661,92	2,66
out/15	160	100	808,48	2,66
nov/15	220	100	1471,68	8,24
dez/15	179	100	1046,08	8,24
jan/16	198	100	1243,2	8,24
fev/16	221	100	1481,76	8,24
Média	161,14	100,00	873,52	5,42
CM2	864,78			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 02				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	162	100	756,80	7,09
fev/15	148	100	650,08	2,31
mar/15	177	100	892	7,15
abr/15	222	100	1296,64	7,16
mai/15	190	100	1081,28	7,16
jun/15	254	100	1845,02	13,69
jul/15	242	100	1698,4	13,65
ago/15	137	100	692,16	2,66
set/15	131	100	661,92	2,66
out/15	140	100	707,36	2,65
nov/15	137	100	692,16	2,66
dez/15	127	100	641,6	2,66
jan/16	160	100	808,48	2,66
fev/16	156	100	788,16	2,65
Média	170,21	100,00	943,72	5,54
CM2	934,28			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 03				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m³/ mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m³)
jan/15	106	100	465,60	2,32
fev/15	96	100	423,45	0
mar/15	96	100	421,76	0
abr/15	96	100	421,76	0
mai/15	96	100	452	0
jun/15	96	100	494,31	0
jul/15	96	100	485,12	0
ago/15	96	100	485,12	0
set/15	98	100	495,04	2,75
out/15	107	100	540,48	2,67
nov/15	106	100	535,52	2,67
dez/15	99	100	500	2,72
jan/16	120	100	606,4	2,66
fev/16	117	100	591,2	2,66
Média	101,79	100,00	494,13	4,85
CM2	489,18			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 04				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m³/ mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m³)
jan/15	258	100	1.620,80	11,9
fev/15	254	100	1584,64	11,89
mar/15	207	100	1161,28	7,16
abr/15	239	100	1449,28	7,16
mai/15	192	100	1101,28	7,16
jun/15	213	100	1421,1	8,24
jul/15	234	100	1615,84	8,24
ago/15	197	100	1233,28	8,24
set/15	213	100	1398,72	8,24
out/15	227	100	1542,88	8,24
nov/15	208	100	1347,52	8,24
dez/15	190	100	1160,32	8,24
jan/16	230	100	1574,4	8,24
fev/16	233	100	1605,76	8,24
Média	221,07	100,00	1415,51	6,40
CM2	1401,35			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 05				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	172	100	847,52	7,16
fev/15	157	100	689,6	2,31
mar/15	166	100	792,8	7,15
abr/15	191	100	1017,28	7,16
mai/15	155	100	729,76	2,31
jun/15	176	100	1031,15	8,24
jul/15	164	100	892,16	8,24
ago/15	127	100	641,6	2,66
set/15	136	100	687,2	2,66
out/15	148	100	747,84	2,65
nov/15	142	100	717,6	2,66
dez/15	130	100	856,8	2,66
jan/16	129	100	651,68	2,66
fev/16	152	100	768	2,66
Média	153,21	100,00	790,79	5,16
CM2	782,88			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 06				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	178	100	900,80	7,16
fev/15	176	100	883,52	7,16
mar/15	184	100	955,52	7,16
abr/15	201	100	1108,16	7,16
mai/15	179	100	974,88	7,16
jun/15	197	100	1253,09	8,24
jul/15	190	100	1160,32	8,24
ago/15	167	100	921,92	8,24
set/15	184	100	1099,2	8,24
out/15	196	100	1233,36	8,24
nov/15	194	100	1201,76	8,24
dez/15	178	100	1036,32	8,24
jan/16	188	100	1140,64	8,24
fev/16	194	100	1201,76	8,24
Média	186,14	100,00	1076,52	5,78
CM2	1065,75			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 07				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	204	100	1.135,52	7,16
fev/15	209	100	1180	7,16
mar/15	207	100	1161,28	7,16
abr/15	230	100	1368,64	7,16
mai/15	178	100	965,6	7,16
jun/15	208	100	1367,15	8,24
jul/15	212	100	1388,96	8,24
ago/15	191	100	1170,4	8,24
set/15	198	100	1243,2	8,24
out/15	195	100	1211,68	8,24
nov/15	267	100	1957,44	13,69
dez/15	287	100	2165,12	13,7
jan/16	182	100	1077,6	8,24
fev/16	207	100	1335,84	8,24
Média	212,50	100,00	1337,75	6,30
CM2	1324,37			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 08				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	206	100	1.152,64	7,16
fev/15	158	100	694,08	2,31
mar/15	157	100	689,6	2,31
abr/15	178	100	900,8	7,16
mai/15	152	100	715,52	2,31
jun/15	180	100	1072,14	8,24
jul/15	193	100	1192	8,24
ago/15	146	100	737,76	2,66
set/15	154	100	930,63	2,31
out/15	169	100	943,52	8,24
nov/15	152	100	768	2,66
dez/15	162	100	870,56	8,21
jan/16	179	100	1046,08	8,24
fev/16	173	100	984,96	8,24
Média	168,50	100,00	907,02	5,38
CM2	897,95			

Fonte: O autor

Quadro 20 – Custo após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (Cont.)

CM2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva (R\$/mês)				
Bloco: 09				
Meses	Consumo mensal de água no prédio (m ³ / mês)	Potencial de economia de água potável (%)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$)	Valor cobrado pela COPASA pela água potável consumida (R\$/m ³)
jan/15	97	100	426,08	2,33
fev/15	96	100	421,76	0
mar/15	96	100	421,76	0
abr/15	98	100	430,4	2,33
mai/15	96	100	452	0
jun/15	132	100	676,07	2,65
jul/15	122	100	616,48	2,66
ago/15	146	100	737,76	2,66
set/15	178	100	1036,32	8,24
out/15	162	100	870,56	8,21
nov/15	114	100	576	2,66
dez/15	154	100	778,08	2,66
jan/16	168	100	933,6	8,24
fev/16	131	100	661,92	2,66
Média	127,86	100,00	645,63	5,05
CM2	639,17			

Fonte: O autor

Com os novos valores de gastos se fez o cálculo da diferença entre o gasto atual e o novo custo com a implantação do sistema, utilizando a equação 18 (MARINOSKI, 2007, p. 58). A verificação da diferença representa a economia em reais R\$, relativa ao novo consumo de água, como pode ser observada no quadro 21.

$$E = CM1 - CM2 \quad \text{Equação 18}$$

Onde:

E: Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês);

CM 1: Custo médio mensal de água potável atual antes da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês);

CM 2: Custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial (R\$/mês).

Quadro 21 – Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial

E = Economia monetária de água potável após o uso de água pluvial (R\$/mês)									
Blocos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Custo atual (R\$/ mês)	873,52	943,72	494,13	1415,51	790,79	1076,52	1337,75	907,02	645,63
Custo após a implantação do sistema (R\$/ mês)	864,78	934,28	489,18	1401,35	782,88	1065,75	1324,37	897,95	639,17
Economia (R\$/mês)	8,74	9,44	4,95	14,16	7,91	10,77	13,38	9,07	6,46

Fonte: O autor

O período de retorno se faz importante para análise de viabilidade econômica. Conforme pode ser apresentado na equação 19 e observado no quadro 22.

$$T = \frac{Ci}{(CM1 - CM2) \cdot 12} \quad \text{Equação 19}$$

Onde:

T: Tempo de retorno em ano;

Ci: Custo de implantação do sistema de aproveitamento;

CM1: Gasto atual;

CM2: Novo gasto.

Quadro 22 – Tempo de retorno

Tempo de retorno em ano	
Custo médio atual total (R\$/mês)	8484,59
Custo médio total após a implantação do sistema (R\$/mês)	8399,71
Custo da Implantação do sistema (R\$)	46212,7
Tempo de Retorno em ano	45

Fonte: O autor

7 CONCLUSÃO

Com o estudo apresentado neste trabalho, realizou - se a análise sobre consumo de água em um condomínio com 9 blocos em Varginha – MG.

Com os dados das faturas de água da COPASA foi possível verificar o consumo dos 09 blocos, através do calculo do indicador de consumo IC que é importante por possibilitar a comparação de consumo entre as edificações de mesma tipologia nos meses de março à dezembro de 2015 e de janeiro e fevereiro de 2016. Com IC foi possível averiguar qual bloco tem maior consumo (L/hab/dia) com a intensão de ter um comparativo de informações de distribuição de atividades nos blocos.

Com os cálculos realizados podemos ver que o condomínio é uma fonte de captação de água da chuva podendo ter uma significativa economia utilizando a água da chuva e evitando utilizar a água potável fornecida pela COPASA.

Porém, o condomínio Residencial Cidade Nova, demonstrou baixo potencial de aplicação do sistema de captação, por causa do volume de chuva que em determinadas épocas do ano é muito baixo, fazendo que os pontos de atendimento sejam pontos de consumo de baixa demanda, para que se tenha volume de chuva maior que a demanda mensal de cada bloco, o que ocorreu quando foi utilizado somente o ponto de consumo limpeza individual dos apartamentos.

Outro ponto que não é favorável a aplicação do sistema de aproveitamento de água da chuva, é o tempo de retorno do condomínio de 45 anos que é muito alto para um condomínio de 9 blocos.

Portanto, constatou-se com este estudo que não é econômico a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva no condomínio, apesar da grande potencial de economia de água potável para um único ponto limpeza, que faz deste não muito importante, por ter uma demanda muito pequena em relação ao ponto de maior demanda, como a bacia sanitária.

REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Águas ANA. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/default.aspx>>. Acesso em: 04 abr. 2016

ANNECCHINI, Karla Ponzó Vaccari. **Aproveitamento da Água Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Dissertação apresentada á Universidade Federal do Espírito Santo para obtenção do título de mestre. Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento publico, 1992

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5626: Instalação predial de água fria, 1998.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10844: Instalações prediais de água pluvial, 1989.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14799: Reservatório poliolefínico para água potável - Requisitos, 2011.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas pra fins não potáveis – Requisitos, 2007.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14800: Reservatório poliolefínico para água potável - Instalação em obra, 2011.

EDIFICANT. Projeto e Construção. Disponível em: <<http://www.edificant.com.br/2016/04/01/captacao-de-agua-das-chuvas/>>. Acesso em: 14 set. 2016.

FERREIRA, D. F. **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

FEWKES, A. **The use of rain wter for WC flusing: The field-testing of a collection system. Building and Environment**, v 34, n9, p. 765-772, 1999.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo, 2005.

FORTLEV – Catálogo técnico: Caixa d' água em fibra de vidro. Disponível em: <<http://www.fortlev.com.br/uploads/2015/03/CAIXA-DE-FIBRA-DE-VIDRO-vers%C3%A3o-v02.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2016.

Fundação Proocafé. Disponível em: < <http://www.fundacaoprocafe.com.br/> >. Acesso em: 04 abr. 2016.

GHISI, E. **Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater in the Residential Sector of Brazil.** *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. **Potential for Potable Water Savings by Using Rainwater and Greywater in a Multi-storey Residential Building in Southern Brazil.** *Building and Environment*, v. 42, n. 7, p. 2512-2522, 2006.

GONÇALVES, Orestes Marraccini et al. **Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio.** Programa de Pós-graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento de água de chuva.** Curitiba. Editora Organic Trading. 196p. 2002.

HAGEMANN, S. E. (2009). Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso [dissertation]. Santa Maria. RS, 2009.

Lima, Jorge Enoch Furquim W. **Documentos 33- Recursos Hídricos no Brasil e no Mundo.** Jussara Flores de Oliveira. DF, 2001.

MACEDO, JORGE ANTÔNIO BARROS DE. *Águas & Águas.* Belo Horizonte – MG: CRQ – MG, 2007, 3ª edição, 1027 p. IBNS – 10:85-90156-89-0, IBNS – 13: 978-85-90156-89-5.

MARINOSKI, ANA KELLY. **Aproveitamento de Água Pluvial Para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – Sc.** Florianópolis - SC, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** Dissertação (Mestrado). Curso de Pós Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MAY S.; PRADO R. T. A. **Estudo da Qualidade da Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações.** São Paulo - SP, 2004.

Ministério da Saúde. **Portaria MS nº 518/204.** Editora MS. Brasília, 2005. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2016.

ONU. Nações Unidas. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/>>. Acesso em: 06 maio 2016.

PIERATTI, Rejane. **Cartilha Ser Amigo da Água é.** Disponível em <<http://www.multiplicarenergia.org.br/material-apoio?categoria=5>>. Acessado em: 05 abr. 2016.

SAFERAIN. **Saferain First Flush Diversion Valve.** Disponível em: <<http://www.saferain.com.au>>. Acesso em: 01 mar. 2016

SETTI, Arnaldo. Augusto et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos.** Edição Multimídia, Brasília, 2001.

SINDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo. ProI Editora Gráfica, 2005. Disponível em: <www.fiesp.com.br/arquivo-download/?id=161985>. Acesso em: 01 mar. 2016

TOMAZ, Plínio. **A Economia de Água para Empresas e Residências – Um Estudo Atualizado sobre o Uso Racional da Água**. Navegar Editora, São Paulo, 2001a.

TOMAZ, Plínio. **Água: pague menos**. Plinio Tomaz, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/agua_pague_meno.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. Plinio Tomaz, 2010. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov_aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf> Acesso em: 20 mar. 2016.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis diretrizes básicas para um projeto**. Plinio Tomaz, 2007. Disponível em: <http://abcmac.org.br/files/simposio/6simp_plinio_agua.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

Zanella, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo – SP, 2015. Disponível em: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jhCAfOVsiMEJ:www.ipt.br/download.php%3Ffilename%3D1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf+%&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>. Acesso em: 20 abr. 2016.

ANEXO A – Consumo de água do bloco que consome mais água dentro do condomínio (Bloco 4)

COPASA		NOTA FISCAL / FATURA DE SERVIÇOS										
Companhia de Saneamento de Minas Gerais		Rua Mar de Espanha, 525 - Santo Antônio - Belo Horizonte - MG / CEP: 30.330-900										
CNPJ: 17.281.106/0001-03 - Insc. Est.: 062.000139.00-14												
AGÊNCIA MAIS PRÓXIMA	R ESTEVAM BRAGA SOBRINHO 27 CENTRO De 08:00 as 17:00	Fale com a COPASA 115										
COND RESIDENCIAL CIDADE NOVA		Pag.: 01/01										
AL DOS MANDARINS VARGINHA MG 37044-180 C.N.P.J06.041.763/0001-67	7 BL 04 JARDIM CIDADE NOVA											
REFERÊNCIA DA FATURA			IDENTIFICADOR USUÁRIO	MATRÍCULA								
Número	Data de Emissão	Data de Apresentação	Mês	Grupo	0 021 758 183 4	0 010 818 456 1						
001.15.47578715-8	26/10/2015	03/11/2015	11/2015	751								
HIDRÔMETRO	LEITURA			CONSUMO FATURADO			QUANTIDADE DE UNIDADES ATENDIDAS					
A13L 0168999	Atual 5149 26/10/2015	Anterior 4922 25/09/2015	Próxima 25/11/2015	Dias 31	m³ 227	Litros 227.000	Serviço Água	Social 16	Residencial 16	Comercial	Industrial	Pública
HISTÓRICO DE CONSUMO				TARIFA								
				CALCULO RESIDENCIAL								
Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média Diária Litros	Faixas de consumo em 1.000 litros	Consumo da faixa em 1.000 litros	Unidades Atendidas	Volume Total	R\$ / Mil Litros Água	Valor Água R\$	R\$ / Mil Litros Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$	
Nov/2015	227.000	31	7.322	MINIMO	6,00	16	96,00	-	268,80	-	510,40	
Out/2015	213.000	30	7.100	6 A 10	4,00	16	64,00	2,80	179,20	2,52	340,48	
Sep/2015	197.000	29	6.793	10 A 15	4,18	16	66,88	5,44	364,16	4,90	692,00	
Ago/2015	234.000	32	7.312									
Jul/2015	213.000	31	6.870									
Jun/2015	192.000	29	6.620									
Mai/2015	239.000	32	7.468									
Abr/2015	207.000	29	7.137									
Mar/2015	254.000	30	8.466									
Fev/2015	258.000	31	8.322									
Jan/2015	230.000	30	7.666									
Dez/2014	197.000	29	6.793									
				SOMA	14,18		226,88	8,24	812,16	7,42	730,72	1.542,88
DESCRICOÇÃO DOS SERVIÇOS / LANÇAMENTOS												
CONSUMO MÉDIO										812,16		
m³										210		
litros										210000		
SEU CONSUMO/CUSTO DIÁRIO												
7.322 litros de água												
Água						Esgoto						
26,19						23,57						
ABASTECIMENTO DE AGUA 812,16												
ESGOTO DINAMICO COM COLETA E TRATAMENTO - EDT 730,72												
TRIBUTOS INCIDENTES SOBRE O FATURAMENTO: PIS/COFINS - VALOR: R\$101,83(VIDE NOTA 1 NO VERSO)												
DEBITO AUTOMATICO						VENCIMENTO			TOTAL A PAGAR			
CAIXA ECONOMICA FEDERAL AG. 0163						15/11/2015			*****R\$1.542,88			
FATURA VENCIDA EM 14/10/2015 LIQUIDADADA												
INFORMACOES SOBRE A QUALIDADE DA AGUA (Port. Nº 2914-Min. da Saúde-Dec. Nº 5440)												
Período:	09/2015	Número de Amostras										
	Cloro	Coliformes Totais	Cor	Escherichia coli	Fluoreto(*)	Turbidez						
Mínimo	106	106	31	106	0	106						
Analisadas	106	106	31	106	31	106						
Fora Padrões	0	0	0	0	0	0						
Dentro Padrões	106	106	31	106	31	106						
Observações: *Não obrigatório						Significado dos parâmetros: vide verso						

APÊNDICE A – Fachada lateral e fachada frontal