



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA FINS NÃO POTÁVEISEM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

REBECA MANSUR MACHADO

BELO HORIZONTE

2019

REBECA MANSUR MACHADO

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
PARA FINS NÃO POTÁVEISEM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título
de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Prof^ª Dra. Luciana Peixoto Amaral

BELO HORIZONTE

2019

Machado, Rebeca Mansur.

S---

Análise do Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em Empreendimentos de Interesse Social/ Rebeca Mansur Machado./ 2019.

58f.; -- cm.

Orientadora: Prof^a Dra. Luciana Peixoto Amaral.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2019.

1. Aproveitamento de Água Pluvial. 2. Empreendimentos de Interesse Social. 3. Recursos Hídricos. I. Machado, Rebeca Mansur. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Análise do Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em Empreendimentos de Interesse Social.

CDD -----

REBECA MANSUR MACHADO

ANÁLISE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO
POTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL

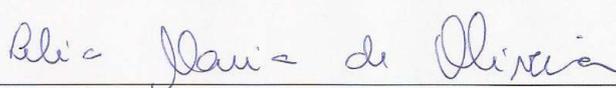
Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental e Sanitarista.

Data de aprovação 28/06/2019

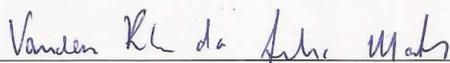
Banca Examinadora: ..



Luciana Peixoto Amaral – Presidente da Banca Examinadora
Prof.^a Dra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Lília Maria de Oliveira
Prof.^aDra. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais



Vandeir Robson da Silva Matias
Prof. Dr. do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me permitiu chegar até aqui e me abençoa diariamente. Sou grata à minha professora Luciana Peixoto, por me orientar com sabedoria e acreditar no meu trabalho.

Agradeço aos meus pais, Aparecida e Raimundo, que me apoiaram durante todo esse tempo de curso.

A minha avó, Nely por ser uma base para a minha caminhada e por seu apoio constante.

Agradeço ao Danilo, por seu amor, carinho e incentivo incondicional.

Enfim agradeço aos meus amigos, familiares, companheiros de estágio e da faculdade especialmente a Marina, Karine, Luiza, Lorrane, Guilherme e demais pessoas que caminharam junto comigo e me apoiaram nessa jornada.

RESUMO

Há tempos existe uma preocupação crescente na sociedade no que diz respeito à conservação dos recursos naturais, principalmente aos recursos hídricos. O crescimento populacional associado à alta demanda de consumo por diversos setores da economia, a escassez e a má distribuição estão entre os principais fatores que comprometem o fornecimento de água, principalmente em grandes centros urbanos. É sabido a necessidade de se buscar utilizar novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível em grande parte das regiões do Brasil. A água da chuva coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis. Por meio de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente, reduzindo a escassez dos recursos hídricos (FASOLA, 2011). Nesse sentido, o objeto de estudo do presente trabalho é abordar o aproveitamento pluvial para fins não potáveis em empreendimentos de interesse social, tendo em vista um consumo consciente, economia de água potável, bem como uma economia financeira para famílias de menor renda.

Palavras-Chave: Aproveitamento de água pluvial. Empreendimento de Interesse Social. Recursos Hídricos.

ABSTRACT

There is a growing concern in society for the conservation of natural resources, especially water resources. Population growth associated with high consumption demand by various sectors of the economy, scarcity and mal distribution are among the main factors that compromise water supply, especially in large urban centers. It is known the need to seek to use new techniques of water use. An alternative that seeks to meet the population's demand for water use for non-potable purposes is the use of rainwater, a natural resource widely available in most regions of Brazil. Collected rainwater can be used to flush toilets, garden faucets, washing clothes, sidewalks and cars. Through rainwater harvesting systems, it is possible to reduce the consumption of drinking water, minimize flooding, rationing of water and preserve the environment, reducing the scarcity of water resources. In this sense, the objective of this study is to address rainwater use for non-potable purposes in socially responsible enterprises, with a view to conscious consumption, safe drinking water, and financial savings for lower income families.

Keywords: Rainwater harvesting. Entrepreneurship of Social Interest. Water Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	20
Figura 2- Área de captação do telhado para aproveitamento de água pluvial.....	21
Figura 3-Proteção de calhas para retenção de detritos.	26
Figura 4-Filtro pré-fabricado comercializado no Brasil.....	27
Figura 5- Dispositivos para o descarte das primeiras chuvas.....	27
Figura 6- Localização do empreendimento.	37
Figura 7- Planta baixa do Empreendimento.	38
Figura 8- Torneira de água pluvial nos jardins e pátios.	40
Figura 9- Parâmetros curva IDF- Belo Horizonte	43
Figura 10- Simulação reservatório por meio do Programa Netuno 4.....	48
Figura 11- Conta de água do empreendimento.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Tipos e características dos materiais constituintes do telhado.	23
Quadro 2- Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis.....	34
Quadro 3- Volume demandado de água por atividade	41
Quadro 4- coeficientes de escoamento adotados no projeto.....	42
Quadro 5- Precipitação média mensal	45
Quadro 6- Volume do Reservatório em cada método da NBR 15527	46
Quadro 7- Método de Simulação comparativo.....	46
Quadro 8- Orçamento com material, levantado para uma caixa de drenagem com 222 m ³	51
Quadro 9- Orçamento com mão de obra, levantado para uma caixa de drenagem com 222 m ³	52
Quadro 10- Custo com material e mão de obra.	53
Quadro 11- Custo médio com água potável.	53
Quadro 12- Redução dos custos com uso de água pluvial.	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de águas
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente
IDF	Intensidade Duração e Frequência
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
PL	Projeto de Lei
PVC	Policloreto de Vinila
SUDECAP	Superintendência de Desenvolvimento da Capital
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivos Específicos	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	Aproveitamento de água de chuva no Brasil e no Mundo	16
3.1.1	Legislação Estadual de Minas Gerais	17
3.1.2	Legislação Municipal de Belo Horizonte	18
3.2	Sistemas de aproveitamento de água de chuva.....	19
3.2.1	Determinação da demanda de água de chuva	20
3.2.2	Determinação da área de captação.....	21
3.2.3	Precipitação e Curvas IDF	23
3.2.4	Determinação do índice pluviométrico.....	24
3.2.5	Calhas e Condutores	25
3.2.6	Filtros Auto-limpantes	26
3.2.7	Água de Limpeza do Telhado (água da primeira chuva).....	27
3.2.8	Reservatório de Armazenamento.....	28
3.3	Vantagens do aproveitamento de águas pluviais	32
3.4	Águas pluviais e as normas ABNT	32
3.4.1	Qualidade da água pluvial e viabilidade econômica.....	33
3.5	Empreendimentos de Interesse Social	34
4	METODOLOGIA.....	36
4.1	Método de Abordagem	36
4.2	Objeto de Estudo.....	36
4.3	Visitas In Loco e Entrevistas	39
4.4	Definição dos usos não potáveis que serão atendidos pelo projeto	39
4.5	Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento Pluvial	40

4.5.1	Demanda de água de acordo com os usos não potáveis estabelecidos	40
4.5.2	Área de Captação	41
4.5.3	Vazão de Captação ou vazão de contribuição	42
4.5.4	Determinação da Precipitação Média Mensal	44
4.5.5	Dimensionamento do Reservatório.....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	49
5.1	Análise de atendimento à demanda e economia de água potável	49
5.2	Análise Econômica	51
5.3	Pay Back	54
6	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A- Simulação de Reservatório- Netuno 4	58

1 INTRODUÇÃO

Há tempos percebe-se uma preocupação crescente na sociedade no que diz respeito à conservação dos recursos naturais. Dentre estes, a água apresenta-se como um dos recursos mais preciosos, uma vez que é indispensável para a sobrevivência de vida no planeta. Entretanto, o crescimento populacional associado à alta demanda de consumo por diversos setores da economia estão entre os principais fatores que comprometem o fornecimento de água, principalmente em grandes centros urbanos (FASOLA, 2011).

Apesar da água ser um recurso renovável abundante, ocupando aproximadamente 70% da superfície terrestre, cerca de 97,5% dessa água é salgada e, portanto, inadequado para o consumo (UN WATER, 2006). Consequentemente, a parcela de água doce disponível para uso torna-se muito restrita e, além disso, em certos casos, de difícil acesso, como em aquíferos e geleiras.

Devido ao acentuado aumento da população mundial e conseqüente aumento do consumo de água potável, ocorre uma redução gradual da qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos.

Outro ponto relevante é a questão da irregularidade na distribuição da população em relação à oferta das reservas hídricas. Segundo Ghisi (2006), os locais mais populosos são justamente os que possuem pouca água, por outro lado onde há muita água ocorre baixo índice populacional.

Além disso, o desperdício de água potável, resultante do mau uso dos aparelhos sanitários, bem como vazamentos nas instalações têm contribuído para maior consumo deste recurso.

Tais fatores comprovam a relevância de se analisar formas de gestão da água e a necessidade imediata de conscientizar as pessoas para o uso sustentável desse recurso para o bom desenvolvimento humano das presentes e futuras gerações.

É notório a necessidade de se buscar utilizar novas técnicas de aproveitamento da água. Uma alternativa que visa suprir a demanda da população em relação ao uso de água para fins não potáveis é o aproveitamento de água da chuva, um recurso natural amplamente disponível em grande parte das regiões do Brasil. A água da chuva coletada pode ser utilizada em descarga de vasos sanitários, torneiras de jardins, lavagem de roupas, de calçadas e de automóveis. Através de sistemas de captação da água pluvial é possível reduzir o consumo de água potável, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e preservar o meio ambiente, reduzindo a escassez dos recursos hídricos (FASOLA, 2011).

Com o crescimento acelerado da sociedade e com as alterações ambientais que ocorrem no mundo todo, fica cada vez mais evidente a necessidade de investimentos no desenvolvimento sustentável. Tendo em vista a grande carência de moradias nos centros urbanos, as construções de habitações populares apresentam-se em uma solução indispensável. Contudo, essas habitações são muitas vezes realizadas de maneira negligente, tanto em relação à qualidade quanto com o meio ambiente (CARDOSO, 2010). Nesse sentido, o objeto de estudo do presente trabalho é abordar o aproveitamento pluvial para fins não potáveis em empreendimentos de interesse social, tendo em vista um consumo consciente, economia de água potável, bem como uma economia financeira para famílias de menor renda, visando a integração dos meios sociais, ambientais e econômicos e, portanto, um desenvolvimento urbano sustentável.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é analisar o potencial de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em edificações de interesse social, visando um consumo mais sustentável e consciente dos recursos hídricos.

2.2 Objetivos Específicos

Por meio da elaboração dessa pesquisa, pretende-se atingir os seguintes objetivos específicos:

- Levantar os requisitos a serem considerados no projeto de sistemas de captação de água pluvial em habitações;
- Identificar o nível de economia de consumo de água potável em edificações de interesse social; e
- Analisar a viabilidade econômica da implantação do sistema supracitado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns fatores externos às condições naturais contribuem fortemente com o aumento do quadro de escassez hídrica no mundo, entre eles podem-se citar: a distribuição irregular da água, o aumento populacional desordenado e o crescimento econômico desalinhado com a conscientização e usos sustentáveis dos recursos naturais.

Estima-se que apenas 2,5% do volume total de água disponível no planeta seja de água potável ou doce, sendo que a maior parte deste volume não está facilmente acessível, como no caso de aquíferos, geleiras e na atmosfera sob a forma de vapor. Considera-se, portanto, que a parcela de água doce destinada ao consumo humano em locais de simples acesso concentra-se em torno de apenas 0,007% de toda a água doce existente no planeta (MARINOSKI, 2008).

A água no planeta apresenta distribuição de forma não uniforme, sendo que menos de 9 países concentram 60% do suprimento global de água doce disponível: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e a República Democrática do Congo. No entanto variações locais dentro dos próprios países podem ser muitas significativas (CEBDS, 2009).

Países ditos com “escassez de águas” convencionou-se que seriam aqueles que apresentam índices de distribuição mundial do volume de água doce anual disponível, relativo ao número de habitantes, menores que 500m³/hab./ano. Entre esses países estão classificados a Arábia Saudita, Israel, Líbia, entre outros (TOMAZ, 2001).

De acordo com relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU, 2006), a atual população mundial é estimada em aproximadamente 6,5 bilhões de pessoas, tendendo a alcançar a marca de 9 bilhões em 2050, sobrecarregando ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Logo, embora esse recurso natural pareça ilimitado, na realidade, apresenta uma grande defasagem, pois à medida em que há crescimento econômico e populacional, maior é a demanda e menor a conscientização e respeito ao ciclo natural da água, gerando escassez e poluição que impedem o consumo sustentável desse bem. Dessa forma, cresce também a necessidade da utilização de novas técnicas visando um melhor aproveitamento e menor consumo de água potável.

3.1 Aproveitamento de água de chuva no Brasil e no Mundo

Estudos indicam que a água da chuva vem sendo utilizada pela humanidade há milhares de anos. Foram descobertas inúmeras cisternas escavadas em rochas, utilizadas para

aproveitamento de água pluvial, que são anteriores a 3.000 a.C. Em Israel, por exemplo, encontra-se um dos mais conhecidos, a famosa fortaleza de Massada, com dez reservatórios escavados na rocha, tendo como capacidade total 40 milhões de litros. No México, existem cisternas ainda em uso, que datam antes da chegada de Cristóvão Colombo à América (TOMAZ, 2003).

Um dos países que mais utiliza sistemas de aproveitamento de água pluvial e promove estudos e pesquisas nessa área é o Japão. Tóquio, por exemplo, possui regulamentos do governo metropolitano que obrigam a todos os prédios, com área construída maior que 30.000 m² ou que utilize mais de 100 m³ por dia de água para fins não potáveis, façam aproveitamento da água de chuva e reciclagem de água servida (água de lavatórios, chuveiros e máquinas de lavar roupas). Além disso, a fim de evitar enchentes, devem ser construídos reservatórios de retenção de água de chuva em áreas de terrenos maiores de 10.000 m² ou em edifícios que tenham mais que 3.000 m² de área construída (TOMAZ, 2003).

No Brasil, até uns 30 anos atrás existiam poucas experiências de aproveitamento de água pluvial. Hoje, já existe no país a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, criada no ano de 1999 em Petrolina- PE, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ACBMAC, 2018).

Em outubro de 2017, por exemplo, foi publicada no Diário Oficial da União a Lei nº 13.501/2017, que acrescenta um objetivo à Política Nacional de Recursos Hídricos. Segundo o novo texto, a Lei nº 9.433/97, também conhecida como Lei das Águas, passa a ter o seguinte objetivo: incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais (ANA, 2018).

Atualmente muitos estados e municípios enxergam oportunidades de economia e conservação dos recursos hídricos por meio da implantação de projetos de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis e vem disseminando essa prática por meio de empresas, indústrias, órgãos públicos, entre outros.

3.1.1 Legislação Estadual de Minas Gerais

A Lei estadual nº 13.199 de 1999, dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos do estado de Minas Gerais, reforçando as definições da Política Nacional de Recursos Hídricos e tendo como premissa assegurar o controle, pelos usuários atuais e futuros, do uso da água e de sua utilização em quantidade, qualidade e regime satisfatórios, ou seja, a sustentabilidade dos usos diversos da água.

São instrumentos da presente lei:

- O Plano Estadual de Recursos Hídricos;
- Os Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas;
- O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes;
- A outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- A cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- A compensação a municípios pela exploração e restrição de uso de recursos hídricos;
- O rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo;
- As penalidades.

Não foram observadas na Lei 13.199, especificidades relacionadas com a regulamentação de Sistemas de aproveitamento de água pluvial.

3.1.2 Legislação Municipal de Belo Horizonte

O projeto de lei PL 1381/14, discutido no legislativo de Belo Horizonte, propõe uma política municipal de captação, armazenamento e aproveitamento de águas pluviais e define as normas gerais para sua promoção.

A proposta que segue em trâmite na Câmara Municipal de Belo Horizonte, dispõe sobre a captação, armazenamento e reaproveitamento da água da chuva e seu direcionamento para usos industriais e não potáveis como: a rega de jardins e hortas, lavagem de pavimentos, descargas de vasos sanitários, irrigação, combate ao fogo e sistemas de ar condicionado (CMBH, 2014).

Outras leis municipais que ditam de alguma forma regulamentações à respeito do reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, são: a Lei nº 294 de 2010, que estabelece em seu Art. 1º a obrigatoriedade de implantação de sistema de captação e retenção de água pluvial para as edificações cuja construção implique em impermeabilização de áreas superiores a 500 m² (quinhentos metros quadrados), a Lei nº 7166 de 1996, conhecida como, Lei de parcelamento, uso e ocupação do solo, a Lei municipal nº 9952 de 2010, que em seu Art. 5º estabelece parâmetros e condições para a construção de novos empreendimentos de hotel e apart-hotel, onde determina-se entre outros, a obrigatoriedade de conservar uma área de no mínimo 20% de permeabilidade e a instalação de caixas de captação e drenagem que possibilitem a retenção de até 6 litros de água pluvial por metro quadrado de terreno.

3.2 Sistemas de aproveitamento de água de chuva

O sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo não potável consiste de um conjunto de elementos, de tecnologia relativamente simples e econômica, que objetiva captar e armazenar a água de chuva para uso futuro (FEAM, 2016).

A viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial depende principalmente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação, demanda de água, condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água.

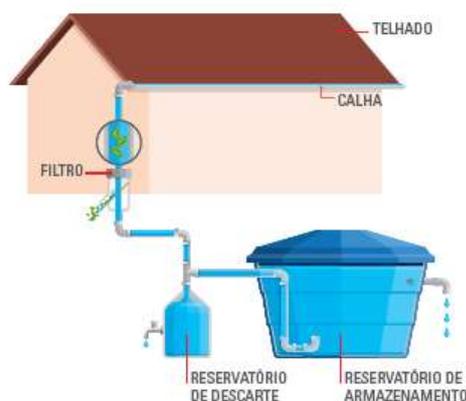
A água de chuva pode ser utilizada em várias atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. Em residências, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, lavagem de roupas, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada entre outros fins para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavagem industrial, lavagem de maquinários, lava jatos de veículos e limpeza industrial. Na agricultura, é muito utilizada principalmente na irrigação de plantações (MAY, 2004).

O maior obstáculo para a implantação de técnicas de gestão de água da chuva consiste principalmente na falta de um gerenciamento eficiente no uso e distribuição da água, além do combate à cultura do desperdício e da degradação serem fundamentais para viabilizar qualquer proposta de desenvolvimento socioeconômico sustentável no país.

O sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações é composto por: área impermeabilizada ou não de captação, calhas e condutores verticais e horizontais, filtro auto-limpante, reservatório ou dispositivo de descarte da água de limpeza do telhado (água da primeira chuva), reservatório de armazenamento e tratamento da água (FEAM, 2016).

Na Figura 1 é apresentado um esquema de um sistema de aproveitamento de água de chuva simplificado.

Figura 1- Esquema simplificado do sistema de aproveitamento de água pluvial.



Fonte: FEAM (2016).

O funcionamento de um sistema de coleta e aproveitamento de água de pluvial consiste, de maneira geral, na captação da água da chuva que cai sobre os telhados ou lajes da edificação. A água que cai é conduzida até o local de armazenamento através de calhas, condutores horizontais e verticais, passando por equipamentos de filtragem e descarte de impurezas. Em alguns sistemas, pode-se utilizar um dispositivo desviador das primeiras águas de chuva. Após passar pelo filtro, a água é armazenada geralmente em reservatório enterrado (cisterna), e bombeada a um segundo reservatório (elevado), do qual as tubulações específicas de água pluvial irão distribuí-la para o consumo não potável (FEAM, 2016).

Em áreas para captação de água de chuva, comumente utilizam-se materiais como: telhas galvanizadas pintadas ou esmaltadas com tintas não tóxicas, superfícies em concreto, cerâmicas, policarbonato e fibra de vidro. Além disso, as calhas também devem ser fabricadas com materiais inertes, como PVC ou outros tipos de plásticos, evitando assim, que partículas tóxicas provenientes destes dispositivos venham a ser levadas para os tanques de armazenamento (FASOLA, 2011).

3.2.1 Determinação da demanda de água de chuva

O dimensionamento do sistema inicia-se com a determinação da vazão diária demandada de água de chuva ou do volume mensal demandado. Essa demanda representa um ou todos os pontos de consumo no empreendimento que permitam a utilização de água de chuva (FEAM, 2016).

O atendimento total ou parcial da demanda depende da qualidade da água captada, da área de captação disponível e dos índices pluviométricos da localidade, bem como de uma análise de viabilidade econômica do sistema.

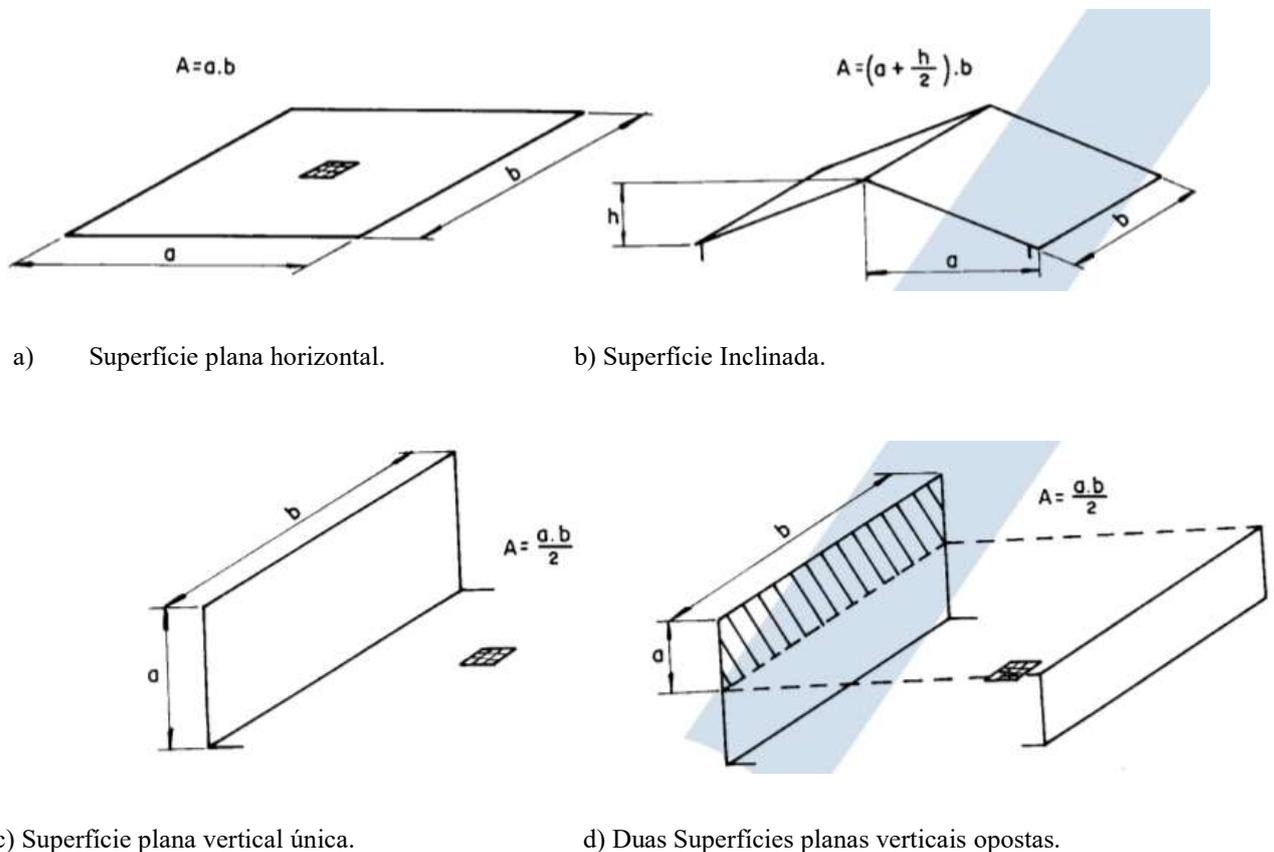
3.2.2 Determinação da área de captação

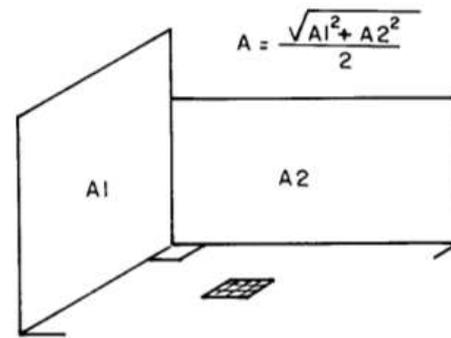
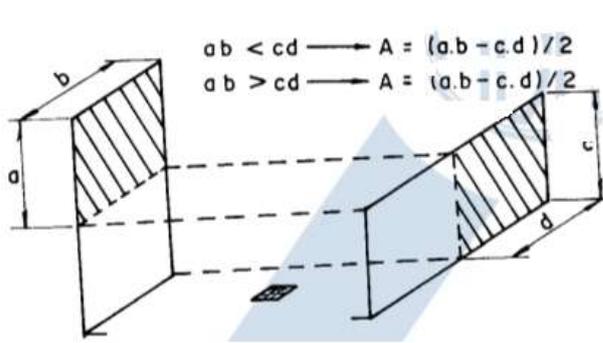
A segunda etapa do dimensionamento do projeto consiste na determinação da área de captação, que deve de preferência seguir as diretrizes da norma NBR 10844:1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A superfície da área de captação pode ser qualquer área impermeabilizada, dando-se preferência aos telhados que possibilitem a captação da água com melhor qualidade, como, por exemplo, telhados com alguma inclinação que facilitam a captação de água de chuva e reduzem as perdas (FEAM, 2016).

A área de captação é dada de acordo com a projeção horizontal do telhado, assim como se observa na Figura 2.

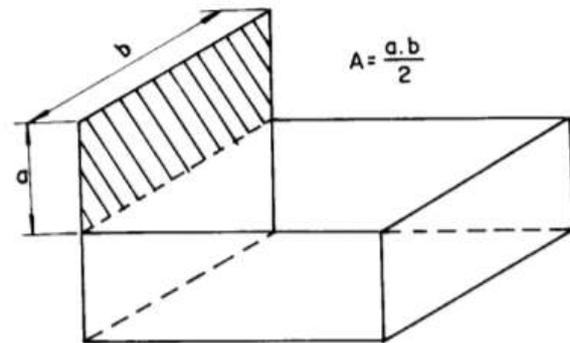
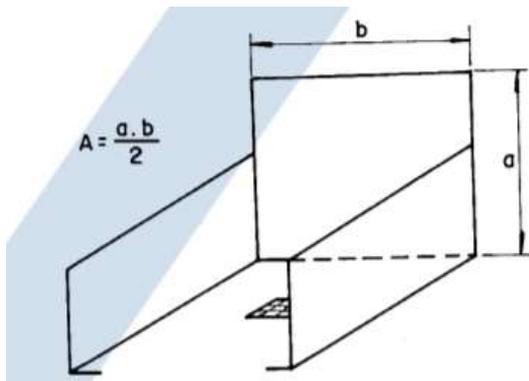
Figura 2- Área de captação do telhado para aproveitamento de água pluvial.





e) Duas superfícies plana vertical única.

f) Duas superfícies planas verticais, adjacentes e perpendiculares.



g) Três superfícies planas verticais adjacentes e perpendiculares, sendo as duas opostas adjacentes.

h) Quatro superfícies planas verticais.

Fonte: NBR 10844:1989

O coeficiente de escoamento representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado, variando conforme a superfície. O volume de água de chuva aproveitável depende dentre outros fatores, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura.

O material do telhado influencia na qualidade da água captada e no coeficiente de escoamento. Os valores de coeficiente de escoamento (Quadro 1) mais próximos de 1 são mais indicados para a captação de água de chuva, pois indicam uma perda menor de água na captação (FEAM, 2016).

Quadro 1- Tipos e características dos materiais constituintes do telhado.

Tipo	Coefficiente de escoamento	Observações
Folhas de ferro galvanizado	Maior que 0,90	Qualidade de água excelente. A superfície é excelente e, nos dias quentes, a alta temperatura ajuda a esterilizar a água.
Telha Cerâmica	0,60 a 0,90	Se vitrificada, apresenta melhor qualidade. Caso contrário pode apresentar mofo. Pode existir a contaminação das junções das telhas.
Telhas de cimento amianto	0,80 a 0,90	Telhas novas podem contribuir para águas coletadas de boa qualidade. Levemente porosas, o que diminui o coeficiente de escoamento. Quando velhas podem apresentar lodos e rachaduras.
Orgânico (Sapê)	0,20	Qualidade da água ruim. Alta turbidez devido à presença de matéria orgânica dissolvida em suspensão.

Fonte: FEAM (2016).

Nesse sentido, por meio da análise do quadro 1, verifica-se que o telhado construído por folhas de ferro galvanizado é o mais indicado para a captação de água de chuva, pois o seu coeficiente de escoamento é maior que 0,90, estando mais próximo de 1 e, portanto, apresenta uma menor perda de água na captação da água da chuva.

3.2.3 Precipitação e Curvas IDF

A precipitação é a principal informação hidrológica de entrada utilizado no cálculo das vazões de projeto das obras de drenagem pluvial. A precipitação de projeto é um evento crítico de chuva construído artificialmente com base em características estatísticas da chuva natural e com base em parâmetros de resposta da bacia hidrográfica (TUCCI, 2005).

Estas características estatísticas e parâmetros são levados em conta através de dois elementos básicos:

- Período de retorno T_r da precipitação de projeto (anos);

- Duração crítica D_{cr} do evento (min).

As precipitações de projeto são normalmente determinadas a partir de relações intensidade-duração-frequência (curvas IDF) da bacia contribuinte. Expressas sob forma de tabelas ou equações, as curvas IDF fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. Pode-se obter uma lâmina ou altura de precipitação, multiplicando-se a intensidade dada pela IDF pela sua correspondente duração (TUCCI, 2005).

A IDF Intensidade- duração - frequência de um determinado local é obtida a partir de registros históricos de precipitação de pluviógrafos. Esta precipitação é o máximo pontual que possui abrangência espacial reduzida, chamada de equação de chuvas intensas (TUCCI, 2005).

Cada região deve possuir uma curva IDF específica, que será utilizada para desenvolver o hidrograma da mesma. A partir dessa curva, é determinada a equação IDF, como segue abaixo:

$$im = \frac{K \cdot T^a}{(tc + b)^c}$$

Sendo:

I= intensidade da precipitação (mm/h);

Tr= tempo de recorrência (anos);

- Observando-se as recomendações da norma NBR 10844:89, onde:

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

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

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

t= duração da precipitação (min);

a,b,c,d – constantes obtidas pelo estudo estatístico de dados pluviométricos da região.

3.2.4 Determinação do índice pluviométrico

Dentre os fenômenos meteorológicos, a chuva é o que causa maior impacto sobre o meio ambiente. Fator preponderante para a determinação do clima, constitui o mecanismo natural mantenedor do ciclo hidrológico, exercendo a função de retorno da água evaporada para a atmosfera e o solo, e o restabelecimento dos recursos hídricos.

Para viabilizar a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva, torna-se fundamental o conhecimento e determinação dos índices pluviométricos da região em estudo,

pois, por meio da coleta desses dados, torna-se possível estimar adequadamente o volume de água à ser captado e a sazonalidade dos regimes de chuva que poderão ser aproveitados.

A determinação do índice pluviométrico pode ser consultada por região específica por meio de referenciais técnicos como os disponibilizados pela Agência Nacional de Água (ANA) e baseando-se na análise de séries históricas de dados diários de múltiplas estações pluviométricas, a partir da qual forem geradas informações espaços-temporais, bem como mapas representando os índices pluviométricos (EMBRAPA, 2010).

3.2.5 Calhas e Condutores

O dimensionamento das calhas e condutores deve preferencialmente seguir as diretrizes da ABNT NBR 10844:1989.

Pode-se também seguir a seguinte metodologia de cálculo para dimensionar as calhas e condutos (FEAM, 2016):

I. Determinar a vazão de projeto (Q_p). A vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

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

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min

I = intensidade pluviométrica, em mm/h

A = área de contribuição, em m²

Obs: A intensidade é obtida por meio da equação de chuvas intensas para a localidade.

- II. Determinar as dimensões da calha;
- III. Determinar o material constituinte das calhas que definirá o coeficiente de rugosidade da calha;
- IV. Calcular a vazão da calha (Q_c) utilizando a fórmula de Manning-Strickler:

$$Q_c = K \times \frac{S}{n} \times R_H^{2/3} \times I_o^{1/2}$$

Sendo:

Q_c = vazão da calha (L/min);

K = 60.000;

S = área de seção molhada (m²);

n = coeficiente de rugosidade do material da calha;

R_H = raio hidráulico (m);

I_o = declividade da calha (m/m).

É importante também que as calhas possuam dispositivos para retenção dos sólidos grosseiros, tais como folhas, gravetos, pedaços da superfície de coleta. A instalação de telas ou grades pode ser uma maneira simples e eficaz para a remoção desse tipo de material, conforme apresentado na Figura 3 (MAY, 2004).

Figura 3-Proteção de calhas para retenção de detritos.

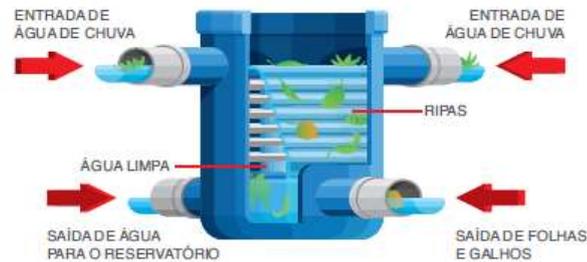


Fonte: FEAM (2016).

3.2.6 Filtros Auto-limpantes

A retenção de sólidos grosseiros também pode ser realizada por meio de filtros auto-limpantes (Figura 4), que podem ser fabricados localmente ou adquiridos no mercado. Sua função é remover sólidos grosseiros (galhos, folhas, fezes secas de animais, etc.) que porventura tenham sido carreados pela chuva logo após o início da precipitação (FEAM, 2016).

Figura 4-Filtro pré-fabricado comercializado no Brasil.



Fonte: FEAM (2016).

3.2.7 Água de Limpeza do Telhado (água da primeira chuva)

Segundo a FEAM (2016), o descarte da primeira água de chuva é responsável por desviar essa água de limpeza da superfície de captação, de qualidade inferior, do reservatório de armazenamento.

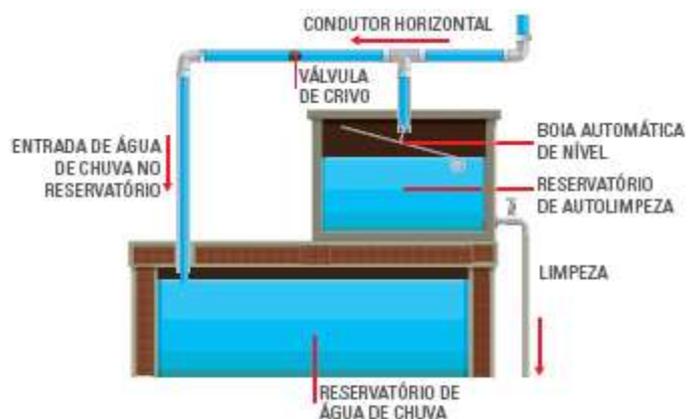
O volume de água descartado depende do tamanho da área de captação, variando de 1 a 2mm. Para alguns casos, em que o projetista não disponha de informações que justifiquem a adoção de outro valor, a ABNT NBR 15527:2007 recomenda adotar 2 mm por metro quadrado. Vários são os dispositivos empregados para realizar o descarte da água de lavagem do telhado. O tamanho da área de captação e, conseqüentemente, o volume descartado determinam o melhor dispositivo a ser empregado. Entre eles, destacam-se o tonel para descarte e o reservatório com boia (Figura 5).

Figura 5- Dispositivos para o descarte das primeiras chuvas.

a) Tonel



b) Reservatório com boia



Fonte: FEAM (2016).

3.2.8 Reservatório de Armazenamento

Os reservatórios ou cisternas podem ser: enterrados, semienterrado, apoiado ou elevado. Os materiais que o constituem podem ser concretos, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox, de forma que sempre estejam vedados a luz solar (TOMAZ, 2001).

Os reservatórios devem ser construídos como se fossem para armazenamento de água potável, de forma que os mesmos cuidados sejam despendidos para evitar a contaminação da água da chuva coletada pelos telhados e coberturas.

Para a construção do reservatório devem ser considerados mecanismos importantes, como: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, além disso quando o reservatório for alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada. (TOMAZ, 2001).

A quantidade de água pluvial que pode ser armazenada depende do tamanho da área de captação, da precipitação pluviométrica do local e do coeficiente de escoamento superficial, também chamado de coeficiente de *runoff*. Como o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que precipitado, o coeficiente de escoamento superficial indica o percentual de água de chuva que será armazenada, considerando a água que será perdida devido à limpeza do telhado, evaporação e outros (TOMAZ, 2003).

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume de água de chuva aproveitável será obtido pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta_{\text{fator de captação}}$$

Onde:

V é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável (m^3);

P é a precipitação média anual, mensal ou diária;

A é a área de coleta (m^2);

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura; e

$\eta_{\text{fator de captação}}$ é o fator de captação que representa a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

O volume não aproveitável da água de chuva pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente.

Um dos componentes mais importantes de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o reservatório, o qual deve ser dimensionado, tendo principalmente como base, os seguintes critérios: demanda de água, áreas de captação, regime pluviométrico e confiabilidade requerida para o sistema (MARINOSKI, 2008).

Tais critérios são importantes, porque em geral o reservatório de armazenamento é um dos componentes mais dispendiosos do sistema de aproveitamento de água pluvial. Desta forma, para não tornar a implantação do sistema inviável, deve-se ter cuidado para um correto dimensionamento do reservatório (MAY, 2004).

Para a elaboração do projeto de dimensionamento do reservatório devem ser considerados: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança, para que possam ser minimizados o turbilhonamento, dificultando dessa forma a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície (NBR 15527, 2007).

Outro fator relevante a observar no projeto do reservatório é que se porventura for alimentado com água de outra fonte de suprimento de água potável, deve possuir dispositivos que impeçam a conexão cruzada¹ (NBR 15527, 2007).

O volume que o reservatório de água de chuva deve comportar é, sem dúvida, a questão mais importante referente ao sistema. De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2007), existem vários métodos para encontrar esse volume, podendo ser citados os Métodos de Azevedo Neto, de Rippl, da Simulação, o Prático Inglês, Prático Alemão, Prático Australiano como descritos abaixo:

- a. **Método Azevedo Neto:** o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

¹ NBR 5626:1998- Conexão Cruzada: Qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m^2);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

b. Método de Rippl: Neste método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S(t) = O(t) - Q(t)$$

$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva (I)} \times \text{área de captação (A)}$

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

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

Onde:

$S(t)$ = volume de água no reservatório no tempo t;

$Q(t)$ = volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D(t)$ = demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

c. Método de Simulação: Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t)$$

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

Sendo que: $0 \leq S(t) \leq V$.

Onde:

$S(t)$ = 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 o consumo ou demanda no tempo t;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

A norma NBR 15527:2007 ressalta que para este método, duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório estar cheio no início da contagem do tempo “t” ou os dados históricos são representativos para as condições futuras.

- d. Método Prático Inglês:** o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, expresso em litros (L).

- e. Método Prático Australiano:** o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

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

P é a precipitação média mensal;

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

A é a área de coleta;

Q é o volume mensal produzido pela chuva.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de g confiança e volume do reservatório.

- f. 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.

V adotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) x 0,06 (6 %)

V adotado= mín (V; D) x 0,06

Onde:

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual, expresso em litros (L);

D é o valor numérico da demanda anual da água não potável, expresso em litros (L);

V adotado é o valor numérico do volume de água do reservatório, expresso em litros (L).

3.3 Vantagens do aproveitamento de águas pluviais

Dentre os vários aspectos positivos no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, podem ser citados: a redução no consumo de água potável com consequente diminuição dos custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento, auxílio na preservação do meio ambiente, minimização dos riscos de enchentes e redução de uma potencial escassez de recursos hídricos (MAY, 2004).

Além disso, outras vantagens técnicas do aproveitamento de água de chuva descritas por Simioni et al. (2004) são:

- Utilizam-se estruturas existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Possui baixo impacto ambiental;
- Promove água com qualidade aceitável para vários fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema convencional; e
- Possibilita a reserva de água para situações de emergência ou interrupção do abastecimento público.

3.4 Águas pluviais e as normas ABNT

A NBR 15527 de 2007, foi uma das primeiras diretrizes brasileiras específicas que forneciam especificidades e requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas, para fins não potáveis, tal como: descargas em bacias de vasos sanitários, irrigação de plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pátios e calçadas e usos industriais, em suma a norma trata das condições gerais que o sistema de aproveitamento pluvial deve atender no que se refere à calhas, condutores e reservatório (HAGEMANN, 2009).

A concepção do projeto de coleta e aproveitamento de água de chuva deve atender às normas técnicas da ABNT NBR 5626 e NBR 10844. Ainda deve constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva, a determinação da demanda, bem como os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será realizado o projeto (ABNT, 2007).

Calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à NBR 10844 e serem observados não só o período de retorno escolhido, a vazão de projeto, a intensidade pluviométrica, bem como os dispositivos a serem instalados para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas atendendo à NBR 2213.

O dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial é recomendado que seja instalado automático e quando utilizado o mesmo deve ser dimensionado pelo projetista e na falta de dados recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial.

Um dos componentes mais importantes para o projeto de reaproveitamento de água de chuva, os reservatórios, devem seguir as diretrizes da NBR 12217 e considerar no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.

As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciados das tubulações de água potável. O sistema de distribuição de água de chuva deve ser independente do sistema de água potável, não permitindo a conexão cruzada de acordo com NBR 5626.

Desta forma, locais de consumo, como torneiras de jardim, devem ser de uso restrito e devidamente identificados para que não ocorra risco de consumo de água não potável e com potencial de contaminação externa.

3.4.1 Qualidade da água pluvial e viabilidade econômica

O nível de tratamento da água pluvial depende principalmente da qualidade da água coletada e de seu uso final. A coleta de água para fins não potáveis não requer muitos cuidados de purificação, embora certo grau de filtração seja necessário. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Em caso de uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por ultravioleta ou osmose reversa (MARINOSKI, 2008 apud MAY & PRADO, 2004).

A NBR 15527, surgiu em 2007 como um ponto de partida para as diretrizes de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em áreas urbanas. Tendo em vista que o

uso é preponderantemente não potável, a norma apresenta parâmetros de qualidade, que servem como um norteador para os seus diversos usos (Quadro 2).

Ressalta-se que é recomendado que os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista para usos mais restritivos.

Quadro 2- Parâmetros de qualidade da água de chuva para usos restritivos não potáveis

PARÂMETRO	ANÁLISE	VALOR
Coliformes Totais (NMP/100 ml)	Semestral	Ausência em 100 ml
Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml)	Semestral	Ausência em 100 ml
Cloro Residual Livre (mg/L)	Mensal	0,5 a 3,0
Turbidez (UNT)	Mensal	2,0
		5,0 (usos menos restritivos)
Cor Aparente (uH)	Mensal	15
Ph	Mensal	6,0 a 8,0

Fonte: Norma NBR 15527:2007.

Depois de verificado o potencial de economia de água potável, devem ser estimados os custos para a implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial, como também analisada sua viabilidade econômica.

Os custos de implantação e operação do sistema de aproveitamento de água pluvial resumem-se basicamente em custos com materiais e equipamentos, custos de energia elétrica devido ao bombeamento de água para o reservatório superior, e custos com mão-de-obra (FASOLA, 2011).

3.5 Empreendimentos de Interesse Social

O Programa Habitação de Interesse Social, inclui habitações em áreas localizada em Zona Especial de Interesse Social- ZEIS e conta com ações de apoio do Poder Público para Construção Habitacional para Famílias de Baixa Renda, visa viabilizar o acesso à moradia básica aos segmentos populacionais de baixa renda familiar mensal em localidades urbanas e rurais.

O programa “Minha casa minha vida”, é instituído pela Lei nº 11.977, de 2009, as destinações de imóveis da União, para fins de provisão habitacional, foram direcionadas prioritariamente para o fomento deste programa. Ele é dividido em quatro faixas de renda,

regulamentadas pelo Ministério das Cidades. A maior parte das destinações dos imóveis da União são para fomentar a modalidade faixa 1, na qual se insere o Programa Minha Casa Minha Vidas Entidades, cujos beneficiários são famílias com renda de até R\$ 1.800,00 reais mensais e os projetos são desenvolvidos por entidades habilitadas pelo Ministério das Cidades.

Para a realização desta tarefa, a SPU desenvolveu um sistema de gestão democrática com a participação do Ministério das Cidades, Caixa Econômica Federal, Poder Público Municipal, representantes acadêmicos, empresariado e integrantes dos movimentos sociais com representatividade do Conselho das Cidades (MINISTÉRIO DA ECONOMIA, 2017).

Visto a grande carência de moradias nos centros urbanos, as construções de habitações populares apresentam-se em uma solução indispensável. Contudo, essas habitações são muitas vezes realizadas de maneira negligente, tanto em relação à qualidade quanto com o meio ambiente (CARDOSO, 2010).

Com o crescimento acelerado da sociedade e com as alterações ambientais que ocorrem no mundo todo, fica claro que se precisa investir cada vez mais no desenvolvimento sustentável.

O governo federal lançou no dia 25 de março de 2009 o **Programa Minha Casa Minha Vida** que prevê o aporte de 34 bilhões de reais visando à construção de 1 milhão de moradias, com a perspectiva de reduzir em 14% o déficit habitacional brasileiro. Deste total, 400 mil moradias destinam-se às famílias com renda de até 3 salários mínimos, faixa em que estão concentrados 90,9% do déficit habitacional; 200 mil moradias destinam-se àquelas que ganham de 3 a 4 salários; 100 mil, às que ganham de 4 a 5; 100 mil para as que recebem de 5 a 6; e 200 mil, às de 6 a 10 salários. Para as famílias com renda de até 3 salários mínimos, o governo deverá subsidiar integralmente a casa própria e aportar 16 bilhões para a construção de 400 mil casas. Quinze bilhões deverão ser acessados diretamente pelas construtoras e empreiteiras junto à Caixa Econômica Federal; e 1 bilhão, por associações e cooperativas, para construção em áreas urbanas e rurais (CARDOSO, 2010, p. 46).

O Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis é o objeto de estudo do presente trabalho, visando a integração dos meios sociais, ambientais e econômicos.

4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no presente estudo para os sistemas de coleta e uso de água pluvial para fins não potáveis, envolve as seguintes etapas:

- Método de abordagem;
- Objeto de Estudo;
- Entrevistas;
- Visitas In loco;
- Identificação dos usos da água.
- Dimensionamento do Sistema: Demanda de água, área de captação, índice pluviométrico, cálculo do Reservatório.

4.1 Método de Abordagem

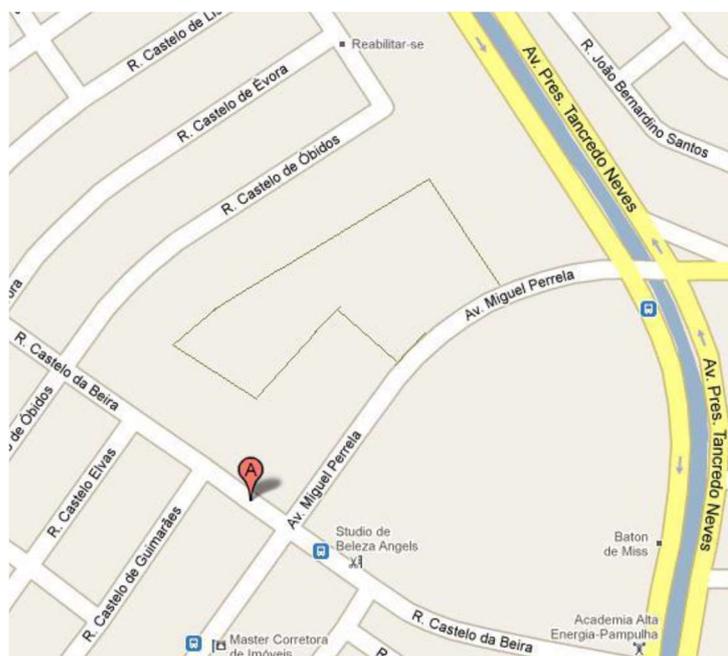
O presente estudo de caso consiste em uma pesquisa qualitativa que visa: analisar os requisitos a serem considerados nos projetos de captação de água pluvial dentro de habitações de interesse social, além de estimular a adoção da técnica de aproveitamento de água da chuva em edificações e identificar o nível de economia do consumo de água potável de maneira a determinar a sua viabilidade econômica de implantação.

4.2 Objeto de Estudo

O objeto de estudo do presente trabalho é um conjunto habitacional de interesse social, destinado ao Programa do Governo “Minha Casa, Minha Vida”, localizado no Bairro Castelo (Figura 6), Regional Pampulha, no município de Belo Horizonte.

Este empreendimento é constituído por um terreno de 18.716,18 m² e está inserido na bacia hidrográfica do Córrego Flor D'Água, subafluente do Córrego Ressaca. Segundo a construtora responsável pelo projeto, a taxa de permeabilidade do empreendimento é de 30,30%, equivalente a 5.671,21 m², distribuídos por jardins, canteiros, pisos Inter travado com grama e áreas de lazer .

Figura 6- Localização do empreendimento.



Fonte: Google Maps.

O empreendimento em estudo foi projetado para comportar seis blocos com 624 apartamentos. As áreas de cobertura dos blocos residenciais têm suas vazões coletadas para aproveitamento da água pluvial. O restante da água coletada é lançado diretamente no solo, que posteriormente escoar superficialmente até as vias internas ou dispositivos de drenagem, como as caixas de detenção.

O projeto foi desenvolvido seguindo as recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e da Companhia de Saneamento de Minas Gerais- COPASA, concessionária dos serviços de água e esgoto local. Além disso, relatam que foram consideradas no desenvolvimento deste empreendimento as orientações da gerência de projetos da própria Construtora.

Para o desenvolvimento do projeto, foram consultados os seguintes documentos:

- NBR 5626/98 - Instalações prediais de água fria;
- NBR 8160/99 - Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução;
- NBR 10844/89 - Instalações prediais de águas pluviais e
- NBR 15527 - Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

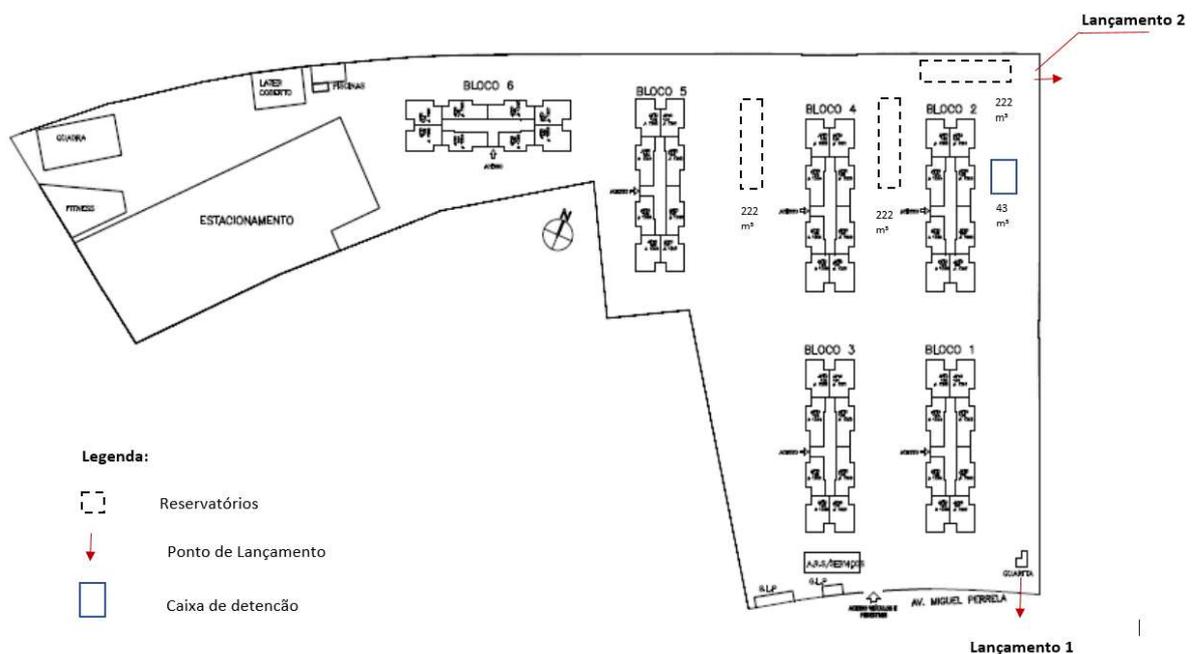
O sistema de aproveitamento de água pluvial é composto por: coletores, reservatórios, redes de distribuição e poços de infiltração. Os coletores são constituídos por telhados de fibrocimento e terraços, que são inclinados em 17%, encaminhando a água coletada para as

redes de coleta central das coberturas. Os reservatórios são dotados de um filtro do tipo vortex na entrada da conexão, onde recebem as águas provenientes das redes de coletoras. A partir dos mesmos, a água é encaminhada aos pontos de consumo, por meio de bombas e conexões das redes de distribuição. Por questões técnicas, após o aproveitamento da água pluvial, o excedente segue para uma caixa de detenção e só então segue para a rede de drenagem do sistema público.

Projitou-se também a utilização de poço profundo, para onde é encaminhada parte da vazão com o objetivo de infiltração no subsolo. Somente após a diminuição da capacidade de absorção do solo e total enchimento do poço, a água passa a ser lançada no sistema público de drenagem, por meio de extravasor do próprio poço de infiltração.

O esquema da planta baixa é apresentado de forma simplificada na figura 7 abaixo:

Figura 7- Planta baixa do Empreendimento.



Fonte: Adaptado Construtora.

O sentido do escoamento, de acordo com o nível de elevação local é da esquerda para a direita, onde o ponto do estacionamento está na cota mais alta e em seguida vai reduzindo até o ponto do lançamento 1.

4.3 Visitas In Loco e Entrevistas

Durante o levantamento de informações sobre o projeto de aproveitamento de água de chuva implantado no empreendimento “Minha Casa minha vida”, foram realizadas entrevistas com o Engenheiro de Meio Ambiente da Construtora, com a síndica e com o zelador do conjunto habitacional.

O Engenheiro de Meio Ambiente, apresentou o projeto desenvolvido e esclareceu dúvidas técnicas relacionados à implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

A síndica e o zelador apresentaram o sistema na prática, fazendo uma visita guiada pelo empreendimento e apontando desde o local da captação até armazenamento no reservatório da água pluvial, mostraram também as plantas baixas do empreendimento e a última conta de água com dados de consumo do último ano.

4.4 Definição dos usos não potáveis que serão atendidos pelo projeto

No projeto inicial foi planejado os usos do aproveitamento de água pluvial para: vasos sanitários do escritório e guarita, a limpeza do pátio interno e irrigação dos jardins. Entretanto, o que se observou na visita in loco, foi o aproveitamento de água efetivamente somente nas torneiras de jardins, usadas principalmente para a rega dos mesmos e limpeza de pátios.

Existem no empreendimento um total de 14 torneiras de uso exclusivo de água pluvial (Figura 8), com identificação de placas de advertência de água não potável, atendendo dessa forma a norma NBR 15527: 2007.

A distribuição da água pluvial captada nas coberturas dos seis blocos, se dá por meio de bombeamento. Não foi contabilizado nesse estudo os gastos de energia gerados por esse consumo das bombas.

Figura 8- Torneira de água pluvial nos jardins e pátios.



Fonte: Autoria Própria.

4.5 Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento Pluvial

4.5.1 Demanda de água de acordo com os usos não potáveis estabelecidos

Para o cálculo da demanda de água para rega dos jardins e limpeza dos pátios, foi considerado uma vazão de $2L/m^2$, atendendo à norma NBR 5626:1998. A frequência adotada para a rega de jardim e limpeza de pátios, foi de uma vez ao dia, ocorrendo durante todo o ano.

Desta forma, o cálculo da demanda de água por atividade é apresentado na Quadro 3.

Quadro 3- Volume demandado de água por atividade

Usos	Taxa	Área (m ²)	Frequência (vezes/dia)	Volume necessário mensal (L/dia)	Volume necessário mensal (L/mês)
Limpeza de pátios	2 L/ m ² . dia	120	1	240	7200
Rega de Jardim	2 L/ m ² . dia	5.671,21	1	11342,42	340272,6
V total (L/mês)	347472,6				
V total (m³/mês)	347,4726				

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com o dimensionamento utilizado, o volume total demandado por mês, foi de 347,47 m³ e 4.169,64 m³ por ano.

4.5.2 Área de Captação

A coleta de água pluvial para aproveitamento, foi exclusivamente projetada para as áreas de cobertura dos blocos residenciais. Não foram aproveitadas as águas captadas nos jardins e nem em áreas que sejam utilizadas para outras finalidades, além da cobertura. Segundo a Construtora do empreendimento, tal decisão se justificou pela inviabilidade técnica-econômica de se implantar um sistema complexo de tratamento da água captada. Dessa forma, a principal contaminação que água pode sofrer é devido ao acúmulo de pó e contaminantes atmosféricos, os quais serão eliminados por meio do filtro tipo vortex, acoplado na entrada do reservatório subterrâneo de armazenamento pluvial.

A cobertura dos blocos 1 ao 6 são compostas por telhados que convergem para as calhas internas. Cada bloco possui uma área coberta de 455,00 m². Sendo assim, a área total disponível para captação da água pluvial será igual a:

$$6 \text{ blocos} \times 455,00 \text{ m}^2 = 2.730,00 \text{ m}^2$$

A vazão proveniente das coberturas dos blocos administrativo, guarita, lazer e garagem são conduzidos para caixas de passagem que coletam também as vazões provenientes dos pisos do pavimento, que não são aproveitadas e encaminhados para a o poço de infiltração profundo localizado no ponto de lançamento 2 (Figura8) e quando atingido sua capacidade máxima é

direcionado para a caixa de retenção próxima à saída do ponto de lançamento da rede de drenagem pública.

4.5.3 Vazão de Captação ou vazão de contribuição

A vazão de captação ou vazão de projeto como determina a norma NBR 10844:1989, é a vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas. Ela pode ser calculada por meio de dois métodos: o método racional ou segundo a equação presente na norma NBR 10844.

4.5.3.1 *Método Racional*

$$Q = 2,78 \times 10^{-7} \times C \times i \times A \text{ (eq.1)}$$

Onde:

A é a área de captação;

I é a intensidade pluviométrica;

C é o coeficiente de escoamento

Adotando-se os mesmos coeficientes de escoamento superficial utilizado pela construtora (Quadro 4), tem-se:

Quadro 4- coeficientes de escoamento adotados no projeto.

C = 0,95	Para áreas impermeáveis (coberturas das edificações, jardineiras sobre laje, acessos cimentados e pisos revestidos com blocos de concreto)
C = 0,75	Para áreas semipermeáveis (piso intertravado com vegetação)
C = 0,50	Para áreas permeáveis (jardineiras sobre terreno natural)

Fonte: Construtora

A área de cobertura que é realizada a coleta da água da chuva é uma área impermeável, feita de material de fibrocimento, sendo assim o seu coeficiente de escoamento é de 0,95. Logo:

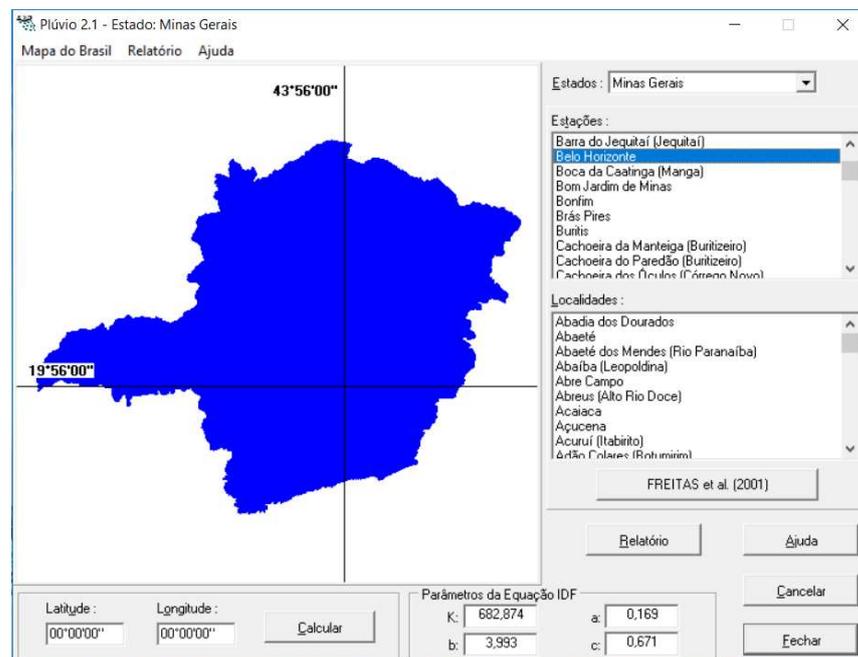
$$C = 0,95$$

A determinação da intensidade pluviométrica “I”, para fins de projeto, deve ser feita a partir da fixação de valores adequados para a Duração de precipitação e o período de retorno. Tomam-se como base dados pluviométricos locais. Para o cálculo da Intensidade Pluviométrica pode ser utilizado a equação IDF da localidade, no caso Belo Horizonte.

$$im = \frac{K \cdot T^a}{(tc + b)^c}$$

Para a determinação dos parâmetros K, a, b, c foi utilizado o software pluvio 2.0 (Figura 9).

Figura 9- Parâmetros curva IDF- Belo Horizonte



Fonte: Pluvio 2.0.

O tempo de retorno para coberturas e terraços é de 5 anos e o tempo de concentração e o tempo de duração de precipitação adotado segundo a norma NBR 10844:1989 é de 5 minutos.

$$im = \frac{682,874 \cdot 5^{0,169}}{(5 + 3,993)^{0,671}}$$

Im= 205,3 (Belo Horizonte)

Com base na definição desses parâmetros e voltando na equação do Método Racional (eq.1), verifica-se que a vazão de projeto determinada pelo método racional é de:

$$Q = 2,78 \times 10^{-7} \times 0,95 \times 205,30 \times 2730 = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5.3.2 Vazão de Projeto segundo a norma NBR 10844:89

Segundo a norma NBR 10844 de 1989, a vazão de projeto deve ser calculada pela fórmula:

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

$$Q = \frac{205,30 \times 2730}{60}$$

$$Q = 9.341,31 \text{ L/min}$$

Onde:

Q= Vazão de projeto, em L/min;

I= Intensidade Pluviométrica, em mm/h;

A= área de contribuição, em m².

O método utilizado pela Construtora em estudo para o cálculo da vazão de projeto ou vazão de contribuição foi o método racional, por se tratar de um lote urbano segundo os dados apresentados.

Ressalta-se que as próximas etapas dos requisitos de um projeto de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis é o dimensionamento de calhas, condutores verticais e horizontais, entretanto nos dados disponibilizados pela construtora não constam esses dimensionamentos.

4.5.4 Determinação da Precipitação Média Mensal

Para a realizar o dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água pluvial é de fundamental importância que se conheça o regime de chuvas local. Esse processo é realizado por meio de uma consulta da série histórica de pluviosidade de uma determinada região em

sites que disponibilizam essa consulta. Um exemplo é o Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, que disponibiliza por meio de um cadastro prévio, a consulta de uma série histórica de registros de pluviosidade.

Na Quadro 5 são apresentadas a precipitação média dos anos de 1961 à 2011, bem como a média mensal desses anos, fornecidos pelo site do INMET, da região de Belo Horizonte.

Quadro 5- Precipitação média mensal

Mês/ Ano	1961 a 1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Média
JAN	296,3	390	170	255	780	500	240	145	350	300	300	295	300	335
FEV	188,4	195	65	305	180	365	155	130	170	200	220	75	60	177
MAR	163,5	135	140	70	175	110	255	270	80	350	270	240	325	202
ABR	61,2	55	15	55	25	190	35	55	100	140	45	85	115	76
MAI	27,8	5	50	15	20	25	30	45	10	0	25	35	0	22
JUN	14,1	0	0	0	0	20	20	10	0	0	45	0	15	9
JUL	15,7	5	10	5	0	40	10	5	10	0	0	0	0	7
AGO	13,7	20	40	2	10	0	5	25	0	50	25	0	0	15
SET	40,5	50	60	80	15	0	130	90	5	100	95	75	0	58
OUT	123,1	70	170	35	20	45	45	130	95	55	340	215	165	115
NOV	227,6	260	330	250	210	160	295	340	130	215	230	400	300	260
DEZ	319,4	320	420	395	290	500	390	330	210	600	565	295	720	420
Anual	1491,3	1505	1470	1467	1725	1955	1610	1575	1160	2010	2160	1715	2000	1696

Fonte: INMET.

4.5.5 Dimensionamento do Reservatório

4.5.5.1 *Método de dimensionamento adotado pela construtora*

O sistema reservatório para aproveitamento de água pluvial do empreendimento em estudo, é composto por três reservatórios subterrâneos. Os métodos usuais para cálculo de reservatório de aproveitamento de águas pluviais estão associados ao acúmulo de água para os dias de seca, o que resulta em reservatórios com grandes volumes e em muitos casos inviáveis do ponto de vista econômico.

A construtora ressalta que, por orientação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente adotou um dos menores dos volumes calculados pelos métodos apresentados na NBR-15527:2007, onde considerou-se também os custos e a eficiência do reservatório.

Dessa forma, o volume do reservatório de acumulação adotado foi de 222 m³. Essa relação está apresentada na Quadro 6, onde os dados foram fornecidos pela própria construtora.

Quadro 6- Volume do Reservatório em cada método da NBR 15527

MÉTODO	VOLUME	EFICIÊNCIA	CUSTO IMPLANTAÇÃO	ECONOMIA ANUAL	TEMPO DE RETORNO
	m ³	%	R\$	R\$	ANOS
RIPPL	2.232,59	99,99	3.326.415,99	30.206,47	110,12
AZEVEDO NETO	583,46	58,06	869.041,09	26.626,69	32,64
AUSTRALIANO	400,25	54,51	596.041,06	24.997,84	23,84
ALEMÃO 6% PRECIP	222,27	52,29	330.832,66	23.982,79	13,79
ALEMÃO 6% CONS	375,92	54,75	543.046,21	25.107,50	21,63
INGLÊS	231,78	52,45	345.005,40	24.052,41	14,34
PLÍNIO TOMAZ	222,25	52,59	330.802,79	23.982,64	13,79

Fonte: Construtora.

O método utilizado para basear o dimensionamento do reservatório do presente projeto foi o Método Plínio Tomaz ou método de Simulação, pois apresentou o menor volume e consequentemente os menores custos de implantação e tempo de retorno.

4.5.5.2 Método de Simulação comparativo

Para um melhor comparativo e análise do aproveitamento de água pluvial, foi feito o cálculo do método de simulação, método escolhido pela construtora para o dimensionamento do volume armazenado no reservatório (Quadro 7).

Quadro 7- Método de Simulação comparativo

Meses	Demanda (m ³)	Prec. média mensal (mm)	Área de captação (m ²)	Coefficiente run-off c	Volume de chuva (m ³)	Volume do reservatório (m ³)	Volume do reservatório (t-1) (m ³)	Volume do reservatório (t) (m ³)	Extravasamento (m ³)	Suprimento (m ³)	% demanda atendida
Jan	347,47	335,00	2730,0	0,95	868,8	222,0	0	122	299,3	0	100
Fev	347,47	177,00	2730,0	0,95	459,0		7	222,0	0,0	0	100
Mar	347,47	202,00	2730,0	0,95	523,9		222	222,0	176,4	0	100
Abr	347,47	76,00	2730,0	0,95	197,1		222	175,9	0,0	0	100
Mai	347,47	22,00	2730,0	0,95	57,1		176	-10,3	0,0	10	97
Jun	347,47	9,00	2730,0	0,95	23,3		0	-219,9	0,0	220	37
Jul	347,47	7,00	2730,0	0,95	18,2		0	-225,1	0,0	225	35
Ago	347,47	15,00	2730,0	0,95	38,9		0	-204,3	0,0	204	41
Set	347,47	58,00	2730,0	0,95	150,4		0	-92,8	0,0	93	73
Out	347,47	115,00	2730,0	0,95	298,3		0	55,0	0,0	0	100
Nov	347,47	260,00	2730,0	0,95	674,3		55	222,0	159,9	0	100
Dez	347,47	420,00	2730,0	0,95	1089,3		222	222,0	741,8	0	100
4.169,67							0		0		
TOTAL		1696,00									

Fonte: Autoria Própria.

Com base no redimensionamento do reservatório pelo método de simulação é possível inferir algumas comparações com o cálculo utilizado pela construtora para o mesmo fim e também verificar a viabilidade do projeto utilizado para empreendimentos de interesse social.

4.5.5.3 Método comparativo- Software Netuno

Também é possível utilizar uma ferramenta computacional para o dimensionamento do reservatório de forma mais ágil e automatizada, o Netuno. Um programa computacional utilizado para simulações de sistemas de captação de águas pluviais, desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. O Netuno, além de dimensionar o reservatório superior (opcional) e inferior, pode apresentar como resultados: o potencial de economia de água, potável, análises econômicas do sistema considerando o custo do metro cúbico da água potável o volume de água pluvial extravasado, custos de construção e operacionais, entre outros fatores (FEAM, 2016). No presente estudo, o Netuno foi utilizado como método comparativo de dimensionamento do volume do reservatório.

Os dados de entrada do programa são: dados diários de precipitação, área de captação, demanda total de água de chuva, coeficiente de escoamento superficial e volume do reservatório superior e inferior.

Para a viabilizar a simulação do sistema de captação de água de chuva, por meio do programa Netuno é necessário que se insira uma base histórica de precipitação mensal. Essa série histórica foi catalogada no site do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET e utilizou-se do mesmo período de tempo apresentado pela construtora (1961-1990).

Os dados foram baixados e convertidos em planilha compatível com o Programa Netuno. Após a inserção dos dados pluviométricos, foram inseridos também: área de captação, demanda total de água (dimensionada anteriormente), percentual de demanda total a ser substituída por água pluvial, onde considerou-se um valor de 40%, conforme entrevista realizada com o síndico do empreendimento, coeficiente de escoamento, e volume máximo do reservatório, calculado conforme métodos da NBR 15527, onde o superdimensionamento é realizado pelo método de Rippl, essa relação está demonstrada na Figura 10 abaixo.

Figura 10- Simulação reservatório por meio do Programa Netuno 4.

Netuno 4

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação	Precip 1961 - 1990
Número de registros	311
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/1961
Descarte escoamento inicial (mm)	0

Área de captação (m²)
2730

Demanda total de água (litros per capita/dia)
11582,42 Variável...

Número de moradores
1 Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial
100%

Coefficiente de escoamento superficial
Outro valor 0,95

Observações

Reservatório superior

Reservatório inferior

Simulação para reservatório com volume conhecido

Simulação para reservatórios com diversos volumes

Intervalo da simulação

Volume máximo (litros)
2232590

Intervalo entre volumes (litros)
100000

Indicar volume ideal para o reservatório inferior

Simular

Salvar simulação atual Limpar campos

Análise Econômica

Fonte: Netuno 4

A análise comparativa entre os dois métodos será abordada na seção de Resultados e Discussões.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise de atendimento à demanda e economia de água potável

Utilizando como base os dados obtidos no método de simulação comparativo (Quadro 7), verifica-se que é necessário o consumo de água potável como fonte de complementação da água pluvial, entre os meses de maio a setembro. Isso equivale a dizer que 60% dos meses a demanda calculada para os usos de rega de jardins e lavagem de pisos é atendida em 100% e somente 40% dos meses restante é necessária uma complementação com água potável.

Para dimensionar a redução do consumo de água potável com o aproveitamento de água pluvial, é necessário primeiramente identificar o volume demandado para os mesmos fins, esse cálculo foi realizado anteriormente por meio do quadro 3, onde encontrou-se um volume igual à 347,47 m³ para os usos de rega de jardins e lavagem de pisos.

Em um segundo momento é preciso calcular o volume de água pluvial utilizada efetivamente, tendo em vista a pluviosidade local e suas médias mensais. Esse dimensionamento está presente no quadro 7, com o método de simulação. Para fins didáticos esse cálculo será dividido em duas partes, primeiramente o volume pluvial dos meses 100% atendidos e posteriormente o cálculo do volume em que não é atendida a demanda em 100%, que pode ser calculada somando-se a coluna de volume de água à suprir, presente no quadro 7. Dessa forma:

$$\begin{aligned} \text{I)} \quad & \text{Volume pluvial (100\% atendido)} = \text{Volume demandado} \times 7 \text{ meses} \\ & \text{Volume pluvial (100\% atendido)} = 347,47 \times 7 = \\ & \text{Volume pluvial (100\% atendido)} = 2.432,29 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{II)} \quad & \text{Volume pluvial (meses não atendidos)} = \sum \text{ da \% do volume atendido nos meses} \\ & \text{Volume pluvial (meses não atendidos)} = 984,96 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Fazendo os cálculos de porcentagem em relação à demanda de 347,47 m³ e somando-se, chega-se no volume de água pluvial igual à 984,96 m³.

Somando-se os dois volumes, tem-se:

$$\mathbf{V \text{ total de água pluvial/ ano (média): } 3.417,25 \text{ m}^3/\text{ano}}$$

V total de água pluvial/ mês (média): 284,77 m³/mês

E somando-se o volume de água potável à suprir nos meses que a demanda não é 100 % atendida, tem-se:

Volume de água potável à suprir: 752 m³

Calculando-se o volume total de água potável que seria utilizada, caso o sistema de aproveitamento de água não fosse implantado, tem-se:

$$347,47 \times 12 = 4.169,64$$

V total de água potável à ser utilizado, sem o sistema de aproveitamento:

4.169,64 m³ /ano

Dessa forma, a economia de água potável quando implantado o sistema de aproveitamento de água pluvial é de:

Economia no consumo de água potável:

$$V = 3.417,25 / 4.169,64 = 0,81$$

Uma economia de 80% no uso de água potável no ano, o que gerará também uma economia nos custos com essa água.

Dessa forma verifica-se uma alta viabilidade no uso da água pluvial para fins não potáveis em substituição ao uso da água potável, tendo em vista uma melhor redução do uso dos recursos naturais e também um atendimento econômico e social, já que o empreendimento em estudo é destinado para famílias de menores condições sociais.

Também é possível identificar um alto volume extravasado, pois os reservatórios não conseguem armazenar toda a vazão captada, dessa forma ao chegar na sua capacidade limite o volume é extravasado e infiltrado por meio de um poço profundo à jusante e quando saturado é encaminhado para o primeiro ponto de lançamento, no terreno vizinho ou à uma caixa de retenção também a jusante e por fim à rede de drenagem pública.

5.2 Análise Econômica

A importância de se conhecer os custos do projeto consiste em planejar em quanto tempo o sistema se paga e analisar se a sua implantação traz benefícios para os moradores, tanto em aspectos econômicos quanto em aspectos de consumo de água potável que será preservado.

Nos Quadros 9 e 10 é apresentado os investimentos na implantação do projeto de sistema de aproveitamento de água pluvial. Na apropriação dos custos de implantação para estes volumes foram considerados valores de referência para concreto, armação e forma, e desconsiderado o custo do dinheiro ao longo do tempo, bem como os custos de operação e manutenção (CONSTRUTORA, 2012).

Na Quadro 8 são apresentados os custos com material para construção de uma caixa de drenagem com 222 m³, volume dimensionado por meio dos métodos determinados na norma NBR 15527.

Quadro 8- Orçamento com material, levantado para uma caixa de drenagem com 222 m³.

Material	Quantidade	Valor	Total
BLOCO 0,20	1200	R\$ 1,91	R\$ 2.292,00
ARMAÇÃO TAMPA CX - KG	298	R\$ 3,14	R\$ 935,72
FORMA TAMPA CX - M ²	25,08	R\$ 20,00	R\$ 501,60
CONCRETO TAMPA 15Mpa em m ³	3	R\$ 229,00	R\$ 687,00
AÇO SAPATA CX - KG	406	R\$ 3,14	R\$ 1.274,84
CONCRETO SAPATA	3,6	R\$ 229,00	R\$ 824,40
CONCRETO 15Mpa em m ³	4	R\$ 229,00	R\$ 916,00
MANILHA DIAMETRO - 1,20 E 1,50M COMP	26	R\$ 150,00	R\$ 3.900,00
BICA CORRIDA M ³	55	R\$ 40,00	R\$ 2.200,00
TAMPA PV	2	R\$ 100,00	R\$ 200,00
MASSA USINADA REBOCO	4	R\$ 290,00	R\$ 1.160,00
		TOTAL	R\$ 14.891,56

Fonte: Construtora.

No quadro 9 são demonstrados os custos com a mão de obra, custos esse apresentado pela própria Construtora.

Quadro 9- Orçamento com mão de obra, levantado para uma caixa de drenagem com 222 m³.

MÃO DE OBRA			
ESCAVAÇÃO 204m ³ (RETRO ESCAVADEIRA) HORAS	50	R\$ 75,00	R\$ 3.750,00
ARMAÇÃO TAMPA CX - KG	298	R\$ 1,75	R\$ 521,50
FORMA TAMPA CX - M ²	25,08	R\$ 30,00	R\$ 752,40
CONCRETO TAMPA 15Mpa em m ³	3	R\$ 20,00	R\$ 60,00
AÇO SAPATA CX - KG	406	R\$ 1,75	R\$ 710,50
CONCRETO SAPATA	3,6	R\$ 20,00	R\$ 72,00
INSTALAÇÃO MANILHAS	26	R\$ 200,00	R\$ 5.200,00
LOCAÇÃO CAMINHÃO (MUCK) HORAS	20	R\$ 100,00	R\$ 2.000,00
EXECUÇÃO LASTRO DE BICA CORRIDA M ³	50	R\$ 3,50	R\$ 175,00
ALVENARIA BLOCO CHEIO 0,20 M ²	78	R\$ 25,00	R\$ 1.950,00
REBOCO INTERNO M ²	78	R\$ 16,20	R\$ 1.263,60
ATERRO COMPACTADO M ³	40	R\$ 3,50	R\$ 140,00
		TOTAL	16595

Fonte: Construtora

Como mencionado é importante conhecer os custos da obra e ter em vista o tempo de retorno do investimento para dimensionar a real viabilidade do sistema.

Na Figura 11, é apresentada uma conta de água da concessionária local, fornecida pelo Síndico do condomínio.

Figura 11- Conta de água do empreendimento

REFERÊNCIA DA FATURA				IDENTIFICADOR USUÁRIO		MATRÍCULA						
Número	Data de Emissão	Data de Apresentação	Mês	0 015 120 717 8		0 013 568 186 3						
001.19.34770691-6	17/06/2019	17/06/2019	06/2019									
HIDRÔMETRO	LEITURA		CONSUMO FATURADO		PRÓXIMA LEITURA	QUANTIDADE DE UNIDADES ATENDIDAS						
F17B 0700167	Atual 18384 12/06/2019	Anterior 15186 14/05/2019	m ³ 4198	Litros 4.198.000	12/07/2019	Água 624	Esgoto 624					
HISTÓRICO DE CONSUMO			TARIFA									
Volume Faturado Litros	Dias entre medições	Média diária Litros	CÁLCULO RESIDENCIAL									
Volume Faturado em 1.000 Litros	Consumo da base em 1.000 Litros	Unidades Atendidas	Volume Total	R\$/ M ³ Litros Água	Valor Água R\$	R\$/M ³ Esgoto	Valor Esgoto R\$	Sub Total R\$				
JUN/2019	4.198.000	29	144.758	FIXA	--	624	--	9.965,28	--	9.453,60	19.418,88	
MAI/2019	4.409.000	31	133.606	0 A 5	5,00000	624	3.120,00	1.12000	3.494,40	1.07000	3.338,40	6.832,80
ABR/2019	2.682.000	28	95.785	5 A 10	1,72756	624	1.077,99	3,16500	3.411,86	3,00700	3.241,54	6.653,40
MAR/2019	1.982.000	31	63.935									
FEV/2019	1.825.000	27	67.592									
JAN/2019	1.777.000	31	53.848									
DEZ/2018	4.333.000	31	139.774									
NOV/2018	6.835.000	32	213.593									
OCT/2018	5.302.000	29	203.517	SOMA	6,72756		4.197,99		16.871,54		16.033,54	32.905,08
SET/2018	6.006.000	32	187.687									
AGO/2018	1.236.000	29	42.620									
JUL/2018	1.184.000	28	42.642									
CONSUMO MÉDIO			DESCRICOÃO DOS SERVIÇOS/LANÇAMENTOS									
m ³	litros											
2798	798.000											
SEU CONSUMO/CUSTO DIÁRIO												
144.758 LITROS DE ÁGUA												
Água	Esgoto											
581,77	552,88											
			ABASTECIMENTO DE ÁGUA 16871,54									
			ESGOTO DINAMICO COM COLETA E TRATAMENTO - EDT 16033,54									
			COBRANCA PELO USO DE RECURSOS HIDRICOS - ÁGUA 57,18									
			COBRANCA PELO USO DE RECURSOS HIDRICOS - ESGOTO 13,27									

Fonte: Condomínio do Empreendimento.

Os custos com material, com mão de obra, conta de água do condomínio são apresentadas com o objetivo de identificar os custos envolvidos com todo o sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, de maneira que se possa confirmar a viabilidade de sua implantação em um empreendimento de interesse social, como os do Programa “Minha Casa Minha Vida”.

Os custos com a implantação, aqui considerados como, mão de obra e material utilizado principalmente na construção dos reservatórios, foi de R\$31.486,56 (Quadro 10).

Quadro 10- Custo com material e mão de obra.

Material	Mão de Obra	SOMA
14891,56	16595	31.486,56

Fonte: Adaptado Construtora.

Por meio da conta de água apresentada na figura 11, é possível determinar que os custos recorrentes, como aqueles com o consumo de água potável fornecido pela concessionária local é de R\$ 8.841,68 conforme demonstrado no quadro 11.

Quadro 11- Custo médio com água potável.

Volume consumido médio –m ³ (jun 2018- jun 2019)	Custo (R\$)/ m ³	Custo médio (R\$)
2798	3,16	R\$ 8.841,68

Fonte: Aatoria Própria.

Esse custo médio apresentado, representa os gastos com todo o consumo de água potável utilizado no empreendimento, incluindo os 624 apartamentos.

O volume utilizado para as atividades de rega de jardim e limpeza de pátio foi de 284,77 m³ por mês de água pluvial, isso representaria caso fosse utilizado água potável, um custo de R\$ 899,87 ou seja, o sistema de coleta de água de chuva apresenta uma redução de 10% nos custos mensais de água potável do empreendimento, como apresentado no quadro 12.

Quadro 12- Redução dos custos com uso de água pluvial.

volume água pluvial (m ³ /mês)	Redução do custo com água pluvial/ mês	Red. Custo água pluvial/ custo médio água potável
284,77	R\$ 899,87	10%

Fonte: Aatoria Própria.

Observa-se uma redução nos custos com o consumo de água potável de 10%, o que também justifica a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Em termos financeiros, tem-se:

$$284,77(\text{média pluvial/mês}) \times \text{R}\$3,16/\text{m}^3 = \text{R}\$ 899,87/ \text{ mês}$$

$$899,87 \times 12 = \text{R}\$ 10.798,47/\text{ano}$$

5.3 Pay Back

Para o cálculo de Pay back, foram consideradas como dados de saída de caixa, os custos investidos com material e mão de obra, R\$31.486,56.

Como dados de entrada de caixa, foi considerado o retorno financeiro com a economia de água potável, R\$10.798,47 por ano ou R\$ 899,87 por mês.

Dessa forma, como o pay back é calculado pela divisão dos dados de saída pelos dados de entrada, tem-se:

$$31.486,56 / 899,87 = 34,99 \text{ ou } 35 \text{ meses.}$$

Um tempo estimado de retorno de 3 anos, o que não possui grande proporção, tendo em vista a economia de água, os benefícios ambientais, econômicos e sociais associados com essa substituição.

6 CONCLUSÕES

O projeto de manejo de águas pluviais para o empreendimento apresenta aproveitamento de águas pluviais apenas para as atividades de rega de jardins e lavagem de pisos, apesar de ter sido planejado inicialmente um aproveitamento também nos vasos sanitários dos banheiros da guarita e administração do condomínio.

A construtora adotou três reservatórios de 122 m³ e uma caixa de detenção de 43 m³. A partir de conjunto moto-bomba os pontos de irrigação (torneiras) serão alimentados, existem no empreendimento um total de 14 torneiras de água pluvial para fins não potáveis.

Dessa forma, analisando os dois parâmetros, o de redução no consumo de água potável e a redução nos custos com uso da água potável, quando substituído por água pluvial, infere-se que o sistema atende 100% em 60% dos meses do ano, e nos meses que atende parcialmente a quantidade de água potável demandada é pouca.

Ocorre uma redução com os custos de consumo de água potável em torno de 10%. Os investimentos com o sistema são alto, entretanto o tempo de retorno é médio, com mais ou menos 3 anos.

Por essas análises realizadas, percebe-se que o sistema de aproveitamento de água pluvial ainda é uma das formas mais importantes de conservação da água potável nos centros urbanos, e no presente estudo apresentou-se viável tendo em vista equilíbrio entre as vertentes financeiras, ambientais e sociais.

O estudo de caso do empreendimento demonstrou que o custo para implantação ainda é muito alto e o dimensionamento do reservatório não supriu completamente durante todo o ano a demanda requisitada pelas atividades de rega de jardim e limpeza de pátios, entretanto teve o seu aproveitamento em 100% na maior parte dos meses do ano, o que justifica a implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em empreendimentos de interesse social.

REFERÊNCIAS

ACBMAC. Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br>. Acessado em abril de 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844. Instalações Prediais de Águas Pluviais. ABNT 1989.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626. Instalação predial de água fria. ABNT, 1998.

ABNT. Sistemas prediais de esgoto sanitário–Projeto e execução. NBR. 8160. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ANA – Agência Nacional de Águas. Informações Hidrológicas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/>>. Acessado em abril de 2018.

CARTILHA APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL- FEAM. Disponível em: <http://feam.br/images/stories/2016/producao_sustentavel/guias-tecnicos_ambientais/cartilha_agua_da_chuva_intranet.pdf>. Acessado em 30 de maio de 2018.

CARTILHA FATOS E TENDÊNCIAS-ÁGUA- CEBDS E ANA. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2006/AguaFatosETendencias.pdf>>. Acessado em abril de 2018.

CARDOSO, Daniel Corrêa. Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social–Caso:“Minha Casa Minha Vida”. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)/Colegiado de Engenharia Civil. Feira de Santana, BA, 2010.

CMBH- Câmara Municipal de Belo Horizonte. Disponível em: <<https://www.cmbh.mg.gov.br/comunicação/notícias/2015/06/proposta-de-captacao-e-reuso-de-agua-pluvial-recebe-parecer-favoravel>>.Acessado em junho de 2019.

DA SILVA, Robson Rodrigo; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda; DOS SANTOS, Gisele Cristina. Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil.

DEP – Departamento de Esgotos e Águas Pluviais de Porto Alegre, Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre, Manual de Drenagem Urbana Volume VI. Porto Alegre, 2005.

FASOLA, Gabriel Balparda et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.

GUIMARÃES, D. P. et al. Índices pluviométricos em Minas Gerais. Embrapa Milho e Sorgo- Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E), 2010.

GHSI, E. A Influência da Precipitação Pluviométrica, Área de Captação, Número de Moradores e Demandas de Água Potável e Pluvial no Dimensionamento de Reservatórios para Fins de Aproveitamento de Água Pluvial em Residências Unifamiliares. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para participação no Concurso Público do Edital N° 026/DDPP/2006. Florianópolis, 2006.

HAGEMANN, Sabrina Elicker et al. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. 2009.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acessado em: 09 de maio de 2019.

KAMMERS, Pauline Cristiane; GHSI, EneDir. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2006.

MACOMBER, P.S.H. Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii. Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa, 2001.

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

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

MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. Dispõe sobre A Política Estadual de Recursos Hídricos e Dá Outras Providências. Disponível em: Acesso em: 15 mai. 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS-ONU-2006. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acessado em maio de 2018.

PESSARELLO, REGIANE GRIGOLI. Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores. São Paulo, Fev, 2008.

TOMAZ, Plínio. Economia de água para empresas e residências. São Paulo: Navegar, 2001. WATER, U. N. Water, A Shared Responsibility. The United Nations World Water Development Report 2. 2006.

TUCCI, C. E. M. Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

WEIERBACHER, Leonardo. Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada-RS. Monografia de graduação, Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

ANEXO A- Simulação de Reservatório- Netuno 4

Volume (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial é totalmente atendida (%)	Demanda de água pluvial é parcialmente atendida (%)	Demanda de água pluvial não é atendida (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m ³)
0	0,00	0	2.560.362	280.261	0	0	100	0
100.000	2,64	67.629	2.492.732	212.632	0	93	7	0
200.000	4,53	115.973	2.444.389	164.288	0	93	7	0
300.000	5,98	153.031	2.407.331	127.230	0	93	7	0
400.000	7,20	184.452	2.375.910	95.809	0	93	7	0
500.000	8,26	211.381	2.348.981	68.880	0	93	7	0
600.000	9,02	230.817	2.329.545	49.444	0	93	7	0
700.000	9,57	245.147	2.315.215	35.114	0	93	7	0
800.000	9,99	255.889	2.304.473	24.372	0	93	7	0
900.000	10,30	263.759	2.296.602	16.502	0	93	7	0
1.000.000	10,52	269.224	2.291.137	11.037	0	93	7	0
1.100.000	10,67	273.206	2.287.156	7.055	0	93	7	0
1.200.000	10,79	276.162	2.284.199	6.393	4	89	7	0
1.300.000	10,85	277.837	2.282.525	5.615	4	89	7	0
1.400.000	10,88	278.664	2.281.698	5.294	4	89	7	0
1.500.000	10,92	279.486	2.280.876	3.905	4	89	7	0
1.600.000	10,94	280.168	2.280.194	3.905	4	89	7	0
1.700.000	10,95	280.261	2.280.101	3.905	4	89	7	0
1.800.000	10,95	280.261	2.280.101	3.905	4	89	7	0
1.900.000	10,95	280.261	2.280.101	3.905	4	89	7	0
2.000.000	10,95	280.261	2.280.101	3.905	4	89	7	0
2.100.000	10,95	280.261	2.280.101	1.410	4	89	7	0
2.200.000	10,95	280.261	2.280.101	0	4	89	7	0

Volume utilizado pela construtora.

