

# REVISTA DA ARQUITETURA: CIDADE E HABITAÇÃO

**Estudo da viabilidade do reaproveitamento de água de chuva na cidade de Belo Horizonte-MG para utilização residencial**

**Feasibility study of reuse of rainwater in the city of Belo Horizonte-MG for residential usage**

Fábio Henrique Silva Alvim,  
Álvaro Bittencourt Henrique Silva

Dossiê temático: Habitação no Terceiro Milênio  
Volume 1 • Nº 1 • Jan a Jun • 2021

# Estudo da viabilidade do reaproveitamento de água de chuva na cidade de Belo Horizonte-MG para utilização residencial\*

## Feasibility study of reuse of rainwater in the city of Belo Horizonte-MG for residential usage

Fábio Henrique Silva Alvim\*\*

Álvaro Bittencourt Henrique Silva\*\*\*

### Resumo

Dentro do novo paradigma de desenvolvimento urbano que se estabeleceu devido à ameaça aos recursos hídricos, tornou-se necessária a busca por meios sustentáveis neste milênio, visando reduzir o consumo exacerbado de água e o incentivo à elaboração de soluções de reutilização desse bem essencial de consumo. Uma dessas alternativas que tem se mostrado promissora é o reaproveitamento da água da chuva. O objetivo do trabalho é desenvolver um estudo de caso e avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de captação da água da chuva em uma residência localizada no município de Belo Horizonte-MG, com o intuito de reduzir o consumo de água distribuído pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). A metodologia utilizada consiste em estimar e dimensionar todas as variáveis que afetam o processo, como a precipitação, a área de coleta e demanda dos moradores, analisando-se a viabilidade econômica do sistema proposto e considerando-se o valor gasto e a sua respectiva economia anual na despesa da concessionária pública. Com base nas etapas metodológicas do estudo de caso, definiu-se uma caixa d'água com capacidade de 5m<sup>3</sup>, ocasionando um valor de investimento para instalação do projeto em R\$ 4.991,85, bem como concluiu-se, ainda, que o tempo de retorno do valor investido será de 10 anos e os moradores, após esse tempo, economizariam um valor de R\$ 5.120,91 ao longo dos 10 anos restantes do projeto. Dessa forma o projeto proposto torna-se viável com a economia gerada em longo prazo. As áreas de Engenharia Civil e Arquitetura possuem um papel muito importante nesse sentido, uma vez que diversas edificações já começaram a se adaptar aos novos tempos e a adotar a solução do aproveitamento de água da chuva.

**Palavras-chave:** Água da chuva. Reaproveitamento de água. Captação de água da chuva. Sustentabilidade.

### Abstract

Within the new urban development paradigm that was established due to the threat to water resources, it became necessary to search for sustainable means

\* Recebido em 31/07/2020

Aprovado em 25/01/2021

\*\* Graduação em Engenharia Civil, Centro Universitário de Brasília (2020), MBA Gestão Estratégica e Liderança, Instituto Brasil de Ensino e Consultoria (2021), trabalhou na empresa New Commerce (empresa de TI). Graduação incompleta Engenharia de Controle e Automação, Centro Universitário Uma (2014 a 2016), oficial do Exército Brasileiro, 2015- atual. E-mail: fabio.alvim@sempreuceb.com

\*\*\* Possui graduação em Engenharia Civil - Faculdades Reunidas Nuno Lisboa (1982), Especialista em Engenharia de Saúde Pública pela ENSP e Doutorado em Economia pela Universidade Católica de Brasília (2013). Atualmente é professor titular do UniCEUB. E-mail: alvaro.silva@ceub.edu.br

in this millennium, aiming to reduce the exacerbated consumption of water and the incentive for the elaboration of solutions for the reuse of this good essential consumption. One of these alternatives that has been shown to be promising is the reuse of rainwater. The aim of the work is to develop a case study and evaluate the feasibility of implementing a rainwater capture system in a residence located in the city of Belo Horizonte-MG, in order to reduce water consumption distributed by the Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). The methodology used consists of estimating and dimensioning all variables that affect the process, such as precipitation, the area of collection and demand of residents, analyzing the economic viability of the proposed system and considering the amount spent and their respective annual savings in expenditure of the public concessionaire. Based on the methodological steps of the study case study, a water tank with a capacity of 5m<sup>3</sup> was defined, causing an investment amount for the installation of the project of R \$ 4,991.85, as well as as it was concluded, still, that the time of return of the invested value will be of 10 years and residents, after that time, would save an amount of R \$ 5,120.91 over the remaining 10 years of the project. In this way the project proposed becomes feasible with the savings generated in the long run. The areas Civil Engineering and Architecture have a very important role in this sense, since several buildings have already begun to adapt to the new times and to adopt the solution of the use of rainwater.

**Keywords:** Rainwater. Water reuse. Fundraising rain water. Sustainability.

## 1 Introdução

A água, além de essencial para a existência da vida humana, representa um recurso natural de suma importância para a economia do país, bem como para assuntos estratégicos e sociais.

Dados do Relatório de Perspectivas da População Mundial de 2017, das Nações Unidas, descrevem que a população mundial poderá aumentar para, aproximadamente, 9,8 bilhões de pessoas em 2050 e que, em 2100, o mundo terá quase 11,2 bi-

lhões de habitantes. Diante do grande crescimento populacional, os recursos hídricos estão ameaçados, seja pela poluição, degradação dos mananciais, alteração do clima ou pelo consumo sem conscientização e cuidado.

Segundo Ushiwata (2002), apesar de, nos últimos anos, ter se difundido o conceito de desenvolvimento sustentável, a civilização, ainda, não se desprende da cultura do desperdício, pois a reserva mundial desse recurso nos faz crer em abundância, o que, por consequência, coloca em risco as gerações futuras. Diariamente, eliminamos muita água, por meio de banhos prolongados, atitudes como deixar a torneira aberta enquanto escovamos os dentes ou lavamos a louça, mangueiras abertas enquanto lavamos o carro e calçada, entre outras formas de desperdício.

Com a crescente demanda pela água, a partir da urbanização e pelas características da sociedade moderna do terceiro milênio, é necessário que a população busque meios sustentáveis e soluções para reduzir o consumo exacerbado e que incentivem a reutilização da água. Uma dessas alternativas que tem se mostrado promissora é o reaproveitamento da água da chuva. (VILLIERS, 2002).

Segundo Murase (2002), a água da chuva pode ser utilizada em diversos processos, pois é uma ótima fonte de água e de tecnologia relativamente simples e econômica, além de ser uma das medidas contra o racionamento.

De acordo com May (2004), a viabilidade do sistema depende, basicamente, de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. O reservatório de água da chuva, por ser o componente mais dispendioso do sistema, deve ser projetado de acordo com as necessidades do usuário e com a disponibilidade pluviométrica local para dimensioná-lo corretamente, sem inviabilizar economicamente o sistema.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo geral

O trabalho tem como objetivo geral avaliar a viabilidade de implantação de sistemas de captação da água da chuva como alternativa ao abastecimento de água para fins de utilização não potáveis, considerando-se uma residência localizada no município de Belo Horizonte, com o intuito de reduzir o consumo de água distribuído pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) e, por consequência, contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos da região.

## 2.2 Objetivos específicos

- Determinar o percentual de água que não será utilizado da distribuidora (COPASA);
- Estimar o volume adequado que o reservatório de água pluvial deve ter para a captação ideal à residência;
- Analisar a viabilidade econômica do sistema proposto.

## 3 Metodologia

Para a elaboração do trabalho, inicialmente, realizou-se vasta pesquisa bibliográfica disponível sobre o assunto, em que foram consultados documentos como: artigos técnicos, folhetos, cursos, livros, normas, revistas especializadas, dissertações, teses, entre vários outros conteúdos pertinentes ao objeto do estudo.

Em seguida, foram coletados os dados do sítio eletrônico Climatempo que determinam o índice pluviométrico da cidade de Belo Horizonte-MG. (CLIMATEMPO..., 2020)

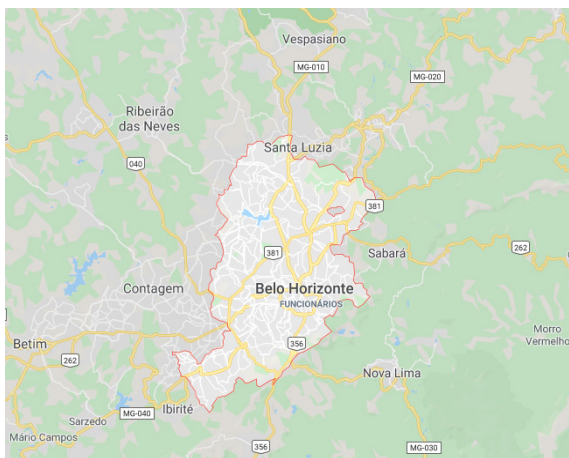
Por fim, foram traçadas algumas considerações de projeto, por meio de um estudo de caso, para o reaproveitamento de água de chuva para o consumo residencial.

### 3.1 Área de estudo

O estudo de viabilidade do reaproveitamento residencial de água da chuva foi realizado na cidade de Belo Horizonte-MG, com população média de 1,4 milhões de habitantes, uma área total de 330

km<sup>2</sup> e 282 km<sup>2</sup> de área urbana conforme região demarcada na Figura 1.

Figura 1 – Vista superior de Belo Horizonte.



Fonte: Google Maps 2020.

O trabalho foi elaborado para atender uma residência na cidade de Belo Horizonte-MG, localizada no bairro de Trevo, região da Pampulha-BH, com coordenadas geográficas de Latitude  $19^{\circ}50'02.1''S$  e Longitude  $44^{\circ}00'21.3''W$ , constituída de 3 pavimentos, distribuídos em 1º piso, 2º piso e 3º piso, possuindo 2 (dois) moradores.

Figura 2 – Imagem de localização da residência.



Fonte: Google Earth 2017.

Figura 3 – Imagem da fachada da residência.



Fonte: Google Maps 2020.

Realizando uma visualização detalhada das áreas molhadas e um desmembramento das áreas internas da residência, no seu 1º piso, localizado abaixo do nível da rua, há um lavabo com vaso sanitário e cuba, além de uma cozinha com uma pia. No 2º piso, não há área molhada e, no 3º, há um banheiro contendo cuba, vaso sanitário e um chuveiro.

Na área externa da residência, há uma área de lazer, na qual possui uma lavanderia contendo um tanque; um lavabo contendo uma cuba e um vaso sanitário; uma cozinha conjugada contendo uma pia e, ainda, uma área reservada para banheira de hidromassagem e um chuveiro tipo ducha.

Na área de jardim, possuem duas saídas de água para mangueiras, com a finalidade de aguar as plantas, lavagem externa da casa e do carro.

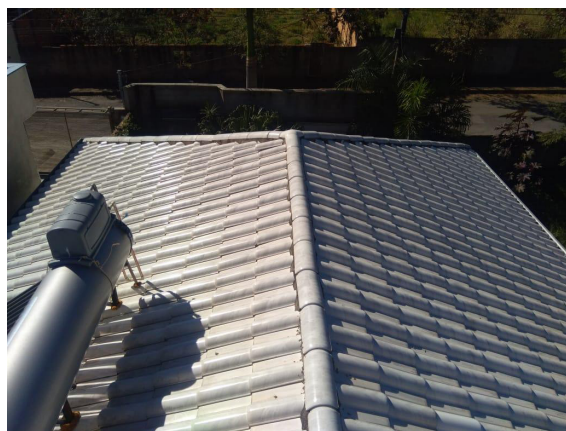
## 3.2 Revisão bibliográfica

### 3.2.1 Área de captação de água da chuva

Denomina-se área de captação o local de onde será captada a água da chuva e normalmente são os telhados dos imóveis. O telhado pode estar inclinado, pouco inclinado ou até mesmo plano (TOMAZ, 2005).

O telhado da residência do referido trabalho caracteriza-se por ser uma superfície inclinada, no formato de duas águas, conforme figuras 5, 6 e 7.

Figura 4 – Telhado superior da casa



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 – Telhado frente da casa



Fonte: Elaborado pelo autor.

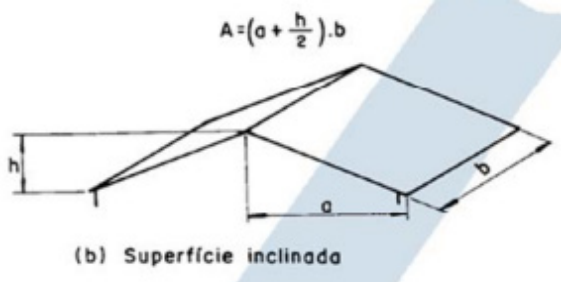
Figura 6 – Telhado área de lazer.



Fonte: Elaborado pelo autor.

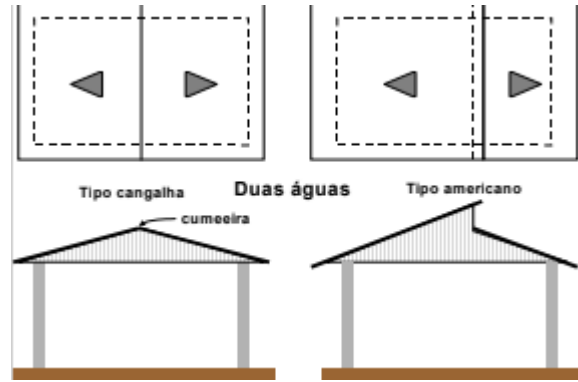
Um telhado de duas águas, segundo “Coberturas”, define-se como duas superfícies planas, com declividades iguais ou distintas, unidas por uma linha central denominada cumeeira ou distanciadas por uma elevação (tipo americano). O fechamento da frente e fundo é feito com oitões. Nas figuras 8 e 9, pode-se observar um exemplo de telhado composto por duas águas.

Figura 7 – Representação do telhado de duas águas.



Fonte: NBR 10844 – DEZ 1989.

Figura 8 – representação do telhado de duas águas



Fonte: (COBERTURAS..., 2020).

Com base na NBR 10844/89, que dispõe sobre instalações prediais de águas pluviais, foi feito o cálculo da área de contribuição, considerando-se que, na residência, o telhado é inclinado, utilizando, assim, a equação 1 para cálculo da superfície inclinada. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989).

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) b \quad \text{equação (1)}$$

Em que:

$A$  = área da superfície inclinada

$a$  = cateto do triângulo

$h$  = altura do triângulo

$b$  = largura do telhado

### 3.2.2 Cálculo da vazão

Visando a não subdimensionar nem superdimensionar as instalações hidráulicas do sistema como um todo, se faz necessário calcular a vazão de projeto, segundo a norma NBR 10844/89, por meio da equação (2) abaixo:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{equação (2)}$$

Em que:

$Q$  = vazão de projeto, em L/min

$I$  = intensidade pluviométrica média, em mm/h (227 mm/h para Belo Horizonte-MG, em um período de retorno de 5 anos)

$A$  = área de contribuição, em  $m^2$

Observação: em situações que a área da cobertura de coleta da água for menor ou igual à 100 m<sup>2</sup>, pode-se considerar I = 150 mm, conforme norma citada.

### 3.2.3 Dimensionamento dos condutores verticais

Conforme especificado na Norma NBR 10844/89, os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível, em uma só prumada. Quando houver necessidade de desvio, devem ser usadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45° e devem ser previstas peças de inspeção.

### 3.2.4 Dimensionamento dos condutores horizontais

Os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5%, conforme especificado na norma NBR 10844/89.

O dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo.

### 3.2.5 Consumo de água

A tabela 1 foi extraída do Histórico de Consumo de Água, da conta da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, do mês de maio de 2020, referente à residência do presente estudo.

Tabela 1 – histórico de consumo de água

Mês/Ano	Dias entre medições	Consumo Médio diário (litros)	Volume Mensal Faturado (litros)
JUN/2019	29	413	12.000
JUL/2019	32	375	12.000
AGO/2019	30	533	16.000
SET/2019	31	290	9.000
OUT/2019	31	354	11.000
NOV/2019	29	379	11.000
DEZ/2019	31	516	16.000
JAN/2020	32	406	13.000
FEV/2020	29	379	11.000

MAR/2020	32	406	13.000
ABR/2020	28	428	12.000
MAIO/2020	31	483	15.000

Média dos Consumos Médios Diários	414 litros/dia	12.583,33 litros/mês
-----------------------------------	----------------	----------------------

Fonte: Extraída da conta de água da COPASA do mês de maio de 2020.

Azevedo (2004) alerta que, antes de se pensar em tecnologias para se disponibilizar água para os moradores da residência, é importante consultá-los a fim de saber qual a forma de utilização da água, para, assim, posteriormente, definir a melhor forma de suprimento.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a quantidade média de água que uma pessoa precisa é, aproximadamente, de 3,3 m<sup>3</sup>/mês (cerca de 110 litros/dia). No entanto, quase ninguém utiliza a quantidade correta de água, com o desperdício o consumo passa a ser entorno de 200 litros/dia.

Esses 200 litros/dia são divididos em:

**54 Litros (27%)** – para cozinhar e beber;

**50 Litros (25%)** – para tomar banho e escovar os dentes;

**66 Litros (33%)** – em descarga de banheiro;

**24 Litros (12%)** – para lavagem de roupa;

**6 Litros (3%)** – para outras tarefas (lavagem de carro, etc.). (SABESP)

Para a realização dos cálculos do consumo médio por dia e do consumo médio por mês, respectivamente, consideramos as informações acima, bem como utilizar as equações (3) e (4), abaixo, extraídas do livro Habitação Autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$C_d = nC_h \quad \text{equação (3)}$$

Em que:

C<sub>d</sub> = consumo médio diário

n = pessoas por residência

C<sub>h</sub> = consumo por habitante

$$C_m = NC_d \quad \text{equação (4)}$$

**Em que:**

$C_m$  = consumo médio mensal

$N$  = número de dias no mês (30 dias – quantidade média de dias ao longo do ano)

$C_d$  = consumo médio diário

A substituição de consumo de água potável por água coletada da chuva é viável para o reaproveitamento em descarga de banheiros (66 litros = 33%), lavagem de roupas (24 Litros = 12%) e para outras tarefas de casa (6 litros = 3%), conforme cálculo realizado por meio da equação 5 abaixo:

$$C_{mf} = C_m - 48\% \quad \text{equação (5)}$$

**Em que:**

$C_{mf}$  = Consumo médio final

$C_m$  = consumo médio mensal

**3.2.6 Dimensionamento da caixa d'água****3.2.6.1 Volume médio de chuva coletada**

Para se calcular o volume médio a ser captado por ano, utilizamos a equação (6), extraída do livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$V_{ch} = I_{anual} 0,95A_c \quad \text{equação (6)}$$

**Em que:**

$V_{ch}$  = volume médio de chuva coletada

$I_{anual}$  = precipitação média anual

Coef. runoff = 0,95 = valor constante, definido por meio da razão entre o volume de água escoado superficialmente e o volume de água precipitado.

$A_c$  = área de captação

**3.2.6.2 Volume da caixa d'água**

Após a determinação do volume médio de chuva coletada, devemos calcular o volume em  $m^3$ , da cisterna a ser empregada para o correto armazenamento da água oriunda do reaproveitamento da chuva. Para isso, devemos utilizar a equação (7),

extraída do livro Habitação autossuficiente: interligação e integração de sistemas alternativos:

$$V_c = (V_{chd} 20_{sch}) + 10\% \text{Evapotranspiracao} \quad \text{equação (7)}$$

**Em que:**

$V_c$  = Volume da Cisterna

$V_{chd}$  = Volume médio de chuva diário

20 sch = 20 dias sem chuva

**3.2.7 Dimensionamento da bomba d'água**

Sabe-se que, para projetar a água pluvial coletada e armazenada na cisterna, para uma segunda caixa d'água localizada na parte superior da residência, é necessário a ação de uma bomba para bombear a água até o ponto mais alto de armazenamento. Dito isso, foi utilizado a equação (8) para cálculo da vazão e equação (9) para cálculo da pressão.

$$\text{Vazão} = \text{Volume} / \text{Tempo} \quad \text{equação (8)}$$

**Em que:**

Volume = volume de água a ser armazenado = 500 litros

Tempo = tempo desejado para que o reservatório esteja completamente cheio = 30 min ou 0,5 horas

$$\text{AMT} = (\text{AS} + \text{AR} + \text{MT} + \text{PC}) + 5\% \quad \text{equação (9)}$$

**Onde:**

AMT = pressão

AS = altura de sucção (diferença entre o nível do reservatório 15.000 L e a bomba d'água)

AR = altura de recalque (diferença entre a bomba d'água e a entrada de água da caixa d'água superior da residência)

MT = medida de tubulação (distância que a água percorrerá entre o nível do reservatório até a entrada da caixa d'água superior da residência)

PC = perda de carga ( $PC = MT * \text{Fator de perda de carga}$ , informado pelo fabricante)



5% = margem de segurança

### 3.2.8 Custo do volume da água disponibilizado pela concessionária

Sabe-se que os valores cobrados por m<sup>3</sup> de água, variam de cidade para cidade. A cidade de Belo Horizonte é gerenciada, em relação à prestação de serviços de saneamento, pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais, uma sociedade de economia mista brasileira com sede no município de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, na qual as tarifas cobradas são reguladas pela Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG), conforme tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Tarifas reguladas pela ARSAE-MG.

Categorias	Faixas	Tarifas			
		Água	EDC	EDT	Unidade
Residencial	Fixa	17,49	5,56	17,01	R\$/mês
	0 a 5 m <sup>3</sup>	1,34	0,42	1,32	R\$/m <sup>3</sup>
	> 5 a 10 m <sup>3</sup>	3,403	1,065	3,318	R\$/m <sup>3</sup>
	> 10 a 15 m <sup>3</sup>	6,935	2,177	6,757	R\$/m <sup>3</sup>
	> 15 a 20 m <sup>3</sup>	8,565	2,669	8,354	R\$/m <sup>3</sup>
	> 20 a 40 m <sup>3</sup>	9,931	3,059	9,701	R\$/m <sup>3</sup>
	> 40 m <sup>3</sup>	15,632	4,853	15,255	R\$/m <sup>3</sup>

Fonte: Art. 1º da Resolução ARSAE-MG 127, de 25 de junho de 2019.

Com base em todos os dados coletados, calculou-se o valor economizado por ano e a previsão de retorno do valor investido que serão descritos no tópico a seguir.

## 4 Resultados e discussões

Na tabela 3, apresentam-se as medidas das áreas de captação de água pluvial.

Tabela 3 – Metragem residencial das áreas de coleta da água da chuva.

Descrição	Área
Cobertura/telhado da casa	93,6 m <sup>2</sup>
Cobertura/telhado da varanda de frente para a casa	36 m <sup>2</sup>
Cobertura/telhado da varanda dos fundos da casa	24 m <sup>2</sup>
Cobertura/telhado da área de lazer	32 m <sup>2</sup>
<b>Total de cobertura para coleta de águas pluviais</b>	<b>185,6 m<sup>2</sup></b>

Fonte: elaborado pelo Autor (dados extraídos da residência apresentada no estudo de caso).

Após o cálculo da área de captação da residência, foi possível determinar a vazão da instalação hidráulica de, aproximadamente, 175,5 L/min para cada cobertura, o que, por sua vez, atendendo a Norma NBR 10844/89 e a vazão calculada, foi definido a dimensão dos condutores verticais de seção circular, com medida de 75 mm de diâmetro e dos condutores horizontais de seção circular, com medida de 100 mm de diâmetro.

Em seguida, utilizando as equações pertinentes, calculou-se o consumo médio de água na residência, que é cerca de 400L/dia, considerando 2 moradores. A partir dos dados da literatura, adotou-se o percentual de 48% de reaproveitamento de água pluvial, este distribuído em descarga de banheiros (33%), lavagem de roupas (12%) e para outras tarefas de casa (3%). Dessa forma, o consumo médio de água da concessionária passará a ser de 6,24 m<sup>3</sup>/mês (economia de 5,76 m<sup>3</sup>/mês).

O volume total de chuva captado de 0,72 m<sup>3</sup>/dia descrito na tabela 4, foi calculado com base na equação (6), baseado em valores de precipitação (I) referente aos últimos 30 anos conforme Clima Tempo (2020), bem como no coeficiente de escoamento (Coef.), valor de 0,95 e área de captação (Ac) propostos no caso estudado.

Tabela 4 – Volume captado considerando as precipitações dos últimos 30 anos.

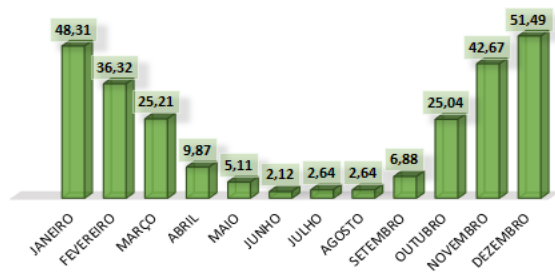
Mês	Precipitação mensal, nos últimos 30 anos (mm)	Coef. ru-noff	Ac (m <sup>2</sup> )	Volume captado (m <sup>3</sup> /mês)	Volume captado (m <sup>3</sup> /dia)	Volume captado (L/dia)
JAN	274	0,95	185,6	48,31	1,61	1.610,39
FEV	206	0,95	185,6	36,32	1,21	1.210,73
MAR	143	0,95	185,6	25,21	0,84	840,46
ABR	56	0,95	185,6	9,87	0,33	329,13
MAI	29	0,95	185,6	5,11	0,17	170,44

JUN	12	0,95	185,6	2,12	0,07	70,53
JUL	15	0,95	185,6	2,64	0,09	88,16
AGO	15	0,95	185,6	2,64	0,09	88,16
SET	39	0,95	185,6	6,88	0,23	229,22
OUT	142	0,95	185,6	25,04	0,83	834,58
NOV	242	0,95	185,6	42,67	1,42	1.422,31
DEZ	292	0,95	185,6	51,49	1,72	1.716,18
<b>TO-TAL</b>	Precipitação anual	-	-	Total no ano	Média captada por dia	
	1465 mm/ano			258,31 m <sup>3</sup> /ano	0,72 m <sup>3</sup> /dia ou 718L/dia	

**Fonte:** Elaborado pelo autor (Coluna (I) Precipitação foi extraída do site Clima Tempo, os demais dados foram retirados e calculados no estudo de caso).

A figura 9 retrata o histograma com as médias das precipitações por mês entre os últimos 30 anos.

**Figura 9** – Média de volumes nos últimos 30 anos.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

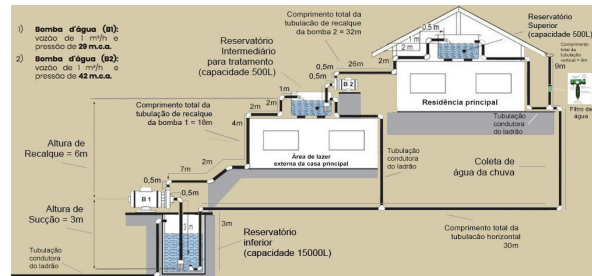
Verifica-se que os meses de janeiro, com 48,31 m<sup>3</sup> e dezembro com 51,49 m<sup>3</sup>, representam os meses de maior volume de água captada, já os meses de junho, com 2,12 m<sup>3</sup>, julho e agosto, com 2,64 m<sup>3</sup>, representam os meses de menor volume de água captada.

Dessa forma, considerando-se, apenas, o volume de chuva captado e utilizando a equação (7) disponibilizada na literatura, recomenda-se a utilização de um reservatório localizado na parte inferior do loteamento da residência com capacidade de 15 m<sup>3</sup>, visando armazenar a água captada e um reservatório acima da residência, para distribuição da água pluvial, com capacidade de 0,5 m<sup>3</sup>.

A água do reservatório inferior de 15 m<sup>3</sup> será transportada para um intermediário de 500 litros,

com uma altura de recalque de 6 metros e uma altura de sucção de 3 metros, com o auxílio de uma bomba d'água de vazão igual a 1 m<sup>3</sup>/h e pressão de 29 m.c.a. Por fim, a água seguirá para o reservatório superior de 500 litros, com uma altura de recalque de 4 metros e uma altura de sucção de 1 metro, por meio de uma bomba de mesma vazão e pressão de 42 m.c.a, conforme figura 10.

**Figura 10** – Fluxograma esquematizando a sequência de funcionamento do projeto.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Dessa forma, a fim de possibilitar a implantação do projeto de captação de água pluvial, foi elaborado um orçamento dos materiais a serem utilizados, com base na média aritmética de 3 valores consultados por meio de internet e lojas físicas, resultando em um valor total médio de R\$ 9.510,20, conforme tabela 5.

**Tabela 5** – orçamento dos materiais para implementação do projeto

Ordem	Descrição do material	Qtde	(1) Custo total (R\$)	(2) Custo total (R\$)	(3) Custo total (R\$)	Custo total médio (R\$)
1	Tubulação PVC DN 100 mm de 6 m cada tubo	30 metros	199,50	227,90	199,50	208,97
2	Tubulação PVC DN 25 mm de 6 m cada tubo	50 metros	104,16	105,33	126,08	111,86
3	Curva 90° PVC Soldável 25 mm ou 3/4"	5 und	10,40	14,35	14,50	13,08
4	Adaptador PVC DN 25 mm Soldável com Anel para Caixa d'Água	1 und	11,80	12,62	12,50	12,31
5	Adaptador PVC DN 50 mm Soldável com Anel para Caixa d'Água	1 und	24,58	20,45	29,99	25,01

Ordem	Descrição do material	Qtde	(1) Custo total (R\$)	(2) Custo total (R\$)	(3) Custo total (R\$)	Custo total médio (R\$)
6	Redução Excêntrica 100x50mm	1 und	5,27	6,87	8,55	6,90
7	Adesivo Plástico para PVC 175 g	1 und	11,68	13,58	15,21	13,49
8	Filtro de captação de água da chuva, com clorador e separador de partículas grossas e finas (100 micras)	1 und	750,00	780,00	788,00	772,67
9	Reservatório Polietileno 500L	2 und	269,80	338,00	299,8	302,53
10	Reservatório Polietileno 15.000L Tampa Rosca	1 und	6180,00	6499,90	6122,13	6267,34
11	Bomba D'água - Pressão AMT de 28 m.c.a e Vazão de 1 m <sup>3</sup> /h	1 und	607,44	926,34	856,21	796,66
12	Bomba D'água - Pressão AMT de 43 m.c.a e Vazão de 1 m <sup>3</sup> /h	1 und	1110,00	924,12	904,00	979,37
<b>VALOR TOTAL</b>					<b>R\$ 9.510,20</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor através de consultas em lojas de material de construção e pela internet.

O valor da conta de água foi estipulado por meio das especificações da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE-MG), sendo utilizada a divisão por faixas. No caso estudado, o consumo sem a captação de água pluvial seria de 12 m<sup>3</sup>/mês e com a captação de água pluvial, com economia de 5,76 m<sup>3</sup>/mês, passará a ser de 6,3 m<sup>3</sup>/mês.

Para a categoria de tarifa residencial, o valor para o consumo de 12 m<sup>3</sup>/mês (antes da captação da água pluvial) é obtido por meio do somatório de Taxas Fixas de água e esgoto (R\$ 17,49 e 17,01 respectivamente), Cobrança de Recurso Hídrico de Água e Esgoto (R\$ 0,24 e R\$ 0,05 nessa ordem) e Valor total Água e Esgoto (R\$ 37,585 e R\$ 36,704 respectivamente), resultando em um valor total re-

ferente à conta da concessionária de R\$ 109,08/mês e R\$ 1.308,95/ano.

Para essa mesma categoria, entretanto após a captação da água pluvial e a implantação do projeto, o valor anual será de R\$ 686,63.

Considerando-se a utilização de um reservatório de 15 m<sup>3</sup> conforme estabelecido na literatura, foi calculado o valor gasto de R\$ 9.510,20 para implantação do projeto e a sua respectiva economia anual na despesa de concessionária pública, no valor de R\$ 622,32, sendo necessário, dessa forma, um tempo de retorno do valor investido de 15 anos. Considerando-se que o projeto possui um tempo estimado de durabilidade de vinte anos, após os 15 anos para retorno do valor investido, os moradores teriam uma economia de R\$ 3.111,58 ao longo dos 5 anos restantes.

Um segundo cálculo também foi realizado a fim de representar a realidade da residência, uma vez que o consumo médio mensal é de 12 m<sup>3</sup> e apenas 5,8 m<sup>3</sup> (48%) serão economizados através do reaproveitamento da água captada, logo, a utilização de um reservatório de capacidade inferior ao obtido por meio da equação disponibilizada na literatura se mostrou mais viável, considerando não somente o fato da dimensão do projeto, como também o custo final, conforme demonstrado na tabela 6 e 7.

Utilizando-se como base o Custo Médio Total, foi calculada a previsão de tempo para retorno do valor total investido, que passou de 15 para 10 anos e um valor investido de R\$ 9.510,20 para R\$ 4,991,85, considerando-se a utilização do reservatório 5 m<sup>3</sup>, em detrimento do de 15 m<sup>3</sup>. Dessa forma o volume de água a ser economizado por meio do reaproveitamento passou a ser de 4,9 m<sup>3</sup> (41%).

**Tabela 6** – Memorial de cálculo utilizando o reservatório de 5 m<sup>3</sup>.

Mês	Volume captado (m <sup>3</sup> /mês)	Volume captado (L/mês)	Volume reservado (L/mês)	Vol. médio consumido da concessionária (pré-projeto) (L/mês)	Vol. que permite ser reutilizado (L/mês)	Volume médio consumido da concessionária (após projeto) (m <sup>3</sup> /mês)
JAN	48,31	48.311,68	5.000	12.060	4.944,60	7,1
FEV	36,32	36.321,92	5.000	12.060	4.944,60	7,1
MAR	25,21	25.213,76	5.000	12.060	4.944,60	7,1

Mês	Volume captado (m <sup>3</sup> /mês)	Volume captado (L/mês)	Volume reservado (L/mês)	Vol. médio consumido da concessionária (pré-projeto) (L/mês)	Vol. que permite ser reutilizado (L/mês)	Volume médio consumido da concessionária (após projeto) (m <sup>3</sup> /mês)
ABR	9,87	9.873,92	5.000	12.060	4.944,60	7,1
MAI	5,11	5.113,28	5.000	12.060	4.944,60	7,1
JUN	2,12	2.115,84	2.171,24	12.060	2.171,24	9,9
JUL	2,64	2.644,80	2.644,80	12.060	2.644,80	9,4
AGO	2,64	2.644,80	2.644,80	12.060	2.644,80	9,4
SET	6,88	6.876,48	5.000	12.060	4.944,60	7,1
OUT	25,04	25.037,44	5.000	12.060	4.944,60	7,1
NOV	42,67	42.669,44	5.000	12.060	4.944,60	7,1
DEZ	51,49	51.485,44	5.000	12.060	4.944,60	7,1
<b>TO-TAL</b>	<b>258,31</b>	-	-	<b>144.720,00</b>	<b>51.962,24</b>	<b>92,76</b>
	m <sup>3</sup> /ano			L/ano	L/ano	m <sup>3</sup> /ano

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 7** – Continuação da tabela 5 – economia mensal de água.

Mês	Volume economizado (m <sup>3</sup> /mês)	Conta média mensal da concessionária (pré-projeto) (R\$)	Conta média mensal da concessionária (pós-projeto) (R\$)	Diferença entre contas (pré e pós projeto) (R\$)
JAN	4,94	109,08	62,20	46,87
FEV	4,94	109,08	62,20	46,87
MAR	4,94	109,08	62,20	46,87
ABR	4,94	109,08	62,20	46,87
MAI	4,94	109,08	62,20	46,87
JUN	2,17	109,08	81,70	27,38
JUL	2,64	109,08	77,66	31,42
AGO	2,64	109,08	77,66	31,42
SET	4,94	109,08	62,20	46,87
OUT	4,94	109,08	62,20	46,87
NOV	4,94	109,08	62,20	46,87
DEZ	4,94	109,08	62,20	46,87
<b>TOTAL</b>	<b>51,96</b>	<b>R\$ 1.308,95</b>	<b>R\$ 796,86</b>	<b>R\$ 512,09</b>
	m <sup>3</sup> /ano	/ ano	/ ano	/ ano

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, considerando-se a utilização de um reservatório de 5 m<sup>3</sup>, uma economia anual de R\$ 512,09, o valor investido de R\$ 4.991,85 e o tempo de retorno do valor investido de 10 anos, os moradores, após esse tempo, economizariam um valor de R\$ 5.120,91 ao longo dos 10 anos restantes do projeto, entretanto cabe frisar que após os vinte

anos, o sistema passaria por manutenções básicas e continuaria o seu funcionamento normal, assim como, por consequência os moradores permaneceriam economizando mensalmente na conta de água.

## 5 Considerações finais e recomendações

A reutilização da água da chuva, além de promover uma economia em termos de gastos com o abastecimento, pode permitir, também, amenizar os efeitos ambientais como a escassez e favorecer a recarga das águas subterrâneas por meio do ciclo hidrológico.

A Engenharia Civil tem um papel muito importante nesse sentido, uma vez que diversas edificações já começaram a se adaptar aos novos tempos e a adotar a solução do aproveitamento de água da chuva.

Com base em toda fundamentação teórica do projeto, infere-se que é imprescindível uma análise abrangente da edificação e do consumo de água da obra/residência antes da implantação do sistema aproveitamento da água de chuva, para que, dentro do contexto de planejamento do projeto, sejam considerados e avaliados os aspectos arquitetônicos, hidráulicos, estruturais, econômicos e ambientais.

O estudo de caso desenvolvido aponta para a viabilidade da utilização da água da chuva nas atividades que não necessitam de água potável. Aproveitando a água da chuva, os moradores poderão reduzir em cerca de 48% o consumo de água voltado para atividades domésticas, assim resultando uma diminuição no volume de água tratada utilizado e, portanto, numa economia na conta de água.

A área de captação de 185,6 m<sup>2</sup> permite o recolhimento de um volume alto, em torno de 258,31 m<sup>3</sup>/ano de água da chuva, sendo assim, mesmo nos dias de pouca ou nenhuma precipitação, ainda poderá ser utilizada a água armazenada no reservatório, oriunda dos meses com maior precipitação.

Verificou-se que o reservatório com capacidade de 15 m<sup>3</sup> não é viável para este projeto, considerando-se que o consumo de água da residência e o custo financeiro praticado no mercado têm uma

influência direta no valor a ser economizado no período que sucede o tempo de retorno do valor investido.

Dessa forma, os cálculos foram refeitos e concluiu-se que o reservatório de 5 m<sup>3</sup> é mais vantajoso, visto que, apesar do alto custo inicial, o valor investido será recuperado em um espaço de tempo relativamente curto, de oito anos, em comparação ao tempo de durabilidade estimado de vinte anos para o projeto de um sistema de captação de água da chuva. É importante lembrar que os dados obtidos podem variar de acordo com os anos, como as taxas de precipitações e as taxas de cobrança da concessionária.

Como sugestão para trabalhos futuros, para se aumentar a confiabilidade das estimativas, podem ser realizados estudos de aprofundamento estatístico na base de dados. Esse procedimento permitirá o desenvolvimento de cálculo mais preciso para dimensionamento do reservatório de armazenamento de água de chuva, auxiliar a escolha das técnicas mais adequadas de captação e tratamento da água captada, para uma determinada região.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10844/1989*: instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

AZEVEDO, J. L. *A educação como política pública*. 3. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2004.

CLIMATOLOGIA Belo Horizonte-MG. *Climatempo*, 2020. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/107/belohorizonte-mg>. Acesso em: 29 maio 2020.

COBERTURAS: os diversos tipos e suas características. *Portal Metálica*, 2020. Disponível em: <http://www.metlica.com.br/coberturas-os-diversos-tipos-e-suas-caracteristicas>. Acesso em: 29 agosto 2020.

FERREIRA, Antônio Domingos Dias. *Habitação autossuficiente, interligação e integração de sistemas alternativos*. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

MARANHÃO, Fabiana. É possível viver com 110 litros de água por dia? Veja como seria a sua vida. *Uol Notícias*, 2015. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2015/02/05/e-possivel-viver-com-110-litros-de-agua-por-dia-veja-como-seria-a-sua-vida.htm>. Acesso em: 29 maio 2020.

MAY, S. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MURASE, Makoto (org.). *Aproveitamento da água da chuva*. Curitiba: Organic Trading, 2002.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. 2 ed. São Paulo: Navegar, 2005.

VILLIERS, M. *Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI*. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.