



## Captação e Aproveitamento da Água da Chuva em uma Residência Unifamiliar

Cristiane Carine dos Santos <sup>1</sup>

### Resumo

O sistema de captação e aproveitamento de água da chuva é um dos caminhos para diminuir o consumo de água potável em empreendimentos da engenharia civil de fácil aplicação e de baixo custo, sendo este o principal objetivo deste estudo. Para isso foi proposto a implementação de um sistema de captação e aproveitamento da água da chuva em uma residência unifamiliar, mais especificamente o uso desta água na bacia sanitária e em uma torneira de jardim. Realizou-se pesquisas e dimensionamento em todas as etapas do sistema, como precipitações médias, captação, coleta, armazenamento, tratamento e bombeamento para suprir a demanda estudada. Com o estudo foi possível se ter um entendimento maior sobre dados pluviométricos da região, meses em que a captação é maior, determinar volumes de consumo mensal e anual, prever volumes de captação e extravasão, além de prever um tempo retorno de investimento para a implementação e operação do sistema que é de oito anos.

**Palavras-chave:** Captação. Armazenagem. Sistema de aproveitamento da água da chuva. Usos não-potáveis. Economia de água potável.

### Rainwater Collection and Use in a Single-Family Residence

#### Abstract

The rainwater capture and use system is one of the ways to reduce drinking water consumption in civil engineering projects that is easy to apply and low-cost, which is the main objective of this study. To this end, it was proposed to implement a system for capturing and using rainwater in a single-family residence, more specifically the use of this water in the toilet and in a garden tap. Research and sizing were carried out at all stages of the system, such as average rainfall, capture, collection, storage, treatment and pumping to meet the studied demand. With the study, it was possible to have a greater understanding of rainfall data in the region, months in which capture is greater, determine monthly and annual consumption volumes, predict capture and overflow volumes, in addition to predicting a return on investment time for implementation. and operation of the system which is eight years.

**Keywords:** Rainwater. Funding. Storage. Rainwater harvesting system. Non-potable uses. Potable water economy.

---

<sup>1</sup> Doutora em Engenharia Civil, Universidade Federal do rio Grande do Sul. Professora Adjunta, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria. cristiane.c.santos@ufsm.br.

<https://orcid.org/0000-0002-0988-2682>. <http://lattes.cnpq.br/4101897913771990>



**Recebido em:** 14/12/2024

**Aceito em:** 31/01/2024

**Publicado em:** 05/02/2024



## 1 Introdução

Desde os anos 90, grandes nações e organizações têm se preocupado com a preservação dos recursos naturais e as eminentes preocupações se estes recursos continuarem sendo usados sem conscientização. A ONU Água, fundada em 2003, é a interagência responsável por coordenar os esforços de todas as organizações da ONU com os desafios relacionados com a água.

Dentre os desafios com a água no mundo, a ONU Água destaca a preocupação com o aumento da escassez de água potável que tende a aumentar até 2050 devido à procura do setor industrial e doméstico das economias emergentes e devido ao aumento da população mundial. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), a poluição hídrica, o aumento desigual demográfico em relação as reservas hídricas e o desperdício são os principais fatores causadores da falta de água potável para consumo.

Com o intuito de amenizar a falta deste recurso substancial para a vida, algumas providencias vem sendo tomadas para aumentar a disponibilidade de água potável. Dentre essas providencias pode-se citar o aproveitamento da água pluvial. Kammers e Ghisi (2006), Marinoski e Ghisi (2008) e Proença e Ghisi (2009) apontam para a viabilidade de utilização de água de chuva para fins não potáveis.

Dentre as vantagens da captação o aproveitamento da água da chuva pode-se aludir o uso considerados não-potáveis como descarga em bacias sanitárias, lavagem de calçadas e veículos, assim, incitando diminuição do uso do volume consumido de água tratada e consequentemente acarretando economia no sistema de tratamento e na conta de água do proprietário; a retenção de parte do volume precipitado favorece o amortecimento do escoamento superficial contribuindo para mitigar as grandes enchentes que assolam as grandes cidades do país.

Este trabalho tem a finalidade de apresentar os resultados de um sistema de aproveitamento da água da chuva. Há várias formas de captação e armazenagem da água pluvial, o caso estudado é a implementação de um sistema de captação da água da chuva em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha – RS.

Através de um projeto arquitetônico de uma casa unifamiliar, foi possível traçar e lançar o sistema de aproveitamento de água pluvial e com dados pluviométricos da região foi definido o custo-benefício da aplicação deste sistema.



A factibilidade de estudar essa técnica se caracteriza pela diminuição da demanda de água potável fornecida pelas companhias de abastecimento, reduzindo nos custos e diminuindo os riscos de enchentes (MAY, 2004).

Os estudos de Kammers e Ghisi (2006), Marinoski e Ghisi (2008) e Proença e Ghisi (2009) apontam para a viabilidade de utilização de água de chuva em bacias sanitárias e mictórios diante do elevado consumo nesses pontos.

Com relação à qualidade de água pluvial, existe a exigência prévia de caracterização tanto para uso potável quanto não potável, a fim de verificar a conformidade com limites definidos em normas. (SANTOS, 2002; SILVA; TAMAKI; GONÇALVES, 2006; REBELLO, 2004; MAY, 2004).

No Brasil, os sistemas de aproveitamento de águas da chuva, as diretrizes de projeto e dimensionamento estão prescritas na Norma Brasileira, NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, publicada em 24/10/2007 pela ABNT (2007).

## 2 Qualidade da Água da Chuva

Segundo a NBR 15527 (ABNT, 2019), os padrões de qualidade devem ser definidos pelo projetista de acordo com a utilização prevista. Para usos mais comuns, como em residências, deve ser utilizado a Tabela 1.

**Tabela 1** - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis

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

Fonte: ABNT NBR 15527/2019

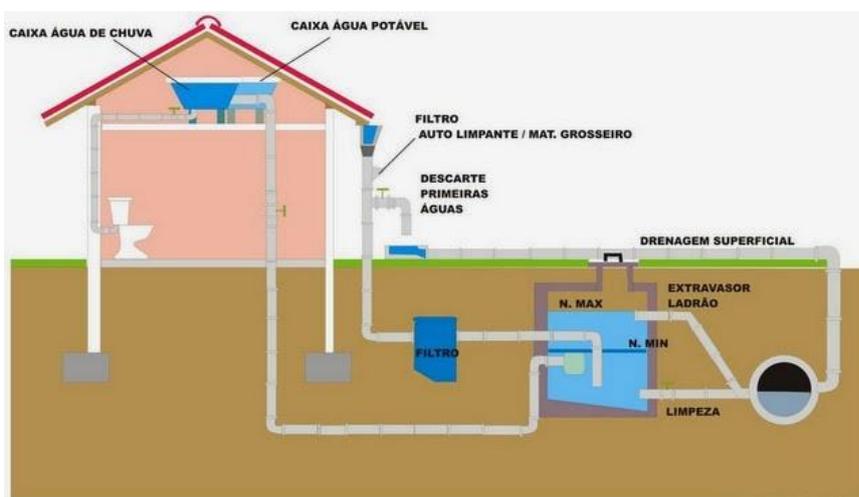
A desinfecção é realizada de acordo com os critérios do projetista, e pode-se utilizar derivados do cloro, raios ultravioletas, ozônio e outros. A norma fixa limites de concentração quando utilizado cloro residual livre, esta faixa deve estar entre 0,5mg/L e 3,0mg/L.



## 2.1 Sistema de captação de Água da Chuva

De acordo com MAY (2004) o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva em edificações – e pode ser aplicada em residências – são formados por quatro componentes básicos: área de coleta ou área de contribuição, condutores verticais e horizontais, armazenamento e tratamento. Na Figura 1, tem-se um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis numa residência em Porto Alegre – RS.

**Figura 1** – Exemplo de Sistema de captação e aproveitamento de água da chuva



Fonte: Garcia Barreto Consultoria – 2019

De acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019), para projetos de Sistemas de captação e aproveitamento de água da chuva, é indispensável o uso das seguintes normas com os respectivos componentes do sistema:

- ABNT NBR 10844/1989 para determinação da superfície de captação, dimensionamento de calhas, condutos verticais e horizontais;
- ABNT NBR 15527/2019 para sistemas de descarte, filtro e reservatórios/cisterna;
- ABNT NBR 5626/1998 para bombeamento;

Além desses itens, a norma NBR 15527 (ABNT, 2019) aconselha o estudo de series históricas de precipitações na região onde será feito o projeto de aproveitamento da água da chuva.

## 3 Metodologia



Como este trabalho tem por objetivo o dimensionamento e a avaliação de um sistema de captação e aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis, foi escolhido um projeto em BIM de uma residência unifamiliar padrão médio como mostra a Figura 2.

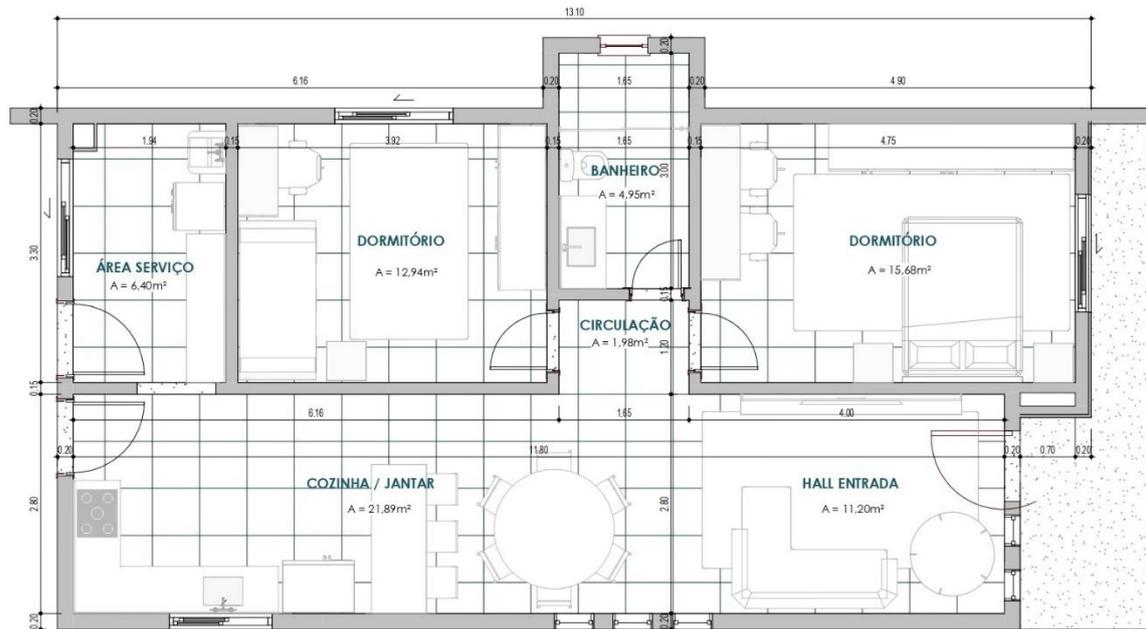
**Figura 1** – Projeto de Implementação residência unifamiliar



Fonte: Autor

A residência a ser construída no município de Farroupilha – RS conta com aproximadamente 75,00 m<sup>2</sup> sendo distribuído em dois dormitórios, um banheiro, área de serviço e sala de jantar / cozinha integrados. A Figura 3 ilustra a planta baixa do térreo.

**Figura 2** - Planta Baixa Térreo



Fonte: Autor

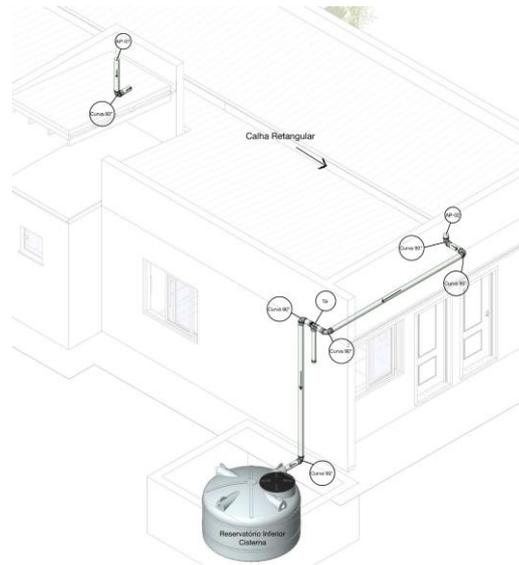
Inicialmente foram dimensionados todos os componentes do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva seguindo as normativas vigentes, tais como área de contribuição do telhado, calha, condutos verticais e horizontais, definição de volumes de armazenagem, bombeamento etc. Em seguida, o lançamento do sistema será elaborado através do software Revit visando compatibilidades dos projetos arquitetônico e pluvial.

### 3.1 Lançamento do pré-projeto no Software Revit

Para melhor visualização do caso estudado, todo o lançamento do projeto de captação e aproveitamento de água da chuva foi feito em um software BIM, o Revit.

Definiu-se um traçado inicial, e a partir dele foi calculado o dimensionamento das partes que compõe o sistema. Na Figura 4 tem-se o lançamento da calha e dos condutores horizontais e verticais até o reservatório inferior – cisterna. Como o software é automatizado, quando havia mudança de direção automaticamente ele entedia que ali seria necessária uma curva de 90°.

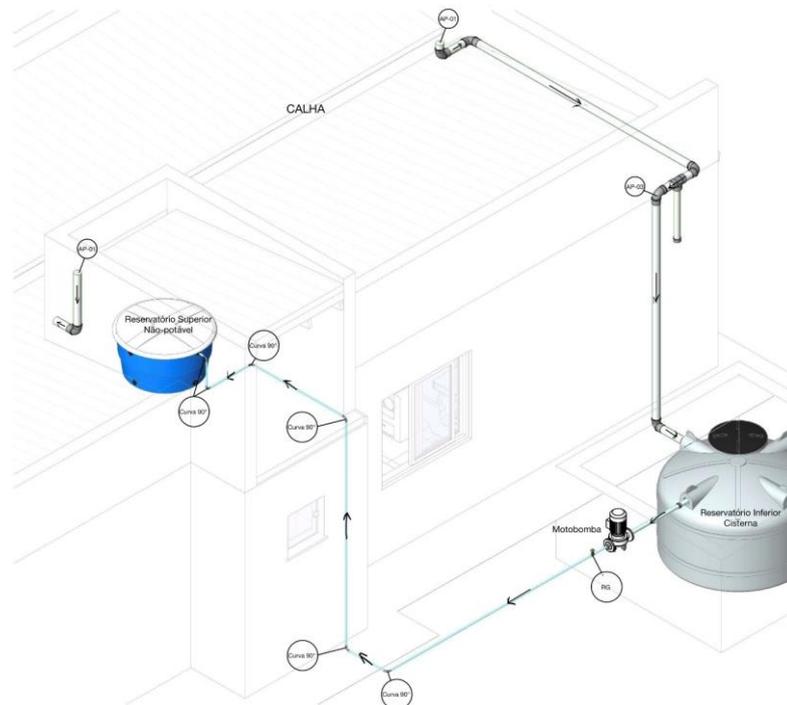
**Figura 3** - Modelagem Revit Telhados até Reservatório Inferior



Fonte: Autor

Na Figura 5 apresenta-se o traçado do reservatório inferior até o reservatório superior – água não potável – com todas as peças pertinentes, o bombeamento, acessórios especiais necessários, curvas 90° etc.

**Figura 4** - Modelagem Revit Reservatório inferior até Reservatório superior

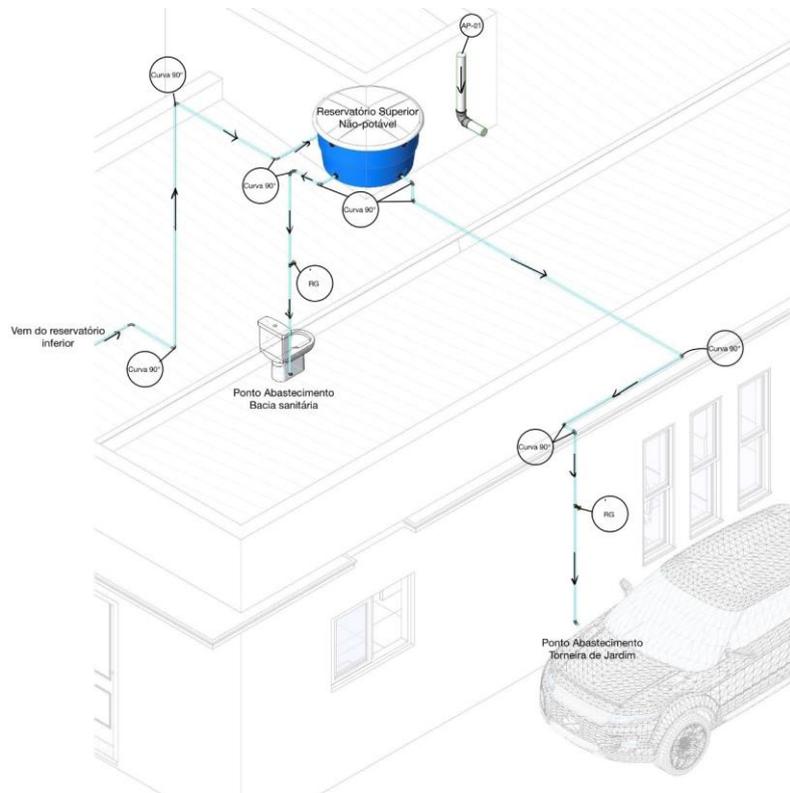


Fonte: Autor

A Figura 6 demonstra o traçado da tubulação que irá sair do reservatório superior até o ponto de abastecimento da bacia sanitária e até a torneira de jardim.



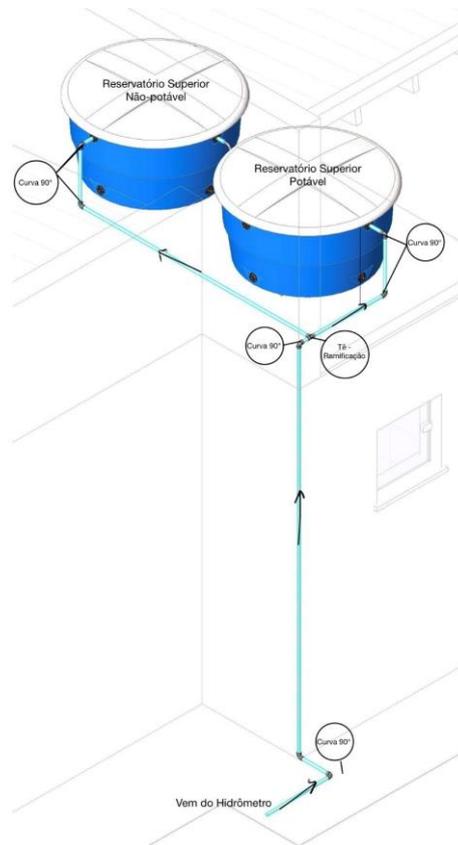
**Figura 5** – Modelagem Revit Reservatório Superior até pontos de abastecimentos não-potáveis



Fonte: Autor

Para manter o abastecimento dos pontos da bacia sanitária e da torneira de jardim, foi conectado o reservatório superior – água não potável – na rede de água que vem da companhia de abastecimento. A boia da caixa d'água vai começar a usar a água potável da rua quando o reservatório chegar a uma cota inferior a 30% do seu volume. A Figura 7 demonstra todo o traçado realizado do software para esta tubulação.

**Figura 6** - Modelagem Revit Reservatórios Superiores



Fonte: Autor

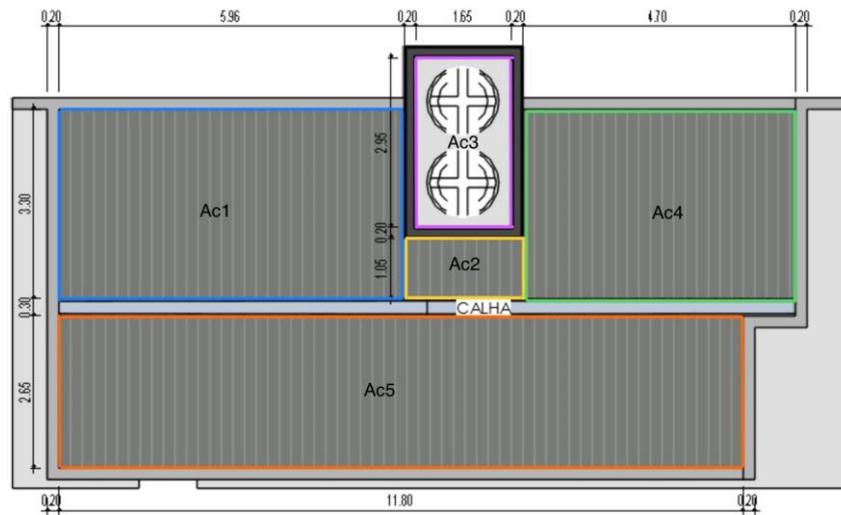
### 3.2 Dimensionamento do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva

No território nacional tem-se a NBR 15527 (ABNT, 2019) que parametriza todo o projeto de sistemas de captação e aproveitamento d'água. Para o caso estudo foi esquematizado todos os passos como demonstra a norma para implementação do sistema.

#### 3.2.1 Cálculo da área de contribuição

O telhado precisou ser dividido em regiões para o cálculo da área de contribuição por possuir quebras no telhado para o abrigo das caixas d'águas, utilizando o software Revit foi possível retirar as medidas de comprimento, largura e alturas para melhor compreensão dos cálculos. Na Figura 8 nota-se a disposição dos reservatórios e a divisão proposta das áreas de contribuição.

**Figura 7** – Planta de Cobertura e Divisão do telhado para cálculo da área de contribuição

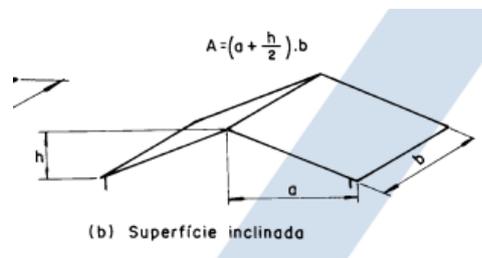


Medidas em centímetros.

Fonte: Autor

Seguindo a NBR 10844 (ABNT, 1989), as áreas de contribuição 1, 2, 3, 4 e 5 seguem o tipo b) superfície inclinada como mostra a Figura 9.

**Figura 8** - Telhado com superfície inclinada



Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

A área de contribuição do telhado, de acordo com a norma NBR 10488/1989, calcula-se com a equação 1:

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

Onde:

A = Área de contribuição do telhado

a = cateto do triângulo

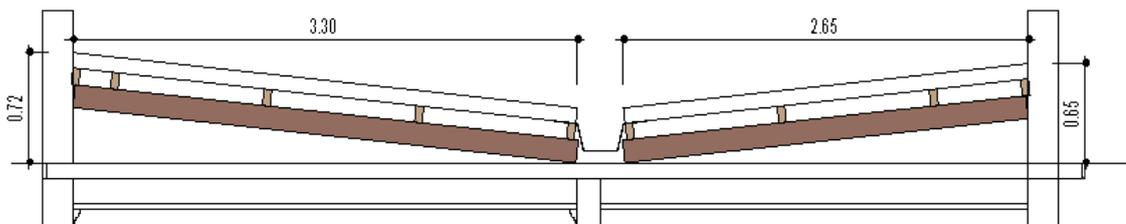
h = altura do triângulo

b = largura do triângulo



Para auxiliar nos cálculos realizou-se dois cortes no projeto arquitetônico para assim retirar as medidas reais do triângulo que forma o telhado, como mostram as Figuras 10 e 11.

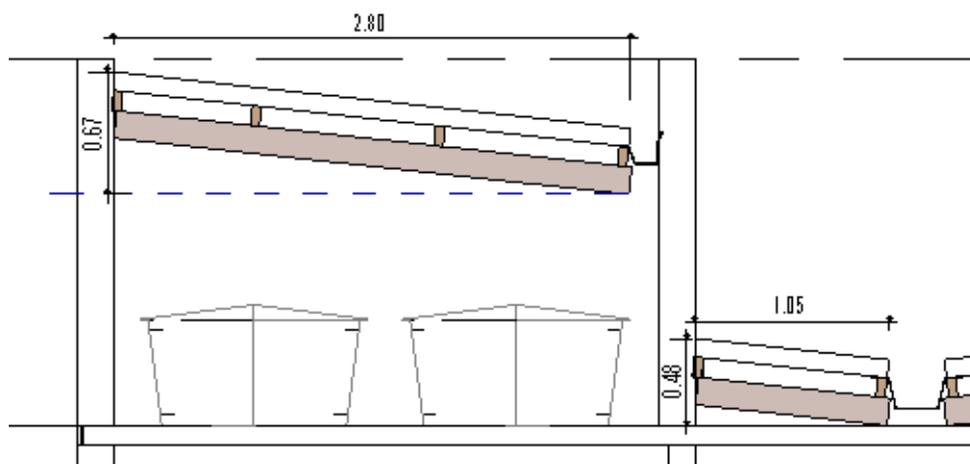
**Figura 10** - Medidas para cálculo da AC1, AC4 e AC5



Medidas em centímetros.

Fonte: Autor

**Figura 11** - Medidas para cálculo da AC2 e AC3



Medidas em centímetros.

Fonte: Autor

Assim efetuando os cálculos com a Equação 1 para a situação estudada:

$$Ac1 = (3,30 + 0,72 / 2) \times (5,96) = 21,82m^2$$

$$Ac4 = (3,30 + 0,72 / 2) \times (4,70) = 17,20m^2$$

$$Ac5 = (2,65 + 0,65 / 2) \times (11,80) = 35,11m^2$$

$$Ac3 = (2,80 + 0,67 / 2) \times (1,65) = 5,17m^2$$

$$Ac2 = (1,05 + 0,48 / 2) \times (2,05) = 2,65m^2$$

Foi obtida área total de contribuição igual a **81,95m<sup>2</sup>**.



### 3.2.2 Cálculo da intensidade pluviométrica

No município de Farroupilha tem uma equação de chuvas intensas IDF própria para o município, e foi desenvolvida estudando 40 anos de observação conforme a mostra na Equação 2.

$$I = \frac{1,06E^3 * Tr^{0,1975}}{(t + 11,5993)^{0,8071}} \quad (2)$$

Fonte: XVII Encontro de Jovens Pesquisadores da UCS – 2009

Onde:

I = intensidade pluviométrica, em mm/h;

Tr = tempo de retorno, em anos;

t = tempo de duração da chuva, em min;

A intensidade pluviométrica corresponde a um tempo de retorno de 5 anos, uma vez que a água será captada pela superfície do telhado, com tempo de duração dessa chuva de 5min. (TOMAZ, 2003)

Assim, efetuando os cálculos para situação estudada obteve-se uma intensidade pluviométrica igual a 149,69 mm/h.

### 3.2.3 Cálculo da vazão de projeto

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989) a vazão de projeto pode ser calculada pela Equação 03:

$$Q = \frac{(C * I * A)}{60} \quad (03)$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

C = Coeficiente de escoamento. Geralmente adota-se igual a 1 (telhado) e outros valores para áreas mais permeáveis;

I = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

A = Área de contribuição, em m<sup>2</sup>



Assim efetuando os cálculos, obteve-se:

$$Q = (1,00 \times 149,69 \times 81,95) / 60 = 204,45 \text{ L/min}$$

Quando a saída estiver a menos de 4 m de uma mudança de direção, a vazão de projeto (vazão que chega na calha) deve ser multiplicada pelos seguintes coeficientes, Tabela 2.

**Tabela 2** - Coeficiente multiplicativos de vazão de projeto

Tipo de Curva	Curvas a menos de 2 m da saída da calha	Curva entre 2 e 4 m da saída da calha
Canto Reto	1,2	1,1
Canto Arredondado	1,1	1,05

Fonte: Adaptada NBR 10844 (ABNT,1889)

Como no caso estudado, após a saída da calha a tubulação encontra duas curvas de 90°, deve-se multiplicar a vazão de projeto por 1,10.

Sendo assim,

$$Q_{\text{ProjCorrigido}} = Q_{\text{proj}} \times 1,10 = 204,45 \text{ L/min} \times 1,10 = \mathbf{224,90 \text{ L/min}}$$

### 3.2.4 Dimensionamento da calha



O dimensionamento da calha, seguiu a NBR 10844 (ABNT, 1989), realizado através da Equação 4 de Manning-Strickler, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K * \frac{S}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (i)^{0,5} \quad (4)$$

Onde:

Q = vazão de projeto, em L/min;

S = área da seção molhada, em m<sup>2</sup>;

n = coeficiente de rugosidade, ver Tabela 3;

R = raio hidráulico, em m;

P = perímetro molhado, em m;

i = declividade da calha, em m/m;

K = 60.000

**Tabela 3** - Coeficientes de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

As calhas escolhidas para a execução do projeto serão de aço inox, de seção geométrica retangular pois é a mais favorável ao escoamento adotando a base como dobro da altura, isto é,  $b=2h$ . A seção será a retangular com base de 20 cm. A norma NBR 10844 (ABNT, 1989) prevê que a inclinação mínima para superfícies horizontais deve ser de 0,5%, adotou-se inclinação de 1% na execução e nos cálculos. As pré-dimensões da calha foram adotadas, em seguida foi verificado se a calha está bem dimensionada para a vazão que receberá.

Usualmente calcula-se a altura da lâmina d'água para a vazão de projeto que a calha receberá, essa altura não pode ser maior que 50% da altura total da calha

### 3.2.5 Cálculo do perímetro molhado



Segundo Porto (2006) o perímetro molhado é composto pela soma dos comprimentos do fundo do canal e das paredes que estão em contato com o líquido. O perímetro é calculado segundo a Equação 5.

$$P = b + 2 * y_n \quad (5)$$

Onde:

P = perímetro molhado;

b = base do canal;

Y<sub>n</sub> = altura da lâmina de água na calha.

Para o caso estudado, foi calculada o perímetro molhado em função da altura da lâmina de água na calha:

$$P = b + (2 \times h) = 0,20 + (2 \times h)$$

### 3.2.6 Cálculo da área molhada

Segundo Porto (2006) a área molhada é a área do canal que está em contato com o líquido. A área molhada é calculada segundo a Equação 6.

$$S = b * y_n \quad (6)$$

Onde:

b = base do canal

y<sub>n</sub> = altura da lâmina de água na calha.

Para o caso estudado, foi calculada a área molhada em função da altura da lâmina de água na calha:

$$S = b \times h = 0,20 \times h$$

### 3.2.7 Cálculo do raio hidráulico

O raio hidráulico é a divisão da área molhada pelo perímetro molhado, segundo a Equação 7:



$$Rh = \frac{S}{P} \quad (7)$$

Onde:

Rh = Raio hidráulico;

S = Área molhada;

P = perímetro molhado.

Para o caso estudado, foi calculada o raio hidráulico em função da altura da lâmina de água na calha:

$$Rh = S / P = (0,20h) / (0,20 + 2h)$$

### 3.2.8 Cálculo da altura da lâmina d'água na calha

Utilizando a Equação 4 de Manning-Strickler, e com os parâmetros todos em função da altura da lâmina d'água para a vazão de projeto, definiu-se a altura da lâmina d'água dentro da calha para a precipitação esperada.

$$Q = K * \frac{S}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (i)^{0,5}$$

$$224,90L/min = 60.000 * \frac{(0,20h)}{0,011} * ((0,20h)/(0,20 + 2h))^{\frac{2}{3}} * (0,01)^{0,5}$$

$$h \approx 0,0269m$$

Sendo assim a altura de lâmina d'água é muito inferior a 50% da altura total, sendo assim o dimensionamento está verificado para a prática usual.

### 3.2.9 Dimensionamento dos condutores verticais

O dimensionamento dos condutores verticais deve ser feito a partir dos seguintes dados:



$Q = 224,90 \text{ L/min};$

$H = \text{altura da lâmina d'água na calha} = 26,9 \text{ mm};$

$L = \text{comprimento do condutor vertical, em m};$

Tipo saída = Calha com saída em aresta viva.

O diâmetro interno (D) do condutor vertical é obtido através dos ábacos. Como a vazão de projeto é pequena, nem nas linhas dos comprimentos da tubulação há cruzamento. A NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda que o diâmetro mínimo usado para condutos verticais seja de 75 mm, será adotado o mínimo previsto na norma vigente.

### 3.2.10 Dimensionamento dos condutores Horizontais

De acordo com a Tabela 4, retirada da norma NBR 10844 (ABNT,1989), o diâmetro varia de acordo com a inclinação utilizada.

**Tabela 4 – Dimensionamento condutores horizontais**

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

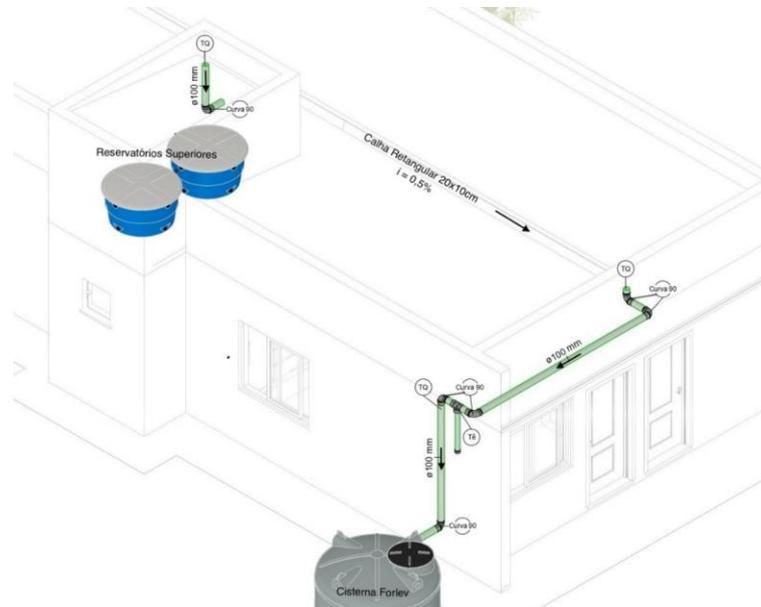
Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989)

Para a inclinação mínima especificada e usada no projeto de 1,0%, encontrou-se o diâmetro que atenderia a vazão de projeto, igual a 100 mm e adotou-se para todos os condutores – verticais e horizontais – a fim de facilitar a prática executiva.

Assim, foi lançado no sistema os diâmetros calculados para o caso estudado. A Figura 12 demonstra o detalhamento da primeira parte do dimensionamento.



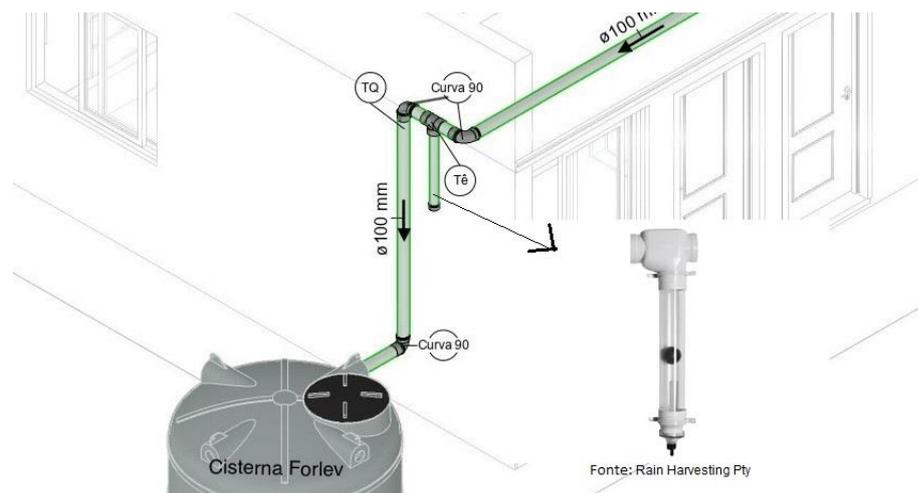
**Figura 12 – Modelagem Revit Detalhamento**



Fonte: Autor

Na Figura 13 têm-se um detalhe onde será instalado o dispositivo de descarte da primeira água da chuva – First Flush.

**Figura 13 - Ilustração "First Flush"**



Fonte: Autor

## 4 Análise dos Resultados

### 4.1 Volumes de Chuva em Farroupilha RS



Os volumes de captação são dispostos na Tabela 5, foi-se calculado utilizando valores de precipitação (I) referente a média histórica do município e ao valor de área de contribuição (Ac), obteve-se o volume médio de captação para uso não-potável.

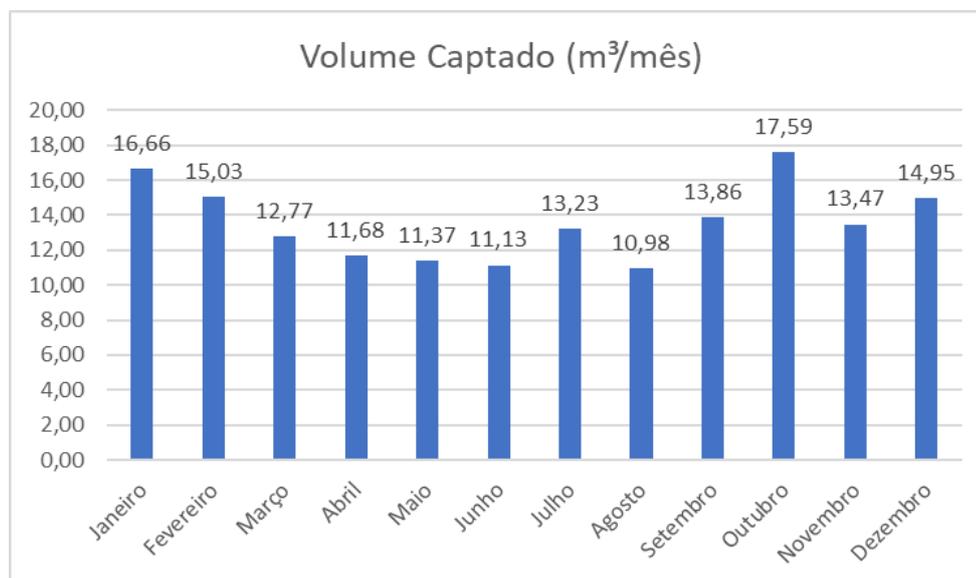
**Tabela 5** – Volume Potencial Captado no Sistema

Mês	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	Coefficiente Eficiência de filtragem	Ac (m <sup>2</sup> )	Volume Captado (m <sup>3</sup> /mês)
Janeiro	214,00	0,95	81,95	16,66
Fevereiro	193,00	0,95	81,95	15,03
Março	164,00	0,95	81,95	12,77
Abril	150,00	0,95	81,95	11,68
Maió	146,00	0,95	81,95	11,37
Junho	143,00	0,95	81,95	11,13
Julho	170,00	0,95	81,95	13,23
Agosto	141,00	0,95	81,95	10,98
Setembro	178,00	0,95	81,95	13,86
Outubro	226,00	0,95	81,95	17,59
Novembro	173,00	0,95	81,95	13,47
Dezembro	192,00	0,95	81,95	14,95

Fonte: Autor

A Figura 14 mostra um histograma com as médias dos volumes mensais que o sistema receberá das precipitações por mês nos últimos 30 anos medidos. Os meses de janeiro e outubro tem a maior média de volume captado, respectivamente 16,66 m<sup>3</sup>/mês e 17,59 m<sup>3</sup>/mês, os de julho e agosto são os que tem menor média de volume captado, respectivamente 13,23 m<sup>3</sup>/mês e 10,98 m<sup>3</sup>/mês.

**Figura 14** - Média Volume Captado mensalmente



Fonte: Autor

Nota-se que no mês de agosto há menor incidência de precipitação e consequentemente menor volume captado pelo sistema, este volume captado mesmo sendo o menor do ano tem volume maior que o utilizado mensalmente na residência para fins não potáveis. Consequentemente haverá um volume maior para se utilizar, se não será extravasado pelo sistema da cisterna. A Tabela 6 mostra uma estimativa mensal do volume “extra” que será extravasado pela cisterna.

**Tabela 6** - Estimativa de volume "extra" extravasado pelo Sistema

Mês	Intensidade Pluviométrica (mm/h)	Volume Captado (m <sup>3</sup> /mês)	Uso Mensal não-potável (m <sup>3</sup> /mês)	Saldo Cisterna (m <sup>3</sup> /mês)	Uso do Extravassor (m <sup>3</sup> /mês)
Janeiro	214,00	16,66	6,51	10,15	0,00
Fevereiro	193,00	15,03	6,51	18,67	8,67
Março	164,00	12,77	6,51	16,26	6,26
Abril	150,00	11,68	6,51	15,17	5,17
Maio	146,00	11,37	6,51	14,86	4,86
Junho	143,00	11,13	6,51	14,62	4,62
Julho	170,00	13,23	6,51	16,72	6,72
Agosto	141,00	10,98	6,51	14,47	4,47
Setembro	178,00	13,86	6,51	17,35	7,35
Outubro	226,00	17,59	6,51	21,08	11,08
Novembro	173,00	13,47	6,51	16,96	6,96
Dezembro	192,00	14,95	6,51	18,44	8,44

Fonte: Autor



Entende-se que mesmo utilizando o estudo (THACKRAY; COCKER; ARCHIBALD, 1978) nas cidades inglesas de Malvern e Mansfield no ano de 1971, o consumo não-potável pode ser maior sem desabastecer o sistema.

## 4.2 Consumos Diários

Calculou-se o consumo previsto para um mês, contabilizando trinta e um dias. Após foi calculado o consumo diário, com um valor de 0,6 m<sup>3</sup>/dia. Com a porcentagem da economia, foi definido o volume a ser economizado por mês, dividindo este consumo pelo total de dias do mês, e obteve-se o volume economizado por dia, igual a 0,21 m<sup>3</sup>/dia.

Assim a Tabela 7 mostra os valores acumulados para o consumo diário sem econômica de água e com a econômica de água através do aproveitamento da água da chuva, e especifica o consumo de água potável que a residência utilizará por dia após o sistema estar operante.

**Tabela 7** - Consumos Diários com e sem economia pelo sistema de captação e aproveitamento de água das chuvas

Dias	Consumo Sem economia (m <sup>3</sup> /dia)	Acumulado Consumo Sem Economia (m <sup>3</sup> )	Volume economizado (m <sup>3</sup> /dia)	Acumulado Volume Economizado (m <sup>3</sup> )	Acumulado Consumo Água Potável com o sistema
1	0,60	0,6	0,21	0,21	0,39
2	0,60	1,20	0,21	0,42	0,78
3	0,60	1,80	0,21	0,63	1,17
4	0,60	2,40	0,21	0,84	1,56
5	0,60	3,00	0,21	1,05	1,95
6	0,60	3,60	0,21	1,26	2,34
7	0,60	4,20	0,21	1,47	2,73
8	0,60	4,80	0,21	1,68	3,12
9	0,60	5,40	0,21	1,89	3,51
10	0,60	6,00	0,21	2,10	3,90
11	0,60	6,60	0,21	2,31	4,29
12	0,60	7,20	0,21	2,52	4,68
13	0,60	7,80	0,21	2,73	5,07
14	0,60	8,40	0,21	2,94	5,46
15	0,60	9,00	0,21	3,15	5,85
16	0,60	9,60	0,21	3,36	6,24
17	0,60	10,20	0,21	3,57	6,63
18	0,60	10,80	0,21	3,78	7,02

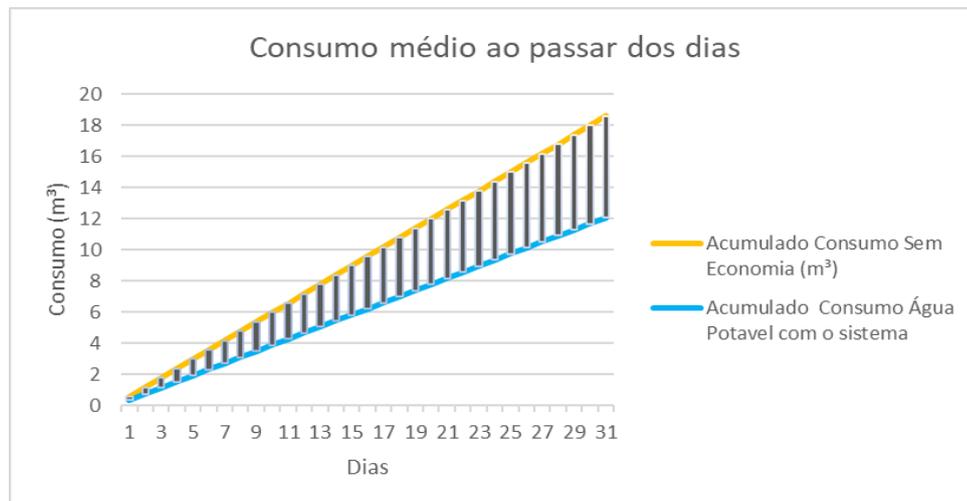


19	0,60	11,40	0,21	3,99	7,41
20	0,60	12,00	0,21	4,20	7,80
21	0,60	12,60	0,21	4,41	8,19
22	0,60	13,20	0,21	4,62	8,58
23	0,60	13,80	0,21	4,83	8,97
24	0,60	14,40	0,21	5,04	9,36
25	0,60	15,00	0,21	5,25	9,75
26	0,60	15,60	0,21	5,46	10,14
27	0,60	16,20	0,21	5,67	10,53
28	0,60	16,80	0,21	5,88	10,92
29	0,60	17,40	0,21	6,09	11,31
30	0,60	18,00	0,21	6,30	11,70
31	0,60	18,60	0,21	6,51	12,09

Fonte: Autor

A Figura 15 mostra um gráfico com os consumos acumulados em m<sup>3</sup>, em função do tempo.

**Figura 15 - Consumo mensal em função do tempo**



Fonte: Autor

A reta laranja representa o consumo de água potável no decorrer dos dias do mês sem a economia proveniente do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva. A reta azul mostra o consumo de água potável da residência após a implementação do sistema.

Nota-se que as retas em preto é a economia total que o sistema de aproveitamento de águas pluviais proporciona para o caso estudado.

### 4.3 Tempo de retorno simples do investimento



Calculou-se o valor economizado por ano, em reais. Com o valor economizado anualmente e o investimento do sistema de captação e aproveitamento pode-se calcular o tempo de retorno do investimento. Os dados obtidos foram dispostos na Tabela 8.

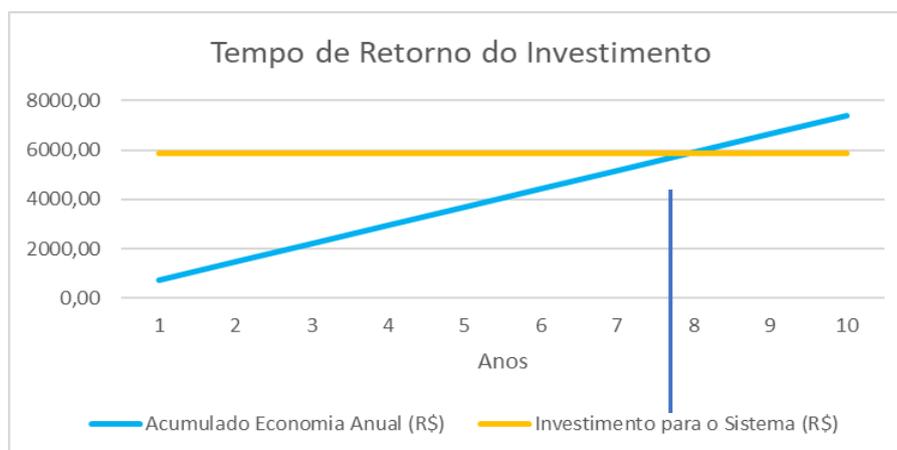
**Tabela 8 - Acúmulo Valor Economizado Anualmente**

Tempo (anos)	Valor Economizado anualmente (R\$)	Acumulado Economia Anual (R\$)	Investimento para o Sistema (R\$)
1	736,80	736,80	5863,23
2	736,80	1473,60	5863,23
3	736,80	2210,40	5863,23
4	736,80	2947,20	5863,23
5	736,80	3684,00	5863,23
6	736,80	4420,80	5863,23
7	736,80	5157,60	5863,23
8	736,80	5894,40	5863,23
9	736,80	6631,20	5863,23
10	736,80	7368,00	5863,23

Fonte: Autor

A Figura 16 mostra um gráfico com um comparativo dos valores acumulados anualmente pelo sistema – faturamento - e do valor do investimento do sistema. Quando as linhas se cruzam é o momento exato onde a economia supera o valor do investimento, ou seja, é o momento temporal onde o sistema pagou todo seu investimento. A partir da intersecção, é somente lucro.

**Figura 16 - Tempo de Retorno do Investimento**



Fonte: Autor

## 5 Conclusão



Conforme o andamento do presente trabalho percebeu-se que a aplicação do sistema de captação e aproveitamento de água da chuva em uma residência unifamiliar no município de Farroupilha – RS tem viabilidade e além de implicar num menor consumo de água potável ajuda também no meio-ambiente.

O detalhamento do sistema foi realizado no Revit, a fim de obter uma modelagem mais completa com a possibilidade de compatibilização dos projetos de água fria e esgoto.

No caso estudado o consumo de água potável inicialmente seria de 18,60 m<sup>3</sup>/mês passando a ser 12,09 m<sup>3</sup>/mês pelo simples fato de aproveitar a água da chuva. Com essa diminuição além da conta de água vir mais barata, mesmo parecendo ser pouco, há também a redução de energia nas estações de tratamento d'água e a longo prazo benéfico ao meio-ambiente.

A cidade de Farroupilha conta com alto índices de chuvas o ano todo, como estudado os meses de maiores captações são começo e final do ano, grande maioria em meses quentes onde o consumo tende a ser maior. Sendo outro fator positivo na execução deste sistema. Anualmente o município conta com uma precipitação média anual de 2.116 mm/ano.

Constatou-se que a residência mesmo sendo relativamente pequena tem uma área de captação de água da chuva de 81,95 m<sup>2</sup>, permitindo captar um volume alto de chuva, em torno de 164,74 m<sup>3</sup>/ano. Com o estudo observou-se que o volume necessário para consumo dos aparelhos que irão ser alimentados por água não potável é totalmente contemplado no volume captado pelo sistema, tendo meses que haverá grande volume extravasado pela cisterna.

O investimento à primeira vista é grande, pois tem bastante peças e acessórios para instalação do sistema, entretanto, quando se estuda com mais profundidade a estimativa de economia que o sistema em fase de operação oferecerá ao usuário, as coisas mudam. Concluiu-se que o tempo de retorno de investimento foi considerado curto, de oito anos, se comparado o tempo de durabilidade estimado de vinte anos para o projeto de um sistema de captação de água da chuva.

O imóvel assim que implementado o sistema estará totalmente de acordo com a sustentabilidade, e além de trazer alguma conscientização aos moradores próximos para também buscar meios de poupar recursos naturais.

## Referências



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626 - Sistemas prediais de água fria**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 – Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis**. Rio de Janeiro, 2019.

ÁGUA, O. (s.d.). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Nações Unidas Brasil**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/6>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

ANA, A. N. (s.d.). **Clima e condições meteorológicas médias em Farroupilha no ano todo**. Disponível em: Weather Spark: <https://pt.weatherspark.com/y/29700/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Farroupilha-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 15 Nov. 2023.

BEZERRA, Stella Maris da Cruz et al. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527: 2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. **Ambiente Construído**, v. 10, p. 219-231, 2010.

ECYCLE, E. Conheça um sistema de captação de água de chuva que é prático, bonito e econômico. Disponível em: <http://www.ecycle.com.br/component/content/article/41pegue-leve/3313-cisterna-vertical-modular-litros-tecnologia-solucao-alternativa-sistema-tecnologia-captacao-aproveitamento-coleta-agua-chuva-pluviais-consumo-humano-crise-hidrica-caixa-reservatorio-armazenamento-vantagem-casa-condominio-apartamento-onde-comprar-encontrar.html>. Acesso em: 2 dez. 2023.

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

FINOTTI, Alexandra R. et al. Curvas IDF para Caxias do Sul e Região. **ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES DA UCS**, v. 18, 2009.

Freitas, A. **Brasil perde 15% de superfície de água desde o começo dos anos 1990**. Disponível em: CNN Brasil: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/brasil-perde-15-de-superficie-de-agua-desde-o-comeco-dos-anos-1990/#:~:text=O%20Brasil%20possui%2012%25%20das,ocupam%2060%25%20do%20territ%C3%B3rio%20brasileiro>. Acesso em: 05 Nov. 2023.

HAGEMANN, S.E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

Infraestrutura, S. d. (2015). **Bacias Hidrográficas - RS**. Disponível em: Governo do RS: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 05 Nov. 2023.

Infraestrutura, S. d. (s.d.). **Recursos Hídricos e Saneamento**. Disponível em: Governo do RS: <https://sema.rs.gov.br/recursos-hidricos>. Acesso em: 05 Nov. 2023.

OLIVEIRA, L. E., ILHA, M. S., GONÇALVES, O. M., & YWASHIMA. **Levantamento do estado da arte: Água. Projeto – Tecnologias para construção mais sustentável**. São Paulo, 2007.

EBC. **ONDE ESTÁ A ÁGUA NO BRASIL?** (2018). Disponível em: <https://www.ebc.com.br/especiais-agua/agua-no-brasil/>. Acesso em: 05 Nov. 2023.



- PENA, R. A. (s.d.). Distribuição da água no Brasil. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 05 Nov. 2023.
- Pena, R. F. (s.d.). Distribuição da água no Brasil. **Mundo Educação**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/distribuicao-agua-no-brasil.htm>. Acesso em: 05 Nov. 2023.
- PORTO, R.M. (2006) **Hidráulica Básica**. 4ª edição. São Carlos: EESC-USP, Projeto REENGE, 519 p.
- RABOUÇAS, A. d., BRAGA, B., & TUNDISI, J. G. (2006). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. (3ª ed.). São Paulo.
- CATULÉ, Pablo Fernandes et al. Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 11, p. e6711438-e6711438, 2018.
- SALLA, Marcio Ricardo et al. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. **Ambiente Construído**, v. 13, p. 167-181, 2013.
- SISTEMAS, E. O. (s.d.). Descubra qual a situação da água no Brasil. **EOS Consultores**. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/ descubra-qual-a-situacao-da-agua-no-brasil/>. Acesso 02 Nov. 2023.
- SPGG, V. B. (2021). Estudo faz panorama da gestão da água e saneamento no RS. **Governo do RS**. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/estudo-faz-panorama-da-gestao-da-agua-e-saneamento-nors#:~:text=Em%202019%2C%2098%2C8%25,fossa%20s%C3%A9ptica%20ligada%20%C3%A0%20rede>. Acesso em: 05 Nov. 2023.
- TOMAZ, Plinio. Aproveitamento de água de chuva. **São Paulo: Navegar Editora**, p. 125-138, 2007.