



**Diego Sebastian Carvalho de Souza**

**Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio

Orientador: Prof. Celso Romanel

Coorientador: Prof. Ricardo de Freitas Cabral

Rio de Janeiro  
Julho de 2020



**Diego Sebastian Carvalho de Souza**

**Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

**Prof. Celso Romanel**

Orientador  
Departamento de Engenharia Civil  
e Ambiental – PUC-Rio

**Prof. Ricardo de Freitas Cabral**

Coorientador  
Universidade Geraldo Di Biasi

**Prof. Marcelo de Jesus Rodrigues da**

**Nóbrega**  
CEFET / RJ

**Profa. Renata Gonçalves Faisca**

Universidade Federal Fluminense

Rio de Janeiro, 23 de julho de 2020

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Diego Sebastian Carvalho de Souza**

Bacharel e Licenciado em História pela Universidade Gama Filho, em 2005. Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo Centro Universitário Celso Lisboa, em 2012. MBA - Gestão Ambiental pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ, em 2009. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Católica de Petrópolis - UCP, em 2012. Especialista em Engenharia Sanitária pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, em 2014. Especialista em Gerenciamento de Projetos, pela Fundação Getúlio Vargas - FGV, 2015. Atua como Consultor, Professor, Engenheiro Sanitarista e Ambiental e de Segurança do Trabalho.

### Ficha Catalográfica

Souza, Diego Sebastian Carvalho de

Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro / Diego Sebastian Carvalho de Souza; orientador: Celso Romanel ; coorientador: Ricardo de Freitas Cabral. – 2020.

184 f. : il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2020.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Civil e Ambiental - Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental - Teses. 3. Aproveitamento de água de chuva. 4. Viabilidade econômica. 5. Programa Minha Casa Minha Vida. I. Romanel, Celso. II. Cabral, Ricardo de Freitas. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. IV. Título.

CDD: 624

## Agradecimentos

Agradeço a minha mãe Nilceia Carvalho de Souza, a minha esposa Fabiane da Silva Campello e minha filha Giovanna Campello de Souza, por acreditarem que este projeto seria possível apesar das adversidades.

Agradeço a toda direção do curso de Engenharia Urbana e Ambiental, em especial ao meu orientador Prof. Celso Romanel bem como ao meu coorientador Dr. Ricardo de Freitas Cabral pelo suporte técnico e emocional.

Agradeço ao Dr. Emil de Souza Sánchez Filho, pela extensa colaboração ao trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Resumo

Souza, Diego Sebastian Carvalho de; Romanel, Celso (orientador); Freitas Cabral, Ricardo (coorientador). **Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2020, 184 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A pesquisa analisou a viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), já construído, na cidade do Rio de Janeiro. A água é um recurso natural de valor econômico, estratégico e social, além de essencial para manter a existência humana e dos ecossistemas no planeta. A falta de água, que no Brasil se manifesta de modo mais grave desde 2014, envolvendo problemas de seca e de gestão dos recursos naturais, não afetaria somente residências, mas também agricultura e indústrias, as últimas localizadas principalmente na região Sudeste. No entanto, em face dessas perspectivas, a cidade do Rio de Janeiro optou por isentar os empreendimentos imobiliários vinculados ao PMCMV da construção de sistemas de aproveitamento e reuso da água de chuva, apesar de decreto municipal já aprovado desde 2004. O aproveitamento poderia diminuir a necessidade da utilização de água tratada em determinadas atividades, além de contribuir com a diminuição dos custos do condomínio e o impacto de enchentes em meio urbano. Nesta dissertação foi feita a análise econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, considerando três alternativas de reservatório, que representa o maior custo da implantação do sistema, por meio de indicadores como o valor presente (VP), o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), o índice de lucratividade (IL) e o *payback* simples. Como resultado, foi constatada a viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva, com redução de 3,6% no consumo de água tratada do condomínio e um valor presente líquido (VLP) de R\$ 14.258,04.

## Palavras chaves

Aproveitamento de água de chuva; Viabilidade econômica; Programa Minha Casa Minha Vida

## Extended Abstract

Souza, Diego Sebastian Carvalho de; Romanel, Celso (advisor); Freitas Cabral, Ricardo (co-advisor). **Economic feasibility analysis of a rainwater recovery system in a condominium of the Minha Casa Minha Vida Program in Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2020, 184 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

### 1.0 Introduction

Water is the most important natural resource for society, due to its economical, strategical and social value, being vital for life on the planet. As a renewable good, it must be managed in a conscious way, once it may become scarce.

With population growth and the development of economies, there is a tendency for the enhancement of its demand. In a survey carried out by the United Nations - UN (2018), this increase varies around 20% to 30%, that is, 4600km<sup>3</sup> / year until 2050.

In Brazil, the lack of water peaked in 2014, but it is recurrent in the country's large urban centers. As well as in the Northeast region due to climatic and meteorological aspects.

Therefore, the rainwater utilization arises as a response for the problems of the impacts caused by the lack of water in large urban centers. This form of treatment would minimize the use of water sources, the cost of water treatment, the impacts of floods and the costs of the population with water bills.

With the use of rainwater being implemented in condominiums, the perspective is to reduce the demand for treated water. As a result, lower water bill payments and, thus, reducing the impact of the population's cost of living. A and not less important, to reduce the pressure on the demand of the companies and to smooth the withdrawal of water resources from the environment.

As a goal, the research analyzed the system to be implemented, its cost and economic viability in buildings already constructed. In urban centers, there is a demographic density already established, which demands a large amount of water, and also consolidated buildings that aggravate the impact of water scarcity.

To achieve this objective, this research simulated the implementation of a rainwater recovery system, considering three reservoir alternatives. Then, a case study was carried out in the Park Riviera da Costa condominium, in the city of Rio de Janeiro, in the neighborhood of Campo Grande, using indicators such as Present Value (VP), Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (IPV) and simple payback.

## **2.0 Development**

### **2.1 Water crisis and the value of water**

Water management as an economical asset has been neither efficient nor effective. Becoming a problem on a worldwide scale, therefore, it has numerous variables in its management process. Because of its importance as the driving force of modern society, essential to life and economic development, there are disputes that are increasingly heated for its control.

The scarcity of water with drinking standards occurs due to natural factors, location, availability, climate change, misuse, lack of efficiency in its distribution and pollution.

With the growth of the world population, the demand for drinking water tends to grow around 20% to 30%, according to the United Nations (UN) (2018). This means that the demand will be reaching a volume between 5,500 and 6,000 km<sup>3</sup> / year by 2050. Of this amount, domestic water use corresponds to approximately 10% of the total water abstraction worldwide.

Brazil has 12% of the world's fresh surface water. However, there is an inequality in its distribution throughout Brazil. It is estimated that water availability, that is, the amount of water available to the most diverse uses in Brazil, is around 78,600m<sup>3</sup> / s, which is, 30% of the average flow, with 65,617m<sup>3</sup> / s corresponding to the contribution of the Amazon basin. ANA (2017).

The availability of water in the country depends on the patterns of rainfall distribution that vary in each region. But in recent years, extreme events of excess or shortage of rain have occurred. This could mean climate change and changes in rainfall patterns in Brazil. In consequently, the apparatus created to supply cities can collapse.

With fewer water resources available, states like Rio de Janeiro, which has the highest water consumption according to the National Sanitation Information System - SNIS (2018), they are directly affected as this volume of water is used to satisfy domestic, commercial, public and industrial consumption.

The water crisis in the city of Rio de Janeiro, supplied by the Paraíba do Sul River, has been aggravated by pollution and climatic instability. Which reflects in its availability, quality, and the value of the good. However, the city government disfigured the relevant legislation Decree 23.940 (2004) on the use of rainwater, for the PMCMV projects.

Marli (2008) in her research carried out in 2005, concluded that there is dependence on the Brazilian economy in relation to water. Once that to carry out its activities, 6 liters of water were needed for each R\$ 1.00 real spent. Highlighting the production of the agricultural sector, the greatest commodities in Brazilian economy, as her demand was about 91.58 liters of water for each 1 Real.

The economical value of water grows over time, and tends to increase further due to scarcity. As it can be seen in an article in the newspaper O Globo in 2018, the percentage increase in the price of water reached 2.8550% accumulated in 12 months. According to the Broad Consumer Price Index - IPCA.

The increase in the tariff makes it difficult for low-income population to pay. In the case of the city of Rio de Janeiro, the company stratifies the payment by classifying the payer. This occurs through tables that separate neighborhoods and income, but with the prices arising, all citizens are affected.

## **2.2 Harnessing Systems**

In a rainwater harvesting system, the water harvesting process is done in various ways and technologies. This system consists of collecting and storing rainwater for human use. The most usual way is using roofs, balconies. As shown in Figure 1.

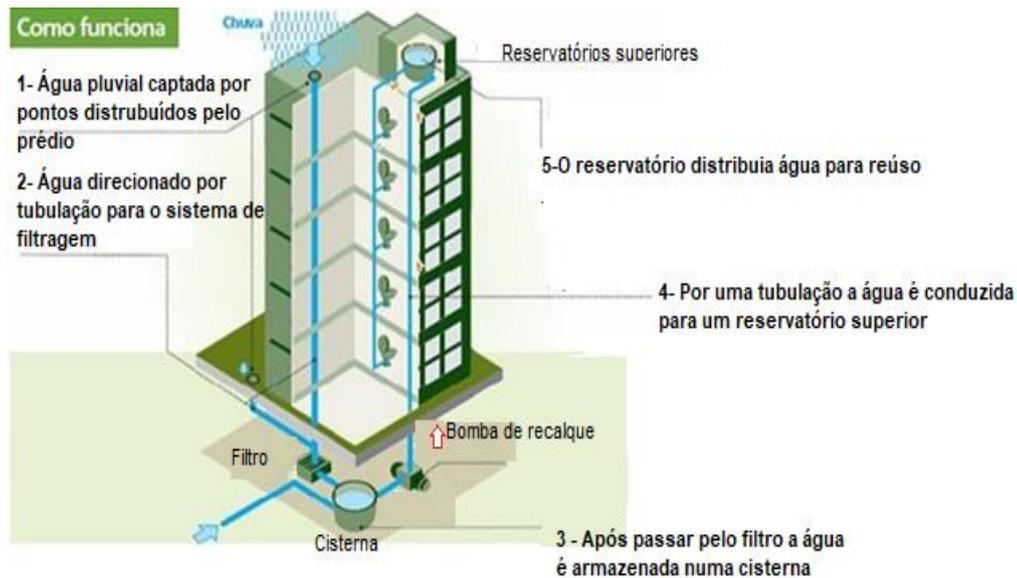


Figure 1 - Rainwater harvesting system.  
Source: www.agua-de-chuva.com. Access in 12/15/2018.

### 2.3 Indicators and economic viability

The budget for this research was based on the SINAP and EMOP price platforms, with the premise of pricing components and activities necessary for the implementation of the water use system. Since field research was carried out in 2019. In this research, the budget is given in Table 1.

The cash flow of the project represented by Figure 2, shows a disbursement of 192.967.25 paid as if it were in cash, but it would not change the flow in this project if it were paid in installments for 3 months along the work time.

Table 1 – Budget Summary

Budget Summary	
Macro Items	R\$
Breakdown of Services	20122,24
Inputs	1089,75
Reservoir and distribution	59572,83
Construction Site and Staff	68005,38
Project	5579,6
Value	154369,8
BDI	38592,45
<b>Total Project Price</b>	<b>192962,25</b>

Source: Author (2020).

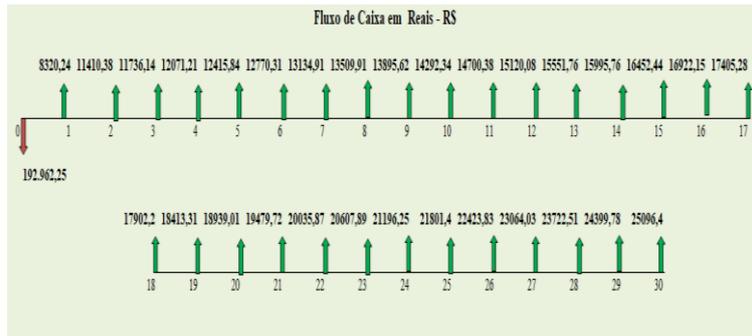


Figure 2 - Cash flow.  
Source: Author (2020)

To analyze the economic viability of the project, tools such as IR, B, VP, NPV, IRR, Simple Payback and IPV were used. It was also analyzed the percentage of water that is no longer used.

SINDUSCON (2005) presents a formulation to estimate the Impact of Reduction - IR of consumption through Expression 1:

$$IR = \frac{ICAP - ICDP}{ICAP} * 100 \quad (1)$$

where:

IR= Impact of water consumption by consumer agent;

ICAP= consumption indicator before interventions;

ICDP = consumption indicator after interventions.

SINDUSCON (2005) presents Expression 2. With the objective of calculating the Benefit Flow - B. With this, it is intended to know the monthly amount of water saved based on the taxes of the water and sewage service provider.

$$B = C1 - C2 \quad (2)$$

where:

C<sub>1</sub>= average water bill before intervention;

C<sub>2</sub> = expected water bill price after the intervention.

B = Benefit

The Net Present Value - NPV allows to know if the project is attractive or not. If positive it is feasible. According to Rego (2013) the NPV is calculated by Expression 3.

$$NPV = FC_1(1+i)^1 + FC_2(1+i)^2 + FC_3(1+i)^3 - FC_0 \quad (3)$$

where:

NPV = Net Present Value

$FC_0$  = cash flow at time zero;

$FC_j$  = expected cash flow for the project in each time interval;

$i$  = discount rate; and  $t$  = period (1, 2, 3 ...).

The feasibility of a project can be analyzed by the Present Value - VP. If so, it is feasible. Its calculation is presented by Rego (2013) through Expression 4

$$VP = FC_1(1+i)^1 + FC_2(1+i)^2 + FC_3(1+i)^3 \quad (4)$$

where:

PV = Present Value

$FC_j$  = expected cash flow for the project in each time interval;

$i$  = discount rate; and  $t$  = period (1, 2, 3 .....).

According to Rego (2013) the Internal Rate of Return - TIR, is calculated by Expression 5.

$$NPV = 0 = \text{Initial investment} + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + \text{TIR})^t} \quad (5)$$

where:

NPV = Net Present Value;

$F$  = cash flow for each period;

$t$  = period in question;

$n$  = number of periods;

IRR = Internal Rate of Return.

Simple Payback can be calculated directly. To do this, the number of months or years that are required to recover an investment is used. For Rego (2013) it can be calculated using Expression 6.

$$\text{Simple Payback} = \frac{\text{Initial expenditure}}{\text{free cash}} \quad (6)$$

For an enterprise to be considered profitable, its Profitability Index - IPV must be greater than one (1). Rego (2013) presents Expression 7 for its calculation.

$$IPV = \frac{NPV}{I} \quad (7)$$

where,

IPV = Profitability Index;

NPV = Net Present Value;

I = Investimento;

### 3.0 Case Study

This research used the Park Riviera da Costa condominium, a development located in the neighborhood of Campo Grande, in the city of Rio de Janeiro. Presented by Figure 2. The volume of water used per month is 109m<sup>3</sup>. This represents an average of water and sewage bill of 25,577,9073, since the price of treated water is 3,1209 cubic meters.

The choice of this condominium is justified by the large amount of PMCMV's enterprise in this model. This program was the housing bias of PAC. This condominium falls into class 2, that is, borrowers with payment above two salaries.



Figure 2– Location of the neighborhood of Campo Grande-RJ.  
Source: <https://www.google.com/maps>. Access, 08/10/2019.

The Park Riviera da Costa Condominium consists of 218 apartments, it has a fixed population of 872 residents and a floating population of approximately 150 visitors. Each building is 15 meters high and five floors accessed by supported stairs and mirrors made of slate and a fire hydrant on each floor. In this condominium there are apartments with 1,2,3 rooms, which can be end suite.

According to MRV, the condominium builder, the construction model is structural masonry, with no overhead on the slabs being 150 Kg/m<sup>2</sup>. The building has a water castle with a volume of 483m<sup>3</sup>, a fire system with a technical reserve of 36m<sup>3</sup>, and 1471.4m<sup>2</sup> of common area. (MRV 2019).

### 3.1 Hydrology and Reseration System

The present research, analyzing the hydrological and demand conditions of the buildings, concluded that the ideal volume for implementation in the Park Riviera da Costa condominium is 130m<sup>3</sup>, as it would meet the demand for cleaning, watering the condominium, and it would supply the technical fire reserve in a total of 114m<sup>3</sup>. The rest of the water can be used as a reserve.

In this perspective, the demand for condominium bathrooms will not be met, because of the quantity, there are apartments with two appliances, the volume of rainwater and its catchment area (roof) would not have the capacity to absorb the necessary volume.

As a result, the system would be economically unfeasible, as the capacity to generate water would be compromised and the alternative would be to capture it in another location. Increasing the cost of the utilization system.

In order to choose the reservoir, at least three alternatives for implantation were analyzed: upper reservoir, lower reservoir using a pumping system and lower reservoir with the division of water boxes into drinking and non-drinking water. As the buildings are made of structural masonry, they would not contain another structure.

Analyzing the conditions of price, volume and space for implementation, three reservoirs were reached. Two with a volume of 50m<sup>3</sup> and one 30m<sup>3</sup>. The reservoirs are composed of Polymer Reinforced with Fiberglass - PRFV, cheaper and already installed.

#### 4.0 Analysis of the results

Tables 2 and 3 show results of a possible implementation of the recovery system whose reduction in water consumption would be 3.6% of water. The monthly benefit would be R \$ 924,417.

**Table 2 - Benefit Flow**

Data base	Amount (Reais)
C1 – Average water bill before intervention	R\$ 25.577,91
C2 – Expected water bill price after the intervention	R\$ 24.653,49
Benefit month	924,417
Year Benefit	11093,004

Source: Author (2020).

**Table 3 - Impact of water consumption by consumer agent - IR**

ICAP= Consumption indicator before interventions	4,101482326
ICDP = Consumption indicator before interventions	4,0
IR - Impact of water consumption by consumer agent %	3,6

Source: Author (2020).

The results calculated by Table 4 demonstrate the economic viability of the rainwater harvesting system, as there are no negative values. IPV is above 1, that is, there is wealth generation and Minimum Attractive Rate of Return - MARR is above inflation.

Table 4 -Indicators and economic viability

Year	Cash Flow	Accumulated Value
0	R\$-192.962,25	R\$-192.962,25
1	R\$ 8.320,24	R\$-184.642,01
2	R\$ 11.410,38	R\$-173.231,63
3	R\$ 11.736,14	R\$-161.495,49
4	R\$ 12.071,21	R\$-149.424,28
5	R\$ 12.415,84	R\$-137.008,44
6	R\$ 12.770,31	R\$-124.238,13
7	R\$ 13.134,91	R\$-111.103,22
8	R\$ 13.509,91	R\$ -97.593,31
9	R\$ 13.895,62	R\$ -83.697,70
10	R\$ 14.292,34	R\$ -69.405,36
11	R\$ 14.700,38	R\$ -54.704,98
12	R\$ 15.120,08	R\$ -39.584,90
13	R\$ 15.551,76	R\$ -24.033,14
14	R\$ 15.995,76	R\$ -8.037,39
15	<b>R\$ 16.452,44</b>	<b>R\$ 8.415,05</b>
16	R\$ 16.922,15	R\$ 25.337,21
17	R\$ 17.405,28	R\$ 42.742,49
18	R\$ 17.902,20	R\$ 60.644,69
19	R\$ 18.413,31	R\$ 79.058,00
20	R\$ 18.939,01	R\$ 97.997,02
21	R\$ 19.479,72	R\$ 117.476,74
22	R\$ 20.035,87	R\$ 137.512,60
23	R\$ 20.607,89	R\$ 158.120,49
24	R\$ 21.196,25	R\$ 179.316,74
25	R\$ 21.801,40	R\$ 201.118,13
26	R\$ 22.423,83	R\$ 223.541,96
27	R\$ 23.064,03	R\$ 246.605,99
28	R\$ 23.722,51	R\$ 270.328,50
29	R\$ 24.399,78	R\$ 294.728,28
30	R\$ 25.096,40	R\$ 319.824,68
MARR /i		6%
NPV	R\$	14.258,04
IRR		7%
IPV		1,07
VP	R\$	207.220,29
Payback		14 years, 6 months and 26 days.

Source: Author (2020).

## 5.0 Conclusion

The survey concluded that the rainwater harvesting project is economically viable for buildings already constructed by the PMCMV. The calculated viability indicators obtained positive results: the NPV (R \$ 14,258.04), VP (R \$ 207,220.29), IPV (1,07). The IRR (7%) and MARR (6%) rates were above inflation.

The water use system would pay for itself in 14 years, 6 months and 26 days. As the average funding for this type of program is 30 years, the project's payback becomes reasonable. This implementation also reduces the use of drinking water by 3.6%, as a portion would no longer be used. As a result, the water and sewage bill would come down by R \$ 9.24 at first and higher over the years.

When analyzing the policy of the city of Rio de Janeiro to exclude PCMV projects from Decree 23.940/2004, it is concluded that it is harmful to condominiums and the population of the city, it generates impacts such as water scarcity and urban floods.

### Keywords

Use of rainwater; economic feasibility; Program Minha Casa Minha Vida

## Sumário

<b>1. Introdução</b>	<b>26</b>
1.1. Objetivos gerais e específicos	31
1.2. Metodologia do trabalho	31
1.3. Estruturas da dissertação	32
<b>2. Crise hídrica e gestão racional da água</b>	<b>34</b>
2.1. Crise hídrica no Brasil e o consumo de água no Rio de Janeiro	34
2.2. Consumo de água nas edificações	41
2.3. Gasto de energia com bombeamento de água nas edificações	44
2.4. Programa de conservação da água nas edificações - PCA	44
2.5. Avaliação do impacto da redução do consumo de água das edificações	47
2.5.1. Avaliação do investimento do sistema de aproveitamento de águas da chuva nas edificações	48
2.6. O sistema tarifário da CEDAE	50
2.6.1. A tarifa de água e a inadimplência no estado do Rio de Janeiro	52
<b>3. Sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis</b>	<b>56</b>
3.1. Histórico do aproveitamento de água da chuva	56
3.2. Ferramentas legislativas e normativas que regulam o aproveitamento de água da chuva na cidade do Rio de Janeiro	57
3.3. Chuva de projeto	61
3.4. Elementos constitutivos de um projeto de aproveitamento de água da chuva	63
3.4.1. Superfície de recolhimento de água da chuva	64
3.4.2. Condutores de água da chuva	66
3.4.3. Dispositivos de primeira lavagem ( <i>First flush</i> ) e filtros	67
3.4.4. Reservatório de armazenamento de água da chuva	69
3.5. Padrões de qualidade e tratamento de água da chuva	72
3.6. Interação entre sistemas de aproveitamento de água da chuva e instalações hidrossanitários e os demais sistemas de abastecimento de água fria	74

3.6.1. Sistemas prediais de água fria	75
3.6.2. Sistemas prediais de combate a incêndio e o aproveitamento de água de chuva	81
<b>4. Projeto de um sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não Potáveis - planejamento, custo, orçamento, preço e sua manutenção</b>	<b>84</b>
4.1. Planejamento de um projeto de engenharia	84
4.2. Orçamento	88
4.2.1. Bonificação ou Benefícios e Despesas Indiretas - BDI	90
4.2.2. SINAPI e EMOP - Custos e índices da construção civil	92
4.2.3. Despesas e custos de um projeto de engenharia	95
4.2.4. Composição e custo unitário	96
4.3. Valoração ambiental dos projetos de aproveitamento de água da chuva	98
4.4. Estimativa ou avaliação do impacto da redução do consumo de água	101
4.5. Custos da manutenção das edificações e projeto de aproveitamento de água da Chuva	102
<b>5. Estudo de caso: o condomínio Park Riviera da Costa</b>	<b>107</b>
5.1. A área de estudo: o bairro de Campo Grande no RJ	107
5.1.1. Processo de urbanização e verticalização de Campo Grande – RJ	108
5.1.2. O Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV	112
5.1.3. O condomínio Park Riviera da Costa	114
5.2. Fatores meteorológicos no condomínio Park Riviera da Costa	130
5.3. Intervenções pretendidas no condomínio Park Riviera da Costa	136
<b>6. Métodos quantitativos de análise</b>	<b>137</b>
6.1. Metodologia análise quantitativa–hidrologia e vazão de projeto	137
6.2. Metodologia análise quantitativa – cálculo dos volumes dos reservatórios	138
6.2.1. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Azevedo Neto	138

6.2.2. Metodologia de dimensionamento de reservatório pelo Decreto nº 23.940 - RJ	139
6.2.3. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Alemão	139
6.2.4. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Inglês	140
6.2.5. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Australiano	140
6.3. Metodologia de análise para cálculo do impacto de redução de água	141
6.3.1. Metodologia para cálculo do impacto de redução de água	142
6.3.2. Metodologia de análise – Fluxo de benefício	142
6.4. Metodologia de elaboração do orçamento – BDI	142
6.5. Metodologia de análise de viabilidade dos investimentos	144
6.5.1. Metodologia de análise do VPL	144
6.5.2. Metodologia de cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)	145
6.5.3. Metodologia de cálculo do <i>Payback</i>	145
6.5.4. Metodologia de cálculo do Índice de Lucratividade (IL)	146
6.6. A Importância da simulação	146
<b>7. Resultados e discussão</b>	<b>147</b>
7.1. Hidrologia e vazão de projeto	147
7.2. Análise das demandas para água de chuva no condomínio Park Riviera da Costa	148
7.3. Volumes dos reservatórios	149
7.3.1. Volume do reservatório – correlação direta entre chuva e área	149
7.3.2. Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto	150
7.3.3. Volume de reservatório pelo Decreto nº 23.940 - RJ	151
7.3.4. Volume de reservatório - método Prático Alemão	152
7.3.5. Volume de reservatório – Prático Inglês	152
7.3.6. Volume de reservatório pelo método Prático Australiano	153

7.4. Análise dos resultados dos volumes dimensionados dos reservatórios e a demanda do estudo de caso	154
7.5. Análises econômicas da redução de água potável	158
7.5.1. Impacto de redução de água	158
7.5.2. Análise de Fluxo de Benefício	158
7.6. Resultantes do processo de orçamentação e BDI	161
7.7. Resultantes do cálculo das técnicas de análise da viabilidade econômica	164
7.7.1. Resultantes do cálculo VPL e a TIR	164
7.7.2. Resultantes do cálculo do VP	166
7.7.3. Processo de urbanização e verticalização de Campo Grande – RJ	167
7.7.4. Resultantes do cálculo do <i>Payback</i> simples	168
<b>8. Conclusão</b>	<b>170</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>172</b>
<b>Apêndice I – Orçamento</b>	<b>182</b>
<b>Anexo I – Autorização</b>	<b>183</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Demandas por finalidade (retirada, retorno e consumo) no Brasil de 2016	26
Figura 2 - Processo de elaboração da dissertação	32
Figura 3 - Precipitação e vazão média e disponibilidade hídrica por região Hidrográfica	35
Figura 4 - A constante crise e seu caráter cíclico.	37
Figura 5 - Consumo médio <i>per capita</i> dos prestadores de serviços participantes do SNIS, em 2016 e na média dos últimos 3 anos, segundo estado	38
Figura 6 - Visão Macro de Programa de Conservação de Água – PCA.	45
Figura 7 - Programa de Conservação de Água em edificações já existentes	46
Figura 8 - Identificação por cores das tubulações.	60
Figura 9 - Tipos de chuva.	61
Figura 10 - Exemplo de funcionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva.	64
Figura 11 - Superfície de recolhimento de Chuva.	64
Figura 12 - Sistema de condução da água.	66
Figura 13 - <i>First flush</i> .	67
Figura 14 - Filtro na tubulação de água de chuva.	68
Figura 15 - Implantação de reservatório.	69
Figura 16 - Soluções para reservatórios.	71
Figura 17 - Classes de enquadramento dos corpos de água doce.	73
Figura 18 - Entrada de água fria.	75
Figura 19 - Sistema de distribuição de água fria.	76
Figura 20 - Canalizações próximas dos reservatórios das edificações.	78
Figura 21 - Complementação de alimentação de água.	80
Figura 22 - Esquema de reservatório de distribuição com <i>air gap</i> .	80
Figura 23 - Esquema de reservatório de distribuição com RTI.	82
Figura 24 - Etapas de desenvolvimento de um projeto.	84
Figura 25 - Grau de oportunidade em função do tempo.	85

Figura 26 - Processo de orçamentação de obras.	88
Figura 27 - Cálculo do BDI.	90
Figura 28 - Histórico de desenvolvimento do SINAPI.	92
Figura 29 - Custo de produção.	96
Figura 30 - Custos diretos de construção.	97
Figura 31 - Custo global do edifício.	104
Figura 32 - Grau de oportunidade de mudança em função do tempo	106
Figura 33 - Localização do bairro de Campo Grande-RJ.	107
Figura 34 - Principais ferrovias do Rio de Janeiro em 1930.	109
Figura 35 - Empreendimentos Minha Casa Minha Vida.	111
Figura 36 - Localização do Park Riviera Costa	114
Figura 37 - Relevo na região do Park Riviera da Costa	115
Figura 38 - Bloco 1– Park Riviera Costa	115
Figura 39 - Vista do condomínio Park Riviera Costa	118
Figura 40 - Localização da área verde na parte de trás do condomínio.	118
Figura 41 - Tubulação de adução	120
Figura 42 - Apartamentos com dois banheiros. Bloco 1. Apt. 102.	123
Figura 43 - Localização da estação pluviométrica.	130
Figura 44 - Potencial do Uso da Água Park Riviera da Costa.	132
Figura 45 - Área de influência das equações IDF no município do Rio de Janeiro	135
Figura 46 - Reservatórios de PRFV	162
Figura 47 - Fluxo de Caixa	164

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Consumo de água por pessoa	42
Tabela 2 - Porcentagem de consumo de água	43
Tabela 3 - Área de abrangência referente à tarifa B	53
Tabela 4 - Estrutura da tarifa de água - B	54
Tabela 5 - Coeficiente Runoff	65
Tabela 6 - Vantagem e desvantagem da implantação dos reservatórios	70
Tabela 7 - Parâmetros de qualidade da água da chuva- NBR nº 15.527/2019	72
Tabela 8 - Parâmetros de qualidade da água de reuso - NBR nº 13.969/97	73
Tabela 9 - Parâmetros de qualidade da água - CONAMA nº 357/2005	74
Tabela 10 - Proposta de mudança de visão na gestão de projetos	86
Tabela 11 - Exemplo de BDI para obras de edificações e reformas.	91
Tabela 12 - Exemplo de composição.	97
Tabela 13 - Preços unitários de cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União, exercício 2019.	98
Tabela 14 - Valor econômico do bem ambiental.	100
Tabela 15 - Utilização da água em uma edificação	103
Tabela 16 - Frequência de manutenção de um sistema de aproveitamento de água de chuva.	105
Tabela 17 - Empreendimentos Minha Casa Minha Vida	112
Tabela 18 - Número de apartamentos	116
Tabela 19 - Metragem das áreas comuns I.	119
Tabela 20 - Metragem das áreas comuns X volume de água demandado.	128
Tabela 21 - Consumo dos blocos	129
Tabela 22 - Demanda dos banheiros	129
Tabela 23 - Desagregação da Chuva	133
Tabela 24 - Maiores precipitações anuais	134
Tabela 25 - Tempo de Retorno	134
Tabela 26 - Coeficientes IDF	137

Tabela 27 - Cálculo da IDF	147
Tabela 28 - Vazão de projeto	147
Tabela 29 - Agrupamento das demandas	148
Tabela 30 - Correlação direta – Volume do reservatório	149
Tabela 31 - Cálculo do reservatório – Método Azevedo Neto	150
Tabela 32 - Cálculo do reservatório – Método do Decreto nº 23.940	151
Tabela 33 - Cálculo do reservatório – Método Prático Alemão	152
Tabela 34 - Cálculo do reservatório – Método Prático Inglês	152
Tabela 35 - Cálculo do reservatório – Método Prático Australiano – Demanda de esgoto	153
Tabela 36 - Cálculo do reservatório – Método Prático Australiano – Áreas comuns, limpeza e RTI	154
Tabela 37 - Cálculo da correlação entre vazão e volume dos métodos de cálculo dos reservatórios	155
Tabela 38 - Indicador de impacto de redução de água.	158
Tabela 39 - Valor de Fluxo de Benefício	159
Tabela 40 - Estimativa de valor economizado em 30 anos - Ajuste pelo IPCA	160
Tabela 41 - Resumo do orçamento	161
Tabela 42 - Cálculo do VPL e TIR – Período 30 anos	165
Tabela 43 - Cálculo do VP – Período 30 anos	166
Tabela 44 - Cálculo do IL – Período 30 anos	167
Tabela 45 - Análise inicial do Payback	168
Tabela 46 - Calculado Payback simples	169

## **Lista de Gráficos**

Gráfico 1 - Consumo de água dentro das residências.	42
Gráfico 2 - Curvas médias mensais de precipitação.	131
Gráfico 3 - Distribuição da Pluviosidade.	132
Gráfico 4 - Análise da Média de Q, V.	156
Gráfico 5 - Coeficiente de determinação – R <sup>2</sup> de Q, V.	157
Gráfico 6 - Implantação do aproveitamento de água de chuva – Curva ABC	163

## Lista de abreviaturas e siglas

<b>SIGLA UTILIZADA</b>	<b>NOME COMPLETO</b>
ABC	Análise de Custo-Benefício
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGERNESA	Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio
ANA	Agência Nacional de Águas
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
AWWARF	American Water Works Association Research
AV	Avenida
BDI	Benefício e Despesas Indiretas
BNH	Banco Nacional da Habitação
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CEDAG	Companhia Estadual Águas da Guanabara
CEF	Caixa Econômica Federal
COPASA	Companhia de Saneamento
COSCIP	Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Capacidade Volumétrica
cv	Cavalo-vapor (é uma unidade de medida de potência)
DN	Diâmetro Nominal
DEFOFO	Diâmetro externo do ferro fundido
EMOP	Empresa Municipal de Obras Públicas e Serviços
ESAG	Empresa de Saneamento do Estado da Guanabara
FAR	Fundo de Arrendamento Residencial
FGTS	Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
Geo - Rio	Fundação Instituto de geotécnica
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade – Duração – Frequência
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IL	Índice de Lucratividade
IR	Impacto de Redução
NBR	Norma Brasileira
MCA	Metro de Coluna de Água
ONU	Organização das Nações Unidas
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PBA	Ponta, Bolsa e Anel

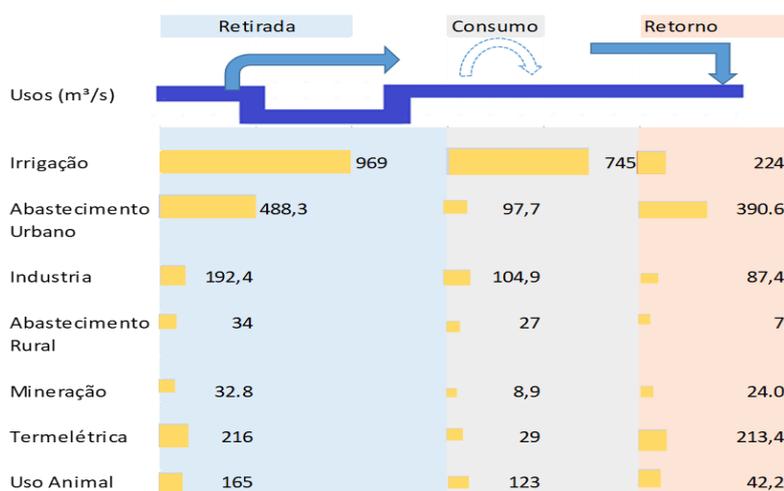
PBQPH	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
NBR	Norma Brasileira
PCA	Programa de Conservação da Água
PCMCVM	Programa Minha Casa Minha Vida
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PRFV	Polímero Reforçado com Fibra de Vidro
PNHU	Política Nacional de Habitação Urbana
PVC	Policloreto de polivinila
PCA	Programa de Conservação da Água
RPA	Rede Pública de Abastecimento
RTI	Reserva Técnica de Incêndio
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SANERJ	Companhia de Saneamento do Estado do Rio de Janeiro
SFH	Sistema Financeiro de Habitação
SINAP	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SINIS	Sistema nacional de Informações sobre Saneamento
SPC	Sistema de Proteção ao Crédito
TCU	Tribunal de Contas da União
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TIR	Taxa de Retorno
UR	Unidade de Referência
VERA	Valor Econômico de um Bem Ambiental
VNU	Valor de Não Uso
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido

# 1. Introdução

Segundo a Organização das Nações Unidas ONU (2018) a demanda mundial por água é estimada em torno de 4.600 km<sup>3</sup>/ano e calcula-se que irá aumentar de 20 a 30%, atingindo um volume entre 5.500 e 6.000 km<sup>3</sup>/ano até 2050.

A preservação e utilização eficiente dos recursos hídricos são identificadas como principais prioridades para garantir a sustentabilidade da vida no planeta. Nesse contexto o uso de fontes alternativas de água é analisado como uma medida necessária face ao problema de escassez de água. O aproveitamento das águas pluviais destaca-se como uma alternativa para reduzir o consumo de água potável tratada.

O uso doméstico da água, que corresponde a aproximadamente 10% do total da captação hídrica em todo o mundo, deve aumentar de forma significativa no período 2010-2050, em quase todas as regiões do mundo. Em termos relativos, o aumento da demanda doméstica será maior em sub-regiões africanas e asiáticas, onde os valores podem mais do que triplicar. Na América Central e do Sul, a demanda pode ser mais do que o dobro dos valores atuais. No Brasil, a maior demanda por metro cúbico de água é para agricultura, como verificado na Figura 1.



**Figura 1 - Demandas por finalidade (retirada, retorno e consumo) no Brasil de 2016**

Fonte: Adaptado. ANA (2017).

Com a escassez do recurso, o aumento da demanda, e a poluição dos mananciais, o valor da água potável tende a aumentar em todo o mundo. Com isso, o custo do tratamento ficará cada vez mais alto.

O jornal Valor Econômico, em 18/08/2017, informava que a Companhia Estadual de Água e Esgoto (Nova Cedae) do Rio de Janeiro registrou perdas significativas relacionadas às previsões contra “calotes”. Em sua provisão, para o primeiro semestre de 2018, os créditos de liquidação duvidosa, ou seja, contas em que a empresa vê risco de não recebimento, somaram R\$ 488 milhões, o que corresponderia a 20% de sua receita.

O reajuste da tarifa de água no segundo semestre de 2018 foi de 5,93%, corrigido pelo Índice Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 2,85%. Entretanto, sua composição abrangeu as perdas acumuladas no período de 12 meses, entre maio de 2017 a maio de 2018. Com isso, o reajuste do valor tarifário ficou acima do índice de inflação acumulada, que teve variação no mesmo período de 4,48%, como relata o jornal Valor Econômico em 26/08/2018, significando assim perda maior para consumidor, pois o valor pago pela água é maior que a recuperação da inflação realizada naturalmente pelo mercado.

No Brasil, até a metade do ano de 2018, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018) o total de desempregados chegou a 13,7 milhões. Com esse quadro econômico, o endividamento das famílias tende a aumentar. Com efeito, procurar soluções que diminuam as despesas básicas pode ser um caminho para o reequilíbrio da situação financeira.

Segundo uma pesquisa do Sistema de Proteção ao Crédito (SPC), 64% da amostra conseguem custear os gastos de água e esgoto, entretanto, há 20% de negativados. Sendo assim, a gestão da água se torna importante. Nas edificações, o consumidor deve buscar formas de diminuir o custo da sua conta, evitando a inadimplência e a negativação do seu cadastro.

Por outro lado, a água como bem está escassa e a falta de mananciais aumenta seu custo, para suprir a demanda em seus usos diversos. É necessário diminuir a quantidade de água demandada dos sistemas de abastecimento, buscar novas formas de gerenciamento e adaptar casas e edificações a novas regulamentações.

Para Campos (2014), historicamente o desenvolvimento do sistema de abastecimento público de água e o aproveitamento da água pluvial, tornaram-se restritos às regiões com pouca disponibilidade de recursos. Entretanto, com as frequentes crises e graves problemas de abastecimento, ressurgiu a necessidade de utilizar-se dessa fonte de abastecimento.

Em um viés sanitarista, as águas pluviais eram consideradas parte do esgoto sanitário, e acreditava-se ser necessário afastá-la o mais rapidamente possível da edificação.

Segundo esse autor, o crescimento populacional provocou o aumento na demanda por água, a impermeabilização do solo urbano e contribuiu para aumentar os problemas na drenagem urbana.

Como efeito desse processo antrópico, enchentes e alagamentos ocorrem com mais facilidades, pois há um maior escoamento superficial. Sendo assim, a chuva pode ser vista de duas formas: como um alívio para as crises de abastecimento, ou motivadora de enchentes que causam estragos na vida da população. Daí a necessidade de diminuir a vazão das cheias e melhorar a gestão das águas.

A reservação no lote, por meio de sistemas de aproveitamento novamente é uma solução plausível. Esse sistema consiste em um processo de captura de água da chuva, que tem por finalidade, o complemento necessário de água não potável em instalações industriais, residências e agricultura. Portanto, é um sistema que depende das condições climatológicas e hidrológicas.

No Brasil a norma norteadora para esses sistemas é a NBR 15.527, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2007 e revisada em 2019, intitulada “Água da chuva – aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos” essa norma, no entanto, sofreu revisão no percurso do presente trabalho, então, como prática, utilizou-se também a versão de 2019. Em seu escopo há definições, fórmulas de dimensionamento do sistema e a recomendação de utilização de água da chuva para fins não potáveis mediante a tratamento adequado. Essa água pode ser aproveitada para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais. Entretanto, devem-se descartar os primeiros 20 minutos de chuva, pelo quantitativo

de poluentes presentes na atmosfera, que com advento da chuva, contaminam a água do sistema.

Segundo Gould (1999) a utilização da água da chuva pode provocar um efeito benéfico na redução dos custos relativos à água e esgoto, porque reduz o volume de água consumida e direcionada à rede de galerias pluviais, atuando, dessa forma, como uma medida não estrutural de drenagem urbana.

As intervenções nos condomínios influenciam diretamente na rede de drenagem urbana, pois são aplicadas no lote, diminuindo o pico de cheia.

Nascimento (2014) explica que o processo de aproveitamento da água da chuva, permite um reaproveitamento e substituição da água potável pela não potável de até 50% nas habitações. Isso porque, essa água armazenada no processo de captação pode ser utilizada para fins não nobres, como a rega das plantas, a lavagem de automóveis e pátios.

O aproveitamento da água da chuva pode ser uma solução para diminuição dos encargos gerados pela utilização da água nos condomínios, principalmente onde o poder aquisitivo é baixo. Então, deveria ser estimulado em obras públicas, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e seu derivativo de habitação, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) criado em 2009.

O PAC foi criado pelo governo brasileiro em 2007, com a finalidade de retomar a execução de grandes obras. Para Brasil (2018) o maior objetivo do programa foi diminuir o déficit habitacional por meio da construção de residências e a expansão do acesso às linhas de crédito para a compra da casa própria, por meio do PMCMV.

Essa iniciativa historicamente resulta de outros planos já criados, como o Projeto Moradia (1999-2000) apresentado por uma equipe técnica, baseada no suposto fracasso da política habitacional do período do Governo Militar (1964-1985).

Botega (2007) explica que a Lei nº 4.380/64, que institui o Sistema Financeiro de Habitação juntamente com o Banco Nacional de Habitação (SFH/BNH), teve a missão de estimular a construção da casa própria, especialmente para pessoas de baixa renda e a classe média.

O BNH teve como pilar desde a sua constituição, uma lógica de terceirização de suas operações, ou seja, transmitir as suas funções para a iniciativa privada. Para isso, o banco arrecadava os recursos financeiros e em seguida os transferia para os agentes privados intermediários. Algumas medidas inclusive demonstravam que havia, ao mesmo tempo, uma preocupação com o planejamento das ações de urbanização aliada aos interesses do capital imobiliário.

Essas moradias em sua maioria são de condomínios residenciais e estão sujeitos às exigências de códigos municipais e estaduais. A Lei municipal nº 5.279/2011, Rio de Janeiro, instituiu o Programa de Conservação de Água (PCA). Esta lei determina que a água da chuva seja captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da Rede Pública de Abastecimento (RPA).

O Decreto municipal nº 23.940/2004 define parâmetros técnicos para novas edificações multifamiliares, que possuam telhado ou pavimento superior a 500 m<sup>2</sup> ou contenham 50 ou mais unidades. Desta forma, estão obrigados a ter reservatórios para retenção de águas pluviais.

Para Souza (2015), por meio do Decreto nº 26.168/2006 promulgado pela cidade do Rio de Janeiro, ocorreu a isenção dos empreendimentos do PMCMV da obrigatoriedade da construção de reservatórios de retardo, dispensando, portanto, a captação e a retenção das águas de chuva.

Uma iniciativa foi impulsionar projetos sustentáveis, onde o governo brasileiro por meio da Caixa Econômica Federal (CAIXA), em 2009, criou o programa Selo Azul da Caixa. Esse programa consiste em uma classificação do índice de sustentabilidade de projetos habitacionais, utilizando um processo de classificação em 4 níveis: bronze, prata, ouro e diamante. Para avaliar o projeto e a execução dos empreendimentos faz-se necessário atender a 49 itens de certificação com critérios distribuídos nas categorias de qualidade urbana e bem estar, eficiência energética e conforto ambiental, gestão eficiente da água, produção sustentável, desenvolvimento social e inovação. Incentivando o aproveitamento de água da chuva.

## 1.1. Objetivos gerais e específicos

O objetivo deste trabalho foi analisar economicamente a viabilidade do aproveitamento de água da chuva nas edificações do PMCMV que já foram construídas e não contempladas com o sistema de aproveitamento. Justifica-se, pela decisão do Governo do Rio de Janeiro de isentar as construtoras de realizar o projeto e execução do sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis nos condomínios do PMCMV, ignorando a viabilidade econômica, o ganho ambiental e a diminuição do pico das enchentes.

Como estudo de caso foi escolhido o condomínio Parque Riviera da Costa, localizado no bairro de Campo Grande, na zona oeste do município do Rio de Janeiro. Esta localidade foi impactada pela quantidade significativa de empreendimentos imobiliários do PMCMV.

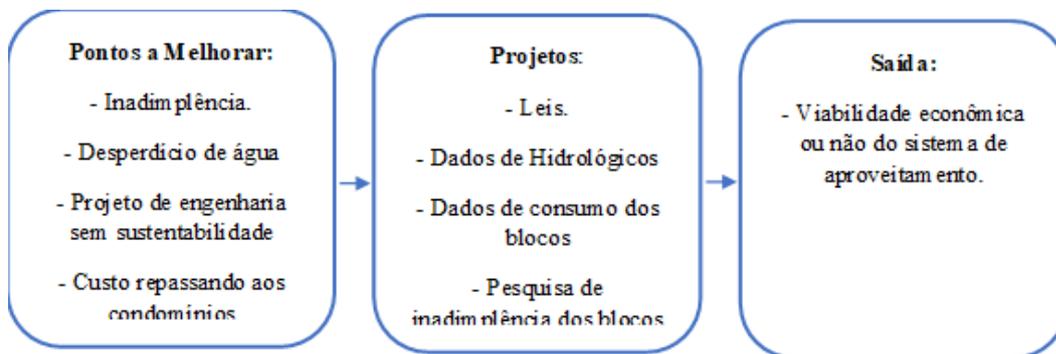
Para tal, concretizaram-se os seguintes objetivos específicos:

- A) Simular a utilização do aproveitamento de água da chuva para o Condomínio Parque Riviera da Costa;
- B) Calcular o impacto da redução do consumo de água do condomínio Parque Riviera da Costa;
- C) Comparar o custo-benefício do sistema de aproveitamento de água;
- D) Calcular os índices de consumo de água;
- E) Realizar estudo de viabilidade econômica por meio do Valor Presente (VP), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* simples e Índice de Lucratividade (IL);
- F) Analisar criticamente e economicamente a decisão do governo de isentar os condomínios vinculados ao PAC e PMCMV de sistemas de aproveitamento.

## 1.2. Metodologia do trabalho

Para elaboração dessa dissertação as fontes foram obtidas designadamente em: bibliotecas; livrarias; portais governamentais e comunitários; portais de instituições, públicas e privadas; pesquisa *on-line* de trabalhos produzidos por outros autores. Para tal, também foram realizadas visitas técnicas às partes

funcionais das edificações, o que gerou registros fotográficos a fim de subsidiar a tomada de decisões quanto ao método. Neste contexto, utilizaram-se plantas, manuais e sistemas de controle cedido pela administração do condomínio. Por meio da análise deste material, mais as visitas técnicas, foi possível a elaboração lógica desta dissertação apresentada de forma simplificada pela Figura 2.



**Figura 2 - Processo de elaboração da dissertação**

Fonte: Adaptado. ANA (2017).

### 1.3. Estruturas da dissertação

Este trabalho foi estruturado em 8 capítulos, com a finalidade de construir e ter uma visão científica do conhecimento. Não tem como objetivo esgotar o tema, mais buscar cientificamente resultados ou não, mas úteis à sociedade, pois se entende como objetivo de um mestrado profissional.

O capítulo 1 teve por finalidade apresentar a introdução do tema, os objetivos do trabalho e a sua estrutura. Com isso, descrever de modo geral o problema da crise hídrica e suas consequências, além dos problemas com o modelo de gestão das águas adotados e a fragilidade da legislação frente aos desafios da gestão racional das águas.

O capítulo 2 possui uma revisão bibliográfica mais aprofundada da relação entre escassez de água, a má gestão do recurso e o impacto na tarifa de água. Buscou mostrar a adaptação que pode ser feita em edifícios já construídos sem a observância de um Programa de Conservação de Água (PCA). Para consolidação do trabalho, foram introduzidos os conceitos de viabilidade econômica para execução dos sistemas de aproveitamento de água.

O capítulo 3 desta dissertação dedicou-se a aprofundar os conhecimentos sobre a concepção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. Há observância de parâmetros legais e técnicos que permitem simular a sua implantação em edifícios.

No capítulo 4, foram discutidas as formas de levantamento e estruturação dos custos de um projeto de engenharia. Foram também abordadas as questões da manutenção dos sistemas de aproveitamento de água e das edificações no geral. Este capítulo foi à base de formação do orçamento, que é a entrada necessária para análise de viabilidade econômica.

Complementarmente, o capítulo 5 apresentou a localidade e o condomínio a ser estudado, o bairro de Campo Grande no Rio de Janeiro e o condomínio Park Riviera da Costa. Neste capítulo foram levantadas as estruturas do condomínio, sua tipologia e dados. Estas informações foram os dados de entrada para realização do estudo hidrológico e do sistema de aproveitamento da água da chuva, que poderá ser implantado. Para tal, foram analisadas as demandas prováveis para o uso da água de chuva para estas edificações, como também o sistema hidráulico predial, base para uma solução técnica e científica.

O capítulo 6 objetivou apresentar as formulações matemáticas para análise técnica de engenharia, cálculos do volume dos reservatórios. Neste capítulo também foram apresentadas as metodologias usadas para cálculo da viabilidade econômica e o impacto da redução do consumo de água tratada no condomínio.

No capítulo 7 são calculados e discutidos os resultados. Sendo assim, são aplicadas as metodologias com dados apurados na pesquisa.

Já o capítulo 8 é a conclusão do trabalho com seus resultados finais.

## **2. Crise hídrica e gestão racional da água**

### **2.1. Crise hídrica no Brasil e o consumo de água no Rio de Janeiro**

Na pesquisa de Burek (2016), estima-se que a população mundial possa ser de 8,4 a 9,8 bilhões até 2050. Este crescimento traz um desafio em escala global, que é a realização de um manejo sustentável dos recursos ambientais, principalmente os hídricos. Este último, está relacionado com outros grandes desafios, como a questão dos alimentos, energia e ecossistemas. Não bastarão soluções unidirecionais, pois há uma conectividade entre estas.

Burek (2016) considera a avaliação da sustentabilidade do recurso hídrico, como primordial em todos os componentes, pois há impacto direto das medidas em relação à quantificação do recurso. Outro fator é o crescimento populacional, pois tende a aumentar a demanda pela água. Isso pressupõe a necessidade de uma gestão racional.

Há necessidade, portanto, de não consumir os recursos naturais mais do que a capacidade de suporte do planeta, evitando assim acelerar as mudanças do clima, pois é intrínseca a dependência de chuvas e fatores climáticos na manutenção da vida.

Jardim (2105) explica que é comum responsabilizar o clima por crises econômicas, desaparecimento de civilizações, perfil psicológico de pessoas e por influenciarem o atraso e/ou avanço cultural de povos, não sendo novidade no decorrer da história.

Em termos de Brasil, Jardim (2015) esclarece que o país possui as maiores reservas de água do mundo, em percentual são 12% da água doce superficial existente. Entretanto, nota-se uma desigualdade em sua distribuição em todo território brasileiro.

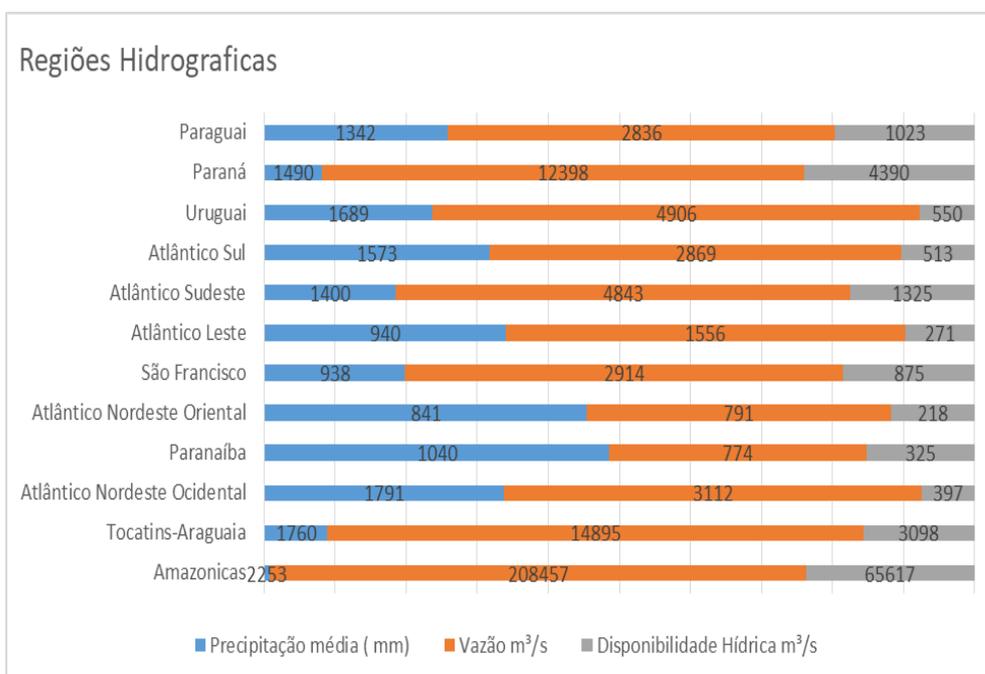
A bacia do rio Amazonas, na região Norte, possui o maior volume de água do Brasil, também pela presença do aquífero Altero do Chão, o maior em volume

d'água, todavia é distante dos grandes centros urbanos do país, que possui dimensões continentais.

Nas regiões Sudeste e Nordeste, respectivamente, encontram-se as maiores demandas pela água, porque há uma grande concentração populacional e a maior quantidade de indústrias. Araújo (2016), ao analisar o regime de seca no Brasil, constatou que nestas regiões, os estados têm os maiores históricos de secas e escassez de água.

Há um desafio de realizar o manejo dos recursos hídricos da região Amazônica sem causar impactos significativos em termos ambientais, econômicos e sociais, como também uma dificuldade de abastecimento nas regiões Sudeste e Nordeste, pelo quantitativo de população e a escassez de água, e a distância dos mananciais das metrópoles.

Segundo o relatório da ANA (2018), em média 260.000 m<sup>3</sup>/s de água escoam pelo território brasileiro. Um percentual desses escoamentos é destinado para os diversos usos da água, mesmo nos anos mais secos. Estima-se que a disponibilidade hídrica, ou seja, a quantidade de água disponível aos mais diversos usos no Brasil seja em torno de 78.600m<sup>3</sup>/s, ou seja, 30% da vazão média, sendo que 65,617 m<sup>3</sup>/s correspondem à contribuição da bacia amazônica, como apresentado na Figura 3.



**Figura 3 - Precipitação e vazão média e disponibilidade hídrica por região Hidrográfica**

Fonte: Adaptado. ANA (2017).

Sazonalmente, a região Sudeste é irrigada pela evapotranspiração da floresta amazônica, esse fenômeno é conhecido como "rios voadores". Segundo Araújo (2015), esse mecanismo falhou no período de 2013 e 2014, e voltou a falhar em 2014/2015, com isso, nos últimos anos, os níveis de chuva ficaram abaixo do esperado, gerando um déficit de água nos reservatórios em todo país e, principalmente, nesta região.

Por meio de relatos históricos, ficou perceptível que nunca houve uma preocupação séria em relação à escassez de água nessa região. A falta de preocupação, aliada ao desmatamento, foram motivos para o colapso do sistema de abastecimento de água, pois trouxeram fatores inesperados ao planejamento da utilização do recurso hídrico.

A ANA (2017), por meio de relatório, aponta um momento crítico no Brasil quanto à indisponibilidade hídrica, principalmente nos grandes centros urbanos. Em termos de dados pluviométricos, aconteceram eventos atípicos de seca que afetaram substancialmente a região Sudeste.

Os padrões de distribuição das chuvas variam naturalmente, porém nos últimos anos há eventos extremos de excesso ou escassez de chuva, que podem ser indícios de mudanças climáticas e alterações nos padrões da precipitação no Brasil.

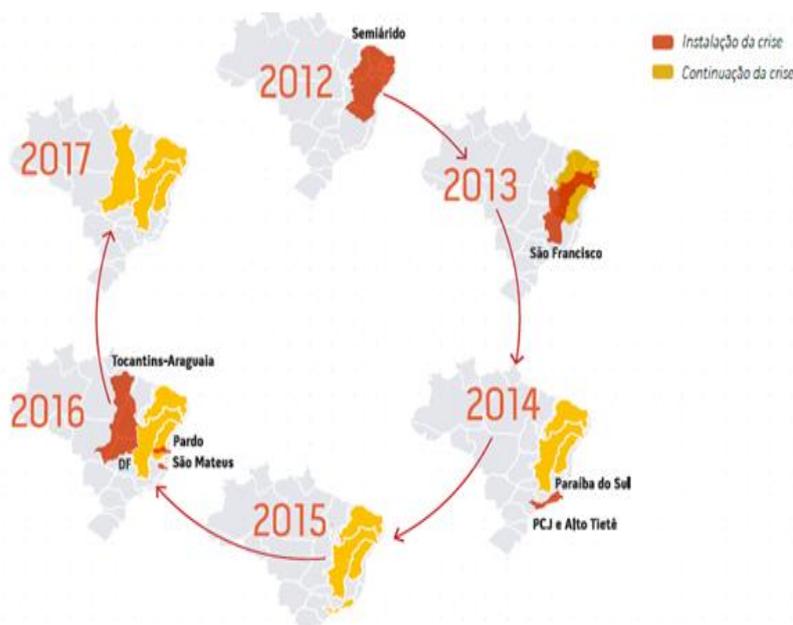
Sem padrão definido, as causas das ocorrências dos baixos índices de precipitação e da dinâmica tendencial interanual da chuva, dificultam o entendimento dos eventos, e assim, o planejamento de ações para diminuir o impacto causado pelo excesso ou escassez de água.

O diminuto período de análise dessas anomalias não permite a conclusão sobre as causas da crise hídrica. Entretanto, é perceptível que o evento não possa ser reduzido apenas às menores taxas pluviométricas observadas nos últimos anos. Outros fatores compõem o processo de garantia e demanda da oferta de água, que podem agravar ou atenuar sua ocorrência.

A vulnerabilidade de uma bacia hidrográfica pode decorrer da inerente criticidade quanto à disponibilidade hídrica, seja devido a características naturais ou devido às altas demandas e/ou poluição hídrica. O desmatamento, a redução da precipitação, o aumento da demanda por água, entre outros fatores, são pressões que favorecem a escassez.

Mesmo com dados de um período curto e entendendo que cada bacia hidrográfica tem um comportamento e possuem suas vulnerabilidades, a ANA (2017), chegou a uma conclusão preliminar sobre o comportamento da crise hídrica. Esta possui caráter cíclico em algumas regiões e é instalada em outras.

Conclui-se que a seca atinge regiões diferentes por cada período, neste caso foi representada anualmente. Em determinadas regiões a crise é contínua em outras ela é variável, como se pode observar pela Figura 4.



**Figura 4 - A constante crise e seu caráter cíclico.**

Fonte: ANA (2017).

De uma forma geral, a crise de água no Brasil e sua espacialização e evolução no tempo, deve-se a fatores meteorológicos, hidrológicos, demográficos e institucionais, entre outros. Em geral são os mesmos problemas encontrados em outras partes do mundo.

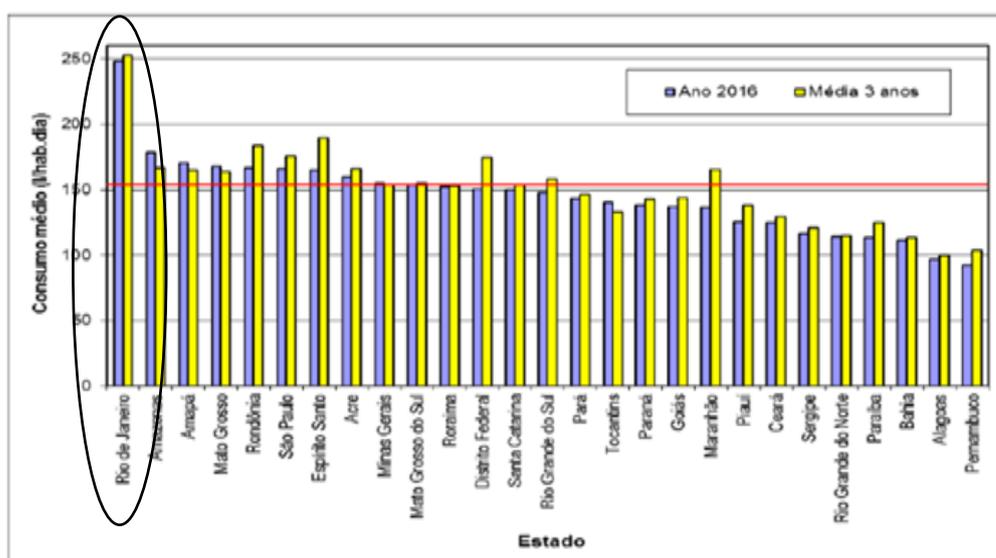
A água tem impacto direto na economia e nos custos dos produtos e serviços. Seu valor é diretamente proporcional ao aumento ou diminuição do custo de produtos e insumos.

Em pesquisa realizada, Marli (2018) concluiu que para cada R\$ 1,00 gerado pela economia brasileira, em 2015, foram utilizados, em média, 6 litros de água. Necessária a produção, o setor agropecuário demandou cerca de 91,58 litros de água para cada Real produzido para geração de renda. Para as indústrias de

transformação e construção, o consumo foi de 3,72 litros/R\$, enquanto nas indústrias extrativas, de 2,54 litros/R\$.

Segundo Marli (2018), no ano de 2015 o volume gasto foi aproximadamente de 30,6 bilhões de metros cúbicos no Brasil. Com maior consumo as atividades econômicas de agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura, com 77,6% do total; na indústria de transformação e construção 11,3%; e água e esgoto com 7,4%.

No Brasil, segundo relatório do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2018), o Rio de Janeiro possui o maior consumo médio per capita de água por indivíduo de volumes utilizados. Isso significa, que para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial, o estado do Rio de Janeiro, local deste estudo, gasta mais água, como apresentado na Figura 5.



**Figura 5 - Consumo médio *per capita* dos prestadores de serviços participantes do SNIS, em 2016 e na média dos últimos 3 anos, segundo estado**

Fonte: SNIS. (2016). Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018

Segundo o diagnóstico do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2018) o consumo médio per capita de água no estado do Rio de Janeiro, é maior do que as demais Unidades da Federação.

Como visto na Figura 5 supracitada, em 2016 o estado do Rio de Janeiro, consumiu uma média de 248,3 l/hab. dia, o que representou 38,2% acima da média da região Sudeste e 61,1% acima da média do país. A Nova CEDAE justifica estes

percentuais pelos baixos índices de medição verificados no estado, então, a empresa estima parcela significativa dos volumes consumidos.

De acordo com os dados do SNIS (2016), o índice de micromedição do volume disponibilizado para distribuição é igual a 38,7% nos estados, enquanto a média do estado do Rio de Janeiro é de 36,5%, de acordo com a Nova CEDAE, para o país a média é de 50,8%. Em termos de hidrometrização, enquanto as ligações de água alcançam 67,9% no estado, pela Nova CEDAE o restante do país tem um índice médio são 91,9%.

Frangipan (2007) explica que os sistemas de medição são classificados em macromedição e micromedição. Como definição, a macromedição consiste no conjunto de medições realizadas no sistema público de abastecimento de água, que compreende desde o processo de captação de água bruta até as extremidades de jusante da rede de distribuição.

A macromedição ajuda a identificar perdas na distribuição e fornecer informações fundamentais ao controle e operação do sistema de abastecimento de água. O autor continua explicando que a outra forma de medir o consumo de água é a micromedição, que tem por finalidade a medição do consumo realizada no ponto de abastecimento de um determinado usuário.

A micromedição é realizada independentemente da sua categoria ou faixa de consumo. A faixa de consumo compreende a medição do volume de água consumido e registrado por meio de hidrômetro. Segundo Frangipan (2007) a micromedição possibilita a divisão dos custos de manutenção e implantação deste sistema. Como efeito evita desperdício de água por parte do consumidor, preservando o meio ambiente.

A cidade do Rio de Janeiro é abastecida pelo rio Paraíba do Sul. Esse corpo hídrico é resultante da convergência dos rios Paraibuna e Paraitinga, que se originam no estado de São Paulo e percorrem a região de Minas Gerais até o deságue no Oceano Atlântico, na cidade de São João da Barra (RJ). Em seu leito o rio possui importantes reservatórios usados pelas usinas hidrelétricas, como Paraibuna, Santa Branca e Funil, essenciais ao desenvolvimento do estado. Contudo, um problema de abastecimento deste rio ou a divisão de águas com outros

estados, deixará a cidade em estado precário de abastecimento, por isso, esta dependência é um risco.

Segundo a ANA (2017), os principais usos da água são: abastecimento de 14,2 milhões de pessoas, irrigação, geração de energia hidrelétrica, atividades industriais e diluição de esgotos.

A situação do rio Paraíba do Sul era de escassez hídrica em meados de 2004, como aliás foi informado no próprio *site* da ANA (acesso em 2018). Como resposta, a recém-criada Agência instituiu a Resolução ANA nº 98/2004. Esta resolução prevê uma solução técnica temporária, a utilização das descargas mínima dos reservatórios, que garantiram que os efeitos da crise não fossem severos.

Entretanto, em 2014 e 2016 a bacia voltou a sofrer a crise hídrica por condições meteorológicas adversas, porque as vazões e precipitações foram abaixo da média, o que gerou impactos negativos nos níveis de armazenamento dos reservatórios.

Com efeito, o reservatório equivalente do sistema hidráulico do rio Paraíba do Sul atingiu o volume útil de 0,33 % (dados da ANA, acesso em 2018), acarretando o menor valor de volume útil de toda a história do sistema. Na ocasião, os reservatórios de Paraibuna e Santa Branca operaram abaixo de seus níveis operacionais mínimos.

Para o enfrentamento da escassez hídrica, a ANA vem emitindo resoluções com o objetivo de regular a utilização do corpo hídrico e preservar os estoques disponíveis de água nos reservatórios equivalentes da bacia, formada pelos rios Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil.

No Rio de Janeiro, localização do estudo de caso deste trabalho, há dois pontos principais: primeiro a falta de chuva, segundo o relacionado com a demanda hídrica do estado, que é representada pela atividade econômica e população. Por isso, a importância da análise de viabilidade de projetos que provoquem a diminuição do consumo de água potável.

Como visto, há uma conjuntura que favorece a falta de recursos hídricos provocada pelo planejamento ineficiente e a estiagem, principalmente porque o recurso utilizado pelo estado é relevante. Em uma estiagem, outros estados poderão se utilizar desta água. Isso causa dependência e aumento no valor econômico.

O estado apresenta índices de micromedição inferiores ao do restante do país, o que dificulta o planejamento, entretanto, há consumo efetivo. Para apurarmos seus valores basta multiplicar o número de habitantes pela quantidade média de água gasta por indivíduo.

## **2.2. Consumo de água nas edificações**

Como visto anteriormente, a má gestão e falta de planejamento geram impacto significativo no consumo de água da população. Faz-se necessário o uso racional da água em todas as esferas, inclusive nos edifícios. Estes são locais destinados a moradias de pessoas, que consomem diretamente e indiretamente a água, logo o recurso deve ser gerido sem desperdício.

Para Oliveira (2006), uma parte da perda de água nos sistemas de hidrossanitário prediais acontece por vários motivos: má qualidade dos materiais, componentes e procedimentos inadequados, que resultam em maiores volumes de insumos utilizados nos sistemas prediais de água e esgoto. Os resultados finais acabam gerando, também, perdas ambientais para a produção desses insumos.

Gonçalves (2009) aclara que os sistemas prediais de água, apresentam diferentes comportamentos. Isso significa que quando as edificações possuem ocupação predominante típica de escritórios, tais como prédios comerciais e públicos, tem um consumo de água similar, o que não ocorre com relação aos edifícios residenciais.

Para tal, foi necessário o conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem em diversos pontos de utilização de uma residência, para se realizar uma gestão racional.

O consumo nos edifícios é influenciado por diversos fatores, tais como: clima da região, renda familiar, número de habitantes da residência, características culturais da comunidade, desperdício domiciliar, valor da tarifa de água, forma de gerenciar o sistema de abastecimento. Em média o consumo mínimo de água para diversos usos está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Consumo de água por pessoa

Consumo	Quantidade mínima L/pessoa dia
Água potável	5
Serviços sanitários	20
Banho	15
Preparo de alimentos	10

Fonte: Gonçalves (2006).

O consumo de água residencial inclui tanto o uso interno, quanto o uso externo às casas. Os usos internos de uma residência podem ser separados em quatro categorias distintas: higiene pessoal, descarga de banheiros, consumo e limpeza.

Segundo Gonçalves (2009) as atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo gasto de água com o uso interno, enquanto o externo deve-se à irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros.

Sendo assim, a água destinada ao consumo humano pode ter dois fins distintos: uso potável e não potável. Com essa classificação pode-se prever fontes alternativas para abastecimento de água nas edificações.

Em uma residência, o maior consumo de água está nas descargas dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Como visto no Gráfico 1, em média 29% do total de água consumida em uma residência poderia ser destinado aos usos não potáveis.

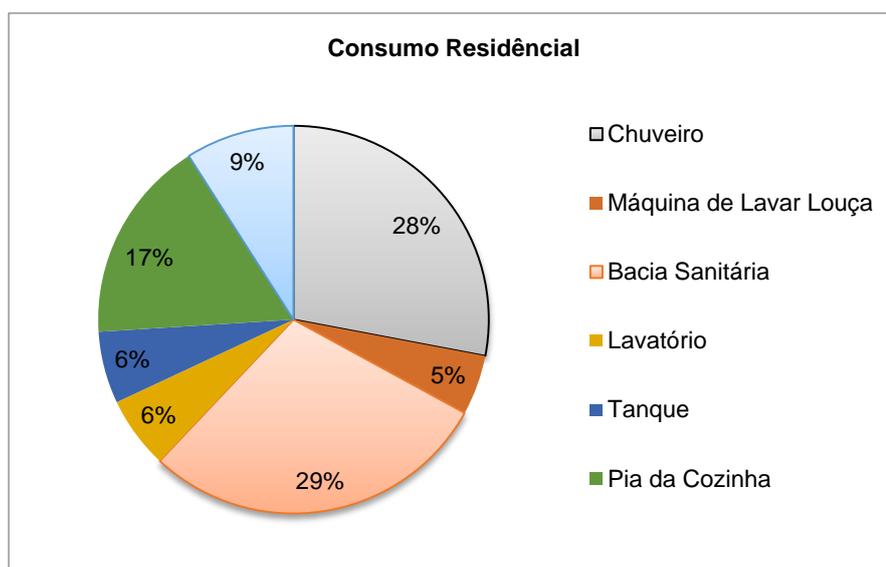


Gráfico 1 - Consumo de água dentro das residências

Fonte: Gonçalves (2006).

Segundo Tomaz (1998), em uma pesquisa feita em 1998 pela *American Water Works Association Research (AWWARF)* em 1.188 residências unifamiliares em 12 cidades nos Estados Unidos, chegaram à conclusão que o consumo interno de uma casa onde se realiza a economia de água, por meio de aparelhos mais eficientes e uma bacia sanitária que gasta 6 litros/descargas, a implantação de torneiras econômicas e outras medidas foi de 196litros/dia/habitante. Diferentemente das casas onde não houve o cuidado com a conservação da água, o consumo foi de 280 litros/dia/habitante. A redução foi de 30% do volume de água.

Por meio deste estudo realizado, a AWWARF conseguiu-se estratificar o volume percentual de água gasto em residências com manutenção e sem manutenção.

A manutenção é outro aspecto importante nos sistemas hidrossanitários, impactando mais diretamente edificações mais antigas, pois os materiais perdem a garantia e muitas vezes a troca/manutenção de um sistema pode ser considerada cara.

Com isso, a demanda tende a ser maior, pois se considera que haja maior probabilidade de vazamentos não só na estrutura interna dos apartamentos, mas também, na rede existente de abastecimento, no caso de conjuntos habitacionais.

A utilização de um sistema de racional de conservação de água propõe uma manutenção nas instalações prediais. Quando isso acontece tem-se a redução do consumo, como demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Porcentagem de consumo de água**

Uso da água	Sem conservação		Com conservação	
	Porcentagem	Litros/dia/hab.	Porcentagem	Litros/dia/hab.
Bacia sanitária	27,70%	78	19,30%	38
Lavagem de roupas	20,90%	59	21,40%	42
Chuveiros	17,30%	47	20,10%	39
Torneiras	15,30%	43	21,90%	43
Vazamentos	13,80%	39	10,10%	19
Outros consumos domésticos	2,10%	6	3,10%	6
Banheira	1,60%	4	2,40%	5
Lavagem de pratos	1,30%	4	2,00%	4
Total interno	100,00%	280	100,00%	196

Fonte: Adaptado e extraída de Tomaz (1998). American Water Works Association Research (AWWARF) em 1.188 residências unifamiliares em 12 cidades nos Estados Unidos.

Com a análise das estratificações realizadas chega-se às atividades que mais impactam, permitindo assim criar estratégias para a diminuição do consumo e da magnitude da perda de água.

Com medidas racionais e o uso da tecnologia aumenta-se a capacidade de gastar menos água, priorizando as ações sobre as atividades de maior magnitude, diminuindo assim o consumo de água e seu custo.

### **2.3. Gasto de energia com bombeamento de água nas edificações**

Em contrapartida, dependendo da solução para abastecimento de água, eleva-se o custo com energia. Segundo pesquisa realizada por Gonçalves (2009) e a equipe da Universidade Federal do Espírito Santo, a contribuição do consumo de eletricidade em bombas de recalque é de 8% do consumo total do edifício. O autor também analisou um edifício similar, onde há o reaproveitamento de água, no qual o sistema de água consome 62% desse valor.

Na pesquisa de Dijk (2020) ao estudar a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em larga escala na cidade de Nova York, o autor entendeu que a melhor forma de analisar o gasto de energia de bombeamento foi estimando a utilização da eletricidade por volume de água da chuva bombeada. Para tal, deve -se estimar o gasto de energia em função da altura do edifício, taxa de ocupação e tipos de uso da água. Neste estudo, o resultado foi favorável à implantação de água da chuva na cidade.

A energia gasta para o bombeamento da água, não poderá ser um fator de aumento de custo no projeto e nem na conta de luz do condomínio. Isso porque nessa pesquisa a população residente possui baixa renda.

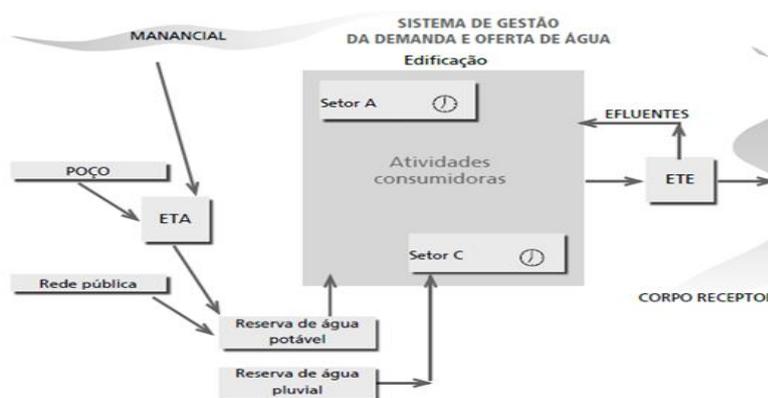
### **2.4. Programa de conservação da água nas edificações - PCA**

O Programa de Conservação de Água (PCA) é um conjunto de ações voltadas para a gestão da oferta e da demanda de água em edificações.

Para Gonçalves (2006) o PCA trata-se de um conjunto de soluções que visam à preservação da quantidade e a qualidade da água.

Para esse programa faz-se necessário uma revisão dos métodos e sistemas relacionados com o uso da água pela população do projeto, tendo como meta a sua conservação.

A implantação de um PCA tem como objetivo principal a otimização do consumo de água com a conseqüente redução do volume dos efluentes gerados, a partir da gestão da demanda e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade, para atendimento das necessidades existentes. Isso porque, as edificações possuem características próprias. Um exemplo de análise para implantação é apresentado na Figura 6.



**Figura 6 - Visão Macro de Programa de Conservação de Água – PCA.**

Fonte: SINDUSCON (2005).

Então, cada condomínio deve estabelecer as etapas de implantação pelas suas características. O PCA pode ser implantando desde o planejamento da construção da edificação até em edificações existentes.

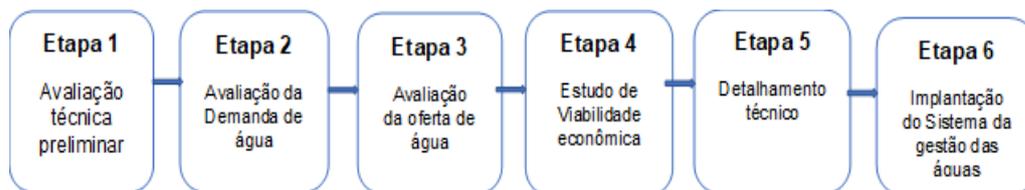
No caso da Figura 6, a edificação foi setorizada para uma melhor gestão da água. Sendo assim, é possível realizar um balanço da utilização de água, as possíveis entradas e saídas. Com isso, pode-se prever os impactos dos sistemas deste empreendimento.

Em uma edificação já existente, algumas intervenções tecnológicas podem ser inviabilizadas. As intervenções na edificação dependerão das especificidades da própria edificação, como foram construídas, se há espaço para reservatórios, bombas e equipamentos.

A forma construtiva de uma edificação pode também determinar as medidas a serem adotadas em seu PCA, os esforços provocados pelas estruturas a serem instaladas.

Para a implantação de um PCA em uma edificação existente, sua população deve estar de acordo, pois sua imposição pode implicar no fracasso do projeto, uma vez que as medidas a serem tomadas dependem de medidas estruturais, que podem afetar os condomínios. Neste caso, pode haver quebra de paredes, implantação e troca de tubulações, instalação de registros, entre outros.

Para Sautchuk (2004), as edificações já existentes ao elaborarem seu PCA devem realizar uma avaliação técnica preliminar, que consiste em coletar as informações para a avaliação e determinação do fluxo de água nas edificações, mais precisamente quantidade e processos que a compõem de acordo com a Figura 7.



**Figura 7 - Programa de Conservação de Água em edificações já existentes**

Fonte: Adaptado. SAUTCHÚK (2004).

Nessa etapa técnica é realizado um diagnóstico por meio de documentação e visitas técnicas em campo, sendo possível traçar metas de economia, de acordo com a situação atual da edificação.

A próxima etapa é a avaliação da demanda de água, ou seja, a quantidade de água que os moradores estão utilizando ou irão utilizar. Tem como objetivo a otimização do consumo de água da edificação.

Segundo Tomaz (1999), para caracterizar a demanda faz-se necessário a análise do consumo de água, pois ocorre uma variação em função da tipologia do edifício. Isso significa mapear a tipologia dos edifícios, características dos sistemas hidráulicos e usuários envolvidos.

Com a análise de demanda é possível chegar à estimativa do consumo total de água. Em uma análise estratificada, compõe-se de uma parcela efetivamente utilizada e de outra desperdiçada. Sendo assim, é possível estimar a parcela utilizada, que é aquela necessária para a realização das diversas atividades relacionadas ao

uso da água. De forma análoga, a parcela de desperdício pode ser decorrente de vários fatores, como o mau desempenho hidráulico ou gestão inapropriada.

O período de atividades computado no cálculo do Indicador de Consumo (IC) que varia em função da tipologia do edifício. Assim, no caso de edifícios hospitalares e de edifícios residenciais, o período considerado deve ser o número total de dias do mês em questão, pois estão em atividade permanente.

No entanto, no cálculo do indicador de consumo para edifícios, devem ser feitas considerações específicas, para quando houver interrupção de atividades em finais de semana e feriados e também em períodos de férias. Isso abrange edifícios escolares, salões de festas entre outras atividades.

Na etapa seguinte é analisada a oferta de água, que significa a quantidade de água disponível. Segundo Torres (2020), também podem ser utilizadas séries temporais de precipitação para configurar os cenários de quantidade de água ou métodos empíricos, conforme descritos no capítulo 6.

Então, o próximo passo é a elaboração de uma matriz de demanda e oferta para facilitar a gestão do recurso, porque por meio desta análise é possível planejar o quanto de investimento será necessário para suprir as necessidades do empreendimento.

Os sistemas de aproveitamento de águas das chuvas podem ser soluções que garantem o uso sustentável e racional da água. Isso depende das avaliações a serem realizadas, principalmente no que tange a edifícios já construídos, pois requerem espaço e estrutura do edifício.

Com efeito, deve-se escolher a solução mais vantajosa para o morador, a fim de não provocar aumento nas contas de água, manutenção e eletricidade. Esta solução deve gerar o mínimo impacto em seus pagamentos habituais.

## **2.5.**

### **Avaliação do impacto da redução do consumo de água das edificações**

No que tange a edifícios já construídos e a necessidade de realização de intervenções para adaptar medidas de conservação de água, deve-se levar em consideração a estimativa do impacto de redução do consumo de água, com as diferentes

ações que devem ser implantadas e o surgimento e formulação de diversas hipóteses sobre o comportamento do consumo, antes e após a realização das intervenções.

Para SINDUSCON (2005) o processo de avaliação do impacto de redução do consumo de água deve ser executado por meio da implantação de cada uma das ações, de acordo com o plano de intervenção.

O gerenciamento do consumo deve ser realizado por meio de leituras sistemáticas nos hidrômetros, para gerenciar os impactos de redução nos respectivos períodos. Sendo assim, a avaliação é fundamental, assim como considerar o indicador de consumo para gerir os resultados.

Essa análise não deve ser realizada somente por meio do valor de consumo, pois corre-se o risco de se obterem resultados falsos, exceto quando o número de consumidores for o mesmo antes e durante a implantação de um PCA.

As análises do impacto da redução do consumo de água em uma edificação serão apresentadas matematicamente expressas, no Capítulo 4, como um indicador, o IR, para que a resultante seja mensurável.

### **2.5.1.**

#### **Avaliação do investimento do sistema de aproveitamento de águas da chuva nas edificações**

A escolha de implantar ou não um sistema de aproveitamento de água da chuva não deve necessariamente estar relacionada somente a demanda e consumo. Mas uma análise complexa que envolve a verificação do impacto da redução de água, o investimento em obras de engenharia e o custo-benefício do sistema.

Segundo Maykot (2020) o primeiro passo para a implantação de um sistema de captação de água da chuva é medir sua viabilidade econômica. Para tal, deve-se utilizar indicadores financeiros para a escolha do tipo de solução.

É necessário orçar analiticamente todos os componentes economizadores de água, como tubos, conexões, materiais e mão de obra necessários para a adequação do sistema hidráulico e, com isso, obter o Valor Total (VT) para apuração da viabilidade econômica na pesquisa. A segunda etapa é estimar um valor de redução do consumo mensal de água após a intervenção. Por fim, calcular o Fluxo de

Benefício (B), ou seja, o valor mensal economizado de água com base nas tarifas do prestador de serviços de água local.

Algumas ferramentas são também utilizadas para mensurar um possível retorno de um projeto. Neste trabalho, serão utilizados o VP, VPL, TIR, *Payback* Simples e o IL.

Inicialmente, para melhor entendimento da relação deste projeto, desembolso e viabilidade econômica, o cálculo do VP faz-se necessário porque a análise das estimativas de custos e receitas é transformada para um valor equivalente na data atual e, por conseguinte, ajuda a identificação das melhores alternativas de projeto. Entretanto, se o projeto for único, basta que o VP seja maior que zero. O VP é calculado a uma determinada taxa de juros, igual ou maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Já o VPL deve ser realizado de forma a trazer as entradas e saídas de capital para a data zero do investimento, descontada a taxa de juros (“i”), denominada Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Neste método diminui-se o valor encontrado pelo investimento realizado.

Para Rego (2013) um projeto é atrativo quando tem um VPL maior que zero. Quanto maior o VPL, mais atrativo é projeto. Rego (2103) explica que não se pode utilizar somente este indicador para se avaliar um projeto, porque se o valor for positivo e baixo para um projeto de longa duração, pode acontecer que durante muito tempo o fluxo de caixa fique negativo para se recuperar o investimento.

Outra forma de analisar a viabilidade de um projeto é a TIR, que é calculada utilizando-se a mesma fórmula descrita anteriormente, porém igualando-se o VPL a zero e utilizando a TIR como incógnita de taxa de conversão. É a taxa composta de retorno anual que a empresa obteria se concretizasse o projeto e recebesse as entradas de caixa previstas.

A palavra *Payback* significa retorno. Trata-se de um indicador utilizado para cálculo do período de retorno do investimento de um projeto, entretanto, é uma estimativa, por isso, a dificuldade de se estabelecer seu valor máximo. O *Payback* tem como objetivo considerar o investimento viável ou não.

Neste trabalho, esse indicador deve ser utilizado para auxiliar na tomada de decisão, pois quanto maior o seu valor, maior o risco envolvido na operação. Para

tal, sugere-se a determinação, por exemplo, do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).

O IL consiste em um índice obtido com a divisão entre o VP e o investimento em módulo. Tem como objetivo analisar se o investimento será recuperado a valor da taxa exigida e se o mesmo provocará aumento de riqueza ao investidor. Quando o IL for maior que 1 (um) o investimento será recuperado e haverá aumento de riqueza, se for igual a zero o investimento será recuperado, entretanto, se o investimento for menor que 1 (um) este provocará prejuízo, não sendo recomendado a fazê-lo.

Para comparar o IL aos demais indicadores deve-se observar o seu resultante. Quando for superior a 1 (um) é porque sua TIR será superior à TMA e o VPL será positivo, descontada à mesma TMA.

Esta pesquisa, ao se utilizar das ferramentas de análise de viabilidade econômica, tem como objetivo dar subsídio à escolha de condomínios e gestores de implantar, ou não, um sistema de aproveitamento.

## **2.6. O sistema tarifário da CEDAE**

No site da Nova CEDAE, acessado no dia 10/09/2018, descreve-se a história do abastecimento de água no Brasil. Neste contexto é explicado que no Brasil Império foi promulgado o Regulamento 39, de 15 de janeiro de 1840, que determinava que a concessão da água deveria ser solicitada ao Ministério do Império. Entretanto, esta não poderia exceder a duas penas, porque o suprimento poderia ser suspenso no caso de estiagem. Este regulamento também determinava que concessão, que era gratuita, poderia ser cobrada em forma de taxa, no valor de 100\$ por pena como “donativo gratuito”.

Em 1876, o Governo Imperial iniciou no Rio de Janeiro a construção da rede de abastecimento de água em domicílio. Inicialmente, representava menos que 1% do consumo de água no Rio de Janeiro. Mas a regulamentação da cobrança foi deliberada por meio do Decreto 8.775, de 25 de novembro de 1882. Para efetuar a cobrança foi instalada uma pena d'água. Este instrumento consiste em um orifício no diafragma do registro de graduação, que trabalha conforme a pressão normal de

trabalho dos respectivos encanamentos. Tinha como objetivo um fornecimento de 1.200 litros de água em 24 horas.

No ano de 1898 foi iniciada a instalação de hidrômetros, autorizada pela Lei nº 489, de 15 de dezembro de 1897, e pelo Decreto nº 2.794, de 13 de janeiro de 1898. Surge então a regulamentação para a arrecadação de taxas de consumo de água no Rio de Janeiro.

Para Costa (2013), desde 1971, com o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), os cálculos tarifários das companhias estaduais de saneamento têm seguido o modelo de regulação por taxa de retorno.

Este modelo também era conhecido como custo de serviço, que tinha como objetivo garantir aos prestadores a cobertura dos custos operacionais referentes aos sistemas de água e esgotos, além de assegurar-lhes uma remuneração limitada legalmente em 12% ao ano sobre o investimento reconhecido.

Faria (2005) explica que até 1978 no Brasil, a tarifa era gerida e calculada isoladamente, ou seja, sem processos sistemáticos, significando assim que não havia procedimento para avaliação da base de custos a ser adotada quanto à política de reajustes periódicos.

De acordo com Costa (2013) as tarifas eram revisitadas anualmente pelo Conselho Interministerial de Preços, de forma a reposicionar a receita das companhias em face da evolução de seus custos. Essa dinâmica de repasse de custos às tarifas poderia gerar incentivos à elevação das despesas totais da prestação dos serviços.

Segundo Faria (2005), para organizar o setor o governo brasileiro criou a Lei nº 6.528/1978, já revogada, que atribuiu ao Ministério do Interior, já não existente, a incumbência de estabelecer normas e padrões de tarifação, bem como prestar assistência financeira às empresas estaduais quando necessário.

As tarifas deveriam ser determinadas considerando o equilíbrio econômico-financeiro das companhias estaduais e os aspectos sociais dos serviços de saneamento. Para tal, foi implantada uma metodologia que permitiu que as tarifas fossem diferenciadas segundo as categorias de usuários e faixas de consumo. Desta forma, os usuários mais ricos pagariam valores maiores do que os mais pobres, com a premissa de que assim manter-se-ia uma tarifa média suficiente para sustentar o equilíbrio financeiro das companhias de saneamento.

Em 1988, com a nova Constituição, acontece a desregulamentação tarifária com a revogação da legislação vigente. Para Faria (2005) esse processo de desregulamentação foi conduzido mediante avanços e retrocessos.

Em 1991 o Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento formalizaram a transferência da responsabilidade pelo controle das tarifas aos estados. Entretanto, manteve a responsabilidade da manutenção de uma política tarifária voltada para o equilíbrio econômico-financeiro da companhia atrelado à política social.

Para Faria (2005) a publicação da Lei federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e do Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, se constituíram em um importante marco regulatório para a política de saneamento no país. Entretanto, ocorreu uma atualização pela Lei Federal nº 14.026/2020, cuja finalidade foi atualizar o marco legal do saneamento básico no Brasil.

Esta legislação instituiu um conjunto de atividades regulatórias para o setor, que eram exercidas diretamente pelos municípios, enquanto titulares dos serviços, inclusive por meio de consórcio público do qual participassem, ou então, mediante delegação.

As empresas prestadoras de serviço de saneamento em conjunto com órgãos responsáveis pela fiscalização municipal e estadual passam a definir a forma de calcular as tarifas e outros preços públicos, com base na premissa do equilíbrio econômico-financeiro dos serviços de saneamento, sua modicidade tarifária.

As companhias de saneamento serão responsáveis pela eficiência e eficácia dos serviços, permitindo a apropriação social dos ganhos de produtividade na forma, inclusive, de reduções nos preços dos serviços cobrados.

Não há previsão de mudança na forma de cálculo das tarifas de água e esgoto. Entretanto, independente da regulação, dada a importância do recurso hídrico, sua utilização deve ser racional.

### **2.6.1.**

#### **A tarifa de água e a inadimplência no estado do Rio de Janeiro**

Em 1975, ocorreu a fusão da Guanabara e Rio de Janeiro em um só Estado. Com isso, o governo do brasileiro determinou a integração das empresas de

saneamento dos dois lados, juntando CEDAG, ESAG e SANERJ, esta última responsável pelos serviços de água e esgotos do território fluminense. E assim nasceu a CEDAE, que posteriormente mudou a marca após um processo de reengenharia, tornando-se a Nova CEDAE em 2007.

A partir do seu nascimento, a empresa enquadra-se na legislação federal e passa a ter responsabilidade de gerar a tarifa de água e esgoto nos moldes requeridos pela legislação.

Na estrutura tarifária da Nova CEDAE, aqueles que podem e consomem mais, pagam mais, conforme as faixas de consumo atingidas. Sendo assim, enquadra-se na legislação vigente a instituição de tarifas, tentando a inibição do consumo supérfluo e do desperdício.

Para manter seus serviços a companhia cobra uma tarifa mínima, nas categorias residencial e pública, referente a 500 litros de água diários, mesmo que o imóvel esteja desocupado. Para o comércio e a indústria, a demanda constitui cerca de 666 litros/dia. Essa cobrança é justificada para manter o serviço dia e noite sem interrupção.

O guia do usuário disponibilizado pela Nova CEDAE (2015) também diferencia a tarifa para conjuntos habitacionais de baixa renda, a tarifa social, implantada por meio do Decreto Estadual nº 25.438, de 21 de julho de 1999. Este diploma legal é apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3 - Área de abrangência referente à tarifa B**

<b>Área de abrangência referente à tarifa B, Decreto nº 23.676, de 04 de novembro de 1997</b>		
<b>Bairros</b>		
Anchieta	Jardim Sulacap	Ricardo de Albuquerque
Bangu	Madureira	Rocha Miranda
Barra de Guaratiba	Magalhães Bastos	Santa Cruz
Bento Ribeiro	Marechal Hermes	Santíssimo
Boa Esperança Grande	Mindinha	Senador Vasconcelos
Campo dos Afonsos	Monteiro	Senador Camará
Campo Grande	Oswaldo Cruz	Sepetiba
Cascadura	Paciência	Sete de Abril
Cavalcante	Padre Miguel	Turiaçu
Colégio	Palmares	Vaz Lobo
Cosmos	Paquetá	Vicente de Carvalho
Costas Barros	Parque Anchieta	Vila Aliança
Jardim Novo Horizonte	Restinga de Marambaia	

Fonte: Adaptado de CEDAE Nova. Guia do Usuário, 2015.

O empreendimento a ser estudado, o Condomínio Park Riviera da Costa, localizado no bairro de Campo Grande, na cidade do Rio de Janeiro, enquadra-se na área de abrangência da tarifa B, de acordo com a estratificação realizada pela CEDAE exposta na Tabela 3.

Como beneficiário do PMCMV, está incluído também na tarifa social, ou seja, com água subsidiada pelo estado, por ser condomínio de renda média de dois salários. Dependendo do consumo e classe, o valor da água pode ser maior ou menor, como visto na Tabela 4.

A Nova CEDAE tem na sua estrutura de cobrança as tarifas diferenciadas “A” e “B”, de acordo com a localidade, criada pelo Decreto nº 23.676, de 04 de novembro de 1997.

Os usuários que estão alocados na estrutura tarifária A, não subsidiados pelo governo, acabam por pagar o metro cúbico da água mais caro. Isso acarreta uma diferença de valores de região para região e afeta a análise econômica dos projetos.

**Tabela 4 - Estrutura da tarifa de água - B**

Estrutura Tarifária Vigente - B					
Categoria de Usuários	Consumo m³/mês	Multiplicador	Tarifa 1	Tarifa 2	Tarifa 3
Domiciliar conta mínima		1	3,487958		
Domiciliar	0-15	1		3,995804	3,995804
	16-30	2,2		8,790768	8,790768
	31-45	3		11,987412	11,98741
	46-60	6		23,974825	23,97483
	>60	8		31,966433	31,96643
Comercial	0-20	3,4		13,585733	13,58573
	21-30	5,99		23,934867	23,93487
	>30	6,4		25,573147	25,57315
Industrial	0-20	4,7		18,780279	18,78028
	21-30	4,7		18,780279	18,78028
	31-130	5,4		21,577343	21,57734
	>130	5,7		22,776084	22,77608
Pública	0-15	1,32		5,274462	5,274462
	>15	2,92		11,66747	11,66747
Pública	0-15	1,32	4,604103		
(*)Estadual	>15	2,92	10,184835		

Fonte: Adaptado de [https://www.cedae.com.br/Portals/0/tarifas/IOERJ\\_20190830.pdf](https://www.cedae.com.br/Portals/0/tarifas/IOERJ_20190830.pdf). Acesso em 20/11/2018.

Com o PMCMV uma parte da população do Rio de Janeiro, tem subsídio do estado em contas de água, mais moradores de locais de riscos e favelas, entretanto, segundo Ribas (2017) a taxa de inadimplência aumentou nos condomínios cerca de

7% em três anos, passando de 5% para 12%. A inadimplência é maior em condomínios novos e de baixa renda. Com uma maior inadimplência, há reflexo nas prestadoras de serviço. Segundo o jornal Valor Econômico (2018), a Nova CEDAE, que está prevista para ser privatizada, registra perdas relacionadas a provisões contra calotes significativamente maiores que as de outras estatais do setor.

O jornal Valor Econômico (2017), ao se referir à inadimplência nas contas de água e esgoto, detectou o risco de prejuízo das empresas do setor. A Nova CEDAE, por exemplo, possuía um déficit de recebimento de 20% da sua receita. Outras empresas de saneamento também acumulavam déficits nas receitas, SABESP (2%), COPASA (5%) e SANEPAR (1%).

A Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro (Agenera), em agosto de 2018, informou por meio do processo Regulatório nº E-12/003/270/2018, o aumento de tarifas de água para consumidores da Nova CEDAE em cerca de 5,9390%.

Segundo o jornal Valor Econômico, na prática, o consumidor pagará três correções: a primeira diz respeito à reposição da inflação acumulada em 12 meses, a segunda equivale a um reajuste tarifário extraordinário, e por fim, a que refere-se a um valor residual a ser aplicado.

Para o jornal O Globo, por meio de matéria em 2018, na composição do percentual de aumento, a Nova CEDAE considerou a variação do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), de 2,8550%, acumulada no período de 12 meses entre maio de 2017 e maio de 2018.

Com efeito, levou em conta um resíduo de 0,3225%, referente à diferença extraída de duas deliberações: a de nº 3.248/2017 (que fixou um reajuste complementar de 2,5878% no ano passado) e a de nº 3.407/2018 (que corrigiu o valor do complemento para 2,9186%, em maio deste ano).

Por fim, entraram na conta do aumento 2,6673% referentes à segunda parcela do reajuste tarifário extraordinário, previsto na Deliberação nº 3.249/2017.

Com o aumento sucessivo da tarifa de água a população mais carente vai ter cada vez mais dificuldade de arcar com os valores das tarifas.

### **3. Sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis**

#### **3.1. Histórico do aproveitamento de água da chuva**

De forma geral, o aproveitamento de águas pluviais e seu processo de captação podem ser realizados de várias formas e tecnologias. Por concepção, a forma de coletar e armazenar água da chuva para uso humano, pode ser realizada utilizando-se de telhados, coberturas, aço teias, superfícies da terra ou em formações rochosas, ora usando técnicas simples, ora técnicas complexas de engenharia.

Segundo Nascimento (2014), historicamente o aproveitamento das águas da chuva é praticado há mais de 4.000 anos, devido à variabilidade temporal e espacial das chuvas. Normalmente desenvolve-se em áreas onde a água superficial e subterrânea é escassa e de difícil acesso.

Em termos climatológicos, esses sistemas são estruturados em locais com índice pluviométrico relevante. Há evidências de sistemas de aproveitamento de águas pluviais nos tempos romanos. São vilas e cidades inteiras projetadas para aproveitar a água da chuva como a principal fonte de água para beber e para fins domésticos desde 2000 a.C.

Como exemplo desta prática, que remonta a outras épocas, no deserto de *Negev*, em Israel, o aproveitamento das águas das chuvas com o propósito de ser usado para fins domésticos e agrícolas têm permitido habitação e cultivo em áreas com apenas 100 mm de chuva por ano.

Segundo Colla (2003), existem evidências desses tipos de tecnologia na África, mais precisamente do norte do Egito, onde os tanques, que variam de 200 a 2.000 m<sup>3</sup>, foram usados há pelo menos 2.000 anos e ainda funcionam atualmente.

Na Tailândia, país da Ásia, as práticas de recolha de águas pluviais remontam há quase 2.000 anos. O maior reservatório de águas pluviais do mundo é o

Yerebatan Sarayi, em Istambul, Turquia. Esse foi construído durante o reinado de César Justiniano (532 a.C.) tem 140 m por 70 m, com 80.000 m<sup>3</sup> de capacidade de armazenamento.

### 3.2.

#### **Ferramentas legislativas e normativas que regulam o aproveitamento de água da chuva na cidade do Rio de Janeiro**

Segundo Teixeira (2017) existem inúmeros modelos de legislação que buscam regular e incentivar a captação de água da chuva. O autor exemplifica países como Estados Unidos, Alemanha e Espanha.

A Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro, no ano de 2004, aprovou o Decreto nº 23.940, com a intenção de melhorar o escoamento da água pluvial e diminuir o escoamento superficial. Os novos empreendimentos com mais de 500 m<sup>2</sup> de área impermeabilizada deveriam ter sistemas de aproveitamento de água de chuva e retardo (reservatórios de lote). Segundo esse Decreto, os empreendimentos devem ter ponto de água para reuso, com a capacidade mínima do reservatório calculada somente em relação às águas de chuva captadas do telhado.

No que se refere às reformas, esse reservatório deverá estar condizente à área acrescida. Quando se tratar de reformas sucessivas, obedece-se a uma regra específica, em que a somatória das áreas acrescidas, depois da promulgação do decreto, for superior ou igual 100 m<sup>2</sup>.

Outro ponto a ser analisado é a obrigatoriedade legal da implantação de reservatório. Quando a somatória da área impermeabilizada existente e a construção são iguais ou maiores que 500 m<sup>2</sup>, o reservatório deve ser calculado pela área impermeabilizada acrescida.

Este decreto exige que todas as habitações enquadradas em seus requisitos deverão possuir responsável técnico para seu projeto e obra, como também apresentar a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para sua legalização. Obriga-se também ao proprietário gerar uma declaração de conformidade, um sumário memorial descritivo do sistema de reuso da água não potável e suas finalidades.

Este tipo de projeto tem relevância para o sistema de drenagem da cidade, por isso, sua aprovação é realizada pela Fundação Rio-Águas, o órgão municipal

responsável pelo sistema de drenagem urbana da cidade. No trabalho de Arker (2019), o sistema de aproveitamento de água é uma forma de diminuir os efeitos das tempestades no sistema de drenagem, de modo a reduzir o impacto das inundações. Outro órgão que possui interesse nestas medidas é a Vigilância Sanitária, para direcionar como devem ser as características desses reservatórios, pois há doenças de vinculação hídrica.

A Prefeitura do Rio de Janeiro revogou parcialmente o Decreto nº 23.940, de 2004, por meio do Decreto nº 26.168/2006. Com isso, isentou os empreendimentos habitacionais de caráter sociais, destinados à população de baixa renda, da construção de sistema de reservação e reuso de água da chuva. Esta medida incluiu os programas vinculados à política habitacional municipal, estadual e federal beneficiados pela Lei complementar nº 40, de 20 de julho de 1999.

Como justificativa, o próprio diploma legal considera

o impacto financeiro que a execução das obras para atendimento ao Decreto nº 23.940/04 provocaria nestes empreendimentos; os custos de manutenção dos sistemas previstos no Decreto nº 23.940/04 incidiriam sobre os moradores

A Lei Complementar nº 40, de 20 de julho de 1999, é destinada a empreendimento de interesse social, mas o Decreto nº 26.168/2011, também isenta edificações vinculadas a programas como o PMCMV.

O Decreto nº 26.168/2011 não apresenta estudo ou justificativa para que o sistema de aproveitamento de água não seja viável pela manutenção ou construção. Os empreendimentos são destinados a diferentes faixas e formas construtivas. Os programas do governo são, em suma, praticados de forma diferente pelas esferas federal, estadual e municipal.

O Decreto nº 23.940/2004 foi alterado em 2010 pelo Decreto nº 32.119/2010, promulgado pela Prefeitura do Rio de Janeiro, que excluiu da obrigatoriedade de implantar sistemas de aproveitamento empreendimentos em que a drenagem deságue diretamente em lagoas ou no oceano.

Como descrito no diploma legal, também ficaram isentos de sistemas de aproveitamento de água os empreendimentos que o deságue em rede prossiga até o mar e o oceano.

Outra mudança implantada por meio do Decreto nº 32.119/2010 foi a determinação de que as redes de drenagem, constituídas desde galerias até cursos d'água em seção natural ou não, deverão ter obrigatoriamente seu projeto e/ou cadastro apresentados e aprovados pela Fundação Rio-Águas com tempo de recorrência de 10 anos, considerando-se as condições atuais de impermeabilização.

Essa nova modificação retirou mais uma parcela de edificações da obrigação legal de instalar um sistema de aproveitamento de água da chuva. O Decreto nº 23.940 ao longo do tempo foi perdendo a objetividade.

A Prefeitura do Rio de Janeiro, por meio da Lei nº 5.279/2011, voltou a legislar sobre o aproveitamento de água da chuva, entretanto, não diretamente e sim por meio da criação do Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas edificações.

O objetivo desse diploma legal foi instituir os pilares da conservação, uso racional da água e induzir a utilização de fontes alternativas para captação nas novas edificações. Busca a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. Como ferramenta, utiliza-se de definições, palestras e campanhas, deixando a regulamentação para o poder executivo.

Como principal objetivo, a Lei nº 5.279/2011 define que

o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água.

No seu art.6º, as ações de utilização de fontes alternativas compreendem a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas; a captação, armazenamento e utilização de água servida; e a captação de água por meio de poços artesianos.

Quanto ao sistema de captação da água de chuva, no seu art. 7, descreve que a mesma será realizada por meio da cobertura das edificações, em seguida encaminhada até uma cisterna ou tanque e utilizada para fins não potáveis, como rega de jardins, lavagem de veículos e calçadas.

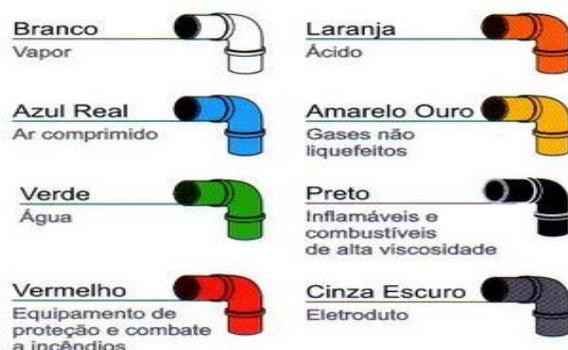
Em termos técnicos, os sistemas de aproveitamento de água da chuva são projetados no Brasil de acordo com as versões da ABNT NBR 15.527/2019 e 2007, em concepção, metodologia para cálculo de um sistema e periodicidade de inspeções. Essa norma, de antemão, deve ser estudada e analisada em conjunto com ABNT NBR 5.626/2020 – Instalações prediais de água fria e ABNT NBR 10.844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

Ao projetar um sistema de aproveitamento de água alguns parâmetros devem ser observados, como o alcance do projeto; o tipo de população que utiliza a água de chuva; o clima da região; a determinação da demanda e a legislação local.

Nem sempre há disponibilidade de dados para a construção de um projeto de aproveitamento. Pelo seu teor estatístico podem ocorrer variações na quantidade e qualidade da água, por isso recomenda-se o descarte de dois milímetros/m<sup>2</sup> da precipitação inicial, além disso, sabe-se que nos primeiros 20 minutos de chuva há o carreamento das substâncias presentes na bacia aérea da região, não sendo recomendável a utilização, principalmente, pela poluição dos centros urbanos.

O volume descartado do sistema de aproveitamento de água pluviais pode ser lançado em reservatórios, em galerias de águas pluviais e infiltrado no solo, desde que não ocorra risco de contaminação no lençol freático.

No Brasil toda tubulação deve ser sinalizada e identificada por meio do código de cores, previsto na Norma Regulamentadora nº 26 do Ministério do Trabalho, a ABNT NBR 6.493/2019 – Emprego das Cores para identificação de tubulações, ABNT NBR 7.195/2018 – Cores para Segurança, como exemplificado na Figura 8.



**Figura 8 - Identificação por cores das tubulações.**

Fonte: <http://bombeirocarvalho.blogspot.com/2011/07/sinalizacao-de-seguranca.html>. acesso 15/12/2018

A identificação pode ser realizada por meio de adesivos e alertas, entretanto, deve-se ter cuidado, pois a água potável e a não potável são classificadas pela cor verde. Alguns cuidados devem ser observados, pois em os pontos de consumo, como por exemplo, a torneira de jardim, faz-se necessária a identificação gráfica e placa de advertência com a seguinte inscrição "água não potável".

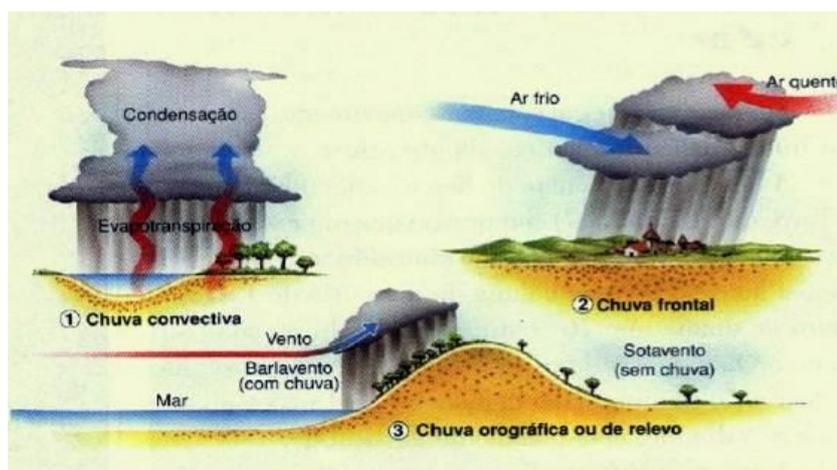
A ABNT NBR 15.527/2007 propõe que a água de chuva reservada seja protegida contra a incidência direta de luz solar, calor e animais que possam contaminar o reservatório por meio da tubulação de extravasão.

Para determinar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva é imprescindível entender os critérios técnicos, legais e estudar as séries históricas de chuva da região.

### 3.3. Chuva de projeto

Na engenharia, refere-se à precipitação como um sinônimo de chuva, porque as outras formas representam uma parcela insignificante do ciclo hidrológico ou são incomuns em algumas regiões.

As chuvas podem ser classificadas em frontais, orográficas e convectivas, como apresentado na Figura 9.



**Figura 9 - Tipos de chuva.**

Fonte: [www.estadosecapitaisdobrasil.com](http://www.estadosecapitaisdobrasil.com). Acesso em 15/12/2018.

As chuvas frontais são decorrentes de um movimento de massa de ar de regiões de alta pressão para baixa pressão. Caracteriza-se por apresentar, ao longo de uma linha de descontinuidade, separações das massas de ar que possuem particularidades diferentes, pois são normalmente chuvas de baixa e moderada intensidade, mas de longa duração.

Resultante de uma ascensão mecânica, as chuvas orográficas são correntes horizontais de ar úmido que interagem sobre barreiras naturais. Possuem como característica serem concentradas e de pequena intensidade, mas grande duração.

As chuvas convectivas são oriundas de zonas tropicais. Nasceram do aquecimento desigual da superfície terrestre, das camadas de ar com densidade diferente, por isso geram estratificações térmicas em equilíbrio estável. Seu processo de formação se dá por meio de quebra deste equilíbrio e provocando ascensão brusca do ar menos denso, que atinge grandes altitudes formando as nuvens cúmulos. Como efeito, ocorre chuva de grande intensidade, mas pequena duração.

Segundo Pinto (2011), o fenômeno da chuva consiste em elemento necessário ao ciclo hidrológico, um fator relevante ao escoamento superficial direto, infiltração, evaporação, transpiração, que tem como resultante a recarga de aquíferos e vazão básica dos rios. Também subsidia projeção e cálculo de projetos hidráulicos.

As chuvas de projetos são metodologias que representam de forma simplificada a distribuição temporal da precipitação. São entradas em modelos de simulação chuva-vazão, para dimensionamento de estruturas hidráulicas.

Explica Voorhees e Wenzel (1984) sobre a chuva de projeto:

uma chuva de projeto, com determinado período de retorno, pode ser completamente definida por três elementos básicos. São eles: a. a altura precipitada ou a intensidade média, para a duração e o período de retorno considerado; b. a duração do evento; c. a distribuição temporal da chuva.

As alturas pluviométricas compreendem medidas que são realizadas nos pluviômetros e expressas em milímetros. Em suma, a variável representa a lâmina de água que dentro deste processo se formaria superficialmente no solo, resultado

direto de uma determinada chuva se não ocorresse escoamento, infiltração ou evaporação da água que se precipitou.

A intensidade é explicada como a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação expressa em mm/h ou mm/min. Isso significa que uma chuva de 1 mm/min corresponde, então, a uma vazão equivalente de 1 L/min em uma área de 1 m<sup>2</sup>.

Consiste em duração de uma chuva o período de tempo contado desde o início até o fim da precipitação, expresso geralmente em horas ou minutos. Para fins de análise da chuva será utilizada a curva Intensidade, Duração e Frequência (IDF) recomendada pelas Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana, 2010.

Diversas metodologias para a obtenção de chuvas de projeto têm sido desenvolvidas e, entretanto, não reproduzem eventos reais, mas sim de situações com efeitos críticos ao escoamento.

No caso do presente trabalho, para análise chuva-vazão será utilizado o Método Racional, porque é indicado pra pequenas áreas de estudo e recomendado também pela Instrução Técnica de Projetos de Drenagem Urbana da Cidade do Rio de Janeiro.

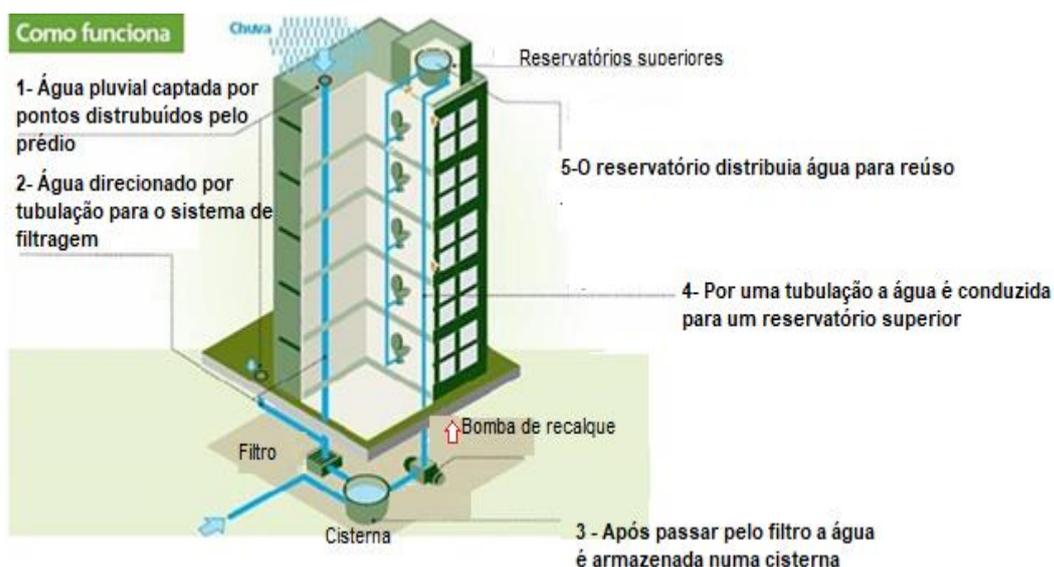
### **3.4. Elementos constitutivos de um projeto de aproveitamento de água da chuva**

Os sistemas de captação de água de chuva são constituídos de uma superfície de captação, um sistema de calhas, descarte da primeira água, tubo de queda, filtro, cisterna para reservação, tubulação de recalque e um sistema de distribuição.

As superfícies de coleta, geralmente são os telhados das edificações públicas, privadas e residenciais. Mas podem ser estacionamentos, áreas verdes ou qualquer outro local passível de ter um sistema.

As dimensões dos reservatórios devem ser escolhidas de acordo com a disponibilidade hídrica e a demanda.

A viabilidade destes sistemas depende do uso da água e a economia a ser feita, podendo ser simples ou mais sofisticados tecnologicamente. Este sistema também poderá ser projetado de acordo com o recurso disponível. De acordo com a finalidade do projeto, podem ser adaptados para o objetivo proposto. Isso significa também entender a finalidade da água e mensurar seu gasto. Um exemplo está na Figura 10.

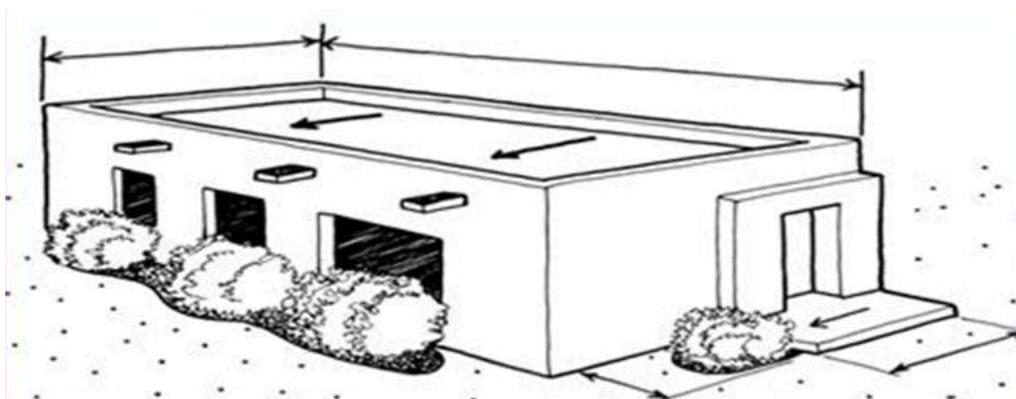


**Figura 10 - Exemplo de funcionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva.**

Fonte: Adaptada de <https://condoreflexoes.com>. Acesso 15/12/2018

### 3.4.1. Superfície de recolhimento de água da chuva

O local de captação de água da chuva, como apresentado na Figura 11, tem influência direta no volume e na qualidade de água direcionada ao reservatório.



**Figura 11 - Superfície de recolhimento de Chuva.**

Fonte: <https://edutec.unesp.br>. Acesso, 15/12/ 2018

Para Moreira (2018) os materiais lisos são mais indicados para aumento de eficiências no escoamento da água, proporcionando uma menor absorção de água, com efeito, provocando uma redução de micróbios e detritos acumulados, como ocorreu em meios mais porosos.

O recolhimento da água da chuva varia com o tamanho e material da área reservada para captação, quanto mais lisa, evaporação, meios de condução e quanto menos obstáculo houver nesta área de captação, menor a perda da água.

Em termos hidráulicos, para a eficiência do sistema de captação de água da chuva é importante o conhecimento do coeficiente de **runoff**, apresentado na Tabela 5, pois este diferencia o quantitativo de água no cálculo da captação de água da chuva. Explica Tomaz (2003) que a volume de água da chuva que será aproveitada não é o mesmo que cai na área de captação, por isso, usa-se este coeficiente que varia de acordo com a superfície que ocorrerá o escoamento, a razão da água que escoar e a precipitada.

**Tabela 5 - Coeficiente Runoff**

<b>Material</b>	<b>Runoff</b>
Telhas cerâmicas	0,8 -0,9
Telhas lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90-0,95
Telhas de cimento e amianto	0,70-0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80-0,95
Lajota e blocos de concreto	0,70-0,80
Lajotas e blocos granito	0,90-0,95
Pavimento de concreto	0,80-0,95
Pavimentos de asfalto	0,70-0,90

Fonte: Adaptado pelo autor. Tomaz (2003).

Segundo Krishna (2005), em coberturas de metal as perdas são desprezáveis, em coberturas de cimento a média das perdas é inferior a 10% e em coberturas à base de betume e de cascalho o máximo são 15% de perdas. As perdas também podem ocorrer nos órgãos de condução (calhas e tubos de queda) e no armazenamento.

No processo de captação de água outros elementos são necessários, como ralos, valetas-calhetas. O primeiro serve inicialmente como filtro para matérias grosseiras que possam prejudicar a qualidade da água e entupir o sistema. O

segundo conduz a água até o ralo em muitos edifícios, podendo ser instalados no telhado ou criados por meio de diferenças de nível.

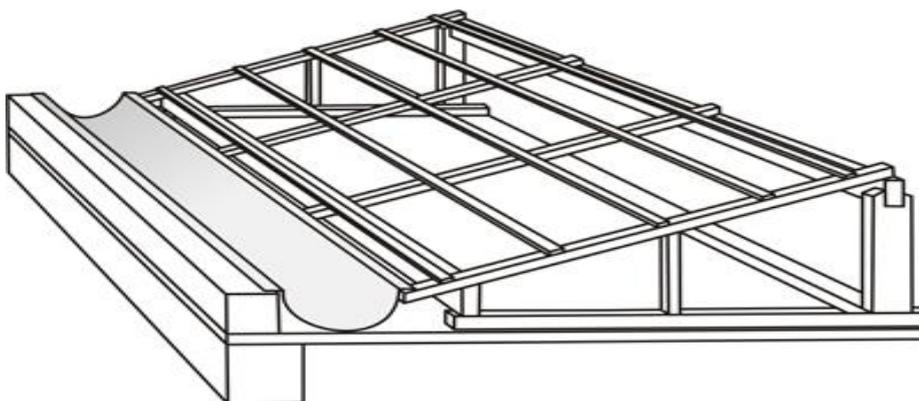
Bertolo (2006) explica que o recolhimento da água da chuva em grandes centros urbanos tem a influência direta do telhado, pois além de determinar o quantitativo de água a ser captada, ainda há interferência na qualidade, pelo processo de poluição do mesmo e sua interface com a poluição do ar.

A lavagem do telhado e o descarte dos primeiros minutos de chuva são medidas necessárias para evitar a contaminação por fezes de animais, poluição atmosférica e assim, diminuir a probabilidade de doenças causadas por esta contaminação.

### 3.4.2. Condutores de água da chuva

O sistema de condução da água da chuva envolve, basicamente, calhas e tubulações, que direcionam a água captada em telhados ao reservatório.

As calhas são pequenos canais descobertos que tem como objetivo captar a água para aproveitamento da chuva nas áreas dos telhados, nas lajes e a conduzi-las. Podem ser confeccionadas em vários materiais, como PVC, cimento, entre outros. Um exemplo de calha é mostrado na Figura 12.



**Figura 12 - Sistema de condução da água.**

Fonte: <https://pedreiro.com.br/como-instalar-calhas-passo-a-passo/>. Acesso, 16/12/2018.

A água da chuva que escoar na superfície de captação é recolhida em calhas e conduzida por meio dos tubos de queda ao reservatório de armazenamento. Neste

processo há carregamento de sedimentos, como fezes de pássaros e pequenos animais, por isso, os cuidados com a limpeza da área de captação.

A acumulação destes materiais nos órgãos de condução pode proporcionar o crescimento bacteriano e contribuir para a contaminação da água armazenada. Por isso, se faz necessários acessórios como ralos e limpeza do telhado, para evitar a contaminação.

Todos esses dispositivos devem ser calculados para que haja a eficiência hidráulica.

### 3.4.3. Dispositivos de primeira lavagem (*First flush*) e filtros

Este dispositivo tem por finalidade retirar do fluxo de água os sedimentos e a água poluída. Tem funcionamento eficaz quando a chuva escoa em uma área de captação para aproveitamento de água depois de 3 dias secos.

Segundo Tomaz (2011) esse dispositivo surgiu do estudo das teorias de transporte de sólidos e pesquisas feitas por Thomas e Martinson para o aproveitamento de água de chuva por meio de telhados. Neste estudo, as partículas têm diâmetro que variam de 3  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , com 90% sendo menores que 45  $\mu\text{m}$ .



Figura 13 - *First flush*.

Fonte: Vieira (2013).

De acordo com Tomaz (2011) não há um consenso entre autores em relação ao volume de água da chuva a ser descartado, podendo variar entre 0,4 l/m<sup>2</sup> a 2,0l/m<sup>2</sup> da superfície de captação.

A NBR 15.527/2007 aconselha que o projeto do *First Flush* deva ser dimensionado por um profissional capacitado e habilitado. Na falta de parâmetros recomenda que seja descartado 2 mm/m<sup>2</sup> da área de captação no escoamento inicial.

Segundo Nascimento (2014), pós utilização do sistema de *First flush* é possível que haja partículas finas de sujeira que ao entrarem no depósito descem lentamente ao fundo, criando uma camada de sedimentação.

Por isso em muitos projetos de aproveitamento de água da chuva, se utiliza um filtro para dar mais eficiência. Os filtros podem ser dispostos nos tubos de queda ou antes das cisternas. Como apresentando na Figura 14, o filtro de tubulação foi instalado antes da tubulação enterrada no reservatório.



**Figura 14 - Filtro na tubulação de água de chuva.**

Fonte: [www.agua-de-chuva.com](http://www.agua-de-chuva.com). Acesso, 15/12/2018

O processo de filtração também pode ser realizado por um meio filtrante. Isso se dá com a escolha do material pelo volume de água tratada. A água passa pelo meio filtrante, que retém o material particulado. Para este processo são utilizados materiais como areia e antracito, para filtros granulares.

### 3.4.4. Reservatório de armazenamento de água da chuva

Em um sistema de aproveitamento da água da chuva, depois da água passar pelo dispositivo de primeira lavagem *First Flush* e filtros, normalmente a água é transportada para um reservatório.

Os reservatórios podem ser fabricados de diferentes formatos e tipos de materiais. A variedade está associada à localização, o custo e a necessidade da instalação predial.

Os materiais devem ser inertes, para não reagir com a água e nem contaminá-la, por isso é mais utilizado o plástico e a fibra de vidro.

Nesses reservatórios, quando ocorre um volume de precipitação superior à capacidade de armazenamento do reservatório, no meio urbano é comum a água ser direcionada à rede pluvial, sendo extravasada.

Na especificação técnica para o projeto de reservatório, deve-se levar em consideração que a resistência mecânica não deve apresentar deformações que comprometam seu funcionamento e de componentes nele instalados. A utilização de reservatório pré-fabricado, este deve ser instalado sobre uma base estável, capaz de resistir aos esforços sobre ela atuantes. Há no mercado reservatório específico para água de chuva, como apresentado na Figura 15, da empresa Aquaclimp.



**Figura 15 - Implantação de reservatório.**

Fonte: [www.aquaclimp.com](http://www.aquaclimp.com). Acesso, 14/12/2018.

Na instalação de um reservatório de água da chuva outros fatores técnicos têm que ser abordados, pois, dependendo da especificidade do terreno, tamanho da área da edificação e tipo de construção o reservatório pode ser aéreo, enterrado no chão, ou apoiado. Na Tabela 6, têm-se as vantagens e desvantagens da localização dos reservatórios.

**Tabela 6 - Vantagem e desvantagem da implantação dos reservatórios**

<b>Modo de implantação</b>	<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagem</b>
<b>Reservatório acima do solo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite identificação de rachaduras e vazamentos</li> <li>- A extração de água é por gravidade</li> <li>- Pode ser elevado acima do solo para elevar a pressão da água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ocupa maior espaço de área construtiva</li> <li>Geralmente mais caro e vulnerável a acidentes</li> <li>Mais perigoso em caso de falhas</li> </ul>
<b>Reservatório a baixo do solo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permite menor espessura das paredes do tanque</li> <li>- Requer pouco ou nenhum espaço</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extração de água mais complexa exigindo bombeamento</li> <li>Rachaduras e vazamentos são difíceis de detectar</li> <li>Maior risco de poluição das águas</li> <li>Estruturas podem ser danificadas por raízes e água subterrânea</li> <li>Pode causar acidentes em adultos e crianças</li> <li>Maior risco de danos se o reservatório for instalado em baixo de vias</li> <li>A água não é facilmente drenada em caso de limpeza</li> <li>A construção é imprópria para solos arenosos</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Zancanella (2011).

Para se projetar um reservatório devem ser observadas as NBR 12.217/1994 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água e Abastecimento Público e 13.969/1997 – Tanques Sépticos – Unidade de Tratamento Complementar a disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.

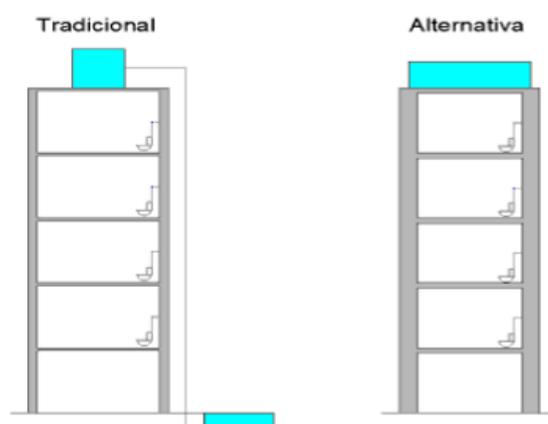
Segundo a NBR 12.217/1994, existe a necessidade, ao projetar um reservatório, de atender às variações de consumo. Para tal, se faz obrigatória a avaliação dos dados de consumo diário e do regime previsto de alimentação do reservatório. Ao calcular o volume, deve-se aplicar o fator 1,2 ao volume assim calculado, isso porque os dados são sempre imprecisos.

A NBR 13.969/1997 prevê que todo o sistema de reservação e reuso deva ser dimensionado para atender pelo menos 2h de uso de água, no pico da demanda diária, exceto para uso na irrigação da área agrícola ou pastoril.

As diferenças projetivas se traduzem em aumento de custo, por isso, antes de realizar a comparação de custo de um sistema de aproveitamento de água, deve-se ter cuidado ao projetar o armazenamento de água realizado em pavimento superior. Zancanella (2011) explica a necessidade de realização de análise estrutural pelo aumento de carga na estrutura. Este fator deve ser verificado em um estudo de custo em projeto.

Como visto, o projeto de reservatório de água pluvial enterrado ou apoiado no solo gera a necessidade de bomba, elevando assim o custo ao longo do tempo.

A escolha entre reservatórios, basicamente as soluções, são desta natureza, como apresentado na Figura 16.



**Figura 16 - Soluções para reservatórios.**

Fonte: Zancanella (2011).

Para a estimativa de custo da escolha de soluções para o sistema de aproveitamento de água da chuva, o projetista deve levar em considerações todas as diferenças de materiais, equipamentos e mão de obra.

Segundo Zancanella (2011) deve-se estruturar o fluxo de caixa para cálculo do período de retorno do capital investido, ponto de equivalência das duas soluções, podendo ser realizado por meio do VPL.

### 3.5. Padrões de qualidade e tratamento de água da chuva

Bassanesi e Barreto (2004), nos seus estudos para compreender as normativas, parâmetros de utilização da água de chuva e sua qualidade, chegaram à conclusão de que para atender a NBR 15.527/2019, em termos de projeto, será necessária a especificação de filtros para retirar materiais grosseiros e finos, utilização do sistema de *First Flush*, um reservatório de acumulação e um filtro de areia, bem como a desinfecção com cloro.

A NBR 15.527/2019 apresenta parâmetros e valores como referência para qualidade da água de chuva conforme a Tabela 7. Entretanto, não leva em consideração as diferenças entre regiões do Brasil e os vários cenários possíveis.

**Tabela 7 - Parâmetros de qualidade da água da chuva- NBR 15.527/2019**

Parâmetros de qualidade de água para uso não potável	
Parâmetros	Limites
PH	6,0 a 9,0
Turbidez	≤ 5 UT
DBO 5,20	≤ 20mg O <sub>2</sub> /L
e.coli	≤ 200 NMP/100mg/L
Cloro residual Livre	Mínimo 0,5 mg/L - Máximo de 5,0mg/L
Sólidos totais dissolvidos	≤ 200 mg/L
Condutividade elétrica	≤ 3.200 μS/cm
Carbono orgânico Total	<4mg/L

Fonte: NBR 15.527/2019.

A NBR 13.969/1997 apenas menciona parâmetros para casos mais simples de reuso e não de aproveitamento, entretanto, é tecnicamente aceita por diversos autores na literatura estudada. Essa norma divide-se em quatro classes, padronizando a qualidade de água de reuso.

A classe 1 é composta por atividades de lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água. Na classe 2 estão as atividades como lavagens de pisos e calçadas, bem como a irrigação dos jardins. A classe 3 abrange a utilização por pessoas no uso das descargas dos vasos sanitários com água de reuso. Por fim, a classe 4 compreende atividades de cultivo e padrão de utilização

em pomares, cereais, forragens, por meio de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual, como apresentado na Tabela 8.

**Tabela 8 - Parâmetros de qualidade da água de reuso - NBR 13.969/97**

Qualidade da água de reuso - NBR 13.969-97		
Classes	Parâmetros	Valores
1	Turbidez	0>5
	Coliforme fecal	0>200NMP/100l
	Sólidos dissolvidos totais	0>200mg/l
	PH	6>8
	Cloro residual	0,5>200mg/l e 0,5>1,5mg/l
2	Turbidez	0>5
	Coliforme fecal	0>5000NMP/100l
	Cloro residual	0,5mg/l
3	Turbidez	0>10
	Coliforme fecal	0>5000NMP/100l
4	Oxigênio Dissolvido	0>200mg/l
	Coliforme fecal	0>5000NMP/100l

Fonte: Autor. NBR 13.969/2007.

Outra normativa que apresenta parâmetros para qualidade da água são as diretrizes do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e a nº 430/2011, que divide os corpos hídricos em 13 classes, para depois apresentar os parâmetros, sendo assim de difícil aproximação. Na Figura 17 estão representadas as classes de enquadramento.



**Figura 17 - Classes de enquadramento dos corpos de água doce.**

Fonte: ANA. BRASIL. Curso de enquadramento dos corpos de água.pdf. Acesso em 19/12/2018.

A CONAMA nº 357/2005 divide a água em quatro classes e em vários parâmetros, como apresentado na Tabela 9.

**Tabela 9 - Parâmetros de qualidade da água - CONAMA nº 357/2005**

Padrão de qualidade CONAMA 357 - Por classe					
Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	
Cor		<75	<75		
Turbidez	≤40UNT	≤100UNT	≤100UNT		
PH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	
Nitrito	≤1,0	≤1,1	≤1,0		
Nitrato	≤10	≤10	≤10		
Nitrogênio Amoniacal	3,7 -PH<7,5<8	13,3 -PH<7,5<8			
Clorofórmio termotolerante	<200 em 80% das amostras	<1000 em 80% das amostras	<2500 em 80% das amostras	Ausente	

Fonte: Adaptado. CONAMA 357/2005.

No entanto, os padrões da CONAMA nº 357/2005 não apresentam nada específico para a utilização da água de chuvas. O sistema de aproveitamento de água para fins não potáveis deve atender a todas as especificações técnicas e legislativas aplicáveis.

### **3.6. Interação entre sistemas de aproveitamento de água da chuva e instalações hidrossanitários e os demais sistemas de abastecimento de água fria**

Neste trabalho consideram-se as instalações hidrossanitárias como sistemas responsáveis pelas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação. Sua interligação com o aproveitamento da água da chuva dar-se-á pela demanda de água necessária a suprir os subsistemas de água fria (limpeza, rega de jardins e outros fins não potáveis), esgoto sanitário (bacia sanitária) e instalações de incêndio.

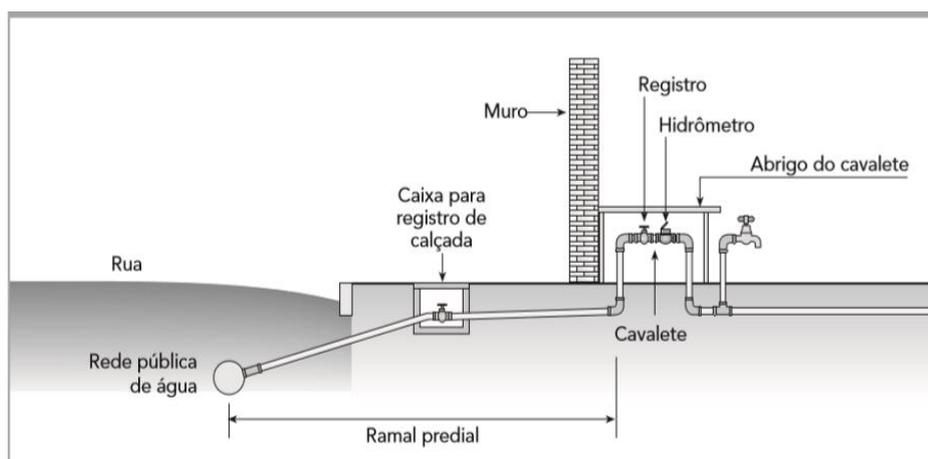
Segundo a NBR 15.575/2013, as instalações devem ser incorporadas à construção, de forma a garantir a segurança dos usuários. No projeto deve se harmonizar com as estruturas da edificação, interações com o solo e características físico-químicas dos demais materiais de construção.

### 3.6.1. Sistemas prediais de água fria

Um sistema de aproveitamento de água da chuva deve ser projetado igualmente aos sistemas de água fria, contudo, a diferença é que a fonte de água é outra, a concessionária. Entretanto, segundo a NBR 526/2020, a instalação predial de água fria abastecida com água não potável deve ser totalmente independente daquela destinada ao uso da água potável, ou seja, deve-se evitar a conexão cruzada.

A água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitária e mictória, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário.

A água potável e a água da chuva podem ser conduzidas por meio de um ramal predial. Sendo assim, pode-se estabelecer a pressão mínima para o local e a quantidade de água a ser fornecida, como apresentado na Figura 18.



**Figura 18 - Entrada de água fria.**

Fonte: Carvalho (2013).

Em termos de distribuição, para Netto (1998) no Brasil são adotados três sistemas: o direto, o indireto e o misto.

No sistema direto, a água chega à edificação continuamente e abastece a população da edificação, sendo assim, a concessionária é responsável pelas garantias de abastecimento de água. Isso ocorre quando a vazão necessária e a pressão na rede são consideradas satisfatórias.

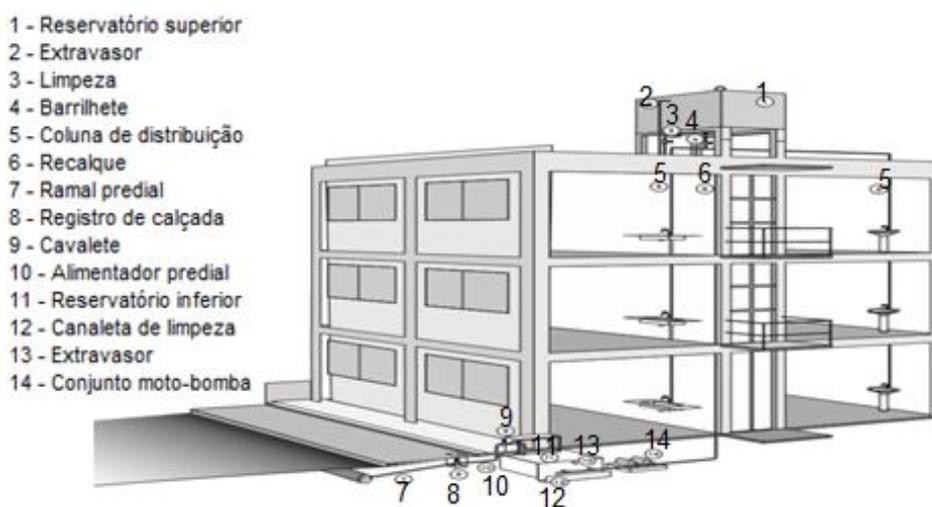
O segundo tipo de distribuição, a indireta, é dimensionado para grandes edificações. Com efeito, é primordial a utilização de reservatório superior,

responsável pela distribuição de água no prédio, ficando a uma altura grande e auxiliado por bombas que transportam água ao reservatório superior, para posteriormente serem distribuídas nos ramais da edificação.

No país, o sistema mais adotado é o misto. A edificação possui algumas torneiras alimentadas pelo sistema direto e os aparelhos são supridos pelo reservatório da edificação.

Uma instalação predial de água fria constitui-se no conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

Estas instalações podem ser exemplificadas pela distribuição indireta, que possui partes principais como: ramal predial, reservatório inferior, a instalação de recalque, reservatório superior (distribuição), o barrilete, as colunas e ramais de distribuição, os sub-ramais e os aparelhos sanitários, como apresentado na Figura 19.



**Figura 19 - Sistema de distribuição de água fria.**

Fonte: Adaptado de Carvalho (2013).

Para projetar um sistema de abastecimento de água fria, o primeiro passo é a análise do consumo diário de água dentro de uma edificação ou proposta para ela. Com isso, é necessária uma boa coleta de informações: pressão e vazão nos pontos de utilização, quantidade e frequência de utilização dos aparelhos, população, condições socioeconômicas, clima, entre outros. Nas edificações já existentes, cujos

proprietários ainda possuem memorial descritivo do projeto, é importante sua análise, porque algumas atividades básicas e complementares, como piscina e lavanderia, podem influenciar no consumo diário e no cálculo dos diâmetros mínimos das tubulações, velocidade do escoamento, perda de carga do colar, barrilete e das peças sanitárias.

Para estimar a vazão das instalações hidráulicas prediais, Netto (1998) recomenda levar em consideração os consumos máximos diários, vazão máxima possível e vazão máxima provável. O autor explica que considerar o consumo máximo diário previsto na utilização do edifício em 24 horas serve para o dimensionamento do ramal predial, hidrômetro, ramal de alimentação e reservatório.

A vazão possível é a utilização dos aparelhos simultaneamente pelos seus ramais de distribuição, isso permite ao projetista analisar a pior situação possível para os sistemas, mesmo que nunca ocorra, evitando o colapso dos sistemas. Com efeito, não difere dos sistemas de aproveitamento de água da chuva, que devem suprir maior demanda, entretanto com atenuantes: o caráter finito da água a ser recolhida no reservatório e a dependência dos fatores hidrológicos mais diretos.

As canalizações principais, como barrilete, colunas e ramais de distribuição, são calculadas para grandes edificações para vazão máxima provável. Tal dimensionamento é realizado por meio de curvas de consumo simultâneo, método de *Hanter* ou parâmetros já preestabelecidos pela ABNT.

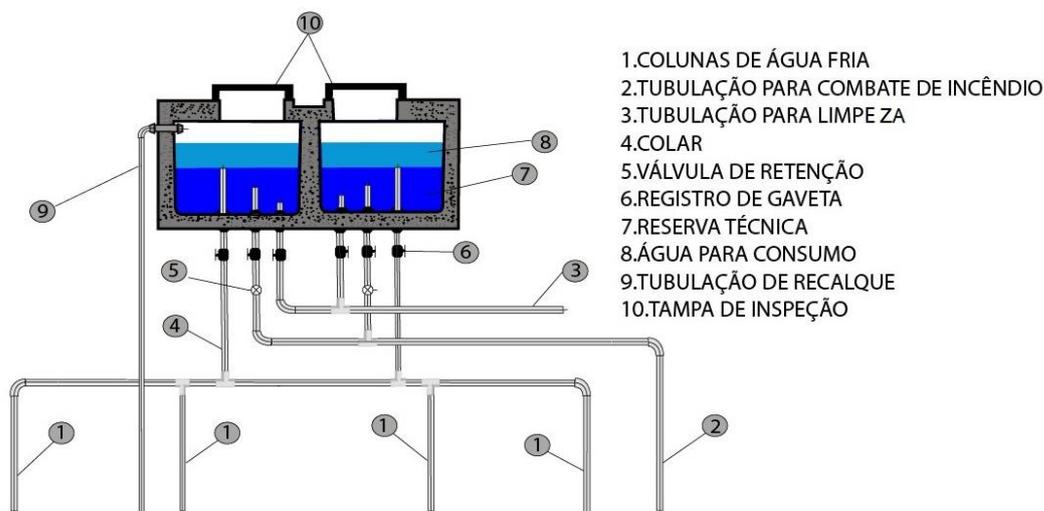
Nas edificações os aparelhos sanitários são sobrepostos, isso significa que é possível criar colunas, que tem como função alimentar ramais suprindo a demanda de água. Com isso, os projetos das instalações de água fria ficam mais econômicos, pois se estabelece um fluxo contínuo.

Em algumas edificações é comum a criação de um local para que a tubulação possa alimentar os aparelhos sanitários. Entretanto, no projeto das instalações de água fria, as colunas que abastecem as válvulas de descargas não devem ser usadas para abastecimento de chuveiro.

A válvula de descarga é um dispositivo que produz valores elevados de sobrepressão na rede em que estiver interligada. Entretanto, nas edificações do

PMCMV, são utilizadas caixas acopladas nas descargas dos vasos sanitários, pois são mais econômicas (cada aparelho armazena pelo menos 6 litros de água).

Para as canalizações próximas do reservatório e nos encaminhamentos horizontais que suprem as colunas é necessário a criação um barrilete ou colar, para que a velocidade da água seja mantida dentro dos limites e, assim, controlar a pressão próxima de 0 e 2,20m/s. Na Figura 20 temos um exemplo do sistema de distribuição de água e seus componentes.



**Figura 20 - Canalizações próximas dos reservatórios das edificações.**

Fonte: <https://leiautdicas.wordpress.com/2015/04/16/introducao-ao-estudo-dos-barriletes>.  
 Acesso em 04/08/2020.

O sistema predial de água fria tem como constituinte reservatórios que são dimensionados para atender a capacidade total do consumo diário para os edifícios, ou superá-los.

Quando as condições de pressão da rede não forem suficientes para atendimento da edificação e, por conseguinte, insatisfatórias para atender a hora de maior consumo, faz-se necessário a instalação de um reservatório inferior.

A relação, segundo Netto (1998), é de 60% para reservatório inferior e 40% superior. Isso se explica pelo fator econômico, sendo normalmente conhecidas as relações para o reservatório inferior de 3/5 a 4/5 do consumo diário e para o reservatório superior 1/5 a 2/5, além do peso da estrutura, afinal muitos empreendimentos modernos são realizados de alvenaria estrutural.

Em termos de dimensionamento, sempre que a capacidade calculada de um reservatório superar 5.000 l, este deve possuir dois compartimentos, com entrada,

saída e descarga para esvaziamento e limpeza, extravaso e aviso. Este reservatório deve ter sistema isolado para permitir seu uso independente.

Para que água de chuva tenha êxito de ser transportada e armazenada de forma satisfatória, em grandes edificações faz-se necessário a criação da linha de recalque.

O armazenamento de águas pluviais não difere muito das práticas adotadas pela reservação de água potável. Com efeito, três casos podem ser elencados: o primeiro ocorre quando há apenas um reservatório elevado, o segundo somente quando se utiliza o reservatório inferior e o terceiro é quando se usam de forma simultânea reservatórios inferior e superior.

No primeiro, a alimentação do reservatório será realizada por cobertura, calhas e condutores, em nível superior ao do reservatório.

Já no segundo caso, os usos previstos devem ser atendidos por meio do posicionamento do reservatório, dimensionado na cota relativamente baixa, para atendimento de pontos situados em garagens.

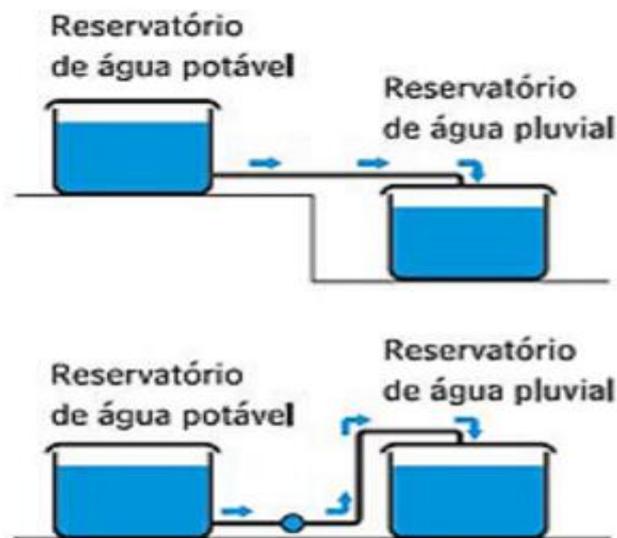
O terceiro caso é o mais próximo que ocorre em sistema de abastecimento de água potável de um edifício, quando um reservatório inferior de água pluvial conta com bomba de recalque, responsável pela alimentação de um reservatório superior. Nesta última hipótese, é dimensionado do barrilete com a função de distribuir a água pluvial por meio de colunas de alimentação, que tem como objetivo servir a diversos pontos de uso a água de chuva.

O sistema de reservação de água pluvial, para ser eficiente deve ser complementado por outro sistema de água potável, entretanto, deve-se evitar o fenômeno da conexão cruzada.

Em todos os casos, os períodos de estiagem devem ser considerados para a utilização da água pluvial por meio de reservação, porque pode ocorrer um período seco e, com isso, a possibilidade de falta de água de chuva que atenda a demanda da edificação.

A complementação da alimentação por água potável pode ser feita no reservatório superior de água pluvial. Nesse caso, a água potável pode ser conduzida por gravidade do reservatório superior de água potável para o reservatório superior

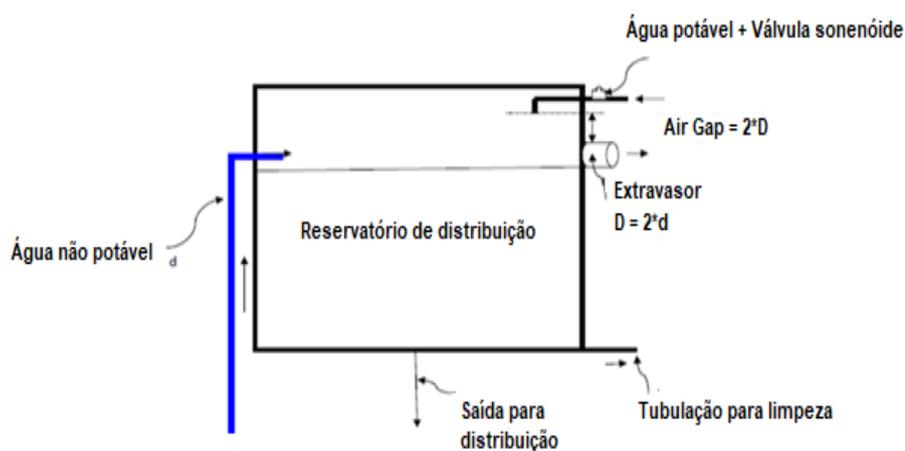
de água pluvial ou, ainda, através de pequena bomba de recalque, como apresentado na Figura 21.



**Figura 21 - Complementação de alimentação de água.**

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-5.aspx>.  
Acesso em 02/06/2019.

Em um projeto de sistema de água fria devem ser previstas medidas necessárias de proteção, no que diz respeito ao uso não doméstico. Desta forma, deve-se observar a exigência da norma NBR 5626/2020, que para resguardar a saúde da população e evitar a conexão cruzada exige uma separação atmosférica, mais ou menos de 5 cm (prática do mercado), para o tubo de alimentação de água potável e o reservatório de águas pluviais, como apresentado em Figura 22.



**Figura 22 - Esquema de reservatório de distribuição com *air gap*.**

Fonte: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/133/artigo286496-5.aspx>.  
Acesso em 02/06/2019.

### **3.6.2. Sistemas prediais de combate a incêndio e o aproveitamento de água de chuva**

A função do projeto de prevenção de água da chuva e combate a incêndio é de criar as soluções necessárias e eficazes para que os incêndios sejam evitados ou mitigados de forma rápida e sem vítimas.

No Estado do Rio de Janeiro, na orientação dada a projeto no Código de Segurança para Incêndio e Pânico (COSCIP), e na Nota Técnica NT 2-02 do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro (CBMRJ), a preservação água para incêndio deve ser de, no mínimo, 6 m<sup>3</sup> de água para cada edificação, com isso, é possível calcular o volume de água necessário para atender as especificações do Corpo de Bombeiros. Deve-se ter cuidado também com a acidez da água que pode provocar corrosão da tubulação.

No caso destes projetos, a rede hidráulica é formada por canalizações que tem como objetivo principal alimentar chuveiros automáticos, válvulas de controle e alarme. O projeto deve conter os diâmetros calculados, pois a água deve chegar aos chuveiros automáticos devidamente pressurizados. Nestes projetos a água fica pressurizada e seu abastecimento usualmente é chamado de Reserva Técnica de Incêndio (RTI), que pode ser alimentada por reservatório superior ou inferior.

Segundo Macarrini (2015), a água que é utilizada para combater o fogo descontrolado não necessita ser água potável. Sendo assim, seria possível utilizar a água da chuva, se esta fosse captada, armazenada e abastecesse posteriormente os sistemas de combate a incêndio.

A água utilizada provém da rede pública de abastecimento ou de fontes naturais como poços, chuva ou até piscinas. Normalmente é recalçada através de um sistema de bombas exclusivo na hora que ocorre um incêndio.

A NBR 1.3714/2000 prevê que todo sistema de prevenção e combate a incêndio deve ter duas fontes de abastecimento de água independentes. Isso porque a fonte de abastecimento principal deve ter condições de alimentar o combate ao incêndio nas primeiras necessidades até que entre em operação a secundária.

O reservatório de incêndio pode ser implantado na parte superior da edificação, aproveitando a gravidade. Esses reservatórios devem estar numa cota adequada para gerar as pressões suficientes, atendendo às vazões mínimas recomendadas por lei ou norma. Em termos projetivos, esta cota é considerada o nível do piso com a coluna superior reservada para o incêndio e a face da canalização saindo da parede lateral até o hidrante.

Dependendo do espaço da edificação, o projetista pode optar por estabelecer o RTI por reservatório inferior ou misto, utilizando-se de um sistema automático de bombas exclusivo para estes sistemas. Deve ser estudado o local para a construção da casa de bombas, com o intuito de facilitar a hidráulica do projeto, como apresentado na Figura 23.

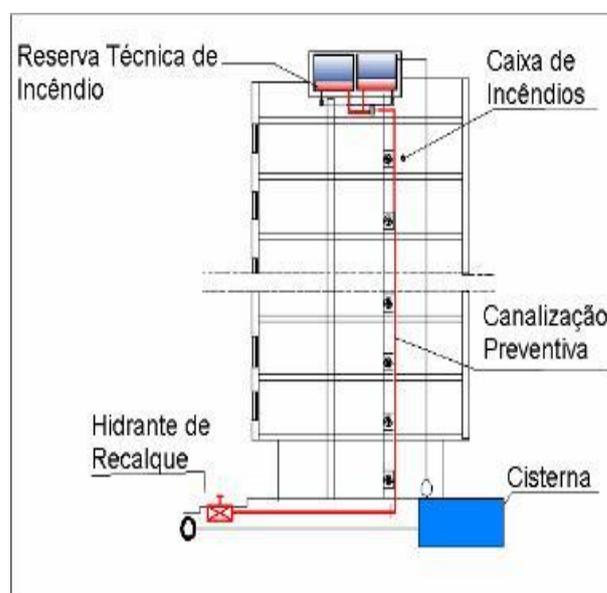


Figura 23 - Esquema de reservatório de distribuição com RTI.

Fonte: [s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAfI50AH-33](https://s3.amazonaws.com/magoo/ABAAAfI50AH-33). Acesso 20- 07- 2019

A água dos sistemas de incêndio é bombeada com uma vazão elevada nas edificações para atendimento às necessidades de projeto. Para dimensionar esta bomba é necessário sabermos qual a vazão e pressão, ou seja, seu metro de coluna água (MCA) requeridos e sua capacidade volumétrica (CV).

A bomba é especificada de acordo com a ABNT. Seu painel poderá ser do tipo estrela – triângulo, projetada com uma bomba *jockey*, que tem a função de auxiliar os pressostatos para regulagem de comando de iniciar da bomba ou ambas

as bombas. Dentro destes sistemas é necessária a instalação de válvula de alívio de pressão ou válvula redutora de pressão.

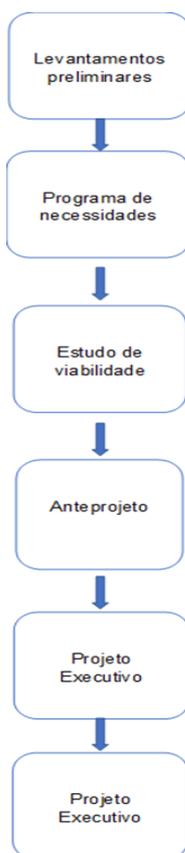
Como apresentado, a água da chuva é uma solução viável para projetos de incêndio. Apenas não deve ser a única alternativa, pois depende do fator meteorológico.

## 4. PROJETO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS - PLANEJAMENTO, CUSTO, ORÇAMENTO, PREÇO E SUA MANUTENÇÃO

### 4.1. Planejamento de um projeto de engenharia

Nos projetos de engenharia o planejamento é fundamental para a gestão eficaz e eficiente dos empreendimentos, de acordo com o tipo de gestão e filosofia de cada organização. O ato de planejar tem por finalidade antecipar, prever, predeterminar os acontecimentos para preservar a lógica dos eventos de um projeto de engenharia.

Essa lógica de eventos é representada sequencialmente por etapas, o que possibilita a evolução gradual do trabalho dentro de uma ordem lógica, como ilustrado na Figura 24.



**Figura 24 - Etapas de desenvolvimento de um projeto.**

Fonte: TCU (2014)

Segundo Mattos (2010) um profissional para planejar deve estudar e analisar o projeto, bem como seu método construtivo, prever a identificação das produtividades e as considerar no orçamento.

Na construção do orçamento deve-se levar em consideração a determinação do período de trabalho de cada frente ou tipo de serviço, área interna, externa, concreto, terraplanagem e os sistemas de água energia importantes para as edificações sustentáveis.

Quando não há planejamento e controle adequados, as providências ou correções são negligenciadas e a equipe de projeto ou da obra convive com atrasos que podem se tornar irreversíveis. Quanto mais cedo a equipe de projeto e obra intervir, melhor será o resultado.

Em termos de projeto, seu planejamento ou na fase de obra, há fases distintas em termos de custo para mudar ou alterar seu rumo. Para analisar estas fases usa-se o conceito de oportunidade construtiva. Explica-se esta necessidade quando surge a oportunidade de alterar o rumo de um serviço ou o próprio planejamento a um custo relativamente baixo.

Entretanto, quanto mais tempo se passa a intervenção fica mais onerosa, ineficiente e ineficaz, passando de um ponto de equilíbrio a uma oportunidade destrutiva, juntamente a antíteses, como se pode verificar pela Figura 25.

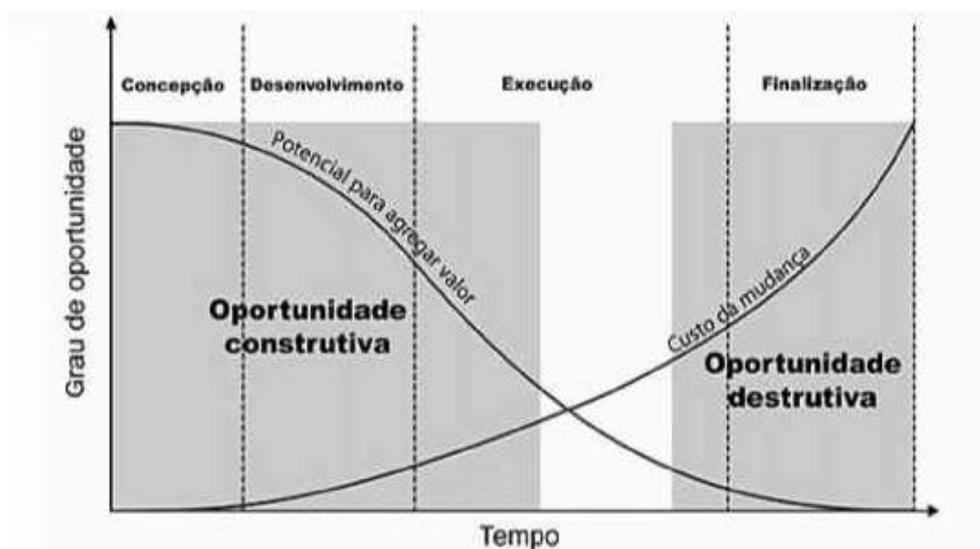


Figura 25 - Grau de oportunidade em função do tempo.

Fonte: Mattos, (2010).

O planejamento é a fase que possibilita a avaliação das melhores práticas associadas a um projeto. Um projeto para ser considerado sustentável deve obedecer a algumas premissas quanto a seu ciclo de vida e sua funcionalidade, que devem ser apresentadas de acordo com a Tabela 10.

**Tabela 10 - Proposta de mudança de visão na gestão de projetos**

Função	Visão Atual	Visão Proposta
Produto e serviço	Estudo da demanda.	Ampliar a visão da utilidade do produto
	Pesquisa de mercado. Concorrência etc.	Entender a amplitude da cadeia do produto/serviço
Economia	Foco nos resultados econômicos	Ampliar resultados econômicos, equilibrando com sociais e ambientais, buscando atuar em produtos de alto valor percebido
Ambiental	Análise de impacto ambiental Análise de ciclo de vida de produto	Analisar a capacidade do produto e enriquecer ativos ambientais
Social	Praticamente inexistente	Avaliar as potencialidades sociais que podem ser ampliadas com produtos e serviços

Fonte: ETHONOS, 2006. Acesso em 2019.

A busca pela sustentabilidade nas edificações faz com que o projeto tenha que ser econômico ambientalmente e socialmente viável e eficiente. Com a legislação e a responsabilidade maior surge a necessidade de novas práticas, então as empresas cada vez mais estão sujeitas a tribunais de justiça e à opinião pública.

Em suma, o planejamento configura-se como o início do ciclo de vida de um projeto e da obra de uma edificação. A obra, por sua vez, é onde a concepção do projeto acontece. Nesta etapa é quando são realizados os estudos de viabilidade, elaboração de projetos e especificações.

O estudo de viabilidade econômica e financeira tem como principal característica munir a equipe de projeto de instrumentos para medir e/ou analisar se investimento é seguro ou recomendável, com a comparação dos retornos que serão obtidos.

Estes são mensurados por meio de indicadores financeiros que avaliam o resultado final de acordo com o investimento aplicado inicialmente. Com isso, busca-se mais segurança e credibilidade, para que haja aplicações em novos negócios ou empreendimento já estabelecidos no mercado.

Um dos instrumentos da viabilidade financeira é a análise dos possíveis investimentos, objeto de muita pesquisa devido a sua importância nas decisões financeiras.

O investimento é conceituado como toda a aplicação realizada pela empresa com o objetivo de obter lucro ou retorno imediato ou em longo prazo. Isso faz com que o investimento represente o risco de gastar imediatamente o recurso, na expectativa de obter lucros futuros.

As práticas sustentáveis já devem ser implementadas desde a concepção e estudadas na viabilidade. Como ponto decisório, a escolha do local da construção deve levar em consideração o entorno e a dinâmica da região onde o mesmo será inserido.

A fase de implantação do edifício constitui-se de prática daquilo que fora delineado na fase de planejamento, principalmente as práticas sustentáveis do projeto, como no caso do aproveitamento de água da chuva, que visam à redução do desperdício.

Após a edificação implantada, a fase de manutenção é a que acompanha a vida útil do edifício. É a prova real do sucesso ou fracasso da sua sustentabilidade, em que o previsto e o realizado deixam de existir e a questão passa a ser como o empreendimento é gerido e se o custo de manutenção condiz com o planejado.

A última etapa do empreendimento é a fase de demolição, sendo o final do ciclo de vida, que pode também ser o início de outro ciclo, pelo aproveitamento dos materiais.

Quando a construção foi desde a primeira fase planejada para ser sustentável, ou seja, para redução do gasto de água, é muito mais fácil o caminho para a adoção de práticas sustentáveis.

A adaptação é mais complexa, pois as intervenções podem ser destrutivas. Isso significa que podem ter custo maior que o benefício ou que o período de retorno não seja viável.

Um bom planejamento acarreta maior probabilidade de êxito no projeto. Este deve ser medido por meio de indicadores, cálculos de taxas e afins.

## 4.2. Orçamento

Segundo Ávila (2012), orçamento é um processo que propõe o levantamento dos gastos, custos e dos possíveis recursos para a realização do projeto ou obra, podendo variar desde a construção de um imóvel a sua demolição.

O orçamento realizado na esfera da administração pública tem como objetivo atender ao planejamento de programas e empreendimentos que atendam as autarquias e à população em geral, por meio de planificação e estudo das receitas e pelos dispêndios que poderiam ser efetuadas.

Ao gerir os recursos da sociedade, o gestor público deverá contar com um plano completo de atividades que seja passível de operação e execução.

O ciclo de orçamentação de uma obra começa com uma análise minuciosa dos projetos, em que se busca relacionar e quantificar todos os serviços necessários. Esses serviços devem ser agrupados e ordenados seguindo a sequência de execução da obra. Neste ciclo, quando a edificação for composta em várias etapas, é recomendável a produção de um orçamento sintético detalhando as subdivisões do empreendimento, conforme Figura 26.

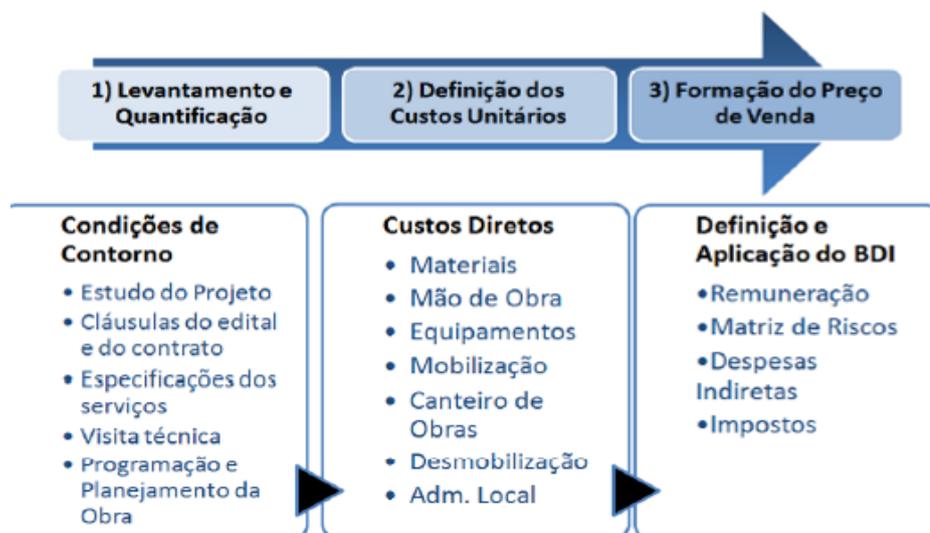


Figura 26 - Processo de orçamentação de obras.

Fonte: TCU (2014).

Notadamente, o orçamento na esfera pública quase sempre está vinculado a um edital do projeto, que deve conter as premissas contratuais. Sendo assim, ao

orçar deve-se analisar não só as peças técnicas do projeto, como também as disposições do contrato, o edital de licitação e respectivos anexos, e os encargos do contrato, para garantir a adequação no orçamento.

O orçamento tradicional tem como principal característica o atendimento às necessidades de custeio já existentes. Neste tipo de orçamento, o investimento ficava condicionado à existência de superávits.

Com efeito, este tipo de orçamento constitui-se em um processo em que o planejamento é realizado de forma profissional e exigindo-se um conhecimento de todas as prioridades, para que sejam classificadas em ordem de importância.

Considera-se que um orçamento na base zero tem como premissa a previsão em um orçamento de despesas, receitas e custos sem considerar o que houve nos exercícios anteriores. Este tipo de técnica é conceitualmente implantada por meio da separação em pacotes, que tem finalidade de decidir, por meio de prioridades, os níveis e objetivos a serem adotados no orçamento.

Na elaboração deste tipo de orçamento são analisadas todas as premissas, alinhadas com cada receita, despesas, custo ou investimento, levando em consideração as estratégicas da empresa. Neste processo não se recomenda a utilização de bases históricas ou índices de reajuste, diferentemente do modelo tradicional. Desta análise então surgem às bases orçamentárias.

Outra forma de conceber um orçamento é por meio de programas, o que foi introduzido no Brasil por meio da Lei nº 4.320/1964 e do Decreto-Lei nº 200/1967. Conceitualmente pode ser entendido como um plano de trabalho, por característica é um instrumento de planejamento da ação do governo, porque define programas e projetos na qual serão investidos recursos.

A principal característica do orçamento-programa, e o que o distingue dos chamados métodos tradicionais, é a ênfase no objetivo do gasto ao invés da simples preocupação com a categoria do dispêndio.

Em comparação, observa-se que no orçamento tradicional se identificam apenas as diferentes espécies de gasto pessoal, material de consumo, realizadas pelas diferentes unidades de uma organização.

Este trabalho executará a ornamentação dos sistemas de aproveitamento de água da chuva por meio do modelo tradicional e levará em consideração o custo unitário, prática consagrada nos órgãos públicos.

#### 4.2.1. Bonificação ou Benefícios e Despesas Indiretas - BDI

O BDI é uma fração do preço de cada serviço, em percentual, que não está vinculada diretamente ao custo direto ou que não pertence efetivamente à produção direta do serviço ou produto.

A composição do BDI é formada pela fração do preço de cada serviço, advinda da recompensa do empreendimento, lucro estimado, despesas financeiras, rateio do custo da administração central, e por todos os impostos sobre o faturamento. Entretanto, exime-se desta as leis sociais, que são custos diretos sobre a mão de obra, com fórmula de acordo com a Figura 27.

AC - ADMINISTRAÇÃO CENTRAL  
 CF - CUSTO FINANCEIRO  
 TM - TRIBUTOS MUNICIPAIS  
 TE - TRIBUTOS ESTADUAIS  
 TF - TRIBUTOS FEDERAIS  
 L - LUCRO

$$BDI (\%) = \left\{ \left[ \frac{(1 + AC + CF)}{1 - (TM + TE + TF + L)} \right] - 1 \right\} \times 100$$

Figura 27 - Cálculo do BDI.

Fonte: BRASIL. CREA. (2008)

Quanto à utilização do BDI cabe uma ressalva, a empresa ou órgão público que adere ao orçamento sintético, por natureza, não consegue proporcionar todo entendimento dos valores envolvidos para a execução da obra, por isso, surge à necessidade de destrinchar outros elementos por meio de outra análise.

De forma geral, para o entendimento da taxa de BDI, obrigatoriamente necessita-se do detalhamento de suas rubricas, como exemplo disso têm-se as alíquotas de tributos. Com essa prática há dificuldade de visualização do problema

e a dificuldade no cálculo do BDI. Isso se explica porque as alíquotas de tributos aplicadas ao empreendimento suscitam dúvidas das licitantes, necessitando serem justificadas em um memorial.

Os empreendimentos de engenharia possuem um preço que pode ser obtido acrescentando ao custo direto o percentual relativo ao custo indireto, que incide sobre o projeto somado ao lucro, impostos e despesas indiretas. Esse preço de venda só é possível calcular porque os projetos de engenharia possuem custo direto de produção e custo indireto.

A formulação do preço de venda de um empreendimento varia em função do planejamento do empreendimento, considerando as características geográficas, administrativas, que são diferenciadas por empreendimentos, contratados, edital, tamanho do serviço e a época de execução do projeto. Cabe ressaltar que mesmas nunca se repetem, o que tornam o orçamento único. Como resultante, cada orçamentista encontra um preço de serviço diferente dos demais.

Nos órgãos públicos o preço global é formulado pelo Decreto nº 7.983/2013. Este é resultante do custo global de referência mais o valor do BDI. Sua composição mínima é formada com a taxa de rateio da administração central e percentuais de tributos incidentes sobre o preço do serviço, entretanto, são excluídos os custos de natureza direta e que oneram o contratado, a taxa de risco, o seguro e garantia do empreendimento e a taxa de remuneração do construtor.

O BDI pode ser calculado por meio de várias fórmulas e equações em uma bibliografia diversa, vide Capítulo 6, entretanto neste trabalho, serão utilizadas as premissas do Tribunal de Contas da União (TCU), como expresso na Tabela 11.

**Tabela 11 - Exemplo de BDI para obras de edificações e reformas.**

<b>Valores de BDI por tipo de obra</b>	
<b>Tipos de obra</b>	<b>BDI (%)</b>
Construção de edifícios	25,00
Construção de rodovias e Ferrovias	24,23
Construção e manutenção de redes de energia elétrica	27,86
Obras portuárias	30,95

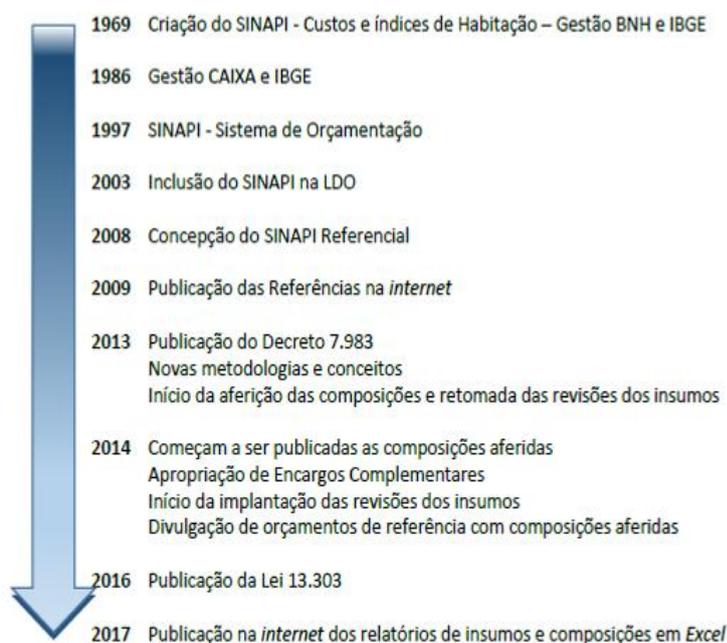
Fonte: TCU (2011).

Segundo o TCU (2017) o orçamento de um projeto básico ou obra é formado pelas composições de custos unitários e detalhamento de encargos sociais e do BDI e por isso devem compor a licitação e o edital dos empreendimentos.

O BDI para o sistema de aproveitamento do sistema de abastecimento está elencado com a construção do edifício, podendo ser de 25%, como visto na Tabela 11.

#### 4.2.2. SINAPI e EMOP - Custos e índices da construção civil

O Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil, denominado SINAPI, foi criado 1969 pelo Banco Nacional de Habitação, em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e em 1986 foi adotado pela Caixa Econômica Federal, como apresentado na Figura 28.



**Figura 28 - Histórico de desenvolvimento do SINAPI.**

Fonte: Caixa Econômica Federal (2018).

O objetivo da criação do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) em 1969 é servir de parâmetro para a comparação e formulação de preço por meio de séries mensais de custos e índices ao setor habitacional no Brasil. Este é constituído pela compilação de tabelas, séries mensais

de salários medianos, mão de obra, preços para materiais, máquinas e equipamentos, e serviços da construção para os setores de saneamento básico, habitação e infraestrutura.

Justifica-se o uso do SINAPI neste trabalho, pela utilização de diversos órgãos e entidades da administração pública federal das obras públicas, como a de muitos conjuntos habitacionais no país. Com efeito, o Parque Riviera da Costa, objeto do estudo, foi financiado pela Caixa Econômica Federal (CEF), sendo assim, pertinente orçar os serviços de engenharia que constituíram o empreendimento, bem como analisa futuros empreendimento.

Uma das funcionalidades do SINAPI é o cálculo dos custos que alimenta os orçamentos por meio de custos referenciais para projetos de residencial saneamento básico. Como sistema de referência, ainda tem como objetivo a parametrização dos estudos dos custos das construções, o custo por m<sup>2</sup> nacional e por estados.

A sistemática do SINAPI é divulgar mensalmente a informação dos preços de insumos e custos de serviços, projetos e índices da construção civil. Pela complexidade há colaboração técnica do IBGE na pesquisa e divulgação dos dados e seu controle de qualidade.

O SINAPI é estruturado por meio de cadernos técnicos de famílias de serviços avaliados, formado pelas composições de custo unitário. O sistema, para manter sua qualidade, é aferido por meio de regras de qualificação e quantificação dos serviços, bem como suas normas de execução.

Em um projeto de engenharia, a determinação do seu custo é realizada por meio das especificações dos serviços e quantidades de materiais necessários à sua elaboração e construção. Então, para gerar o orçamento de um projeto é necessária a estratificação de materiais e serviços, bem como sua caracterização precisa ser fixada e suas especificações das composições, determinando valores para o pacote de atividades. Esse conjunto formado por projetos, serviços e especificações constituem a base técnica de engenharia.

Segundo a CAIXA (2018), a maneira mais econômica de executar um projeto por meio do SINAPI para os orçamentistas é a escolha de várias alternativas agregadas aos serviços componentes dos projetos. Entretanto, um orçamento possui

várias alternativas agregadas e diferentes maneiras de execução de um determinado tipo de serviço, mas atendo-se ao pilar do projeto, o material e a técnica construtiva.

O bairro de Campo Grande, local do estudo de caso, pertence ao estado do Rio de Janeiro. Em termos de orçamento, outra forma de gerar as composições é a tabela da EMOP, referencial para as instituições públicas do estado.

A Tabela EMOP é sistematizada pela Empresa de Obras Estaduais do Governo do Estado do Rio de Janeiro, que fora fundada em 1975, por meio dos Decretos-Lei nº 39/1975 e nº 81/1975, com o objetivo de modificar estruturalmente o modelo do sistema de obras de interesse público.

Com efeito, a empresa mantém a exclusividade de organizar e desenvolver atividades relativas à composição e fixação de preços unitários de materiais, equipamentos e mão de obra utilizada em obras públicas por meio de boletins mensais.

A função de um banco de dados é ser referencial, ou seja, servir de base para um orçamento, sem representar uma verdade absoluta para o orçamento de obras. Isso se dá pelo processo estático envolvido, porque na verdade, trata-se de uma mediana destes valores, custos que acabam gerando índices, tem a função de dar celeridade aos orçamentos, sejam na esfera pública ou privada. A fim de auxiliar os orçamentistas foram criados itens específicos, com o objetivo de possibilitar a elaboração do orçamento no Sistema de Custos Unitários da EMOP.

Quando não houver a possibilidade de enquadramento em composições, o sistema de catálogo da EMOP aceita os serviços especiais, que tem por finalidade suprir a necessidade de orçar. Por meio da unidade chamada Unidade de Referência (UR), o orçamentista solicitará a pesquisa do custo por composição ou propostas de firmas especializadas.

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva das edificações podem ser orçados no estado do Rio de Janeiro por meio desses bancos de dados e suas composições, tanto na reforma de uma edificação, como em um novo empreendimento. Desse modo, os projetos estarão orçados de maneira similar ao que é praticado no mercado da construção e adaptados a iniciativa pública e privados.

### **4.2.3. Despesas e custos de um projeto de engenharia**

Configura-se como despesa o valor gasto com bens e serviços realizados para a manutenção da atividade da empresa, e a busca para a obtenção de receitas por meio da venda dos produtos. As despesas podem ser estratificadas em fixas e variáveis.

As despesas fixas são caracterizadas pela possibilidade de antecipação de pagamentos mensalmente, pois não se alteram com facilidade, como o salário de trabalhadores, pois normalmente são reguladas por contratos, em que se estipula um valor a ser dispendido, bem como a forma de reajuste.

A despesa variável constitui-se como a antítese da despesa fixa porque se encontra sujeita a alguns parâmetros dentro de um projeto de engenharia, como o valor da energia, que pode variar de concessionária, sistemas de bandeiras etc. Isso significa que deve necessariamente ocorrer uma variação no valor do que é pago para o mesmo serviço ou produto.

Na elaboração de um orçamento, ao se analisar a produção ou a prestação de serviços previstos para o projeto e construção de um empreendimento, verifica-se a necessidade de levantamento dos custos. Estes custos conceitualmente entendem-se pela soma dos gastos oriundos desta análise desenvolvida para este empreendimento.

Em resumo, os custos têm a capacidade de serem atribuídos ao produto final, já despesas possuem caráter geral e são difíceis de vinculação aos produtos. Em termos de classificação, os custos podem ser diretos e indiretos, como pode ser visto na Figura 29.



**Figura 29 - Custo de produção.**

Fonte: TCU (2014).

O custo direto é passível de identificação e apropriação para cada tipo de serviço ou produto. Os custos diretos são compostos pelos materiais, equipamentos utilizados para execução de cada atividade e mão de obra.

Os custos indiretos ocorrem quando não há possibilidade de apropriá-los diretamente aos bens ou serviços produzidos. Isso ocorre por meio de um critério de rateio. Com efeito, a classificação dos custos adotados depende do objeto de custeio que pode ser tanto a própria obra ou o serviço.

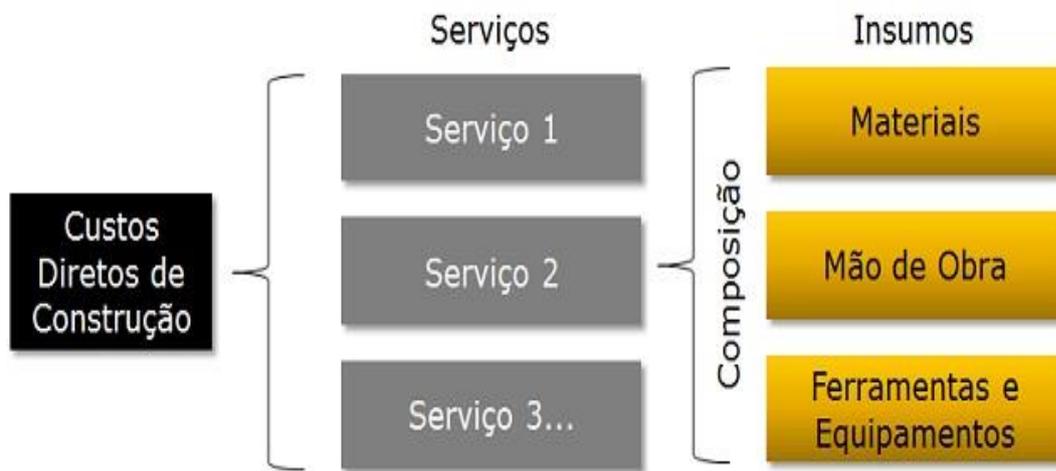
Dependendo do orçamentista os gastos com supervisão local do empreendimento podem ser considerados como custo direto da obra ou, talvez, custos indiretos em relação a seus respectivos serviços de engenharia, isso ocorre pelo critério a ser escolhido por este profissional.

#### **4.2.4. Composição e custo unitário**

Consiste em uma composição de custo unitário o artifício do orçamentista em elaborar e montar o custo direto para cada serviço que será executado no projeto, com a estratificação e análise de dos serviços a serem planejados por meio de uma unidade básica.

Na compilação da composição estuda-se e consideram-se os índices de produtividade de mão de obra para cada serviço, para buscar congruência com as

características dos locais de sua execução e dificuldades específicas para realização do evento. Dentro desta análise faz-se necessário a atualização dos preços dos insumos para sua realização, assim exemplificado na Figura 30.



**Figura 30 - Custos diretos de construção.**

Fonte: [rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/](http://rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/). 2015.

Acesso em 2019.

Ao detalhar as atividades e criar composições, o próximo passo é a criação de planilhas padronizadas com as composições, que tem como objetivo facilitar a orçamentação, porque atendem a mais de um serviço, como mostrado na Tabela 12.

**Tabela 12 - Exemplo de composição.**

Item	Código	Descrição	Unidade	Coeficiente
C	88309	Pedreiro com encargos complementares	H	0,7200
C	88316	Serventes com encargos complementares	H	0,3600
I	650	Bloco vedação concreto 9x19x39cm (Classe C - NBR 6.136)	UN	13,500
C	87292	Argamassa traço 1:2:8 (Cimento, cal e areia média) para embolso/massa única de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400L.Af_06/2014	M³	0,0088
I	34557		M	0,7850

Fonte: TCU (2014).

Estas planilhas têm como objetivo a simplificação e a apresentação do orçamento, evitando a geração de longas listas de insumos para subprodutos comuns que podem ser produzidas várias vezes em cada um dos serviços.

Dentro do processo de orçamentação, um recurso que pode ser utilizado é a utilização de composições auxiliares em um orçamento. Utilizadas para simplificar, acabam sendo detalhadas apenas em orçamentos analíticos, pois em sintéticos são apresentadas em apenas uma linha na composição principal, referenciando o código da composição auxiliar.

As composições devem ser aferidas para garantir que traduzam a realidade dos custos para os projetos, para tanto, ocorrem às aferições que são baseadas em dados de campo coletados e analisados com emprego de metodologia internacionalmente reconhecida.

### 4.3.

#### **Valoração ambiental dos projetos de aproveitamento de água da chuva**

O valor da água é um tema discutido pelos estudiosos por seus diversos usos, como recreativo, suprimento e represas, entretanto, a valoração da água da chuva parece ainda ser uma temática que pode ser muito explorada. Para fins de método, o presente trabalho iguala o valor da água da chuva ao valor econômico da água bruta.

Quando se analisa a questão do custo de um bem natural, e até a cobrança pelo seu uso, devem-se contemplar todos os aspectos que levam a mensuração correta do bem a ser extraído ou utilizado.

No Brasil, a prática da cobrança pela água está intrinsecamente ligada aos custos das empresas concessionárias, isso significa que ao precificar o bem natural, uma parcela do seu valor real é constituinte do preço cobrado ao cliente. Esse procedimento força o processo de diminuição do desperdício e contribui para valorização. No país, em 2019, o custo da água bruta está apresentado na Tabela 13.

**Tabela 13 - Preços unitários de cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União, exercício 2019.**

Tipo de uso	Valor da água bruta	
	Unidade	Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do sul
Captação de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,0158
Consumo de água bruta	R\$/m <sup>3</sup>	0,03616

Fonte: ANA. Resolução nº 91/2018.

A água no Brasil é bem da União, pois deve ser utilizada por todas as pessoas, entretanto, também tem um caráter privado porque, em certos casos, o direito de propriedade muda de mãos e necessariamente o uso de uma determinada pessoa exclui o direito de uso de outro indivíduo.

Neste sistema os custos da degradação ecológica não são pagos por aqueles que a geram, estes custos são externalidades para o sistema econômico. Com efeito, isso significa que os custos desta degradação e que afetam terceiros não tem a devida compensação.

Os efeitos desta prática inferem nas atividades econômicas que são planejadas sem levar em consideração o estudo e impacto das externalidades ambientais, isso tem como consequência que não há nenhuma internalização dos custos ambientais por parte da sociedade.

O valor econômico dos recursos ambientais provém de seus atributos e podem ou não estar associados a um uso. Isso significa que o consumo de um recurso ambiental acontece se o bem está sendo utilizado ou não. No caso de um recurso ambiental, os fluxos de bens e serviços ambientais que são derivados do seu consumo, definem seus atributos.

Outros bens são constituídos em parte por classes de bens ou serviços compostos. Com efeito, cada membro da classe apresenta atributos diferenciados, então o preço de uma unidade  $j$  do bem  $X_i$ ,  $P_{xij}$ , pode ser definido por um vetor de atributos ou características,  $a_{ij}$ .

Quanto a relação entre atributo, valoração e existência de um bem, entende-se que existem atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, independentemente do fluxo atual e futuro de bens e serviços apropriados na forma do seu uso.

Para valorar-se o bem ambiental uma metodologia a ser utilizada é o Valor Econômico de um Bem ambiental (VERA), que consiste na desagregação do valor econômico do recurso ambiental (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU), como apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14 - Valor econômico do bem ambiental.**

<b>Valor econômico do recurso ambiental</b>			
Valor de uso			Valor de não uso
Valor de uso direto	Valor de uso indireto	Valor de opção	Valor de existência
Bem e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração de recursos e consumo hoje.	Bem e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas apropriados e consumidos indiretamente hoje.	Bem e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro.	Valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruístas.

Fonte: Motta, 2015.

O critério econômico está fundamentado nas abordagens ecológicas, de modo que para valorar é necessário conhecimento e entendimento das questões de biodiversidade para aplicação do critério econômico. Por questão lógica não é possível valorar aquilo que não se conhece ou a seus impactos. Para tal faz-se necessário conhecimento profundo do tema como forma de não causar prejuízos aos ecossistemas do planeta.

Para valorar um bem se pode também utilizar a técnica de preferência revelada ou valor direto. Esta técnica se baseia no comportamento e medição dos valores de uso direto, isso ocorre porque na teoria o comportamento do mercado revelaria o valor do bem.

De forma análoga é plausível a utilização de valores de indiretos que são conceituados por valores que não estão associados a comportamentos observáveis, como por exemplo, estéticos, legado valores, opção de valores e valores existentes.

Entretanto, a forma que mais se aproxima de uma valoração ambiental e econômica são as análises de custo-benefício (ABC), que tem como premissa a determinação de prioridades na avaliação de políticas. Isso ocorre por meio da comparação entre custos e benefícios associados à determinação de impactos, principalmente os monetários, sob a estratégia traçada.

Nesta análise captura-se a disposição a pagar das pessoas por mudanças na provisão ambiental, utilizando-se de mercados de bens privados complementares e substitutos para serviços ambientais.

Para elaborar uma análise de custo-benefício (ACB) comparam-se os custos dos investimentos e operação, em cada Tempo (t), necessários para realizar uma ação, contra benefícios (BT) que foram gerados ao longo do tempo.

O desafio desses métodos de avaliação de projeto ou serviço é a inter-relação com a área ambiental e a capacidade de capturar os valores das funções ecossistêmicas e transformá-las em viabilidade econômica.

Todo arcabouço teórico é uma construção da realidade, por isso sempre há dificuldade na mensuração de benefícios, com efeito, esta inter-relação com a área ambiental aflorará lacunas socioeconômicas, em que isoladamente as atribuições e critérios, tanto ecológico como ambiental, não são capazes de solucionar.

A análise custo-benefício de um projeto, política ou programa com interface ecológica não deverá ser o único indicador para a tomada de decisão e sim um jeito efetivo de ordenar opções.

Para avaliar um projeto de engenharia deve-se utilizar métricas de viabilidade econômica e relação custo benefício. Entretanto, deve-se também analisar os critérios ambientais e ecológicos.

Um projeto de aproveitamento de água de chuva em edificações tem como premissa a utilização do recurso natural para diminuir um custo de utilização de água, entretanto uma parcela de água deixa de infiltrar no solo. Como outro efeito a de se considerar a diminuição do impacto das cheias nas vias, bem como uma diminuição de produtos químicos utilizados nos processos de potabilidade, e que toda essa relação deve ser pensada no estudo da viabilidade econômica dos projetos de aproveitamento.

#### **4.4. Estimativa ou avaliação do impacto da redução do consumo de água**

No que tange a edifícios já construídos e a necessidade de realização de intervenções para adaptar medidas de conservação de águas, para SINDUSCON (2005) deve-se levar em consideração a estimativa do impacto de redução do consumo de água, com as diferentes ações que devem ser implementadas, ao surgimento e formulação de diferentes hipóteses sobre o comportamento do consumo antes e após a realização das intervenções.

O processo de avaliação do impacto de redução do consumo de água deve ser executado através da implementação de cada uma das ações, de acordo com o plano de intervenção.

O gerenciamento do consumo deve ser realizado por meio de leituras sistemáticas nos hidrômetros para gerenciar os impactos de redução nos respectivos períodos. Sendo assim, a avaliação é fundamental para considerar o indicador de consumo para gerir os resultados.

Se a análise for realizada somente por meio do valor de consumo, corre-se o risco de se obter resultados falsos, exceto quando o número de consumidores for o mesmo antes e durante a implantação de um Programa de Conservação de Água (PCA). O impacto de redução do consumo é calculado conforme a expressão: impacto do consumo de água por agente consumidor.

A estimativa do impacto de redução, por meio do cálculo do período médio de retorno dos investimentos é realizada através de três etapas: a primeira é orçar analiticamente todos os componentes economizadores de água, como tubos, conexões e materiais, mais a mão de obra, necessários para a adequação do sistema hidráulico com o objetivo de economizar água, obtendo-se o Valor Total (VT); a segunda etapa é estimar um valor de redução do consumo mensal de água após a intervenção; por fim calcular o Fluxo de Benefício (B), ou seja, o valor mensal economizado de água com base nas tarifas do prestador de serviços de água local.

#### **4.5. Custos da manutenção das edificações e projeto de aproveitamento de água da Chuva**

Para Kordana (2018), o gerenciamento da água, que inclui o projeto, o planejamento e a operação, devem ser feitos por componentes individuais. Entretanto, segundo Chanter (2007) a manutenção das edificações não é tratada com a relevância que deveria. Os condomínios geralmente não têm a capacidade de demonstrar o valor inerente do processo aos proprietários das edificações. Com isso, na maioria dos casos ocorre atraso e deficiência nos processos de manutenção necessária a edificações.

A NBR 5.674/2012 conceitua a manutenção de uma edificação como o conjunto ordenado de atividades com o objetivo de conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação.

Em um processo de manutenção o item mais relevante é o planejamento das atividades de trabalho. Nesta etapa é que se definem as ferramentas e equipamentos necessários, condições especiais de acesso, cronograma de realização e duração dos serviços de manutenção.

No processo de planejamento das edificações se definem os riscos das atividades, bem como se presume as emergências e contingências para, com isso, estimar os desembolsos necessários à manutenção dos sistemas prediais.

Sob o viés econômico e ambiental não é razoável considerar que o ciclo de vida do produto edificação é descartável e passível de substituição em um tempo curto, acarretando a sua substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários.

Deste modo, definem-se e distinguem-se os serviços periódicos da programação de manutenção e suas necessidades, imediatas, de curto prazo e emergenciais.

Algumas necessidades são intrínsecas de cada edificação, que depende do conceito aplicado ao projeto, como rega do jardim, limpeza e lubrificação de bombas, limpeza de quadros elétricos e eletrônicos dos equipamentos, exigindo manutenção desde o início de sua implantação. Isso significa que estão embutidos custos para realização das atividades, como a rega do jardim, que consome homem-horas trabalhada, equipamentos e recurso ambiental (água).

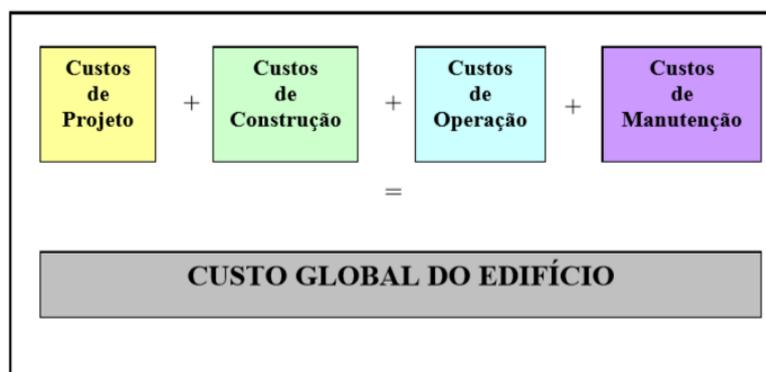
**Tabela 15 - Utilização da água em uma edificação**

Uso externo	Unidades	Valores
Casa com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m <sup>2</sup>	0,2
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira de jardim	Litros/dia	50
Manutenção de piscinas	Litros/dia/m <sup>2</sup>	3
Perdas por evaporação em piscinas	Litros/dia/m <sup>2</sup>	5,75
Reenchimento de piscinas	Anos	10
Tamanho da casa	m <sup>2</sup>	30 a 50
Tamanho do lote	m <sup>2</sup>	125 a 750

Fonte: Adaptado de Tomaz (2011).

No caso do consumo de água, de acordo com a Tabela 15 o volume de gasto depende da área a ser irrigada. Pode se considerar um custo relevante em um tempo (t), principalmente se a água utilizada for potável, pois como visto, em seu valor está embutido todo processo de tratamento. Neste caso ainda há um agravante, a quantidade de cloro no processo de tratamento não faz bem para certas espécies de plantas.

O custo da manutenção global das edificações tem relevância sobre o custo global das edificações, como apresentado na Figura 31. Então, a manutenção não pode ser feita de modo improvisado e casual e sim por meio de serviços técnicos, que exigem capacitação e responsabilidade dos responsáveis. A manutenção compõe o conjunto de custos da edificação que deve evitar o retrabalho, pois isso infere no custo global apresentado na Figura 31.



**Figura 31 - Custo global do edifício.**

Fonte: Nour, 2003.

Em condomínios, o processo de manutenção passa pelas previsões orçamentárias que são aprovados por não técnicos, os condôminos. Nessas previsões deve-se evitar a rigidez orçamentária baseada em estatísticas, pois é necessário levar em consideração as condições dos sistemas, dos subsistemas, dos elementos e dos componentes da edificação. As ações de manutenção devem expressar a relação custo e benefício dos serviços.

A periodicidade destas avaliações dos sistemas de aproveitamento depende das condições do ambiente, das interferências e do modo de utilização. A NBR 15.527/2019 recomenda 6 meses. A periodicidade da manutenção pode ser realizada pela frequência apresentada pela Tabela 16.

**Tabela 16 - Frequência de manutenção de um sistema de aproveitamento de água de chuva.**

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

Fonte: Adaptado da NBR 15.527/2007.

A realização das atividades de manutenção tem como objetivo a reconstrução de níveis de desempenho da edificação. Como resultante espera-se aumentar a vida útil do edifício em função do seu plano de manutenção.

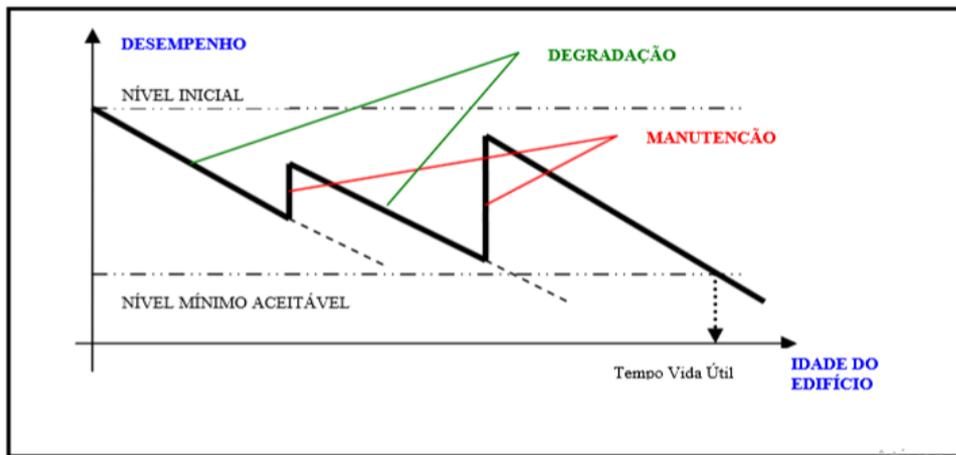
A partir de seu comportamento, analisado por um estudo apurado, pode-se prever o desempenho da edificação durante sua vida útil. Com isso, pode-se gerenciar sua manutenção, com o intuito de manter um padrão de conservação da edificação. Como resultado esperado, têm-se um controle de gastos e a minimização dos processos deterioração de sistemas vitais da edificação.

Quanto mais idade o edifício tem maior a necessidade de manutenção. Por isso, o planejamento do processo de manutenção é vital para o prolongamento da idade da edificação.

Os processos de manutenção são importantes para o sistema de aproveitamento de água da chuva. Isso se justifica, pois estão diretamente ligados ao custo real do sistema.

O planejamento da manutenção, com suas apurações de custo ao longo do tempo, perfaz o arcabouço necessário a análise da viabilidade do sistema, pois o mesmo não será apenas instalado e mantido, deve permanecer íntegro e economicamente viável.

Como apresentado na Figura 32, para se manter o desempenho do edifício é necessário analisar o nível e o grau de degradação, e sempre que possível mantê-lo no nível aceitável de acordo com a vida útil.



**Figura 32 - Grau de oportunidade de mudança em função do tempo**

Fonte: Bonin, 1988.

Segundo Leigh (2019), os custos de operação e manutenção são estimados com referência nas especificações técnicas contidas nos catálogos e manuais fornecidos pelas empresas responsáveis pelas peças.

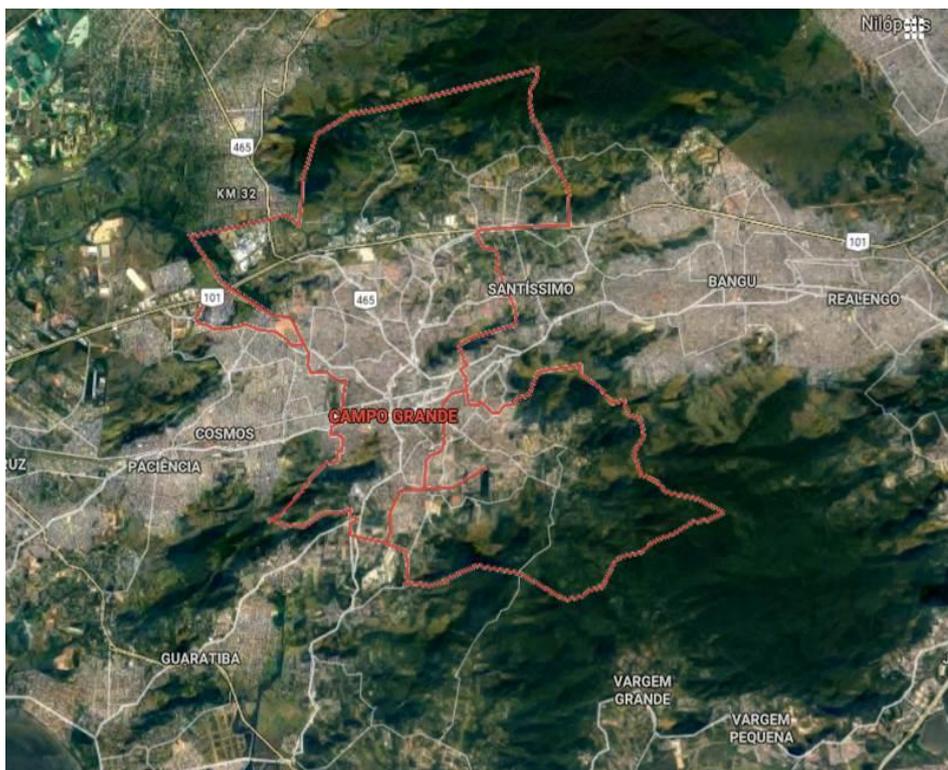
O valor das atividades deve ser estabelecido com base nos valores praticados pelo mercado, principalmente nas peças de reposição. Como visto, dependendo do tipo de sistema, pode ser necessário algum mecanismo de purificação que exija mais utilização de eletricidade para a operação do mesmo.

## 5. Estudo de caso: o condomínio Park Riviera da Costa

### 5.1. A área de estudo: o bairro de Campo Grande no RJ

O condomínio Park Riviera da Costa está localizado no bairro de Campo Grande na cidade do Rio de Janeiro. O relevo do bairro é formado por terras planas, cercadas por montanhas a leste e pela bacia do rio Guandu a oeste.

Campo Grande faz divisa com outros bairros da cidade do Rio de Janeiro, como Paciência, Cosmos, Inhoaíba, Guaratiba, Vargem Grande e Jacarepaguá, Senador Camará, Senador Vasconcelos, Santíssimo e Bangu; além de Nova Iguaçu, na Baixada Fluminense como apresentado na Figura 33.



**Figura 33 - Localização do bairro de Campo Grande-RJ.**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

Campo Grande possui uma extensão territorial de 11.912,53 hectares, ou seja, 119,13 km<sup>2</sup>. Por isso, é o segundo maior em extensão da cidade do Rio de

Janeiro. Em termos de localização, em relação ao centro da cidade, está a 45 quilômetros

O bairro de Campo Grande, possui uma população de 328.370 habitantes, de acordo com o Censo 2010, sendo considerado o bairro mais populoso do município. O seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,810.

O desenvolvimento urbano do bairro de Campo Grande ocorreu em torno da Igreja de Nossa Senhora do Desterro. Isso pode ser explicado pela existência de um poço artesiano na localidade. Por isso, pode-se considerar que este local foi marco histórico da ocupação territorial da área.

Fundado em 17 de novembro de 1603, Campo Grande se caracteriza por ser um bairro de classe média, com porções de classe média alta. Sua ocupação se deve, sobretudo, aos inúmeros trabalhos desenvolvidos pelos padres jesuítas.

O bairro foi desenvolvido de forma independente do resto do município. Isso pode ser explicado pela distância da localidade ao centro da cidade do Rio de Janeiro. Com isso, desde antes da sua fundação, Campo Grande mantinha comércio e atividades de agrícolas.

Em termos econômicos a atividade passou de engenhos de açúcar, para as culturas de café, de legumes e verduras. Destacou-se nos primeiros anos do século XX até os anos 1940 na produção de laranjas, sendo considerada uma grande região produtora, o que lhe rendeu o nome de Citrolândia.

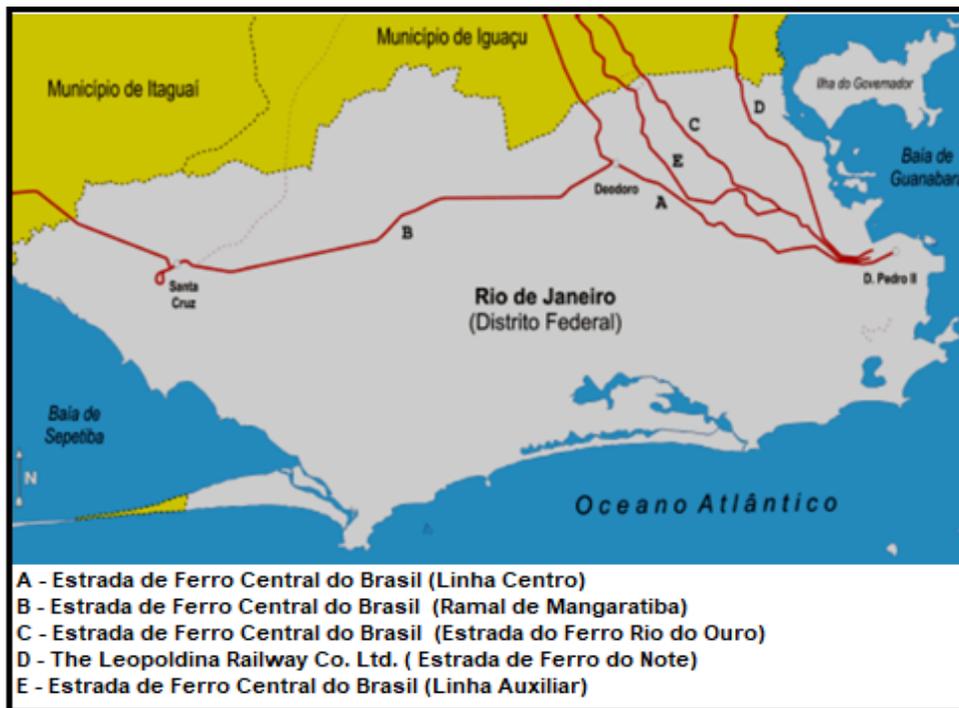
### **5.1.1.**

#### **Processo de urbanização e verticalização de Campo Grande – RJ**

A ocupação territorial de Campo Grande começou no rio da Prata, indo até Cabuçu, do final do século XVI até meados do século XVIII, por meio do trabalho dos jesuítas e historicamente encerrada pelo Marquês de Pombal, em 1759, em todo Brasil.

O desenvolvimento criado pelos religiosos se deu por meio de obras de engenharia, estradas, pontes, canais de captação de água para irrigação, drenagem e contenção da planície, sempre sujeita às enchentes dos rios Guandu e Itaguaí.

O trem chegou a Campo Grande em 1878, ano em que se estendeu um ramal ferroviário de Deodoro até Sapopemba (Nova Iguaçu). Em ordem cronológica, as estações ferroviárias em torno das quais se desenvolveu a frente agrícola foram as seguintes: Sapopemba (1859), Campo Grande (1878), Santa Cruz (1878), Bangu (1890), Santíssimo (1890), Paciência (1897), Engenheiro Trindade (1912), Cosmos (1928), Senador Camará (1923) e Augusto Vasconcelos (1914).



**Figura 34 - Principais ferrovias do Rio de Janeiro em 1930.**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

Na década de 1930, com a implantação do ramal ferroviário, há um aumento do processo de ocupação do solo por residências. Nas décadas de 1930 e 1940 já havia loteadores na região e a maioria dos lotes era vendida para servir de habitação da população.

Pós a abertura da Av. Brasil, na década de 1950, e com a implantação do ramal ferroviário ocorreu um aumento no processo de ocupação do solo por residências, trazendo consigo problemas de urbanização e socioambientais por meio das transformações urbanas que continuam ocorrendo até o século XXI.

Isso culminou em uma malha viária diversificada, com estrutura radiocêntrica, ou seja, parte da região central para direção longitudinal a várias

partes. Como efeito, há o surgimento de loteamentos — situação que se estende aos dias atuais. Na Avenida Brasil também surgiu um viés industrial com a implantação de um polo industrial.

A partir da década de 1970 o processo de urbanização deixa de ser impulsionado pelos loteadores e passa a ser realizado por empresas. Isso porque o bairro localiza-se distante do centro da cidade, propiciando atividade industrial e comercial.

O bairro de Campo Grande possui uma malha urbana conectada a sua localidade, bem como a diversas cidades próximas do município. Com isso, o bairro possui uma variedade de trajetos. Suas principais estradas e avenidas são: a Avenida Brasil, a antiga Estrada Rio-São Paulo, Estrada da Posse, Estrada do Mendanha, Avenida Santa Cruz e a Estrada do Monteiro.

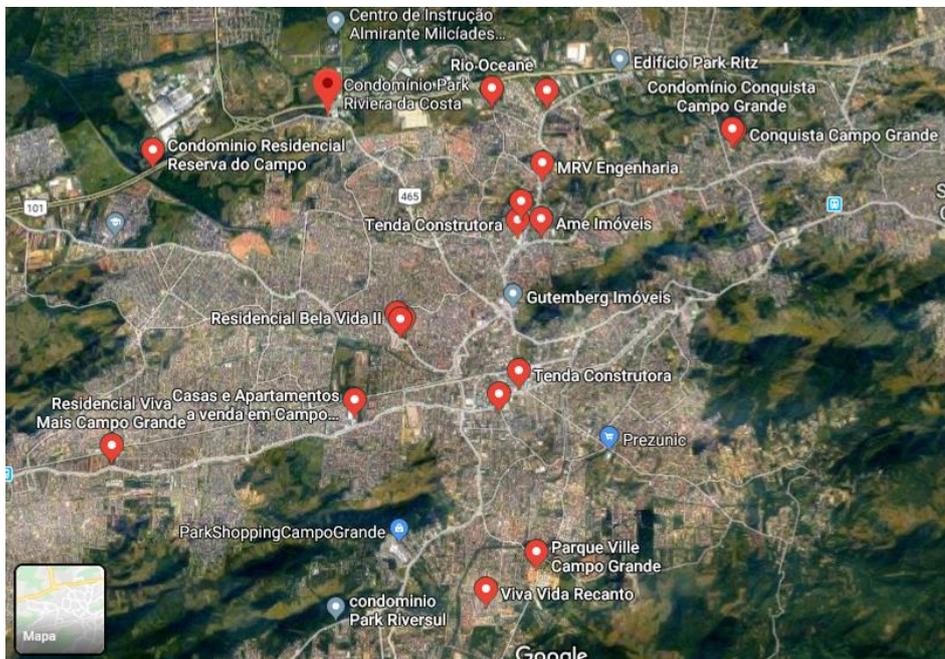
Barata (2012) explica que no período de 1970 a 1980, a economia do Brasil se apresentava com o quadro inflacionário, por isso, gerou-se impactos negativos no poder aquisitivo da população, principalmente nas de baixa e média renda, estas não conseguiriam permanecer nas áreas centrais da cidade, com efeito, restou-as ocupar as periferias.

O processo de ocupação de Campo Grande teve como impulso um comércio vigoroso, que se formou pela distância das zonas centrais da cidade, entretanto, a atratividade do bairro teve um impulso pela instalação do distrito industrial. Segundo Milhomes (2011) neste período o bairro já se apresentava como centro de interesse do capital imobiliário

Durante o período pré-copa do mundo de 2016, foi criado o acesso à Barra da Tijuca por meio da instalação do corredor expresso com ônibus articulado, ocasionando desenvolvimento e crescimento populacional a áreas pouco habitadas. Isso atraiu o interesse de construtoras e fomentou ainda mais o processo de urbanização da região, nem sempre atrelado a uma infraestrutura que permitisse o crescimento sustentável

Campo Grande ocupa as primeiras posições em lançamentos imobiliários da cidade, a expansão imobiliária, entretanto, as faixas de renda não são integradas social e economicamente ao entorno, porque os empreendimentos podem ser considerados como sofisticados.

Explica-se pelo fato das habitações do PMCMV possuírem um conceito e padrão diferentemente dos demais do bairro. Na região, a faixa populacional que possui menos renda encontra-se em bairros como Santa Cruz, Paciência e Senador Camará, a uma distância relativa de Campo Grande.



**Figura 35 - Empreendimentos Minha Casa Minha Vida.**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

A Figura 35 apresenta empreendimentos do PMCMV espalhados pelo bairro de Campo Grande. O bairro ainda recebe empreendimentos, ou seja, o processo de urbanização é contínuo, apesar da crise econômica do estado do Rio de Janeiro há lançamentos de novos empreendimentos.

Segundo Silva (2008) o processo de verticalização historicamente ocorre quando as cidades amadurecem. A verticalização é vista como modernização de habitacional de uma localidade, pelos avanços técnicos e modificações e alterações na paisagem urbana, pelos significativos impactos na sociedade e economia, contudo, pode ser agente de migrações internas e segregação urbana.

Para Milhomes (2011), a verticalização do bairro de Campo Grande é uma estratégia comercial e de vendas para faixas da população que vislumbram a mesma qualidade de vida do bairro da Barra da Tijuca, ou seja, ao adquirir uma residência, guardadas as devidas proporções de nível de renda do público-alvo destas regiões.

Diferentemente do que ocorre com os condomínios implantados de baixa renda, onde o quantitativo de moradias tem maior relevância para a diminuição do déficit habitacional.

Campo Grande urbanizou-se de forma desordenada com uma miscelânea populacional e várias faixas de renda. Com efeito, isso traz problemas de infraestrutura, saneamento e, concomitantemente, traz impactos ambientais.

### 5.1.2. O Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV

Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi criado 2007 com o objetivo de retomar o planejamento e a execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética do país. O PCMV é uma vertente deste programa, que tem como premissa a redução do déficit habitacional dentro da área urbana. Ainda se integra ao Programa Nacional de Habitação Urbana (PNHU), responsável pela instrumentação do programa.

Para estruturar a aquisição da moradia foram criadas algumas modalidades, como a modalidade Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), a modalidade Entidades com financiamento do Fundo de Desenvolvimento Social, a modalidade Oferta Pública, modalidade-financiamento, que tem como fonte de recursos o Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS). Como forma de estratificação, além das modalidades citadas foi utilizado o critério de faixas de renda, conforme apresentado na Tabela 17.

**Tabela 17 - Empreendimentos Minha Casa Minha Vida**

Renda familiar mensal	Faixa MCMV	Característica
Até R\$ 1.800,00	Faixa 1	Até 90% de subsídio do valor do imóvel. Pago em até 120 prestações mensais de, no máximo, R\$ 270,00, sem juros
Até R\$ 2.600,00	Faixa 1,5	Até R\$ 47.500,00 de subsídio, 5% de juros ao ano
Até R\$ 4.000,00	Faixa 2	Até R\$ 29.000,00 de subsídio, com 6% a 7% de juros ao ano
Até R\$ 9.000,00	Faixa 3	8,16% de juros ao ano

Fonte: Adaptado de :<http://www.mdr.gov.br/habitacao/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>. Acesso em 10/08/2019

A modalidade FAR tem como objetivo atender as necessidades habitacionais das famílias cuja renda mensal não ultrapasse a faixa 1.

A modalidade Entidades opera em área urbana e com famílias organizadas de forma associativa, por uma Entidade Organizadora — associações, cooperativas — e para a produção de unidades habitacionais urbanas ou requalificação de imóveis urbanos na faixa 1.

Outra modalidade é a da Oferta Pública, também destinada a área urbana e que visa ao atendimento dos municípios com população de até 50 mil habitantes. Por fim, também foi instituída a modalidade de Financiamento Faixa de mercado, que prevê uma composição entre recursos do FGTS e análise de crédito nas instituições financeiras, como Banco do Brasil e Caixa Econômica Federal.

Como apresentado na Tabela 17, para área urbana, caso de Campo Grande, as famílias com renda mensal de até R\$ 1,8 mil devem estar enquadradas na faixa 1, com isso poderão ser atendidas pelas modalidades PMCMV-FAR, Oferta Pública e PMCMV Entidades. As famílias com renda de até R\$ 9 mil serão atendidas pela modalidade PMCMV Financiamento, dividida em faixa 1,5, faixa 2 ou faixa 3.

Os empreendimentos sujeitos ao PMCMV deveriam seguir algumas premissas técnicas, padrões mínimos exigidos para a construção, atendimento à NBR 15.575/2019 – Norma brasileira de desempenho nas edificações, os cadernos técnicos, o caderno de diretrizes e a legislação local.

Para que um projeto seja aprovado é necessária a análise de engenharia, uma verificação do enquadramento do projeto nas regras do programa. Com isso, buscou-se dar qualidade ao empreendimento ao reduzir falhas, evitar sobrepreço e aumento de custo na garantia, sendo lançada cartilha orientativa para a análise de projetos e orçamentos.

Junto a isso, foi lançado o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), que tem por objetivo estimular o desenvolvimento sustentável do habitat urbano. Como norteador as empresas devem fazer o uso eficiente dos recursos para a realização da obra, entretanto não se preocupam diretamente com a eficiência da gestão da água na edificação, cumprindo padrões mínimos de atendimento da concessionária, no caso a CEDAE.

Não foi evidenciada nenhuma legislação obrigatória para dotar as edificações de projetos de aproveitamento de água de chuva no PBQP-H. No escopo do PAC/PMCMV a drenagem nas edificações foi um item insipiente, já as obras viárias e de praças deveriam seguir um manual com preceitos de sustentabilidade. Contudo a decisão final ficava a cargo então da legislação estadual ou municipal, da possível obrigatoriedade para realização do aproveitamento de água nas edificações.

O bairro de Campo Grande, como é localizado na cidade do Rio de Janeiro, está passível à legislação da cidade, que isenta as construções do PMCMV da obrigatoriedade de projeto e construção de um sistema de aproveitamento de água da chuva, pois nas proximidades de realização do PAC ocorreu uma mudança legal de obrigatoriedade de realização, como apresentado na Figura 36.

### 5.1.3. O condomínio Park Riviera da Costa

O Park Riviera da Costa é um condomínio construído pela construtora Novolar, por contrato com a MRV Engenharia. Possui estrutura de 1, 2, 3 quartos e blocos iguais, com 218 apartamentos, quase todos iguais, entretanto, o bloco 6 é diferente dos outros. Este empreendimento fica localizado na Estrada Rio São Paulo, nº 4.375, no bairro de Campo Grande.



**Figura 36 - Localização do Park Riviera Costa**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

O relevo da área mais próxima ao Condomínio Park Riviera da Costa é composto por morros, como os morros da Ventosa, Caparapuçu e Bandeira, como apresentado na Figura 37.

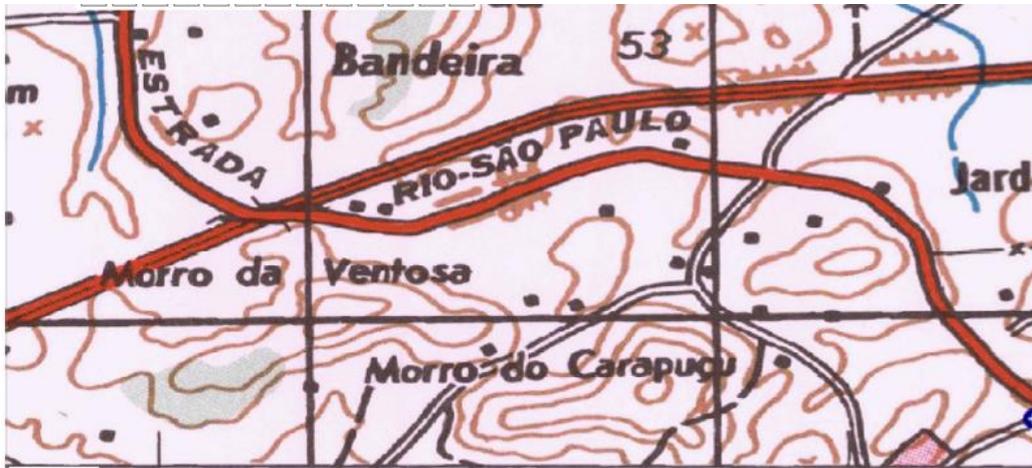


Figura 37 - Relevo na região do Park Riviera da Costa

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019

### 5.1.3.1.

#### Descrição do Condomínio Park Riviera da Costa e das suas edificações

O condomínio possui 6 blocos e 218 apartamentos, como apresentado na Tabela 17. Os apartamentos variam de 1, 2 ou 3 quartos, com a menor metragem de 37 m<sup>2</sup> e a maior 67 m<sup>2</sup>, como visto na Figura 38, relativa ao bloco 1.

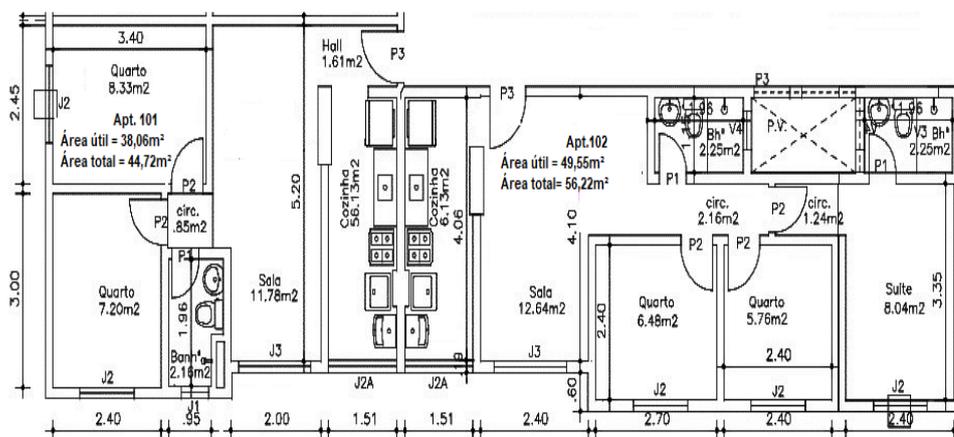


Figura 38 - Bloco 1– Park Riviera Costa

Fonte: Adaptado de <https://www.mrventrega.com.br/detalhe/parkrivieradacosta>. Acesso em 10/08/2019

Os prédios não são todos iguais, o bloco 6 tem a metade da área dos outros blocos. A quantidade de apartamentos por blocos também não é homogênea, como pode ser visualizado na Tabela 18.

**Tabela 18 - Número de apartamentos**

<b>Condomínio Park Riviera da Costa</b>							
BL	Número de apartamentos					Totais	População
	Pav 1	Pav 2	Pav 3	Pav 4	Pav 5		
Bloco 1	7	8	8	8	8	39	156
Bloco 2	7	8	8	8	8	39	156
Bloco 3	8	8	8	8	8	40	160
Bloco 4	8	8	8	8	8	40	160
Bloco 5	8	8	8	8	8	40	160
Bloco 6	4	4	4	4	4	20	80,0
Total geral	42	44	44	44	44	218	872

Fonte: Autor (2019).

O Condomínio Park Riviera da Costa possui uma população fixa de 872 moradores e flutuante de aproximadamente 150 visitantes. Cada edificação possui 15 metros de altura e 5 andares acessados por escadas apoiadas, espelhos feitos de ardósia e um hidrante em cada andar.

A metodologia construtiva utilizada para este empreendimento foi a alvenaria estrutural. Isso pode ser visto por meio da Foto 1, tirada pela construtora para apresentar aos clientes.

Segundo o manual do proprietário da MRV, a sobrecarga máxima permitida nas lajes é de 150 kg/m<sup>2</sup> no pavimento tipo/térreo interno/cobertura – unidades residenciais, enquanto na área externa, térreo e rampas é de 100 kg/m<sup>2</sup>.

Neste processo construtivo utilizam-se as paredes da habitação para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira. Como as paredes são os elementos estruturais principais, elas não podem ser cortadas para passagem de tubulações. São admitidos apenas pequenos cortes com muita restrição.

A edificação foi desenvolvida por alvenaria sendo utilizado bloco cerâmico para sua composição. As lajes foram içadas e a vedação feita com grout.



**Foto 1 - Alvenaria estrutural – Park Riviera da Costa.**

Fonte: MRV. <https://relacionamento.mrv.com.br>. Acesso em 22/10/2019.

As tubulações hidráulicas são colocadas em blocos especiais, ou em locais planejados, para possibilitar a passagem de tubulação na edificação. O projeto deve prever que as paredes, que não tenham função estrutural, sejam cortadas para colocação de eletrodutos e tubulações hidráulicas (às vezes, denominadas de paredes hidráulicas). As paredes hidráulicas podem ser executadas com tijolos cerâmicos comuns ou com blocos de concreto não estrutural

O telhado é formado por uma laje com telhas de fibra cimento, onde estão localizadas as estruturas, como a caixa de água responsável pela distribuição de água, antenas de televisão, como apresentado na Figura 2. As edificações de 1 a 5 possuem em suas áreas de telhado 358 m<sup>2</sup>, enquanto a edificação 6 possui 179,175 m<sup>2</sup>, como verificado em vistoria realizada em 01/11/2019 por meio da Foto 2.



**Foto 2 - Detalhe do Telhado – Park Riviera da Costa.**

Fonte: Autor (2019).

O condomínio Park Riviera da Costa possui área de lazer com duas piscinas, uma de adulto e outra infantil que tem como objetivo propiciar banho para os moradores e seus convidados, conforme ilustra a Figura 39.



**Figura 39 - Vista do condomínio Park Riviera Costa**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

O condomínio Park Riviera da Costa possui uma área verde, onde as crianças brincam, que está localizada na parte de trás do empreendimento, como demonstrado pelos círculos laranja na Figura 40. Tem como finalidade favorecer a drenagem e melhorar o microclima na edificação. Outra área que pode ser considerada como verde fica localizada na parte frontal do condomínio.



**Figura 40 - Localização da área verde na parte de trás do condomínio.**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019

O projeto arquitetônico acompanhou um paisagismo com jardim que percorre uma calçada destinada a pedestres. O projeto do condomínio Park Riviera da Costa com a metragem de áreas comuns está apresentado na Tabela 19.

**Tabela 19 - Metragem das áreas comuns I.**

Áreas	m <sup>2</sup>
Área verde	1260,2
Área de lazer	31
Área verde da estação	118,2
Área da churrasqueira	56
Áreas secas das piscinas	37
Total	1471,4

Fonte: Autor (2019).

### 5.1.3.2.

#### Descrição do sistema de abastecimento de água potável, incêndio e o consumo de água

A captação de água para abastecimento do condomínio é realizada por meio da tubulação existente instalada pela CEDAE. A medição do consumo é realizada por hidrômetro inspecionado pela empresa FOZ5, como apresentado na Foto 3.



**Foto 3 - Entrada de água da concessionária – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor (2019).

A tubulação responsável pelo transporte da água possui um diâmetro nominal 100, de material PBA (ponta, bolsa e anel) utilizado para condução de água potável em sistema enterrado. Seu encaminhamento se dá pelo leito carroçado por

100 metros até o barrilete e entrada do reservatório metálico, como indicado na Figura 41 (encaminhamento da tubulação em vermelho).



**Figura 41 - Tubulação de adução**

Fonte: <https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019

Esta tubulação de adução esquematizada na Figura 41 tem como destino uma cisterna de concreto (Foto 4), que possui um volume de 83 m<sup>3</sup>. A cisterna possui duas visitas localizadas junto a casa de bombas, próximo ao reservatório de água principal localizado atrás da mesma.



**Foto 4 - Cisterna – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor (2019).

Da cisterna, a água é bombeada até ao reservatório por meio de 4 bombas de 3 cv. O bombeamento é controlado por um sistema eletromecânico, ativado por um

quadro automatizado e sensores instalados nas boias. A amostra de bombas utilizadas no sistema de água é apresentada na Foto 5.



**Foto 5 - Bombas – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor (2019).

A água para chegar ao reservatório passa pelo bombeamento, onde a energia por unidade do peso do líquido é absorvida. Essa energia gerada pelo bombeamento no líquido é responsável por transportar a vazão de água para o reservatório superior. Então essa água deve vencer o desnível geométrico, as perdas de carga e as diferenças de pressão no reservatório.

O reservatório principal é metálico e cilíndrico (Foto 6) com um volume total de 483 m<sup>3</sup>, entretanto o sistema possui uma reservação maior, pois há uma cisterna de 80 m<sup>3</sup> e uma caixa de água de 20 m<sup>3</sup>, em cada bloco.

O condomínio já possui bicas espalhadas para prover água para limpeza e rega de plantas.



**Foto 6 - Reservatório de água (principal) – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor (2019).

Deste reservatório a água é distribuída sob pressão, por meio de tubulação, ao reservatório localizado na laje/telhado da edificação. Depois de armazenada, esco para o barrilete, cuja função é a alimentação dos andares inferiores, por meio de prumadas de água fria. As prumadas sofrem derivações para o abastecimento das unidades individuais e respectivas instalações hidrossanitárias.

### **5.1.3.3.**

#### **Instalações hidrossanitárias do condomínio Park Riviera da Costa**

Entende-se por instalações hidrossanitárias o conjunto de equipamentos e tubulações com objetivo transportar água e outros fluidos. Nas edificações residenciais, normalmente são instalados em locais aparentes, em área específica e projetada para este fim, embutidos nas paredes.

O sistema hidráulico se divide em instalações de água fria, quente (quando houver) e esgoto, sendo composto de tubos e conectores com espessura dimensionada conforme a pressão de serviço submetida.

Estes sistemas são formados por registros de pressão água fria e quente, válvulas de pequeno porte, peças, como curvas joelhos, instaladas em sub-ramais, pias e equipamentos. Como exemplo o vaso sanitário, cuja tubulação de esgoto é constituída de policloreto de vinila (PVC) e padronizada com um diâmetro nominal (DN) de 100 mm.

No Park Riviera da Costa o tipo de distribuição de água é indireto, por isso é dependente de um sistema hidropneumático que garanta a pressão na rede. O condomínio é dotado de ramal predial existente e alimentador. O condomínio Park Riviera da Costa possui apenas um hidrômetro. O valor da conta de água é repartido entre os condôminos igualmente. Essa prática não favorece a economia de água.

As instalações hidrossanitárias das áreas comuns compreendem os banheiros da área da churrasqueira, guarita e do novo prédio administrativo, onde permeiam uma população fixa e outra flutuante.

O sistema de esgotamento sanitário é um conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, o afastamento, e uma disposição final sanitariamente adequada para as águas servidas de uma edificação ou comunidade.

Em termos de equipamentos, nos apartamentos do condomínio Park Riviera da Costa os vasos sanitários são providos de caixa acoplada, medida adotada para a diminuição do consumo de água.

As instalações hidrossanitárias do Park Riviera da Costa podem ser divididas em duas partes: externa relativa aos blocos e a interna que são vaso sanitários, pias e chuveiros. A primeira parte não é linear, pois neste condomínio há apartamentos de 1, 2 e 3 quartos e com 1 ou 2 banheiros, como apresentado na Figura 42.

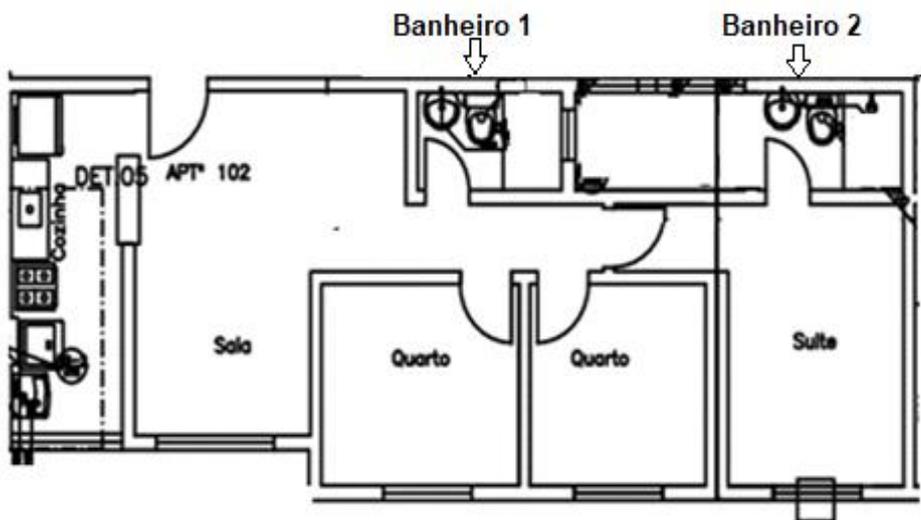


Figura 42 - Apartamentos com dois banheiros. Bloco 1. Apt. 102.

Fonte: Adaptada pelo autor.

<https://relacionamento.mrv.com.br/rivieradacosta/ManualProprietario/Paginas/plantas-vistas.aspx#>. Acesso em 10/08/2019.

#### 5.1.3.4.

#### **Sistema de microdrenagem da edificação (telhado) existente no condomínio Park Riviera da Costa**

Segundo Collischonn (2008), os profissionais devem dimensionar a concepção do projeto de drenagem e sua execução, por meio de premissas preestabelecidas em normativas, legislação e boa técnica, tendo como finalidade de regulamentar a execução de implantação de sistemas de engenharia capazes de captar a água de drenagem dos empreendimentos, para obter um projeto eficiente com uma chuva de projeto que se assemelhe a realidade.

O projeto de microdrenagem tem como primeiro passo a captação da água dos telhados das edificações em seus coletores pluviais, que prosseguem para escoamento das sarjetas e entram nos bueiros e galerias.

No Parque Riviera da Costa, o sistema de microdrenagem é formado pelo telhado, que é composto por uma laje com duas caixas d'águas, como visto pela Foto 7, responsável por conduzir a água de chuva para uma canaleta de 1,20 m, que desemboca em uma tubulação de PVC 100DN (diâmetro nominal).



**Foto 7 - Reservatório, calha e telhado – Park Riviera da Costa.**

Fonte: Autor, 2019.

A água escoa pelo ralo, Foto 8, indo por meio da tubulação até chegar ao térreo, até outra vara de tubulação, interligada à rede de drenagem da via, ou seja, não sendo reaproveitada, com destino ao sistema de drenagem implantado na via interna do condomínio.



**Foto 8 - Ralo do telhado – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor, 2019.

Por meio de observação, foi verificado que o sistema de drenagem do telhado das edificações não estava eficiente. Por isso, pós a entrega das edificações, a construtora resolveu instalar em todos os blocos do condomínio os buzinetes, que consistem em um cano utilizado para escoamento de águas pluviais em queda livre, como pode ser observado na Foto 9, que contém um círculo vermelho para detalhamento.



**Foto 9 - Buzinote no Bloco 1 – Park Riviera da Costa.**

Fonte: Autor, 2009.

O telhado da administração e da guarita são compostos por lajes e não há aproveitamento de água da chuva, como apresentado na Foto 10.



**Foto 10 - Área verde 2 (Administração) – Park Riviera da Costa**

Fonte: Autor, 2019.

Os condôminos alteraram o projeto inicial da empresa MRV, cobrindo uma parte da área do antigo parquinho com um telhado, há também uma tubulação de 100 DN, que não aparece na foto, mais rente ao muro ao lado oposto do pilar tubular branco que aparece na porta.

A água da chuva escoar de duas formas: a primeira por uma tubulação que aparece na Foto 11 (circulada), de 100 DN, a segunda alocada rente ao muro com mesmo diâmetro. A água escoar pelo piso que molhado se transforma em escorregadio, gerando perigo aos moradores pelo escoamento superficial, pôr fim a água escoar em direção a grelhas.

As grelhas não suportam a quantidade de água dos telhados, ao que parece elas foram concebidas para escoar a água de um antigo parquinho localizado na parte superior da cisterna. Como efeito negativo desta obra, tem se um aumento de velocidade da água da chuva, antes distribuída na área, e agora direcionada para um ponto de deságue, por meio de tubulação. Por conseguinte, forma-se um escoamento superficial, quando há volume de chuva.

O fluído é direcionado para pequenas grelhas recheadas de brita com finalidade de drenagem, mas sem interligação com a rede existente na rua interna da edificação, o que gera um desperdício de água.



**Foto 11 - Área da churrasqueira/drenagem – Park Riviera da Costa.**

Fonte: Autor, 2019.

### 5.1.3.5.

#### Demanda de água no condomínio Park Riviera da Costa

Como visto no capítulo 1, a água é um recurso valioso, por isso presume-se a importância do controle da água tratada, cujo valor de mercado é maior. Chega-se à conclusão que deve-se utilizar conscientemente para evitar o desperdício.

No Park Riviera da Costa, como em todo aglomerado, existem pessoas de diferentes culturas, educação, nível de escolaridade, portanto, surge a necessidade de se estabelecerem algumas regras e tomar medidas para que não haja desperdício, como também diminuir o custo das operações por meio de medidas de engenharia. Afinal trata-se de um empreendimento de classe média baixa, em que a conta de água, como visto, gera impactos negativos nas contas da população.

O condomínio não possui conta individualizada. Para pagamento da conta de água a administração do condomínio promove um rateio para as despesas. A média de consumo de água é de 109 m<sup>3</sup>/dia, como apresentado na Foto 12.

CEDAE		MEDICAO		27/08/2018	
COMPANHIA ESTADUAL DE ÁGUAS E ESGOTOS - CEDAE CMPJ 33.532.084/0001-04 (Inscr. Estadual - 94.780.707) R. Presidente Vargas, 2.656 - Centro - Rio de Janeiro-RJ					
NOME / CPF-CNPJ		ORIGEM		MATRÍCULA	
21971835000148		1-71		2338437-1	
COND. PARK RIVIERA DA COSTA					
ENDEREÇO DA LICIAÇÃO				ROTEIRO	
ETR RIO SÃO PAULO N. 4375 - LT 03				01182372755	
CAMPO GRANDE, RIO DE JANEIRO - CEP 23075-247					
LEITURA ANTERIOR	LEITURA ATUAL	Nº. DE DIAS	VOLUME FAT.MF	VOLUME APURADO (M3)	
11/07/2018	13/08/2018	33	3597	54,8181	
75888	77697				
PREVISÃO LEITURA	HIDRÔMETRO	TIPO DE FATURAMENTO		VOLUME MÉDIO MQUA	
13/09/2018	K14AA30062	CONS. APURADO		109	
ECONOMIAS POR CATEGORIA			PERCENTUAL DE FAT. %		SUBCATEGORIA
DOM	COM	IND	PUB	DOM	COM
218	0	0	0	100	0
					COMUM
FAIXA DE CONSUMO	TARIFA	CONSUMO FATURADO	VALOR	LANÇAMENTOS	
0-15	3,136	3597,0	11.280,19	ÁGUA DOMICILIAR 11.280,19	
				ESGOTO DOMICILIAR 2.652,28	
				ACORDO/PARCELA 33/36 2.007,77	
				JUROS ACORDO/PARCELA 33/36 450,89	
				RECURSOS HIDRÍCOS 141,00	
				TAXA DE REGULACAO 56,40	
				CORRECAO UFIR ESGOTO 33/36 184,28	
				ACORDO/PARCELA ESG 33/36 858,72	
TOTAL DO CONSUMO			TOTAL DO VALOR		
R\$ 23.617,23			R\$ 23.617,23		
BASE DE CÁLCULO ICMS		ALÍQUOTA %		VALOR DO ICMS	

Foto 12 - Fatura do consumo de água - CEDAE – Park Riviera da Costa.

Fonte: Autor, 2019.

Para tal, cabe analisar as principais áreas externas e internas e entender em quais atividades poderíamos substituir a água potável pela água de chuva e, assim, diminuir o custo da água para o condomínio.

Em termos de consumo de água, há quantitativos médios estudados para determinadas atividades dentro de um condomínio. Segundo Tomaz (2011), a quantidade de água mínima para a rega de um jardim é de 2 litros m<sup>2</sup>/dia e uma sequência de lavagem pode ser de até 8 vezes no mês, o que seria igual a 0,26 vezes por mês.

Os jardins ou áreas verdes possuem uma necessidade biológica de receber água, inclusive estas áreas fazem parte do paisagismo do condomínio e podem representar uma valorização do imóvel, bem como a qualidade de vida.

No Park Riviera da Costa há sistema de irrigação das principais áreas verdes, o que gera impacto no custo da conta de água. Entretanto, há uma valorização do imóvel, por conta dos benefícios ambientais atrelados à boa manutenção da área verde. Se a rega das áreas verdes for uma decisão do condomínio, sua demanda está estimada na Tabela 20.

**Tabela 20 - Metragem das áreas comuns X volume de água demandado.**

Metragem de áreas importantes		Volume de água demandado	Dias	Demanda m <sup>3</sup> /mês
Áreas	m <sup>2</sup>			
Área verde	1260,2	2	30	75,612
Área de lazer	31	2	30	1,86
Área verde da estação	118,2	0,26	30	0,92196
Área da churrasqueira	56	0,26	30	0,4368
Área seca da piscina	37	0,26	30	0,2886
Total de áreas a serem lavadas				79,11936

Fonte: Autor (2019).

A área da churrasqueira possui 2 banheiros utilizados diariamente e 1 pia que consome água tanto na utilização dos condôminos, quanto na limpeza. O mesmo processo ocorre na nova área da administração, que possui um pequeno refeitório com 1 pia e 2 banheiros.

Para a limpeza dos blocos, por observação (o autor reside no condomínio), são utilizados 2 baldes de água de aproximadamente 10 litros por andar. A

edificação possui 5 andares e cada edificação do condomínio é limpa uma vez por semana, então temos um consumo aproximado de acordo com a Tabela 21.

A estimativa de demanda para vaso sanitário apresentada na Tabela 21, corresponde a modelagem proposta por Tomaz (2011), em que cada pessoa ocuparia a bacia sanitária 4 vezes por dia durante 30 dias. Os dados referentes a litros por aparelho foram apresentados no manual do proprietário da MRV.

**Tabela 21 - Consumo dos blocos**

<b>ESTUDO DA DEMANDA</b>	
Demandas	Demanda m <sup>3</sup> /m.
Reserva técnica de incêndio (RTI)	36,0000
Vaso Sanitário	659,232
Limpeza de blocos	2,40000
Área verde	75,6120
Área de lazer	1,86000
Área verde ETE/Adm.	0,92196
Área da churrasqueira	0,43680
Área seca da piscina	0,28860
<b>Total</b>	<b>776,75136</b>

Fonte: Autor (2019).

Com isso, o sistema de aproveitamento de água da chuva seria insuficiente para atender a toda demanda, cujo valor total foi de 776,75136m<sup>3</sup>. Foi necessário, então, escolher os usos para água de chuva, passíveis ao processo de captação e viabilidade econômica e de espaço. Para tal, na Tabela 22 é possível chegar a um valor mínimo de atendimento de 114,012 m<sup>3</sup>/m em um valor planejado de 117,51936m<sup>3</sup>/m.

**Tabela 22 - Demanda dos banheiros**

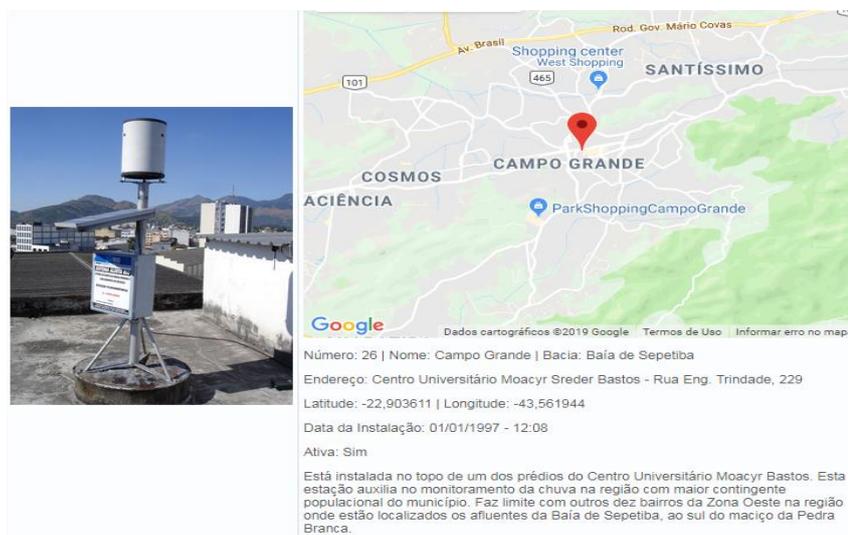
<b>ESTRATIFICAÇÃO DA DEMANDA</b>	
Demandas	Demanda m <sup>3</sup> /m.
RTI- Reserva técnica de Incêndio	36,0000
Limpeza de Blocos	2,40000
Área verde	75,6120
Área de Lazer	1,86000
Área verde ETE/ADM	0,92196
Área da Churrasqueira	0,43680
Área seca da piscina	0,28860
<b>Total</b>	<b>117,51936</b>
Atendimento Planejado	117,51936
Atendimento Mínimo	114,01200

Fonte: Autor (2019).

## 5.2. Fatores meteorológicos no condomínio Park Riviera da Costa

A hidrologia é um ramo da ciência que está relacionada com fenômenos ou eventos naturais no decurso do tempo. As análises dos problemas causados por eles dependem das observações da magnitude, duração e localização destes eventos.

Os dados de precipitação utilizados referem-se aos observados na rede pluviométrica instalada pela Fundação Geo-Rio no município do Rio de Janeiro, em setembro de 1996, cuja estação está representada pela Figura 43.



**Figura 43 - Localização da estação pluviométrica.**

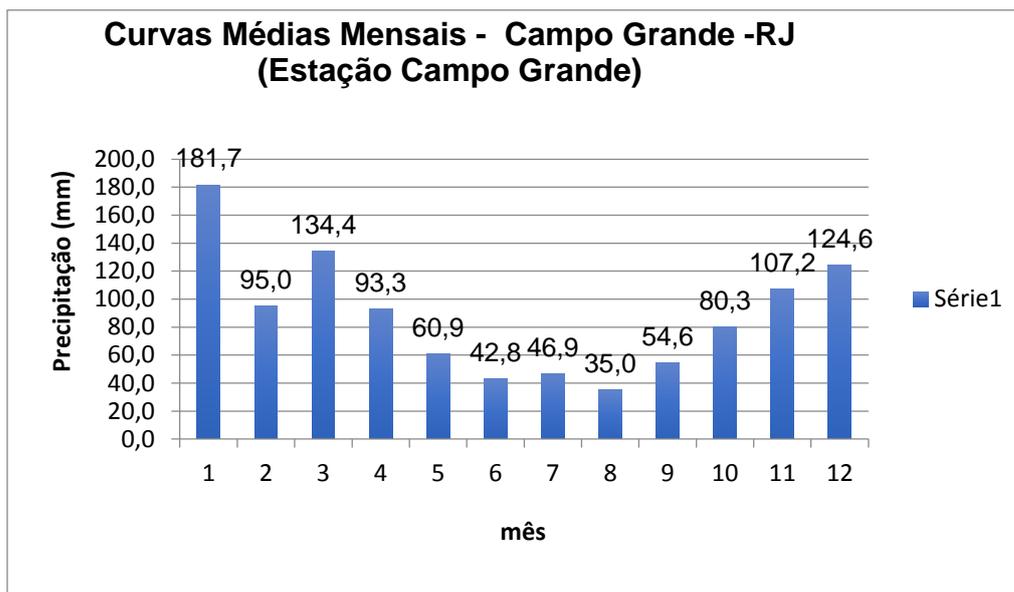
Fonte: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/>. Acesso, 10/08/2019

Desses dados e análises estatísticas, pretendem-se extrair reduções de extensas séries de dados disponíveis em certo número de elementos característicos a fim de definir sinteticamente as observações.

As alterações volumétricas da precipitação pluvial anual em determinada região são decorrentes da variabilidade climática típica do local, cujos estudos devem ser aprofundados tanto qualitativamente como quantitativamente. A precipitação média é estimada com base na hipótese de que seja representativa em relação às precipitações ocorridas na área como um todo. O cálculo desta média é realizado por 4.

Por meio desta análise de dados determinamos o ano hidrológico, bem como a distribuição espacial e o volume pluviométrico precipitado, um importante fator para diversos estudos em pluviometria dentro do ciclo hidrológico de uma região.

Pela análise do Gráfico 2, das chuvas mensais da estação pluviométrica de Campo Grande, verifica-se que o ano hidrológico da área a ser estudada inicia-se em setembro após três meses secos (junho, julho e agosto), o que interfere na utilização do sistema de aproveitamento (pelo comportamento do sistema de aproveitamento nos meses mais secos).



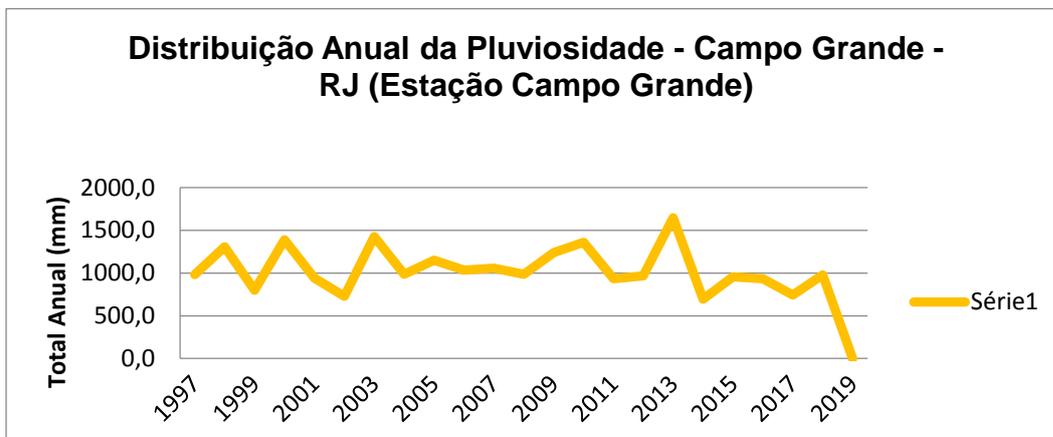
**Gráfico 2 - Curvas médias mensais de precipitação.**

Fonte: Dados da Fundação Geo-Rio. Elaboração: autor.

Para efeito de cálculo dos reservatórios, deverá ser privilegiado a média dos últimos 22 anos de precipitação da estação Campo Grande por parte da Fundação Geo-Rio, que é de 1.057 mm/h. O Gráfico 3 apresenta a média mensal dos últimos 22 anos. Entretanto, para entender o comportamento, aceita-se a utilização das médias das médias mensais.

A frequência de um determinado evento, ou seja, sua probabilidade de ocorrência, é de grande valia para projetos de engenharia, pois para o dimensionamento de obras é preciso conhecer a intensidade e a frequência da ocorrência do evento considerado.

A distribuição anual da chuva pode ser verificada no Gráfico 3 para a região de Campo Grande, local do estudo de caso.

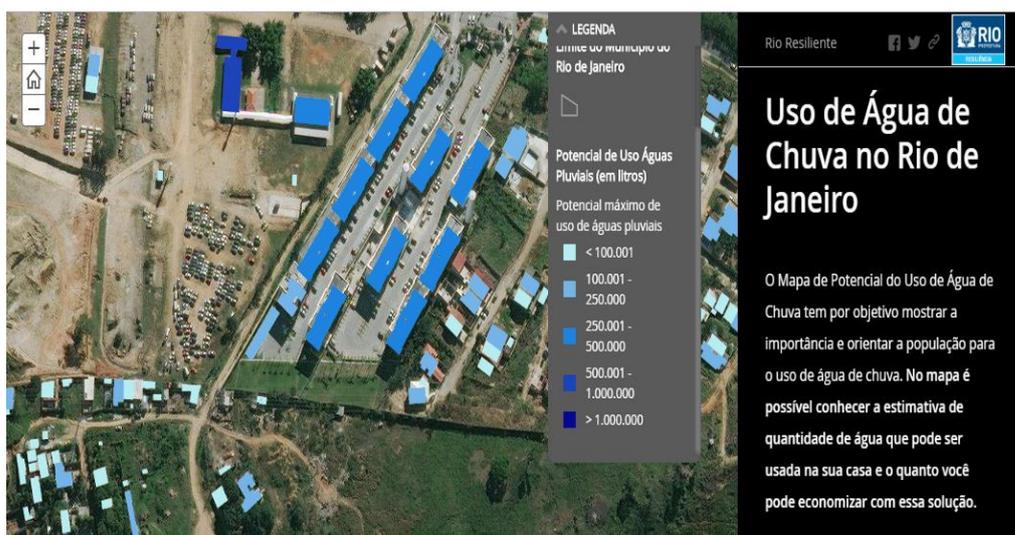


**Gráfico 3 - Distribuição da Pluviosidade.**

Fonte: Dados da Fundação Geo-Rio. Elaboração: autor.

A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro lançou no ano de 2017 o Mapa de Potencial Uso da Água, com série histórica de 2010 a 2015, com o objetivo de incentivar o aproveitamento de água da chuva nas edificações da cidade do Rio de Janeiro.

O projeto foi elaborado pelo extinto programa Rio Resiliente, do Departamento de Resiliência da prefeitura. Como observado na Figura 44, a análise do programa separa em faixas o potencial de aproveitamento de água de chuva.



**Figura 44 - Potencial do Uso da Água Park Riviera da Costa.**

Fonte: <http://pcrj.maps.arcgis.com/>. Acesso em 18/08/2019.

Ao realizar a simulação, pelo programa Mapa Potencial do Uso da Água, do condomínio Park Riviera da Costa, verificou-se que a capacidade média é de 206 m<sup>3</sup> mês. Este programa já calcula a água de chuva aproveitável por meio da relação chuva e área do telhado. Entretanto, o próprio tutorial do programa explica as fragilidades das estimativas: em primeiro lugar o dado da chuva é calculado com a média pluviométrica mensal. Esta fórmula de calcular não é utilizada em trabalhos técnicos pela imprecisão. Outro ponto é a capacidade de armazenamento de água da chuva, pois varia com o tamanho da área a disposição para cálculo de armazenamento do aproveitamento de água da edificação. Nem sempre será possível a utilização de todo aproveitamento de água da chuva *versus* telhado.

Para projetos de aproveitamento, a NBR 10.844/1989 – Instalações de Água Pluviais preconiza a utilização de tempo de concentração de 5 minutos. Quando não é possível, obriga-se a transformação do dado para tempo de concentração da amostra para o pretendido pela normativa.

Para análise da chuva do projeto alguns pré-requisitos foram levados em consideração, proximidade da área do projeto, série histórica representativa, e quantidade de intervalos nas séries históricas. Com efeito, pós análise destes fatores críticos, a estação meteorológica de Campo Grande da Fundação Geo-Rio foi a utilizada pelo trabalho. Os dados de chuva da estação são de 22 anos, com uma frequência mínima de 15 minutos.

A partir da seleção dos dados iniciou-se o tratamento com a estratificação para transformar os mesmos em tempos de concentração de 30 minutos sendo assim, foi possível realizar a desagregação por meio de fatores já estudados de transformação da intensidade de chuva como apresentados na Tabela 23.

**Tabela 23 - Desagregação da Chuva**

Chuva	Fator Multiplicativo	Desagrega para
1 dia	1,14	24 horas
24 horas	0,42	1 hora
1 hora	0,74	30min
30 min	0,91	25min
30 min	0,81	20min
30 min	0,70	15min
30 min	0,54	10min
30 min	0,34	5min

Fonte: Cardoso, 1998.

Com as maiores chuvas e a conversão de dados para 5 minutos, foi possível achar os maiores volumes da amostra, como exposto na Tabela 24.

**Tabela 24 - Maiores precipitações anuais**

MAIORES PRECIPITAÇÕES-ANUAIS PARA UM TR DE 5 ANOS			
ANO	MAIORES CHUVAS EM 5 MINUTOS- em milímetros/5 minutos	NUMERO DE ORDEM	ORDENAMENTO
1997	8,636	1	6,324
1998	9,316	2	6,596
1999	6,596	3	6,936
2000	22,576	4	7,072
2001	7,344	5	7,14
2002	8,5	6	7,344
2003	13,328	7	7,752
2004	8,296	8	8,228
2005	7,14	9	8,296
2006	7,752	10	8,5
2007	9,86	11	8,636
2008	6,324	12	9,316
2009	7,072	13	9,86
2010	9,928	14	9,928
2011	6,936	15	9,928
2012	9,928	16	10,064
2013	10,88	17	10,336
2014	14,076	18	10,88
2015	14,076	19	13,328
2016	10,336	20	14,076
2017	8,228	21	14,076
2018	10,064	22	22,576
Média	9,872363636		
Desvio	3,631821877		
Somatório	217,192		

Elaboração: autor (2019).

Fonte: Dados pluviométricos Geo-Rio.

Para entender o fenômeno da chuva realiza-se uma estimativa de ocorrência de um evento, com isso analisamos os dados do passado com o uso de funções estatísticas.

O período de retorno, ou tempo de recorrência, é o intervalo de tempo para que uma dada chuva de intensidade e duração definidas seja igualada ou superada. Isso ocorre quando uma obra é projetada com período de retorno de T anos e está se definindo o grau de proteção da população e dos usuários desta obra. Para este tipo de projeto a NBR 10884 recomenda o tempo de retorno de acordo com a Tabela 25.

**Tabela 25 - Tempo de Retorno**

Tempo de Retorno	
TR	Características da área
1	Área pavimentada, onde empoçamento pode ser grande
5	Cobertura Terraços
25	Cobertura , onde extravazamento não pode ser tolerado.

Fonte: Rio Águas (2010).

Com o tempo de retorno definido para 5 anos, classificado por meio da Tabela 25, busca-se a intensidade de chuva, que estatisticamente tem-se, por meio do ordenamento e frequência/probabilidade de 50%, da chuva ser menor ou igual a 9,316 mm/5 minutos ou 104 mm/h.

Entretanto, como visto, a série da estação Campo Grande possui menos anos do que o recomendado pela legislação brasileira, que são 30 anos. Há também discussão sobre a proximidade efetiva, pois a distância do ponto de amostragem para o Condomínio Park Riviera da Costa é de aproximadamente 7 km.

Baseado nestas análises, este trabalho utilizará dados oficiais presentes no diploma legal Manual de Drenagem da Prefeitura do Rio de Janeiro, que se utiliza da metodologia de cálculo das Equações de chuvas intensas (IDF), como apresentado no Capítulo 6.

As Equações IDF são construídas a partir de registros históricos de alturas de precipitação x duração. Elas relacionam intensidade, duração e frequência das precipitações para cada localidade, como exposto na Figura 45.



**Figura 45 - Área de influência das equações IDF no município do Rio de Janeiro**

Fonte: Rio Águas (2010).

O autor Pfafstetter (1957) definiu para a cidade do Rio de Janeiro equações de chuvas intensas baseadas nas estações. Sendo assim, fica apresentada a configuração isoietal das chuvas máximas de 24 horas. No capítulo 6 será apresentada a fórmula de cálculo das IDFs.

### 5.3. Intervenções pretendidas no condomínio Park Riviera da Costa

Para realizar a análise de viabilidade econômica do Park Riviera da Costa, foram necessárias projeções das intervenções de engenharia, que cominarão em um conjunto de atividades para obtenção dos orçamentos e estimativas.

Não será apresentado desenho ou projeto, pois o trabalho não se trata de um projeto de engenharia, e sim de uma análise de viabilidade econômica. E tem por finalidade estudar, de forma acadêmica, o problema deixado pelo governo ao não implantar o sistema de aproveitamento de água da chuva aos condôminos do PAC e PMCMV, ou seja, foi necessário realizar estimativas para este fim.

Sendo assim, pretende-se interceptar a tubulação existente que transporta a água da chuva para o sistema de drenagem pluvial do condomínio. Para facilitar o sistema de aproveitamento, a água oriunda do telhado será destinada em 3 caixas específicas de drenagem para acumular a água antes de sua condução aos reservatórios.

Os aproveitamentos das bombas e do sistema de incêndio existente não imputarão mais custo ao projeto, sendo apenas alvo de mudança a água que será utilizada na RTI.

Como formas de aproximação da realidade foram previstas movimentações de terra, baseadas na área do condomínio e distâncias dos prédios em relação aos locais de possível locação de tubulações e caixas, bem como a distribuição de água de chuva, facilitada pela estrutura existente.

Neste contexto, valores de mão de obra foram acrescidos ao orçamento, sendo assim, buscaram-se elementos para análise de viabilidade econômica da implantação de um projeto de aproveitamento.

Foram estudados os equipamentos de um sistema de drenagem e sua adaptabilidade ao estudo de caso. Existem peças que podem ser produzidas na própria obra, como o *First Flush*, que pode ser elaborado com canos de PVC diminuindo o valor da obra. Outro exemplo, são os ralos que podem ser adaptados de forma simples, com uma tela, para diminuir a incidência de areia e outros objetos na tubulação de condução da água.

## 6. Métodos quantitativos de análise

### 6.1. Metodologia análise quantitativa–hidrologia e vazão de projeto

A intensidade pluviométrica neste trabalho deve ser calculada a partir das Equações de chuvas intensas (IDF), Expressão 1, válidas para o município do Rio de Janeiro, conforme Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana da Fundação Rio-Águas.

$$i = \frac{aTr^b}{(t + c)^d} \quad (1)$$

onde:

$i$  = intensidade pluviométrica em mm/h;

$Tr$  = tempo de recorrência em anos;

$t$  = tempo de duração da precipitação em minutos.

$a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $d$ , valores dos coeficientes, conforme apresentado na Tabela 26.

**Tabela 26 - Coeficientes IDF**

Coeficientes da IDF					
Pluviômetro	a	b	c	d	PCRJ-COHIDRO
Santa Cruz	711,300	0,186	7	0,687	PCRJ-COHIDRO
Campo Grande	891,670	0,187	14	0,689	PCRJ-COHIDRO
Mendanha	843,780	0,177	12	0,698	PCRJ-COHIDRO
Bangu	1.208,60	0,177	14	0,788	PCRJ-COHIDRO
Jardim Botânico	1.239,00	0,150	20	0,740	Ulisses Alcântara 1960

Fonte: Adaptado. Rio Águas (2010).

A vazão de projeto, segundo a NBR 10.884, deve ser estimada pela Expressão 2 do método racional, considerado o coeficiente de escoamento superficial  $C= 1$ , ficando a expressão reduzida a:

$$Q = \frac{i * S}{60} \quad (2)$$

onde:

i = intensidade em mm/h;

S = área de contribuição em m<sup>2</sup>;

Q= vazão em L/min.

## 6.2.

### Metodologia análise quantitativa – cálculo dos volumes dos reservatórios

O dimensionamento da capacidade do reservatório de água pluvial pode ser feito com qualquer método, a critério do projetista, desde que a escolha seja devidamente justificada. No entanto, para este trabalho serão utilizados os métodos de Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano.

#### 6.2.1. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Azevedo Neto

Procedimento de cálculo proposto por Azevedo Neto, Expressão 3, que diferente dos demais, leva em consideração a precipitação média anual e os meses de pouca precipitação ou seca, isso significa que para o cálculo é necessário a utilização do ano hidrológico presente no capítulo 5.

$$V = 0,042 * P * A * T \quad (3)$$

onde:

V = volume do reservatório de água pluvial (L);

P = precipitação média anual (mm);

A= área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>).

T = número de meses secos.

### 6.2.2. Metodologia de dimensionamento de reservatório pelo Decreto nº 23.940 - RJ

Essa metodologia de cálculo de volume de reservatórios é a recomendada pela Prefeitura do Rio de Janeiro, por meio deste decreto. Segundo o Decreto nº 23.940, de 2004, o reservatório deve ser calculado por meio da Expressão 4.

$$V = k * A_i * h \quad (4)$$

onde:

V = volume do reservatório em m<sup>3</sup>;

k = coeficiente de abatimento, correspondente a 0,15;

A<sub>i</sub> = área impermeabilizada (m<sup>2</sup>);

h = altura de chuva (metro), correspondente a 0,06 m nas áreas de planejamento; 1, 2 e 4 e a 0,07 m nas áreas de planejamento 3 e 5.

### 6.2.3. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Alemão

Neste método, o volume do reservatório de água pluvial será, simplesmente, o menor valor entre 6% do volume de água pluvial anual e 6% da demanda anual de água não potável, segundo a NBR 15.527/2007, deve-se utilizar a Expressão 5.

$$\begin{aligned} V_{\text{adotado}} &= V * 0,06 = V \\ &= D * 0,06 \end{aligned} \quad (5)$$

onde:

V = volume de água pluvial anual (L);

D = demanda anual da água não potável (L);

V adotado = volume do reservatório (L).

#### 6.2.4. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Inglês

Para o dimensionamento do reservatório de água pluvial utilizando o método Prático Inglês, segundo a NBR 15.527 /2007, deve-se utilizar a Expressão 6.

$$V = 0,05 * P * A \quad (6)$$

onde:

V é o volume do reservatório de água pluvial (L);

P é a precipitação média anual (mm);

A é a área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>).

#### 6.2.5. Metodologia de dimensionamento de reservatório – Prático Australiano

No último método sugerido pela NBR 15.527/2007, primeiramente se calcula o volume de água pluvial por meio da Expressão 7.

$$Q = A * C * (P - I) \quad (7)$$

onde:

Q = volume mensal de água pluvial (L);

A = área de captação em projeção no terreno (m<sup>2</sup>);

C = coeficiente de escoamento superficial (0,80);

P = precipitação média mensal (mm);

I = a interceptação da água que molha; as superfícies e as perdas por evaporação (segundo recomendação da NBR 15.527/2007), consideraram-se 2 mm.

Para que o reservatório seja calculado é necessário realizar por método de tentativa e erro, Expressão 8, até que o valor encontrado esteja compatível com área e necessidade de seu projeto, e deve estar em um valor de confiança e otimizado.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (8)$$

$V_t$  = volume de água que está no tanque no fim do mês (L);

$Q_t$  = volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$  (L);

$V_{t-1}$  = volume de  $t-1$  = volume de água que está no tanque no início do mês  $t$  (L);

$D_t$  = demanda mensal ( $m^3$ ).

Para cálculo da Confiança utiliza-se a Expressão 9.

$$Pr = N_r / N$$

$$Pr = \frac{NR}{N} \quad (9)$$

onde:

$Pr$  = a falha;

$N_r$  = número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $VI = 0$ ;

$N$  = o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança =  $(1 - Pr)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

### 6.3. Metodologia de análise para cálculo do impacto de redução de água

Segundo Amos (2016) a economia de água é o benefício mais importante em um sistema de aproveitamento de água. O valor da água é a chave para a análise econômica de um sistema de aproveitamento. Este tipo de análise requer quantificar monetariamente os custos e benefícios de um projeto. Daí a importância das simulações de impacto de redução da água, bem como a análise de seus custos e benefícios.

### 6.3.1. Metodologia para cálculo do impacto de redução de água

Para SINDUSCON (2005) o impacto de redução do consumo é calculado conforme a Expressão10:

$$IR = \frac{ICAP - ICDP}{ICAP} * 100 \quad (10)$$

onde:

IR= Impacto do consumo de água por agente consumidor;

ICAP= indicador de consumo antes das intervenções;

ICDP = indicador de consumo depois das intervenções.

### 6.3.2. Metodologia de análise – Fluxo de benefício

Para SINDUSCON (2005), analisar o custo e consumo de água é calcular o Fluxo de Benefício (B), ou seja, o valor mensal economizado de água com base nas tarifas do prestador de serviços de água local e deve ser calculado por metodologia demonstrada pela Expressão 11:

$$B = C1 - C2 \quad (11)$$

onde:

C<sub>1</sub>= valor médio da conta de água antes da intervenção;

C<sub>2</sub>= valor esperado da conta de água após a intervenção.

B = benefício.

### 6.4. Metodologia de elaboração do orçamento – BDI

Para o cálculo do BDI, faz-se necessária algumas contas preliminares que comporão o seu cálculo, como a descoberta do custo da administração central, custos financeiros, lucro, margem de incerteza, tributos federais, estaduais e municipais.

A apuração do custo da administração central se dá por análise de todos os custos da sede da empresa, inclusive o custo de comercialização, gestão de pessoal, contabilidade, pró-labore de sócios, como apresentado na Expressão 12.

$$AC = \frac{\text{custo anual ou mensal}}{\text{custo total da empresa}} = \quad (12)$$

onde:

AC = Apuração do Custo

Esta análise dos custos tem como objetivo a correção em valores monetários dos déficits de caixa que os contratos apresentam, isso propicia a medição e pagamento dos mesmos. Estes custos podem ser calculados de acordo com a Expressão 13.

$$CF = \left[ \left( 1 + \frac{t}{100} \right) - 1 \right] * 100 = \quad (13)$$

onde,

CF = custo Financeiro

t = tempo

Segundo Rego (2013) o BDI deve ser calculado pela Expressão 14.

$$BDI = \left( \left( \frac{1 + AC + CF}{1 - TM + TE + TF + L} \right) - 1 \right) * 100 = \quad (14)$$

Onde:

BDI= benefícios e despesas indiretas;

AC = administração central;

CF = custo financeiro;

TM, TE, TF = tributos, municipais, estaduais e federais;

L = Lucro.

## 6.5. Metodologia de análise de viabilidade dos investimentos

Segundo Oviedo-Ocaña (2018) as avaliações de viabilidade técnica e financeira são uma estratégia para apurar a viabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva. Neste item pretende-se apresentar a formulação matemática-econômica para realizar essas simulações.

### 6.5.1. Metodologia de análise do VPL

Segundo Rozaki (2017), o VPL é um dos métodos mais tradicionais de análise de investimentos em projetos de aproveitamento de água de chuva utilizados por pesquisadores, pois converte todos os fluxos de caixa futuros em seus presentes valores equivalentes em dinheiro.

O VPL permite ao estudioso saber se o é projeto atrativo ou não. Com isso, identifica preliminarmente os projetos que não tem viabilidade. Segundo Rego (2013) o VPL é calculado pela Expressão 15.

$$VPL = FC_1(1+i)^1 + FC_2(1+i)^2 + FC_3(1+i)^3 - FC_0 \quad (15)$$

onde:

VPL = Valor presente líquido;

FC<sub>0</sub> = fluxo de caixa no momento zero;

FC<sub>j</sub> = fluxo de caixa previsto para o projeto em cada intervalo de tempo;

i = taxa de desconto;

t = período (1,2,3...).

#### 6.5.1.1. Metodologia de análise do Valor Presente (VP)

O VP permite a visualização do projeto indicando sua viabilidade. O seu cálculo é apresentado por Rego (2013) por meio da Expressão 16.

$$VP = FC_1(1+i)^1 + FC_2(1+i)^2 + FC_3(1+i)^3 \quad (16)$$

onde:

VP = Valor Presente;

FC<sub>j</sub> = fluxo de caixa previsto para o projeto em cada intervalo de tempo;

i = taxa de desconto; e

t = período (1, 2, 3...).

### 6.5.2. Metodologia de cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de atualização do projeto que dá ao VPL nulidade, calculada segundo Rego (2013) pela Expressão 17.

$$VPL = 0 = \textit{Investimento inicial} \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1 + \textit{TIR})^t} \quad (17)$$

onde:

VPL = valor presente líquido;

F = fluxo de caixa de cada período;

t = período em questão;

n = quantidade de períodos;

TIR = Taxa Interna de Retorno.

### 6.5.3. Metodologia de cálculo do *Payback*

O *Payback* simples ou tempo de retorno é calculado de maneira direta, ou seja, é o número de meses ou anos necessários para recuperar um investimento feito, como apresentado na Expressão 18.

$$\textit{Payback simples} = \frac{\textit{Dispêndido inicial}}{\textit{Caixa Livre}} \quad (18)$$

Para calcular o *Payback*, deve-se somar os fluxos de caixa do período e comparar com o valor investido. Ao realizar a análise dos valores nominais, não se deve levar em consideração o “valor do dinheiro no tempo”.

#### **6.5.4. Metodologia de cálculo do Índice de Lucratividade (IL)**

A lucratividade do empreendimento pode ser analisada pelo IL, cuja fórmula de cálculo está descrita por Rego (2013) na Expressão 19.

$$\text{Índice de Lucratividade} = \frac{VP}{I} \quad (19)$$

onde,

VP = valor presente;

I = Investimento;

#### **6.6. A Importância da simulação**

Para Fulton (2020), a simulação é uma ferramenta que oferece ao gestor a oportunidade de entender os processos e escolher a melhor opção entre a água da chuva, poço ou água municipal.

## 7. Resultados e discussão

### 7.1. Hidrologia e vazão de projeto

Para determinar os parâmetros (t, a, b e c) da equação de chuvas intensas com o tempo de 5 minutos, indicado nas normas NBR15.527/2019 e 10.884/1989, foram utilizados dados da Tabela 25. Com esses dados foi possível calcular a curva IDF, por meio da Expressão 1 e cujo o resultado está expresso na Tabela 27.

**Tabela 27 - Cálculo da IDF**

Cálculo da IDF	
t + c	19
t	5
a	891,6
b	0,18
c	14
d	0,689
i	156,6475

Fonte: Autor (2019).

Como resultante da Expressão 1, a Intensidade de chuva – Curva IDF para este projeto é de 156,6475 mm/h. Sendo assim, foi possível por meio da Expressão 2 o cálculo da vazão de projeto, que foi de 5143,912281L/min, resultante demonstrada pela Tabela 28.

Neste cálculo se considerou a área de telhado de todos os blocos, entretanto, ressalva-se que o bloco 6 do condomínio não é igual aos demais. Com isso, descarta-se a possível utilização de um sistema isolado para cada bloco.

**Tabela 28 - Vazão de projeto**

Vazão de Projeto		
Dados	Resultantes	Unidades
i	156,6475	mm/h
a	1971	m <sup>2</sup>
t	60	
Q	5145,870	L/minu

Fonte: Autor, 2019.

## 7.2.

### **Análise das demandas para água de chuva no condomínio Park Riviera da Costa**

As demandas constituem as principais entradas para a análise de viabilidade de um projeto de aproveitamento de água da chuva. O condomínio Park Riviera da Costa consome de 650m<sup>3</sup>/mês de água potável só para utilização em vasos sanitários.

O condomínio possui uma quantidade de maior de vasos sanitários, pois alguns apartamentos são dotados de 2 equipamentos. Isso reflete no volume de água necessário para a manutenção do sistema. Verificou-se que está bem acima das outras atividades demandantes do condomínio, conforme a Tabela 29.

**Tabela 29 - Agrupamento das demandas**

Demandas	m <sup>3</sup> /mês
Reserva técnica de incêndio (RTI)	36,00
Vaso sanitário	650,0
Limpeza	2,400
Áreas COMUNS	80,00
Total	768,4

Fonte: Autor (2019).

Por meio do volume calculado dos reservatórios, é possível estratificar qual a atividade será passível de utilização da água de chuva para aproveitamento. Isso se deve ao limite de captação da água da chuva, a área do telhado, que pode ou não ser suficiente para atender toda a demanda da edificação.

A Reserva Técnica de Incêndio (RTI), diferentemente das outras atividades, deve-se se manter constante e pressurizada, a fim de atender as especificações técnicas, portanto não permite variações grandes no seu volume.

Com isso, se explica a necessidade da continuidade do sistema de água potável, porque não permitem a falta de água que pode ser provocada por um evento inesperado. Isso se aplica também à água utilizada em vasos sanitários. Recomenda-se a permanência de ligação com a água potável, mas sua utilização apenas de forma emergencial.

### 7.3. Volumes dos reservatórios

Segundo Muniz (2018) é primordial a verificação dos cenários reais dos padrões de precipitação, para identificar os erros causados pelo dimensionamento.

#### 7.3.1. Volume do reservatório – correlação direta entre chuva e área

O volume do reservatório foi calculado utilizando-se a relação direta entre a área de captação e as médias das precipitações anuais com dados da Geo-Rio (2019), descontando-se a perda de 2 mm, como expresso na Tabela 30.

**Tabela 30 - Correlação direta – Volume do reservatório**

Ano	Precipitação (mm)	Precipitação (m)	Área	Volume (m <sup>3</sup> )
1997	981,2	0,9812	1971	1933,9452
1998	1309,2	1,3092	1971	2580,4332
1999	799,1	0,7991	1971	1575,0261
2000	1389,2	1,3892	1971	2738,1132
2001	941,2	0,9412	1971	1855,1052
2002	727,8	0,7278	1971	1434,4938
2003	1425,6	1,4256	1971	2809,8576
2004	985,6	0,9856	1971	1942,6176
2005	1151,6	1,1516	1971	2269,8036
2006	1033,6	1,0336	1971	2037,2256
2007	1058,2	1,0582	1971	2085,7122
2008	985,4	0,9854	1971	1942,2234
2009	1240,8	1,2408	1971	2445,6168
2010	1361	1,361	1971	2682,5310
2011	933,4	0,9334	1971	1839,7314
2012	966,2	0,9662	1971	1904,3802
2013	1647,6	1,6476	1971	3247,4196
2014	693,8	0,6938	1971	1367,4798
2015	956	0,956	1971	1884,2760
2016	935,6	0,9356	1971	1844,0676
2017	745	0,745	1971	1468,3950
2018	979,8	0,9798	1971	1931,1858
Total	1057	1,057	1971	173,559242

Autor (2019)

Nesta pesquisa, nota-se que o valor calculado neste método foi de 173 m<sup>3</sup>/m resultado que atenderia parte da demanda de água do Park Riviera da Costa, mas insuficiente para abastecer o condomínio com todas as atividades passíveis de utilização de água de chuva, ou seja, não potável.

### 7.3.2.

#### Volume do reservatório pelo método de Azevedo Neto

O Método de Azevedo Neto tem como premissa o aproveitamento máximo de 50% da precipitação anual, em função do escoamento superficial, com isso, incluíram-se as perdas prováveis dos sistemas de aproveitamento de água da chuva.

Para cálculo do volume de reservatório neste método, faz necessário o conhecimento do ano hidrológico, que neste trabalho é apresentado pelo Gráfico 2.

Sendo assim, foi possível concluir que no bairro de Campo Grande há 3 meses de pouca chuva (junho, julho e agosto), sendo um dado importante para o cálculo do volume do reservatório, por representar o comportamento hidrológico da região.

Para este projeto, o volume do reservatório foi obtido do produto entre a precipitação anual, o número de meses de pouca precipitação e o somatório das áreas dos telhados dos blocos.

O volume do reservatório calculado foi de 262,49173 m<sup>3</sup>, exposto pela Tabela 31. Com efeito, foi calculado utilizando-se a Expressão 3, por meio da média das precipitações (P), representado pelo Gráfico 2, a precipitação total para um ano, ou seja, a média do somatório das chuvas médias mensais para a quantidade de anos analisados.

**Tabela 31 - Cálculo do reservatório – Método Azevedo Neto**

<b>Volume do reservatório</b>		
P	1057	Média Anual
T	3	Considerado
A	1970,925	m <sup>2</sup>
Volume do reservatório	262491,73	litros
Volume do reservatório	262,49173	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor (2019).

### 7.3.3.

#### Volume de reservatório pelo Decreto nº 23.940 - RJ

Para o dimensionamento por meio deste método foi necessária a aglutinação das áreas detalhadas dos blocos, pois variam de 358 a 179 m<sup>2</sup>, portanto, separadamente, não são superiores a 500 m<sup>2</sup>. Os outros parâmetros utilizados foram extraídos da Expressão 4.

A determinação da altura de chuva/precipitação deu-se de forma empírica, por meio de equações de intensidade de chuva, confeccionadas para as áreas de planejamento da cidade do Rio de Janeiro. Essas áreas foram instituídas em 1981, quando foram oficializados os limites dos bairros da cidade do Rio de Janeiro.

O bairro de Campo Grande pertence à Área de Planejamento 5, por isso, a utilização do coeficiente  $K = 0,15$  e  $h = 0,07$ , para calcular o volume dos reservatórios de água de chuva.

Com efeito, apesar de um volume grande de água da chuva que pode ser captada, este método tem como resultante 21 m<sup>3</sup>. Isso significa que por meio deste método o volume armazenado de água da chuva é inferior ao calculado por outros métodos. Em termos de representatividade, uma caixa de água superior de um bloco possui 20 m<sup>3</sup> de água e tem duração máxima prevista tecnicamente de 48 horas.

A Tabela 32 apresenta o cálculo do volume do reservatório que compreende 20,694713 m<sup>3</sup>.

**Tabela 32 - Cálculo do reservatório – Método do Decreto nº 23.940**

Volume do reservatório	
Volume do reservatório	20,694713 m <sup>3</sup>
K	0,150000
Ai	1970,925 m <sup>2</sup>
h	0,070000

Fonte: Autor (2019).

A adoção deste volume de reservação não justificará a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. São necessárias obras de adaptação no condomínio, cujo o valor tende a ser representativo. Com esse volume de água reservada, o sistema de aproveitamento seria incapaz de atender as principais demandas do condomínio e provavelmente seria inviável.

### 7.3.4.

#### Volume de reservatório - método Prático Alemão

O cálculo do reservatório pelo método Prático Alemão foi realizado por meio da Expressão 5, cujo o menor valor para reservatório foi extraído da precipitação. Sendo assim, configura-se como 6% da precipitação.

Na Tabela 33 é apresentado o cálculo do volume do reservatório de aproveitamento de água da chuva. Neste método possui um volume de 125.0008 m<sup>3</sup>, não atendendo toda a demanda de água do condomínio.

**Tabela 33 - Cálculo do reservatório – Método Prático Alemão**

<b>Volume do reservatório</b>		
Chuva	1057,000	mm/ano
Área	1970,925	m <sup>2</sup>
Volume do aproveitável	2083,347	m <sup>3</sup>
Volume do reservatório	125,00082	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor (2019).

### 7.3.5.

#### Volume de reservatório – Prático Inglês

Para cálculo por meio do método Prático Inglês, utilizou-se a Expressão 6, que necessita da área dos blocos e da precipitação média, sendo utilizados dados da Fundação Geo-Rio (2109), de um período de 22 anos de chuvas registrado pela estação pluviométrica no bairro de Campo Grande.

Este método possui uma correlação direta entre a precipitação e a área. O volume do reservatório calculado foi de 104.1633 m<sup>3</sup> de acordo com a Tabela 34.

**Tabela 34 - Cálculo do reservatório – Método Prático Inglês**

<b>Volume do reservatório</b>		
P	1057,00000	mm
A	197,925000	m <sup>2</sup>
Volume do reservatório	10460,3363	litros
Volume do reservatório	10,4603363	m <sup>3</sup>

Fonte: Autor (2019).

### 7.3.6. Volume de reservatório pelo método Prático Australiano

Diferente dos métodos já apresentados o método Prático Australiano ao calcular o volume do reservatório, utiliza-se da demanda, como visto na Tabela 29. A demanda total do empreendimento é de 776,75136 m<sup>3</sup> por mês, o que excede a capacidade de captação da água de chuva, porque o condomínio possui área de captação em seu telhado insuficiente para atender a demanda total.

Sendo assim, foi necessário dividir a demanda para o atendimento mais eficiente e eficaz. Com efeito, foi dividida em demanda para os sanitários e reserva de incêndio e utilização de água externa.

No primeiro caso, foi analisada a substituição da água potável por água de chuva nos banheiros dos condôminos. Esta análise foi realizada por meio das expressões 7, 8 e 9. Como resultante deste método, na Tabela 35, apresenta-se déficit de atendimento de água em todos os meses.

**Tabela 35 - Cálculo do reservatório – Método Prático Australiano – Demanda de esgoto**

Meses	Precipitação média mensal	Volume do Reservatório - Demanda do Esgoto Sanitário						
		Área	Runoff	Interceptação (mm)	Vol.Chuva Q	Vt-1	Demanda /m3/mês	Vt
jan	181,6727273	1970,925	0,8	2	283,2001527	-376,7998473	659	0
fev	95,02727273	1970,925	0,8	2	146,6295873	-513,3704127	659	-889,17026
mar	134,4	1970,925	0,8	2	208,68888	-451,31112	659	-963,6815327
abr	93,29090909	1970,925	0,8	2	143,8927309	-516,1072691	659	-966,4183891
mai	60,85	1970,925	0,8	2	92,75937	-567,24063	659	-1082,347899
jun	42,78636364	1970,925	0,8	2	64,28746636	-595,7125336	659	-1161,953164
jul	46,9	1970,925	0,8	2	70,77138	-589,22862	659	-1183,941154
ago	34,99545455	1970,925	0,8	2	52,00743545	-607,9925646	659	-1196,221185
set	54,64545455	1970,925	0,8	2	82,97976545	-577,0202346	659	-1184,012799
out	80,25909091	1970,925	0,8	2	123,3519791	-536,6480209	659	-1112,668255
nov	107,2272727	1970,925	0,8	2	165,8592273	-494,1407727	659	-1029,788794
dez	124,6363636	1970,925	0,8	2	193,2994364	-466,7005636	659	-959,8413363
Pr								12
Confiança								0

Fonte: Autor (2019).

Ao analisar o somatório das demandas de água das atividades de limpeza dos blocos e área comum, rega de plantas e RTI chegou-se à conclusão da necessidade de 114 m<sup>3</sup>. Então coube analisar se há quantidade suficiente de água da chuva para atendê-las. Por meio das expressões 7 e 8 analisou-se a possibilidade de dispor deste volume em um reservatório todos os meses do ano, entretanto, o valor máximo foi de 98 m<sup>3</sup>. Com esse método calculado por meio da Tabela 36, não haveria água da

chuva suficiente para atender esta demanda, mesmo assim, para fins de análise e valor é o maior volume aceito para este método.

Contudo, por meio de uma análise global que inclui a comparação com outros métodos, entradas e saídas dos dados de chuva e a verificação do potencial de volume direto, resultante da multiplicação entre a área e a precipitação, conclui-se que o método condiz com a realidade, então na análise do volume do reservatório será refutado, mas a demanda do sistema de aproveitamento será mantida como 114,012 m<sup>3</sup>.

O mesmo aconteceu no trabalho de Silva (2019), ao analisar a possibilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em Maceió, em sua pesquisa verificou que com problemas de espaço, clima, havia comprometido os resultados esperados. A demanda prevista para ser suprida em seu trabalho caiu a 70%, sendo necessário determinar quais os itens que seriam abastecidos com o seu projeto, o que acarretou uma diminuição da atratividade

**Tabela 36 - Cálculo do reservatório – Método Prático Australiano – Áreas comuns, limpeza e RTI**

Meses	Precipitação média mensal	Volume do Reservatório - Áreas Comuns + RTI						
		Área	Runoff	Intercepção (mm)	Vol. Chuva Q	Vt-1	Demanda /m3/mês.	Vt
jan	181,6727273	1970,925	0,8	2	283,2001527	168,2001527	114	0
fev	95,02727273	1970,925	0,8	2	146,6295873	31,6295873	114	200,82974
mar	134,4	1970,925	0,8	2	208,68888	93,68888	114	126,3184673
abr	93,29090909	1970,925	0,8	2	143,8927309	28,8927309	114	123,5816109
mai	60,85	1970,925	0,8	2	92,75937	-22,24063	114	7,6521009
jun	42,78636364	1970,925	0,8	2	64,28746636	-50,71253364	114	-71,95316364
jul	46,9	1970,925	0,8	2	70,77138	-44,22862	114	-93,94115364
ago	34,99545455	1970,925	0,8	2	52,00743545	-62,99256455	114	-106,2211846
set	54,64545455	1970,925	0,8	2	82,97976545	-32,02023455	114	-94,0127991
out	80,25909091	1970,925	0,8	2	123,3519791	8,3519791	114	-22,66825545
nov	107,2272727	1970,925	0,8	2	165,8592273	50,8592273	114	60,2112064
dez	124,6363636	1970,925	0,8	2	193,2994364	78,2994364	114	130,1586637
Pr								3
Confiança								-2

Fonte: Autor (2019).

#### 7.4.

#### **Análise dos resultados dos volumes dimensionados dos reservatórios e a demanda do estudo de caso**

A maioria dos métodos de dimensionamento de reservatórios para fins de aproveitamento de água pluvial considera, separadamente ou em conjunto, a duração de períodos chuvosos, de períodos secos e a quantidade da precipitação pluviométrica ao longo de séries históricas. Os dados de entrada utilizados nas

análises são baseados em intervalos de tempo, horário, diário ou mensal, em função de sua disponibilidade e do processo de cálculo de cada método.

Segundo Rupp (2011), ao realizar a simulação para análise comparativa dos métodos previstos nas NBR 15.527/2007 concluíram

que os resultados obtidos pelos métodos de Azevedo Neto e Prático Inglês mostram-se exagerados em comparação aos dos outros métodos e variam apenas em função da área de captação. O método Prático Alemão varia em função da demanda de água pluvial, mas não em função da área de captação.

Rupp (2011) concluiu em sua análise comparativa que para os volumes dos reservatórios que dimensionou, se o objetivo for um maior potencial de economia de água potável, o método Azevedo Neto é mais eficaz, porque seus resultados perante a outros métodos é maior. Sendo assim, é mais viável em altas precipitações porque tende a reservar mais água.

Neste estudo de caso, os volumes de reservatório obtidos pelo método Prático Inglês foram superdimensionados nos casos em que a precipitação é alta, e subdimensionados quando a precipitação é baixa.

Já o método Prático Alemão, em uma baixa precipitação subdimensiona os reservatórios. O mesmo acontecendo com o método Prático Australiano, nos casos que conseguiram aplicar.

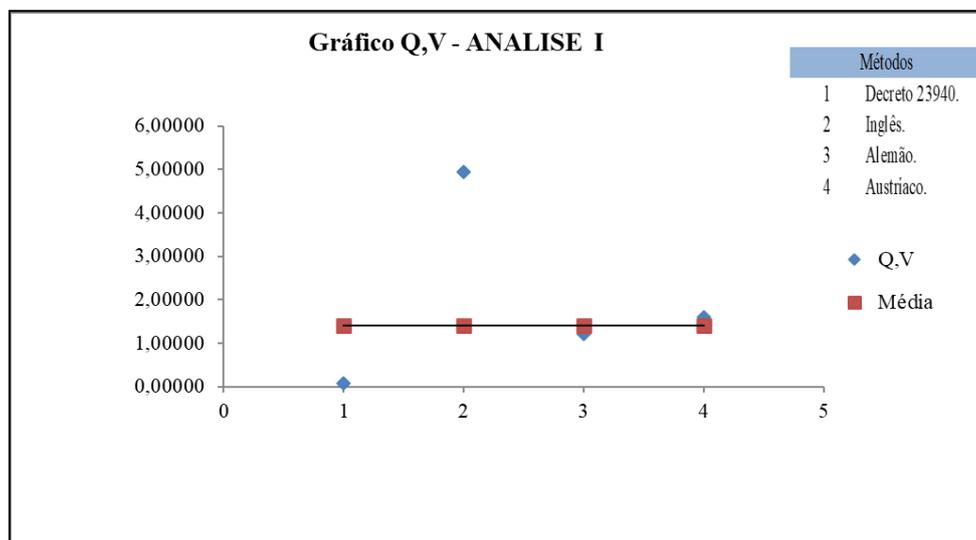
Os métodos de cálculo de volume do reservatório apresentaram discrepância de valores, sendo necessário realizar uma correlação entre eles para decidir qual o método se aproxima mais da realidade (Tabela 37).

**Tabela 37 - Cálculo da correlação entre vazão e volume dos métodos de cálculo dos reservatórios**

<b>Correlação entre volume e vazão</b>				
<b>Método</b>	<b>Q= m³/s</b>	<b>Qi/Qa</b>	<b>V=m³</b>	<b>Vi/VA</b>
Azevedo Neto	0,000199391		262	
Decreto 23940	1,59817E-05	0,080152672	21	0,080153
Inglês	7,91476E-05	4,952380952	104	4,952381
Alemão	9,51294E-05	1,201923077	125	1,201923
Australiano	0,000152816	1,6064	200,8	1,6064
Média	9,51294E-05	1,404161538	125	1,404162
Desvio Padrão	7,04007E-05	2,096654728	92,50658355	2,096655
CoVC%	74,00526684	149,3172025	74,00526684	149,3172

Fonte: Autor (2019).

Sendo assim, foi possível gerar o Gráfico 4, que analisou a dispersão dos dados amostrais, e verificar o quanto os resultados se afastavam da média. Assim, como resultante, é perceptível que os métodos Inglês e Alemão, ou seja, estão mais próximo da média amostral, mas há um ponto fora da curva, o método Prático Inglês que não se adaptou à quantidade de chuva.



**Gráfico 4 - Análise da Média de Q, V.**

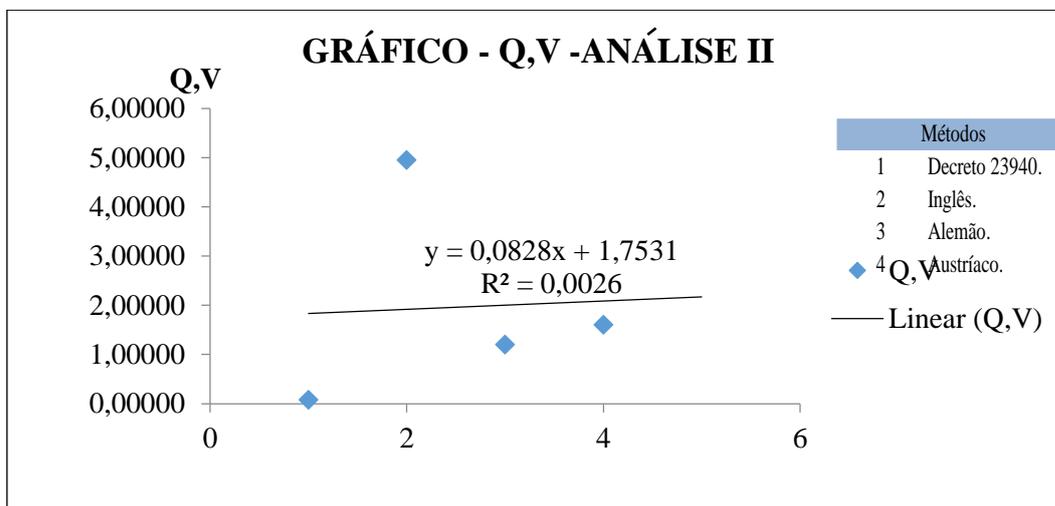
Fonte: Autor (2019).

Para Henriques (2011) ao se utilizar um diagrama de dispersão decidiu-se, para cálculo da regressão linear múltipla ou simples, empiricamente se uma correlação linear entre X e Y deve ser assumida. Então, também há possibilidade de se concluir de forma empírica o grau de relacionamento linear entre as variáveis, ou seja, forte ou fraco. Visualmente pode ser analisado pelo local onde situam os pontos ao redor da reta, fazendo-se a sua análise.

O Gráfico 5 apresenta metodologia que foi empregada para verificar a correlação entre vazão e volumes dos reservatórios. Foi calculado o coeficiente de determinação por meio do software Excel, o que gerou o Gráfico 5.

Para Dowling (2006) o  $R^2$  mede a porcentagem da variação da variável dependente, que pode ser explicada pela regressão. O valor de  $R^2$  está sempre entre 0 e 1, portanto, quanto mais próximo de 1 a correlação é mais forte entre vazão e volume.

Ao analisar o Gráfico 5, conclui-se que a correlação de dados é fraca, porém o volume que se aproxima mais de uma correlação mais próxima é de 125 m<sup>3</sup>, calculado pelo método Alemão. Em termos comerciais opta-se por 130 m<sup>3</sup>. Como analisado nos períodos de chuva nos métodos estatísticos, ignorou-se o mês de janeiro, em que a precipitação é bem superior aos outros meses.



**Gráfico 5 - Coeficiente de determinação – R<sup>2</sup> de Q, V.**

Fonte: Autor (2019).

Ao analisar a chuva no bairro de Campo Grande, por meio das séries históricas presentes no Gráfico 2, e a demanda do condomínio Park Riviera da Costa, concluiu-se que o melhor volume para o reservatório é de 130 m<sup>3</sup>, que atenderia a demanda de 114,012 m<sup>3</sup> para o conjugado de rega, limpeza e RTI, pela precipitação mínima de um período. Com isso garantirá a gestão racional da água evitando um maior custo de implantação do sistema.

Sabe-se pela pesquisa aqui realizada que o custo de um reservatório varia de acordo com sua altura, ou seja, quanto mais alta sua estrutura seu custo será maior, facilitando assim, a compra de mais de um reservatório, pois, há espaço para alocação.

Existe uma importância em balancear o resultado obtido pelas simulações matemáticas com a demanda do condomínio e principalmente com o custo do processo de implantação. Muitas vezes é preciso fazer uma análise conjuntural, para decidir o que é melhor para o problema estudado.

Segundo Ghisi (2010), o dimensionamento do reservatório de água pluvial para residências deve ser específico para cada situação, e não baseado na tradição local.

## 7.5. Análises econômicas da redução de água potável

A avaliação da redução da utilização da água da chuva tem impacto direto nos fatores de econômicos de viabilidade para escolha de implantar ou não um sistema de aproveitamento de água, como visto nos capítulos 2 e 6.

### 7.5.1. Impacto de redução de água

Para análise dos impactos na redução do consumo da água *per capita*, foi necessário calcular os indicadores de consumo, por meio da Expressão 10, que representam antes e depois da implantação de um projeto de aproveitamento de água da chuva, sendo assim, dividir o consumo de 3.597 m<sup>3</sup> pelos 872 moradores mais 5 funcionários (Tabela 38).

O impacto obtido com não redução da utilização da água potável está na ordem de 3,6% ao mês, por consumidor. Este indicador apresenta ao consumidor qual a parcela de consumo que ele, ao implantar o projeto, ajudará na economia.

**Tabela 38 - Indicador de impacto de redução de água.**

<b>Impacto de Redução de Água - IR</b>	
ICAP= Indicador de consumo antes das intervenções;	4,101482326
ICDP = Indicador de consumo depois das intervenções	4,0
IR - Impacto de Redução de Água em %	3,6

Fonte: Autor (2019).

### 7.5.2. Análise de Fluxo de Benefício

A análise de Fluxo de Benefício, calculado por meio da Expressão 11, é demonstrada na Tabela 39.

O Fluxo do Benefício foi calculado utilizando-se valor da água de 3,99 m<sup>3</sup>, como apresentado na Tabela 39, entretanto, na composição da conta a água potável que entra no sistema pela concessionária também serve de estimativa para a cobrança de esgoto.

No caso do bairro de Campo Grande, este valor percentual é imputado pela empresa Zona Oeste Mais. Isso se dá pela multiplicação do valor consumido de água por R\$ 3,1209 m<sup>3</sup>. Com efeito, este valor deve ser acrescido no cálculo.

O benefício mensal com a implantação de um sistema de aproveitamento é de R\$ 924,471, no primeiro ano de projeto. Entretanto, no primeiro ano por conta dos 3 meses destinados ao projeto e obra a arrecadação com a economia de água é menor do que poderia ser se o projeto estivesse em pleno funcionamento. Por sua vez, no ano seguinte, a arrecadação basear-se em 12 meses. Esses valores são entradas para uma avaliação de retorno do investimento por parte do condomínio.

**Tabela 39 - Valor de Fluxo de Benefício**

<b>Fluxo de Benefício</b>	
Dados	Valores (R\$).
C1 – valor médio da conta de água antes da intervenção	25.577,91
C2 – valor esperado da conta de água após a intervenção	24.653,49
Benefício - Mês	924,41700
Benefício - Ano	11093,004

Fonte: Autor (2019).

Este valor encontra-se apresentado no Capítulo 2, mas dependerá de uma situação futura que poderá ser estável, favorável ou não favorável. Como visto nos projetos, tende-se a criar um cenário futuro para justificar sua realização. Entretanto, eventos imprevistos acontecerão, se o preço da água subir muito mais rápido ocorrerá a recuperação do valor, se houver uma depreciação em seu preço, o feito será contrário. O IPCA acompanha os acontecimentos do mercado, sendo assim, flutua na oferta e demanda.

Dependendo dos resultados do mercado, a Tabela 39 pode mudar de valor e estimativa, pois a simulação está sendo realizada no tempo presente com premissas para o futuro.

Na Tabela 40 o valor selecionado para análise a fim de estimar o valor economizado de 2,855% foi escolhido por ser a variação de aumento entre os

índices do IPCA, pois entende-se que a variação nos últimos anos não acompanha de forma proporcional ao IPCA anual.

Na relação entre custo-benefício há um equilíbrio, pois aumentando o custo da água, automaticamente ocorre o mesmo com o benefício. Como pode ser visto na Tabela 40, há uma progressão de valores, com a utilização do percentual de 2,855% acrescido na conta de água.

Diferentemente do valor do projeto, que é inerte a um tempo  $t$ , com a entrada progressiva de recursos, o mesmo vai se tornando mais viável, uma vez que os valores acumulados são maiores.

**Tabela 40 - Estimativa de valor economizado em 30 anos - Ajuste pelo IPCA**

Valor do IPCA %		2,855
Anos	Valor Mês(R\$).	Valor ano (R\$).
1	924,47	8.320,24
2	950,86	11.410,38
3	978,01	11.736,14
4	1.005,93	12.071,21
5	1.034,65	12.415,84
6	1.064,19	12.770,31
7	1.094,58	13.134,91
8	1.125,83	13.509,91
9	1.157,97	13.895,62
10	1.191,03	14.292,34
11	1.225,03	14.700,38
12	1.260,01	15.120,08
13	1.295,98	15.551,76
14	1.332,98	15.995,76
15	1.371,04	16.452,44
16	1.410,18	16.922,15
17	1.450,44	17.405,28
18	1.491,85	17.902,20
19	1.534,44	18.413,31
20	1.578,25	18.939,01
21	1.623,31	19.479,72
22	1.669,66	20.035,87
23	1.717,32	20.607,89
24	1.766,35	21.196,25
25	1.816,78	21.801,40
26	1.868,65	22.423,83
27	1.922,00	23.064,03
28	1.976,88	23.722,51
29	2.033,32	24.399,78
30	2.091,37	25.096,40
Valor Total		512.786,93

Fonte: Autor (2019).

## 7.6. Resultantes do processo de orçamentação e BDI

A orçamentação para implantação do projeto de aproveitamento de água da chuva está presente no Apêndice I deste trabalho. Por se tratar de um projeto de readequação, alguns itens não foram necessários.

Com o intuito de facilitar a visualização do orçamento, a Tabela 41 traz seu resumo, agrupado em macroitens com custos agregados, comportando serviços e insumos.

**Tabela 41 - Resumo do orçamento**

Macroitens	Valor (R\$)
Discriminação dos serviços	20122,24
Insumos	1089,750
Reservatório e distribuição	59572,83
Canteiro e pessoal	68005,38
Projetos	5579,600
Valor	154369,8
BDI	38592,45
Valor total do projeto	192962,25

Fonte: Autor (2020).

Neste caso o cálculo do BDI representou 25% do valor do projeto (recomendação do TCU) não sendo necessária a utilização das expressões 12, 13 e 14, pois se trata de equivalência. O valor final orçado foi de R\$ 192.962,25.

O orçamento de um projeto de aproveitamento varia de acordo com as condições do empreendimento. A busca por orçamento no mercado pode ser explicada pelos custos dos reservatórios com sua implantação, serviço e insumo.

No orçamento realizado com a empresa SERGAN em 03/01/2020, nota-se a facilidade de transporte e implantação já inclusos no valor do orçamento. Outro fator relevante foi o material constituinte dos reservatórios, polímero reforçado com fibra de vidro (PRVF), que é mais leve e barato que uma estrutura de concreto. Esse tipo de reservatório e serviço não está precificado nas tabelas do SINAPI e EMOP.

O PRVF (Figura 46) consiste em um compósito polímero reforçado com fibra de vidro, bem mais leve que os reservatórios de concreto.

Para Silva (2016) o PRFV tem sido utilizado na fabricação de vários produtos pelo material de baixo custo e alta eficiência. O produto apresenta características e propriedades semelhantes, superiores ou não às dos aços e ferros.

Uma das vantagens é o fato deste material não oxidar e possuir resistência a ambientes extremamente agressivos aos materiais convencionais. Isso se dá pela resistência química do PRFV, pois é determinada pelo tipo de resina e pelo projeto de construção de sua estrutura.

Analisaram-se três orçamentos, mas o da empresa SERGAM, por preço e técnica, por apresentar o valor menor e conter as entradas e saídas do sistema pretendido neste momento, foi escolhida para compor o projeto. Gera facilidade pela instalação ser realizada pela empresa, sem custo adicional.



**Figura 46 - Reservatórios de PRFV**

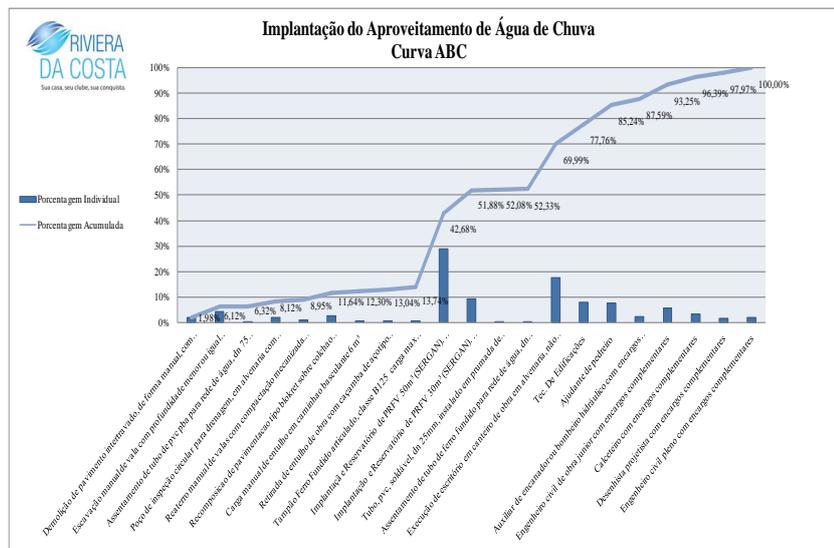
Fonte: <https://www.sergam.com.br/cisterna>. Acesso em 27/01/2020.

No processo de levantamento do custo para orçamento, verificou-se que quanto mais alto, mais caro o reservatório, foi então, que por preço escolheu-se não orçar 1 reservatório de 130 m<sup>3</sup>, mas sim 2 de 50 m<sup>3</sup> e 1 de 30 m<sup>3</sup>, aumentando a área necessária para a implantação, porém diminuindo o valor de aquisição do bem.

Outro item deste orçamento que gerou um custo representativo foi a escavação, recomposição de terra e retirada para local apropriado, pois o custo, segundo o orçamento (Apêndice I), foi de R\$ 11.675,33. Estes itens em um projeto conjunto com o empreendimento têm seus custos diluídos, tornando-se mais lucrativos para o empreendimento.

A partir da Curva ABC são identificados os insumos que mais impactam em custo na obra. Isso significa na prática que aquele insumo é muito sensível a variações do custo unitário do insumo, para mais ou para menos.

Neste orçamento percebe-se que o custo de mão de obra e canteiro é mais representativo, isso significa que se o projeto de aproveitamento de água da chuva fosse realizado junto com a obra do empreendimento, com efeito teria um custo menor. Isso poderia ter acarretado uma diminuição de custos, tornando o projeto ainda mais atrativo (Gráfico 6).



**Gráfico 6 - Implantação do aproveitamento de água de chuva – Curva ABC**

Fonte: Autor (2019).

O condomínio Park Riviera da Costa possui 218 apartamentos, responsáveis pelas despesas condominiais. Isso significa que cada apartamento, para implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva desembolsaria R\$ 885,15, em um ano. Assim ao dividir o valor do projeto em 12 meses o impacto seria de R\$ 73,00 reais a mais no condomínio.

Em condomínios do PMCMV da faixa 1, os moradores provavelmente teriam dificuldade de arcar com esse custo extra, até porque a tarifa é a social, de R\$ 16,00. Entretanto, para as faixas de 1,5 a 3 estima-se que seja mais viável a implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva pelo aporte financeiro.

## 7.7. Resultantes do cálculo das técnicas de análise da viabilidade econômica

O sistema de financiamento da CEF prevê que o máximo de tempo para financiar um imóvel é de 35 anos, entretanto, grande maioria da população acaba, por fatores diversos, financiando por 30 anos. Por isso, o fluxo de caixa do projeto levou em consideração este valor para cálculo do VPL, TIR, *Payback* simples, VP e IL.

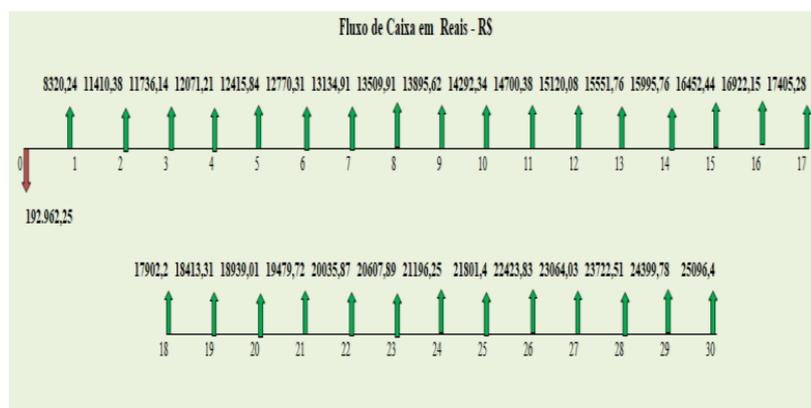


Figura 47 - Fluxo de Caixa

Fonte: Autor (2019).

Com efeito, o fluxo de caixa do projeto representado pela Figura 47, demonstra um desembolso de R\$ 192.962,25 como se fosse à vista, mas não mudaria o fluxo neste projeto caso o pagamento fosse parcelado pelos 3 meses do tempo da obra.

### 7.7.1. Resultantes do cálculo VPL e a TIR

O cálculo da VPL e TIR indicam se o projeto é viável economicamente. Foram calculadas por meio das expressões 15 e 17, sendo representadas na Tabela 42. Por seu resultante ser positivo, como visto no Capítulo 2, item 2.5.1, o projeto é considerado viável. Além disso, o projeto de um sistema de aproveitamento de água da chuva no Park Riviera da Costa é viável, pois é maior que zero.

A TIR calculada foi de 7%, isso significa que há viabilidade econômica. Além disso, seu resultado é maior que a TMA de 6% que foi escolhida porque corresponde um percentual maior que a inflação atual do país cerca de 4% aa, sendo considerado um resultado atraente para o empreendimento de longo prazo.

**Tabela 42 - Cálculo do VPL e TIR – Período 30 anos**

Período	Valor Ano (R\$).
0	-192.962,25
1	8.320,24
2	11.410,38
3	11.736,14
4	12.071,21
5	12.415,84
6	12.770,31
7	13.134,91
8	13.509,91
9	13.895,62
10	14.292,34
11	14.700,38
12	15.120,08
13	15.551,76
14	15.995,76
15	16.452,44
16	16.922,15
17	17.405,28
18	17.902,20
19	18.413,31
20	18.939,01
21	19.479,72
22	20.035,87
23	20.607,89
24	21.196,25
25	21.801,40
26	22.423,83
27	23.064,03
28	23.722,51
29	24.399,78
30	25.096,40
TMA	6%
VPL	R\$ 14.258,04
TIR	7%

Fonte: Autor (2019).

### 7.7.2. Resultantes do cálculo do VP

Para cálculo do VP, Tabela 43, utilizou-se a Expressão 16, com uma taxa de 6%. Nesta análise, traz-se o valor do recebimento futuro para o tempo presente.

De acordo com o resultado apresentado de R\$ 207.220 pela Tabela 43, o valor do VP é positivo, por isso, como visto no Capítulo 2, item 2.5.1, o projeto é considerado viável.

**Tabela 43 - Cálculo do VP – Período 30 anos**

Período	Valor Ano (R\$).
0	-192.962,25
1	8.320,24
2	11.410,38
3	11.736,14
4	12.071,21
5	12.415,84
6	12.770,31
7	13.134,91
8	13.509,91
9	13.895,62
10	14.292,34
11	14.700,38
12	15.120,08
13	15.551,76
14	15.995,76
15	16.452,44
16	16.922,15
17	17.405,28
18	17.902,20
19	18.413,31
20	18.939,01
21	19.479,72
22	20.035,87
23	20.607,89
24	21.196,25
25	21.801,40
26	22.423,83
27	23.064,03
28	23.722,51
29	24.399,78
30	25.096,40
i	6%
VP	R\$ 207.220,29

Fonte: Autor (2019).

**7.7.3.****Processo de urbanização e verticalização de Campo Grande – RJ**

Na Tabela 44 foi calculado o IL por meio da Expressão 19. O IL calculado foi 1,07. Este resultado significa que o projeto irá ter retorno e gerará riqueza, pois pela metodologia deste índice quando a resultante é acima de 1, como visto no Capítulo 2, item 2.5.1, o projeto é considerado viável.

**Tabela 44 - Cálculo do IL – Período 30 anos**

Período	Valor Ano (R\$).
0	-192.962,25
1	8.320,24
2	11.410,38
3	11.736,14
4	12.071,21
5	12.415,84
6	12.770,31
7	13.134,91
8	13.509,91
9	13.895,62
10	14.292,34
11	14.700,38
12	15.120,08
13	15.551,76
14	15.995,76
15	16.452,44
16	16.922,15
17	17.405,28
18	17.902,20
19	18.413,31
20	18.939,01
21	19.479,72
22	20.035,87
23	20.607,89
24	21.196,25
25	21.801,40
26	22.423,83
27	23.064,03
28	23.722,51
29	24.399,78
30	25.096,40
i	6%
IL	1,07

Fonte: Autor (2019).

#### 7.7.4. Resultantes do cálculo do *Payback* simples

O *Payback* foi calculado por meio da Expressão 18, em que primeiramente calculou-se o valor acumulado por meio da Tabela 45. Foi possível achar o intervalo em que o seu valor passaria a ser positivo. Neste caso, entre 14 e 15 anos. Tecnicamente, isso significa que neste momento os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento.

Pela análise realizada na Tabela 45 concluiu-se que o *Payback* do projeto estaria em uma faixa de 15 a 14 anos, pois o investimento passa de negativo para positivo.

**Tabela 45 - Análise inicial do Payback**

Análise inicial - <i>Payback</i> simples		
Ano	Fluxo de Caixa (R\$).	Valor acumulado (R\$).
0	-192.962,25	-192.962,25
1	8.320,24	-184.642,01
2	11.410,38	-173.231,63
3	11.736,14	-161.495,49
4	12.071,21	-149.424,28
5	12.415,84	-137.008,44
6	12.770,31	-124.238,13
7	13.134,91	-111.103,22
8	13.509,91	-97.593,31
9	13.895,62	-83.697,70
10	14.292,34	-69.405,36
11	14.700,38	-54.704,98
12	15.120,08	-39.584,90
13	15.551,76	-24.033,14
14	15.995,76	-8.037,39
15	16.452,44	8.415,05

Fonte: Autor (2019)

Ao se utilizar da Expressão 17 foi possível chegar ao *Payback* do projeto, o qual será de 14 anos, 6 meses e 26 dias, como demonstrado por meio da Tabela 46.

Este tempo de retorno pode ser considerado alto para alguns moradores do condomínio Park Riviera da Costa, entretanto, a expectativa de permanência por pelo menos 30 anos pode ser fator decisivo para a realização do projeto.

**Tabela 46 - Calculado *Payback* simples**

<i>Payback</i> simples	
Investimento	R\$ 192.962,25
Ano	14
Mês	4
Dias	25

Fonte: Autor (2019).

## 8. Conclusão

A demanda mundial por água é crescente, pois há aumento significativo no custo da água tratada, pois seu valor econômico está atrelado à escassez e ao valor de tratamento. A água da concessionária pode ser deixada para fins mais nobres, como o consumo humano.

Na direção oposta a esse pensamento, o governo da cidade do Rio de Janeiro isentou as construtoras de realizar o projeto e execução do sistema de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, nos condomínios do PMCMV descaracterizando o Decreto nº 23.940/2004.

Como contribuição à sociedade e à academia, este trabalho analisou a viabilidade econômica da implantação de um projeto de aproveitamento da água da chuva em um edifício já construído.

O insumo mais caro de um projeto de aproveitamento de água da chuva de R\$ 58.876,00 foi justamente o reservatório e sua implantação. Não é surpresa que é o item de maior impacto na curva ABC. Por outro lado, outros itens orçados por meio das tabelas SINAPI e EMOP deram subsídio à formulação do valor total do projeto, que foi de R\$ 192.962,25.

Foi possível verificar que a redução da utilização da água potável está na ordem de 3,6% ao mês, por consumidor. O ganho no ano 1 foi de R\$ 8.320,00, e na simulação do ano 30 foi de R\$ 25.096,40.

Cada projeto terá uma margem, pois a cobrança de água difere de local e tipo de tarifa, neste caso foram utilizados R\$ 3,99/m<sup>3</sup>. Entretanto, pode chegar a quase R\$10/m<sup>3</sup>, sendo mais interessante economicamente, o inverso também é verdadeiro. O Fluxo de benefício deste projeto em sua primeira etapa, no ano 1, foi de R\$ 924,417.

O *Payback* deste projeto foi 14 anos, 6 meses e 26 dias, entretanto, a maioria dos financiamentos no Brasil é por prazo de 30 anos, sendo assim, menos que a metade da expectativa de quitação do imóvel.

Para beneficiários do PMCMV na faixa de R\$ 0 – 1.800, na teoria o investimento em um sistema de aproveitamento de água de chuva torna-se mais complexo pelo valor a ser desembolsado. No condomínio Park Riviera da Costa, este valor foi de R\$ 885,15.

No estudo de viabilidade econômica, o VP do projeto foi muito positivo, alcançando o valor de R\$ 207.220,29, o que denota a viabilidade da presente pesquisa. Isso ocorreu também com o VPL que foi de R\$14.258,04. Neste tipo de projeto, quanto maior o volume de água da chuva maior a probabilidade da viabilidade. Outro indicador de viabilidade econômica é a TIR do projeto, que foi de 7%, acima da TMA, que foi de 6%.

Este projeto também possui o IL, que foi 1,07, com resultado positivo e acima de 1, indicando que haverá geração de riqueza.

Este trabalho de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis mostra que o sistema é viável economicamente e reduz o impacto da utilização de água. Torna-se discutível a política do governo de não exigir os sistemas de aproveitamento, principalmente nas maiores faixas do PMCMV, até porque um projeto novo é mais barato que uma adequação e as manutenções do sistema são insipientes, e ainda nem foram levadas em consideração nos custos do projeto.

## Referências Bibliográficas

AGENERSA. Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro, **Processo regulatório nº E-12/003/270/2018**.

\_\_\_\_\_. Deliberação 3.248 – Reajuste Tarifário Ordinário para o período de 2017/2108.

\_\_\_\_\_. Deliberação 3.249/2017 – Reajuste Tarifário Ordinário para o período 2018.

\_\_\_\_\_. Deliberação 3.407/2018 – Reajuste Tarifário Ordinário para o período 2017/2018.

ANA. Brasil. **Balanço Hídrico Integrado**. Disponível em: <http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=7cdec1481509484c98de92df11a9b562>. Acesso em 12\09\2018.

\_\_\_\_\_. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno/Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017

\_\_\_\_\_. Resolução nº 91 – Estabelece o cálculo da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União para o exercício 2019/2018.

\_\_\_\_\_. Resolução Nº 98 – Dispõe sobre a redução temporária da descarga mínima a jusante dos aproveitamentos de Santa Branca, no Rio Paraíba do Sul, e de Jaguari, no Rio Jaguari. 2004.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/paraiba-do-sul/paraiba-do-sul-saiba-mais>>. Acesso em 15/9/2018.

\_\_\_\_\_. Curso de Enquadramento dos corpos de Água. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/CursoEnquadramentoPortal2010.pdf>>. Acesso em 19/12/2018.

AMOS. Caleb Christian. RAHMAN. Ataur. GATHENYA. John Mwangi **Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya**. Water. MDPI. 2016

ARAÚJO. Luís Eduardo dos Santos. **Crise Hídrica e Potencial Energético da Região Sudeste**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.626**: sistemas prediais de água fria e água quente – projeto, execução, operação e manutenção. 2020.

\_\_\_\_\_. **NBR 5.674**: manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro, 2012.

- \_\_\_\_. **NBR 6.493**: emprego das Cores para identificação de Tubulações. 2019.
- \_\_\_\_. **NBR 7.195**: cores para Segurança. 2018.
- \_\_\_\_. **NBR 12.217**: projeto de reservatório de distribuição de água e para abastecimento público. 1994.
- \_\_\_\_. **NBR 13.714**: sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. 2000.
- \_\_\_\_. **NBR 13.969**: tanques sépticos – unidade de tratamento complementar a disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. 1997
- \_\_\_\_. **NBR 15.527**: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- \_\_\_\_. **NBR 15.527**: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos. Rio de Janeiro, 2019.
- \_\_\_\_. **NBR 15.575**: desempenho nas edificações. Rio de Janeiro, 2013.
- \_\_\_\_. **NBR 10.884**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.
- ÁVILA, Carlos Alberto. **Orçamento público**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Paraná. Curitiba/PR, 2012.
- AKTER. Aysha. **Possibilities of urban flood reduction through distributed-scale rainwater harvesting**. Elsevier, 2019.
- BARATA, Paulo Henrique Araújo. **A expansão do mercado imobiliário na cidade do Rio de Janeiro: a dinâmica sócio espacial campo-grandense**. Monografia (Especialização em Geografia) Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Centro de Tecnologia e Ciências, Instituto de Geografia. Rio de Janeiro, 2009
- \_\_\_\_. **O Estado capitalista e a produção desigual do espaço no bairro Campo Grande**. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Geografia. Rio de Janeiro. 2012.
- BASSANESI. K; BARRETO. D. **Parâmetros de controle da água da chuva - uma revisão para uso em edificações**. IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. ABES, 2014.
- BRASIL. CREA. **Bonificação ou benefício e despesas indiretas**. 2008.
- BRASIL. Retratos. **O PAC e sua História**. São Paulo, 2008.
- BRASIL. Governo Federal. Decreto nº 7.983. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da união, e de outras providências. 2013. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Decreto nº 200/1967. Dispõe sobre a organização da administração federal, estabelece diretrizes para a reforma administrativa e dá outras providências. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Decreto nº 4.380/1964. Institui a correção monetária nos contratos imobiliários de interesse social, o sistema financeiro para aquisição da casa própria, cria o Banco Nacional da Habitação (BNH), e Sociedades de Crédito Imobiliário, as Letras Imobiliárias, o Serviço Federal de Habitação e Urbanismo e dá outras providências. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Lei nº 4.320/64. Institui normas gerais de direito financeiro para elaboração e controle dos orçamentos e balanços da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal. Acesso em 10/09/2019.

\_\_\_\_. Lei nº 6.528. Dispõe sobre as tarifas dos serviços públicos de saneamento básico, e dá outras providências .1978. (Revogada pela Lei nº 14.026, 2020). Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Decreto nº 7.217. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providências. 2010. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Lei Federal nº 11.445/2007. Estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Lei nº 14.026/2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Acesso em 23/07/2020.

BRASIL. Prefeitura do Rio de Janeiro. Decreto nº 23.940. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Rio de Janeiro, 2004

\_\_\_\_. Decreto nº 26.168. Isenta da obrigatoriedade da adoção dos reservatórios previstos no Decreto nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004 os empreendimentos habitacionais beneficiados pela Lei Complementar nº 40. Rio de Janeiro, 2006

\_\_\_\_. Decreto nº 32.119. Altera o Decreto nº 23.940 de 30 de janeiro de 2004 que dispõe sobre a obrigatoriedade de adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem e dá outras providências. 2010.

\_\_\_\_. Decreto nº 52.279. Cria no município do Rio de Janeiro o programa de conservação e uso racional da água nas edificações. 2011.

\_\_\_\_. Lei Complementar nº 40. Estabelece normas relativas a empreendimentos habitacionais de interesse social incluídos em programas vinculados à política habitacional municipal, estadual e federal. 1999

BRASIL. Estado do Rio de Janeiro. Decreto nº39/75. Dispõe sobre entidades da administração estadual indireta e fundação, no âmbito da Secretaria de Estado de Obras e Serviços Públicos, e dá outras providências.

\_\_\_\_. Decreto nº 25.438. Dispõe sobre a fixação de cota mínima de água e esgoto para imóveis residenciais situados em áreas de interesse social e dá outras providências. Rio de Janeiro. 21 de julho de 1999.

\_\_\_\_. Decreto nº 25.438. Altera a estrutura tarifária da companhia estadual de água e esgoto - CEDAE. 1997.

\_\_\_\_. Decreto nº 81. Cria Empresa de Obras Públicas – EMOP. Aprova seus Estatutos e dá outras providências. 1975.

\_\_\_\_. Decreto nº 23.676 de 04 de novembro de 1997. Altera a estrutura tarifária da Companhia Estadual de Água e Esgoto - CEDAE.

\_\_\_\_. Decreto Estadual nº 42. Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico. 2018.

\_\_\_\_. Decreto nº 42. Regulamenta o Decreto-Lei nº 247, de 21 de julho de 1975, dispondo sobre o Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico – COSCIP, no âmbito do estado do rio de janeiro. 2018.

BRASIL. MMA. Diretriz. CONAMA 357– Dispõe Sobre a Classificação dos Corpos de água e Diretrizes Ambientais para seu Enquadramento, bem como estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes. 2005.

BRASIL. Imperial. Regulamento 39, 1840. Estabelece a maneira de se concederem águas dos aquedutos públicos, no município da corte, para a serventia das casas, e chácaras dos particulares. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Decreto 8.775/1882. Títulos de concessão de penas d'agua. Acesso em 10/09/2018.

BRASIL. Imperial. **Relatório de 1862, da "Inspeção Geral de Obras Públicas Da Corte"**. Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Lei nº 489. Autoriza a colocação de Hidrômetro. 1897 Acesso em 10/09/2018.

\_\_\_\_. Decreto 2.794, 1898. Dá regulamento para a Arrecadação das Taxas de Consumo de Água na Capital Federal. Acesso em 10/09/2018.

BRASIL. CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **SINAPI – Metodologia e Conceito**. 2018.

BRASIL. Ministério da Economia. **Norma Regulamentadora 26 – Sinalização de Segurança**. Acesso em 2019.

BERTOLO. Elisabete de Jesus Peres. **Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações**. Faculdade de Engenharia. FEUP. 2006

BONIN, L. C. **Manutenção de edifícios: uma revisão conceitual**. In: **Seminário sobre manutenção de edifícios**. Porto Alegre. **Anais** – v. I. Porto Alegre: UFRGS, 1988. p. 1-31.

BOTEGA, Leonardo. **De Vargas a Collor: urbanização e política habitacional no Brasil**. Espaço Plural, Paraná, n. 17, p. 66-72, Ano VIII. 2º semestre de 2007.

BUREK. Peter. **Water Futures and Solution**. International Institute for Applied Systems Analysis. 2016.

BRASIL. CREA. **Bonificação ou benefício e despesas indiretas**. 2008

BRASIL.TCU. **Adoção de valores referenciais para taxas de benefício e despesas indiretas – BDI para diferentes tipos de obras e serviços de engenharia e para itens específicos para a aquisição de produtos**. Orientações às unidades técnicas. 2011.

\_\_\_\_. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas** / Tribunal de Contas da União, Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. Brasília. 2014.

\_\_\_\_. **Orientações para elaboração de planilhas orçamentárias de obras públicas** / Tribunal de Contas da União, Coordenação-Geral de Controle Externo da Área de Infraestrutura e da Região Sudeste. Brasília: TCU. 2017.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Manual de Metodologias e Conceitos**. 2018

\_\_\_\_. **Guia Selo Casa Azul + CAIXA**. 2020

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios multifamiliares na cidade de São Carlos**. 2004.

CARDOSO, C. O.; ULLMANN, M. N.; BERTO, I. Análise de chuvas intensas a partir de desagregação das chuvas diárias de Lajes e Campos Novos (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 131-140, 1998.

CARVALHO, J. R. de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura** / Roberto de Carvalho Júnior - 7.<sup>a</sup> ed. - São Paulo: Blucher. 2013.

CEDAE. Nova. **Guia do Usuário**. 2015

COLLA, L. L. **Sistemas de Captação e Aproveitamento de Água de Chuva**. Universidade Estadual Paulista-Júlio de Mesquita Filho, junho de 2008.

COLLISCHONN, W. **Introduzindo Hidrologia**. Rio Grande do Sul. IPH UFRGS, 2008.

CHANTERS. W. **Building Maintenance Management**. 2007.

CBMRJ. Rio de Janeiro. **NT 2-02 – Sistemas de hidrantes e de Mangotinhos para combate a incêndio**. 2019

COSTA, S. A. B. **Avaliação dos componentes da tarifa média e da estrutura de custos dos prestadores regionais de água e de esgoto do Sudeste brasileiro: um estudo baseado no SNIS 2010**. 2013.

COSTA, T. **Enchentes no Estado do Rio de Janeiro: uma abordagem geral**. SEMADS. 2001.

DIJK, S. V. **Strategic design and finance of rainwater harvesting to cost-effectively meet large-scale urban water infrastructure needs**. Elsevier. 2020

DOWNING, D.; JEFFREY, C. **Estatística Aplicada**. Tradução: Alfredo Alves de Farias. São Paulo: Saraiva. 2006.

FARIA, R. C. **Políticas de Precificação do Setor de Saneamento Urbano no Brasil: As Evidências do Equilíbrio de Baixo Nível**. 2005.

FRANGIPANI, M. **PNCDA – Guias práticos Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água**. Ministério das Cidades 2007. Volume I

FULTON, L.; BEAUVAIS B., BROOKS M.; KRUSE C. S.; LEE, K. **A Publicly Available Cost Simulation of Sustainable Construction Options for Residential Houses**. Sustainability. MDPI.2020

GHISI, E. **Parameters Influencing the Sizing of Rainwater Tanks for Use in Houses**. Water Resources Management, v. 24, n. 10, p. 23812403, 2010.

GEO-RIO. Fundação. **Dados Pluviométricos e informações das Estações**. Disponível em: <[www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/download/dados-plu](http://www.sistema-alerta-rio.com.br/dados-meteorologicos/download/dados-plu)>. Acesso em 2019.

GONÇALVES, Ricardo. **Uso racional da água em edificações**. PROSAB. 2006

\_\_\_\_\_. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. PROSAB.2009

GOMEZ, G. T.; GIRARD, L. **Residential rainwater harvesting: effects of incentive policies and water consumption over economic feasibility**. Elsevier. 2017.

GOULD, J. **Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings**. In 9th international rain-water catchment systems. Petrolina, Brazil. 1999.

HENRIQUES, Carla. **Análise de regressão linear simples e múltipla**. Departamento de Matemática Escola Superior de Tecnologia de Viseu. 2011

IBGE. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20466-economia-brasil-eira-consome-6-litros-de-agua-para-cada-r-1-produzido>>. Acesso em 17/12/2019.

INSTITUTO ETHOS. **Gestão de projetos para sustentabilidade**. Conferência Internacional do Instituto ETHOS, 2006

JARDIM, C. H. **A "crise hídrica" no Sudeste do Brasil: aspectos climáticos e repercussões ambientais**. UFMG. 2015.

JAMIESON, W. **Rain water harvesting and utilization and environ mentally sound approach for sustainable urban water managent: na introductory guide for decision markers.** 2003.

KRISHNA, H. J. **The Texas manual on rainwater harvesting.** 2005.

KORDANA, S. **The identification of key factors determining the sustainability of stormwater systems.** INFRAEKO. 2018

LEIGH, N. G. LEE, H. **Evaluation of implementation strategies of on-site water conserving technologies in three urban neighborhoods.** Journal of Water Resources Planning and Management. 2019

LOBÃO, A. C. de A. **Desenvolvimento de metodologia. Cálculo de tarifa nos municípios regulados pela Ares – PCJ.** XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. 2015

MACCARINI, T. B. **A utilização de água pluvial no combate a incêndio no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.** Florianópolis: CEBM, 2015.

MARLI, M. **Economia brasileira consome 6 litros de água para cada R\$ 1 produzido.** Agencia de Notícias do IBGE. Acesso em 16/03/2108.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras.** São Paulo; PINI, 2010.

MAYKOT, J. K.; GHISI, E. **Assessment of a rainwater harvesting system in a multi-storey residential building in Brazil.** Water. MDPI. 2020.

MOREIRA, F. B. **Determinação do uso de regras de água da chuva visando diminuição de custo com tarifa de contingência.** UFRGS. 2018

MILHOMENS, C. A. S. **Processo de verticalização habitacional no bairro de Campo Grande: um Estudo de Caso.** 2017.

NASCIMENTO, A. R. S. **Sistema de aproveitamento de águas pluviais em grandes superfícies e o seu impacto ambiental.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Março de 2014.

MUNIZ, L.; CAMPOS, M. A. S. **Impact of the water tariff at the rainwater reservoir sizing based on economic criteria.** 42nd IAHS World Congress The housing for the dignity of mankind 10-13rd - Naples, Italy. 2018.

MOTTA, R. S. da. **Economia Ambiental.** FGV.2015

NETTO, A. **Manual de Hidráulica.** 2007.

NOUR, A. A. **Manutenção de edifícios diretriz para elaboração de um sistema de manutenção de edifícios comerciais e residenciais.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, L. H. de. **Conservação de água em edifício.** 2016

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em 2018.

OVIEDO-OCAÑA, E. R.; Dominguez, I.; WARD, S. *et al.* **Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households.** Environ Sci Pollut Res 25, 19200–19216 (2018)

PETER, S. **Building Maintenance Management.** 2007.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas Intensas no Brasil**, 2ª edição, Rio de Janeiro, DNOS, 1982.

PINTO, N. de S. **Hidrologia Básica.** Blucher. 2011.

REGO, R. B. **Viabilidade Econômica Financeiras de Projetos.** FGV Editora. 2013.

RIO-ÁGUAS. Prefeitura do Rio de Janeiro. **Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana.** 2010.

RIBAS, R. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/imoveis/inadimplencia-em-alta-nos-condominios-22405611>>. Acesso em 2018.

ROZAKI *et al.* **Feasibility and adoption of rainwater harvesting by farmers.** Reviews in Agricultural Science. 2017

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial.** 2011.

SAUTCHÚK, C. A. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações.** USP. 2004.

SIDUSCON. **Conservação e reuso de água em edificações.** 2005.

SILVA, F. de R. **Plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV): um novo conceito no mercado e na indústria mecânica.** Faculdade Pitágoras. 2016

SILVA, L. H. da. **A verticalização do espaço urbano: o caso do bairro do Prado Recife/PE. Dissertação (Mestrado em Geografia).** Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2008.

SILVA, M. S. **Do “sertão” à Urbanização do bairro Campo Grande- Rio de Janeiro: uma análise dos impactos socioambientais.** 2015.

\_\_\_\_\_. **Expansão imobiliária no bairro de Campo Grande e os problemas socioambientais: uma análise sob a perspectiva da qualidade ambiental e qualidade de vida.** 2014.

SILVA, K. P. B. da. **Análise técnica financeira de um sistema de aproveitamento de água pluviais para uma unidade multifamiliar.** UFA. 2019.

SNIS. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – MINISTÉRIO DAS CIDADES. SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos** – 2016. Brasília. 2018.

SOUZA, D. C. S. **Análise da concepção, projeto e execução de drenagem nos Condomínios do Programa Minha Casa Minha Vida – RJ**. UERJ, 2015.

SPC. **Inadimplentes no Brasil 2017 perfil e comportamento frente às dívidas**. 08/2017. Acesso em 2019.

TOMAZ, P. **Água de chuva: aproveitamento de água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Livros digitais. 2011. Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/livros-digitais/>>. Acesso em 15/12/2018.

\_\_\_\_\_. **Água de Chuva: aproveitamento de água da chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. Navegar. 2003

\_\_\_\_\_. **Conservação da Água**. 1998.

\_\_\_\_\_. **Previsão de consumo de água- Interface das instalações prediais de água e esgotos com os serviços públicos**. Navegar Editora, São Paulo, 2000.

\_\_\_\_\_. **Água: pague menos 4 atitudes básicas para economizar água**. Editora Parma, Guarulhos, 1999.

TORRES, M. N. **A participatory approach based on stochastic optimization for the spatial allocation of sustainable urban drainage systems for rainwater harvesting**. Elsevier. 2020

VALOR ECONÔMICO. <https://www.valor.com.br/empresas/5084882/perdas-da-CEDAE-com-provisao-para-calote-somam-20-da-receita>. Acesso em 2017.

\_\_\_\_\_. **Tarifa de água da CEDAE será reajustada em 5,93%**. Acesso em 2018

VIEIRA, D. L. M. **Estudo da Viabilidade do Uso da Água da Chuva em Lava Rápido**. VIII EPCC Unicesumar. 2013.

VOORHES, M. L.; W., H. G. **Urban Design Storm Sensitivity and Reliability**. Journal of Hydrology. 38p., 39-60. 1984.

ZACANELLA, R. **Aproveitamento de água da chuva: comparação econômica entre reservatório superior e inferior em edificação comercial e múltiplos pavimentos**. 2011.

### **Links visitados**

Exemplo de funcionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva. Disponível em: <<https://condoreflexoes.com>>. Acesso em 15/12/2018.

Figura Calha de Chuva. Disponível em: <<https://pedreiro.com.br/como-instalar-calhas-passo-a-passo/>>. Acesso em 16/12/2018.

Filtro na Tubulação. Disponível em: <www.agua-de-chuva.com>. Acesso em 15/12/2018.

<http://pcrj.maps.arcgis.com/>. Acesso em 18/08/2019.

<http://www.mdr.gov.br/habitacao/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>. Acesso em 10/08/2019.

<http://www.sistema-alerta-rio.com.br/>. Acesso em 10/08/2019.

<https://leiautdicas.wordpress.com/2015/04/16/introducao-ao-estudo-dos-barriletes>. Acesso em 04/08/2020.

<https://relacionamento.mrv.com.br/rivieradacosta/ManualProprietario/Paginas/plantas-vistas.aspx#> 10/08/2019.

[https://www.cedae.com.br/Portals/0/tarifas/IOERJ\\_20190830.pdf](https://www.cedae.com.br/Portals/0/tarifas/IOERJ_20190830.pdf). Acesso em 20/11/2018.

<https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

<https://www.google.com/maps>. Acesso em 10/08/2019.

<https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em 12/03/2018.

<https://www.mrv.com.br/detalhe/parkrivieradacosta>. Acesso em 10/08/2019.

<https://www.sergam.com.br/cisterna>. Acesso em 27/01/2020.

<https://www.sinduscon-rio.com.br/wp/convencao-coletiva/>. Acesso em 27/01/2020.

Identificação por Cores das Tubulações. Disponível em: <<http://bombeirocarvalho.blogspot.com/2011/07/sinalizacao-de-seguranca.html>>. Acesso em 15/12/2018.

Implantação de reservatório. Disponível em: <www.aquaclimp.com>. Acesso em 14/12/2018.

Plantas e informações do condomínio Park Riviera da Costa. Disponível em: <<https://relacionamento.mrv.com.br>>. Acesso em 22/10/2019.

[rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/](http://rexperts.com.br/composicao-de-precos-unitarios-cpu/). 2015. Acesso em 2019.

Tipos de chuva. Disponível em: <www.estadosecapitaisdobrasil.com>. Acesso em 15/12/2018.

# Apêndice I – Orçamento



## IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA SEM DESONERAÇÃO PREVISÃO DO PROJETO - 3 MESES

ITEM	TABELA	COD.	SISTEMA / SUBSISTEMA	UN	PREÇO UNIT.	TOTAL			
						QUANT		PREÇO POR VALOR UNITÁRIO	
<b>DISCRIMINAÇÃO DOS SERVIÇOS - REDE DE ENTRADA</b>									
1	SINAPI	97635	Demolição de pavimento intertravado, de forma manual, com reaproveitamento. af_12/2017	M²	15,99	191,2	1	RS	3.057,29
2	SINAPI	93358	Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m. af_03/2016	M³	84,06	76	1	RS	6.388,56
3	SINAPI	97125	Assentamento de tubo de pvc pba para rede de água, dn 75 mm, junta elástica integrada, instalado em local com nível baixo de interferências (não inclui fornecimento). af_11/2017	M	1,27	239	1	RS	303,53
4	SINAPI	99272	Poço de inspeção circular para drenagem, em alvenaria com tijolos cerâmicos maciços, diâmetro interno = 0,6 m, profundidade = 1 m, excluindo tampão. af_05/2018	UM	929,23	3		RS	2.787,69
5	SINAPI	93382	Reaterro manual de valas com compactação mecanizada. af_04/2016	M³	31,36	41	1	RS	1.285,76
6	SINAPI	83694	Recomposição de pavimentação tipo blokret sobre colchão de areia com reaproveitamento de material	M²	18,83	220,2	1	RS	4.146,37
7	SINAPI	72897	Carga manual de entulho em caminhão basculante 6 m³	M³	24,46	41,4	1	RS	1.012,64
8	EMOP	04.014.009	Retirada de entulho de obra com caçamba de aço tipo contêiner com 5 m³ de capacidade, inclusive carregamento, transporte e destinação final e descarregamento. Custo por unidade de caçamba e inclui taxa para descarga em locais autorizados.	UN	228,08		5	RS	1.140,40
<b>DISCRIMINAÇÃO DO INSUMOS</b>									
9	SINAPI	11301	Tampão ferro fundido articulado, classe B125 carga max 12,5 T, redondo tampa 600 mm, rede pluvial/esgoto	UM	363,25	3		RS	1.089,75
<b>RESERVATÓRIO E DISTRIBUIÇÃO</b>									
10	Orçamento		Implantação e reservatório de PRFV 50 m³ (SERGAN). Orçamento. Diâmetro 3,20 e h 6,22m	UN	22338	2		RS	44.676,00
11	Orçamento		Implantação e Reservatório de PRFV 30m³ (SERGAN). Orçamento.	UN	14200	1		RS	14.200,00
12	SINAPI	89402	Tubo, pvc, soldável, dn 25 mm, instalado em prunada de água - fornecimento e instalação. af_12/2014	M	7,82	40	1	RS	312,80
13	SINAPI	97141	Assentamento de tubo de ferro fundido para rede de água, dn 80 mm, junta elástica, instalado em local com nível alto de interferências (não inclui fornecimento). af_11/2017 (Tubulação de incêndio)	M	7,53	51	1	RS	384,03
<b>CANTEIRO E PESSOAL</b>									
14	SINAPI	93206	Execução de escritório em canteiro de obra em alvenaria, não incluso mobiliário e equipamentos. af_02/2016	M²	908,43	30	1	RS	27.252,90
15	SINDUSCON		Tec. de edificações	MÊS	3	1	4.000,00	RS	12.000,00
16	SINAPI	88242	Ajudante de pedreiro	H	21,87	3	528,00	RS	11.547,36
17	SINAPI	88248	Auxiliar de encanador ou bombeiro hidráulico com encargos complementares	H	20,6	1	176,00	RS	3.625,60
18	SINAPI	90777	Engenheiro civil de obra junior com encargos complementares	H	96		91,00	RS	8.736,00
20	SINAPI	88260	Calceteiro com encargos complementares	H	27,52	1	176,00	RS	4.843,52
<b>PROJETOS</b>									
21	SINAPI	90775	Desenhista projetista com encargos complementares	H	80		30,67	RS	2.453,60
22	SINAPI	100306	Engenheiro civil pleno com encargos complementares	H	30		104,20	RS	3.126,00
<b>VALOR</b>								<b>RS</b>	<b>154.369,80</b>
<b>BDI</b>								<b>RS</b>	<b>38.592,45</b>
<b>VALOR TOTAL DO PROJETO</b>								<b>RS</b>	<b>192.962,25</b>

## Anexo I – Autorização



### TERMO DE CONSENTIMENTO

O presente termo destina-se a esclarecer ao participante da pesquisa intitulada “**Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro**”. A pesquisa foi realizada por responsabilidade do pesquisador Diego Sebastian Carvalho de Souza, aluno do curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio.

#### 1. Objetivo da pesquisa

A pesquisa analisou a viabilidade econômica para implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV já construído servindo de referência para estudos acadêmicos e profissionais.

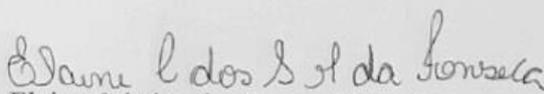
#### 1.2 Confidencialidade do estudo

O estudo ocorreu nas dependências internas do Condomínio Park Riviera da Costa, Estrada Rio São Paulo, número 4375, no bairro de Campo Grande, e os dados serão compilados pelo pesquisador. As identidades dos voluntários participantes foram preservadas. O estudo se utilizou do nome do condomínio pelo caráter positivo para o próprio empreendimento. Enquanto o condomínio terá livre acesso a pesquisa e dados contidos nela.

#### 2. Consentimento

Eu, Elaine Cristina dos Santos Marcolino, como representante legal do Condomínio Park Riviera da Costa, na condição de síndica, aceito e concordo com a utilização de dados e nome do condomínio para fins deste trabalho científico, realizado pelo pesquisador, Diego Sebastian Carvalho de Souza e a Pontífice Universidade Católica do Rio de Janeiro.

As informações sobre o consumo de água e esgoto do condomínio, utilizadas na dissertação de mestrado intitulada “**Análise de viabilidade econômica de um sistema de aproveitamento de água de chuva em condomínio do Programa Minha Casa Minha Vida no Rio de Janeiro**” elaborada pelo aluno Diego Sebastian Carvalho de Souza, são autorizadas para serem divulgadas publicamente, no contexto de uma pesquisa acadêmica realizada no curso de Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio.

  
Elaine Cristina dos Santos Marcolino

Park Riviera da Costa

CNPJ: 21.971.035/0001-48