

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS-UFAL  
CAMPUS SERTÃO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**KEWERTON PIMENTEL BATISTA DA SILVA**

**ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UMA UNIDADE  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.**

**DELMIRO GOUVEIA-AL**

**2019**

KEWERTON PIMENTEL BATISTA DA SILVA

**ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UMA UNIDADE  
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil como parte dos requisitos exigidos para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

DELMIRO GOUVEIA - AL

2019

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus Sertão**  
**Sede Delmiro Gouveia**

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza – CRB-4/2209

S586a Silva, Kewerson Pimentel Batista da

Análise técnica e financeira de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para uma unidade residencial multifamiliar / Kewerson Pimentel Batista da Silva. – 2019.

59 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2019.

1. Engenharia civil. 2. Aproveitamento de água pluvial. 3. Águas pluviais. 4. Análise técnica. 5. Análise financeira. 6. Desenvolvimento sustentável. 7. NBR 10844. I. Título.

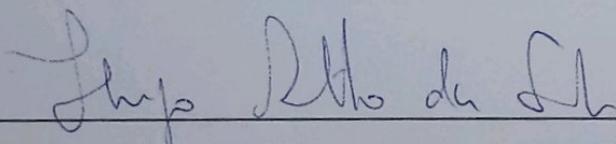
CDU: 624.05

## Folha de Aprovação

AUTOR: KEWERTON PIMENTEL BATISTA DA SILVA

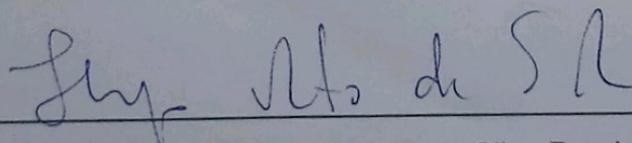
### ANÁLISE TÉCNICA E FINANCEIRA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA UMA UNIDADE RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR.

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
como parte dos requisitos exigidos para  
obtenção do Grau de Bacharel em  
Engenharia Civil e aprovada em 10 de  
abril de 2019.

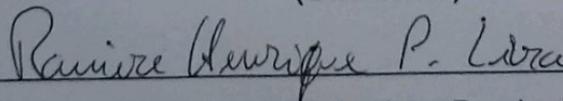


Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL  
(Orientador)

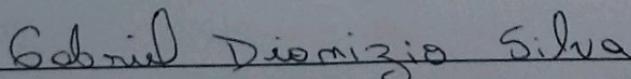
#### Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Alberto da Silva Pereira, UFAL  
(Orientador)



Prof. Ranieri Henrique Pereira Lira,  
(Examinador Interno)



Engenheiro Civil, Gabriel Dionizio Silva;  
(Examinador Externo)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer e dedicar meus sinceros agradecimentos primeiramente a Deus, por ter me dado tantas oportunidades, experiências, momentos e todo esse conhecimento ao longo desses anos, e me ajudar em todos os momentos de dificuldade.

À minha família, que sempre me apoiou para que eu pudesse alcançar esta realização; mas em especial a minha mãe e minha vó, que sempre lutaram e fizeram todo o possível para ter chegado aqui.

A minha namorada que me apoiou em diversas ocasiões nesse período, e compreendeu as dificuldades e alegrias, ka3.

A todos os amigos que compartilharam comigo momentos únicos e que dividiram o mesmo teto ao longo desses 5 anos na RBP, servindo de base para que eu pudesse evoluir durante a graduação e me trazendo um aprendizado extraordinário.

A I9 Engenharia Jr., empresa júnior do nosso Campus, que me deu a oportunidade de crescer e ajudá-la contribuir com o desenvolvimento no Sertão, o qual tanto me dediquei, ao longo de 2016 a 2018. E a todos os integrantes que já foram ou que farão parte dessa família, pelo qual tenho grande afeto, e podemos compartilhar o sonho de melhorar nosso país. “Oleeeeê oleeeeê, meu coração é I9eeeê”.

Ao meu orientador, por todo esforço e paciência em me passar de bom grado seu amplo conhecimento sobre o assunto, que foi extremamente importante para que eu pudesse desenvolver interesse pela área de recursos hídricos.

A universidade e os professores que com todo o suporte e ensinamentos permitiram que eu pudesse hoje estar concluindo este trabalho.

## RESUMO

Considerando a crescente da problemática ambiental da água e fatores de aumento no consumo, estuda-se sobre o aproveitamento das águas pluviais como substituição do uso de água não potável. Com o intuito de minimizar os impactos ambientais provocado pelo mau uso ou descaso desse recurso e diminuir o uso de água potável para fins menos nobres. Para tanto, é necessário avaliar se o sistema é tecnicamente e financeiramente viável para a situação do objeto de estudo, sem que deturpe os pontos positivos do sistema de reuso das águas das chuvas. Realizado, então, uma análise sobre o projeto em um residencial multifamiliar na cidade de Maceió, Alagoas. Diante disso, verificado as características do empreendimento como o regime de chuvas da região, as dimensões do edifício, as estimativas da demanda diária, e, com base nas normas técnicas, é dimensionado o sistema de reuso. O programa *Netuno 4*, que utiliza o método da simulação, foi usado para o dimensionamento dos reservatórios, e para calhas e condutores seguiu as recomendações da norma 10844/89. A análise financeira para a verificação do investimento é feita por meio do método Payback, e indicou que o investimento atingia um alto tempo de retorno, que pode não ser atrativo como investimento financeiro, mas ainda poderia ser adotado. Embora a redução da demanda de abastecimento, ainda pode haver um resultado positivo do projeto, além de trazer uma contribuição as discussões e questionamentos desse assunto.

**Palavras-chave:** Aproveitamento de águas pluviais, uso racional da água, reuso das águas, análise de sistema de reaproveitamento de água da chuva.

## ABSTRACT

Considering the growing environmental problems of water and factors of increase in consumption, studies on the use of Rainwater as a replacement of the use of non-potable water. With the aim of minimizing the environmental impacts caused by misuse or neglect this feature, and decrease the use of drinking water for less noble purpose. However, it is necessary to assess whether the system is technically and financially viable for the situation of the object of study, without that distorts the positive points of the system of reuse of rainwater. It is, then, an analysis about the project in a multi-family residential district in the city of Maceió, Alagoas. In addition, if the characteristics of the project as the rainfall regime in the region, the building dimensions, the estimates of daily demand, and on the basis of technical standards, is scaled the reuse system. The Netuno 4 program that uses the method of simulation, was used for the sizing of reservoirs, and for runners and drivers followed the recommendations of the standard. The financial analysis for the verification of the investment is made by means of the Payback period, and indicated that the investment amounted to a high return time, which may not be attractive as financial investment, but could still be adopted. Although the reduction in the demand of supply, it can still be a positive outcome of the project, in addition to bringing a contribution to the discussions and questions about this subject.

**Key words:** Reusing Rainwater, rational use of water, the reuse of water, analysis of system of reuse of rain water.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AQUASTAT	Sistema de Informação Global sobre o uso da Água na Agricultura
ANA	Agencia Nacional das Águas
ONU	Organização das Nações Unidas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WWDR	Relatório Mundial das Nações Unidas de desenvolvimento dos Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
FAO	Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
CASAL	Companhia de Saneamento de Alagoas
ELETROBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
SELIC	Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
SINAPE	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
C.V.	Cavalo Vapor
BBC	British Broadcasting Corporation

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	Considerações Iniciais.....	10
1.2	Objetivos .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1	Importância da água.....	12
2.2	Disponibilidade da água.....	13
2.3	Problemas .....	14
2.3.1	Escassez.....	14
2.3.2	Poluição .....	15
2.3.3	Desperdício.....	16
2.3.4	Enchentes .....	18
2.3.5	Demanda Hídrica .....	19
2.4	Soluções.....	20
2.5	Aproveitamento das águas pluviais.....	21
2.5.1	Normas .....	23
2.5.2	Estrutura .....	23
<b>3</b>	<b>MÉTODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
3.1	Objeto de estudo .....	26
3.2	Levantamento de dados.....	27
3.2.1	Área de contribuição .....	27
3.2.2	Dados pluviométricos.....	27
3.3	Estimativa de uso da água.....	27
3.4	Dimensionamento.....	28
3.4.1	Reservatório Superior e Inferior .....	28
3.4.2	Calha.....	29
3.4.3	Condutores Verticais.....	32

3.4.4	Condutores Horizontais.....	33
3.4.5	Estação elevatória .....	33
<b>3.5</b>	<b>Análise econômica .....</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Levantamento de dados.....</b>	<b>36</b>
4.1.1	Área de contribuição .....	36
4.1.2	Dados pluviométricos.....	36
<b>4.2</b>	<b>Estimativa de uso da água.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3</b>	<b>Dimensionamento.....</b>	<b>39</b>
4.3.1	Reservatório Inferior e Superior .....	39
4.3.2	Calha.....	40
4.3.3	Condutores Verticais.....	41
4.3.4	Condutores Horizontais.....	41
4.3.5	Estação elevatória .....	41
<b>4.4</b>	<b>Análise econômica .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>PROJETO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
	<b>ANEXO A .....</b>	<b>52</b>
	<b>ANEXO B .....</b>	<b>53</b>
	<b>ANEXO C .....</b>	<b>54</b>
	<b>ANEXO D .....</b>	<b>55</b>
	<b>ANEXO E .....</b>	<b>56</b>
	<b>ANEXO F .....</b>	<b>57</b>
	<b>ANEXO G.....</b>	<b>58</b>
	<b>ANEXO H.....</b>	<b>59</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais

Sabe-se a importância da água tendo em vista a necessidade e dependência deste recurso. Ela foi um dos fatores determinantes no desenvolvimento e ruínas de civilizações, bem como é conhecido o valor para a biologia e outras áreas.

Com toda essa notoriedade é fácil de ver a má utilização desse recurso de maneiras diversas como desperdício, poluição e inutilização de águas. É alarmante os níveis de ameaça aos recursos hídricos, e chega a afetar mais da metade dos rios no mundo, por conta disso a escassez da água pode chegar a prejudicar a 45% da população mundial, relatou a ONU na 7ª CONFERÊNCIA das PARTES da convenção (2004).

Há também o problema que a água não está distribuída no mundo de maneira equilibrada, como poderá ser visto nos próximos capítulos, ou mudanças ou variações no clima também provocam escassez desse recurso em várias partes do globo.

Com isso é necessário arrumar medidas para evitar esse futuro, ou ao menos amenizar tais consequências. Então soluções como uso inteligente da água, combate à poluição, tratamento do esgoto, e a contribuição do governo com medidas, leis, controle e prevenção dos recursos hídricos, são algumas dessas soluções.

Outra maneira de minimizar essa situação seria o aproveitamento de águas pluviais, apesar disso ela necessita de um certo investimento e condições para ser extraído o máximo de benefícios. É necessária uma análise para viabilizar um projeto e sua construção.

O reuso de águas das chuvas impacta positivamente no ambiente, pois traz a diminuição do consumo de água potável para fins não potáveis, e diminui a carga de drenagem das águas pluviais, além de outros benefícios que veremos mais detalhado a diante.

Esse trabalho tem como alvo o estudo da viabilização de um projeto de aproveitamento de águas pluviais, de modo mostrar que pode contribuir com

impactos ambientais e sem perdas financeiras para uma unidade multifamiliar em Maceió, Alagoas.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral do presente trabalho é contribuir com análises técnicas e financeira para a viabilização de projetos de aproveitamento de águas pluviais. Dessa forma trazer o conhecimento e o potenciais benefícios do projeto para a população.

### **Específicos:**

- Fazer análise econômica da implantação de um projeto de reaproveitamento de águas pluviais;
- Fazer análises de demandas de água não potável;
- Fazer análises de captação e demanda de água captada;
- Dimensionar o sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este capítulo adentrará no contexto do trabalho, ele serve de base da pesquisa e mostra desenvolvimento do tema.

### **2.1 Importância da água**

Os recursos hídricos têm papel fundamental em todo mundo, e diferentes maneiras de ser utilizado pelo homem, como abastecimento de água, lazer e entretenimento, geração de energia e práticas agrícolas. Além de um papel fundamental na fisiologia humana.

No corpo humano ela compõe todos os tecidos corpóreos. Serve de solvente para moléculas de minerais, vitamina, aminoácido, glicose entre outras. Participa de reações metabólicas e faz transporte de nutrientes pelo sistema circulatório, regulação da temperatura corporal e absorções de impactos nos olhos e espinha dorsal. Essas são algumas de suas funções (SIZER; WHITNEY, 2003).

De acordo com Relatório Mundial das Nações Unidas de desenvolvimento dos Recursos Hídricos o WWDR (2016), em análise a Irina Bokova, a água e o emprego estão indissociavelmente ligados em vários níveis, quer seja na perspectiva econômica, social e ambiental.

A importância da água é indiscutível, no Princípio N°4 da Declaração de Dublin (1992) ela chega a ser considerada um bem econômico. A falta deste recurso chega a promover a degradação de recursos naturais e estagnar o desenvolvimento de uma região, e isto influencia fatores como o bem-estar, segurança, saúde da população e as atividades socioeconômicas (ANDREASI, 2003).

De tal modo, se a população sofre com a escassez de água ela terá dificuldade de produzir alimento, desempenhar outras atividades como agrícolas, industrial entre outros serviços. Essa população terá que arcar com um valor maior para adquirir esses insumos devido ao processo de logística e encargos governamentais, e os faz realocarem mais recursos financeiros para adquiri-los.

## 2.2 Disponibilidade da água

Por mais que pareça que o planeta tenha muita água, as que são apropriadas para o consumo é só uma pequena fração dela, além do mais ela está má distribuída no globo.

Ao quantificar essas palavras o volume de água na terra é aproximadamente 1,386 milhões de quilômetros cúbicos, e 97,5% é composto de água salgada e 2,5% é doce, que é a própria para consumo. Dessa fração 68,9% está congelada em regiões polares e montanhosa, e 29,9% contempla as águas subterrâneas e 0,266% corresponde aos rios, lagos e outras fontes na superfície (representa 0,007% do total de água) e o restante refere a biomassa e o vapor sobre a atmosfera (TOMAZ, 2001).

Em relação a distribuição das águas, conforme a tabela 2.1 mostra, é desigual em relação a distribuição da população. E de acordo com a UNESCO (2016), o continente africano tende dobrar sua população e o asiático aumentar em 20% até 2050. Continentes esses que já sofrem com o déficit em relação a população x águas superficiais.

**Tabela 2.1** – Distribuição da população e de águas superficiais.

Continentes	População (%)	Água (%)
África	15,99	9
América	13,42	46
Ásia	60,00	32
Europa	10,01	7
Oceania	0,59	6

**Fonte:** UNESCO, ADAPTADO (2016).

O Brasil, possui próximo a 12% da água doce superficial do mundo, além da reserva subterrâneas como aquífero guarani (TOMAZ, 2001). Mas a distribuição não difere muito da situação mundial, o norte do país que é a região menos habitada com 8% da população dispõe de 69% das águas brasileiras, regiões como Nordeste e Sudeste com 28 e 43% da população, respectivamente, possuem 6% da disponibilidade cada, de acordo com a tabela 2.2.

**Tabela 2.2** – Proporção de área territorial, disponibilidade de água e população das regiões brasileiras.

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

Fonte: GHISI, 2004.

## 2.3 Problemas

Em todo mundo a população pode estar sofrendo com algum problema relacionado aos recursos hídricos. Conhecer alguns deles é imprescindível para encontrar soluções.

Não muito diferente, o Brasil sofre com esses problemas também por todo seu território. Problemas com os recursos hídricos como a escassez, poluição, desperdício, enchentes e de demanda.

### 2.3.1 Escassez

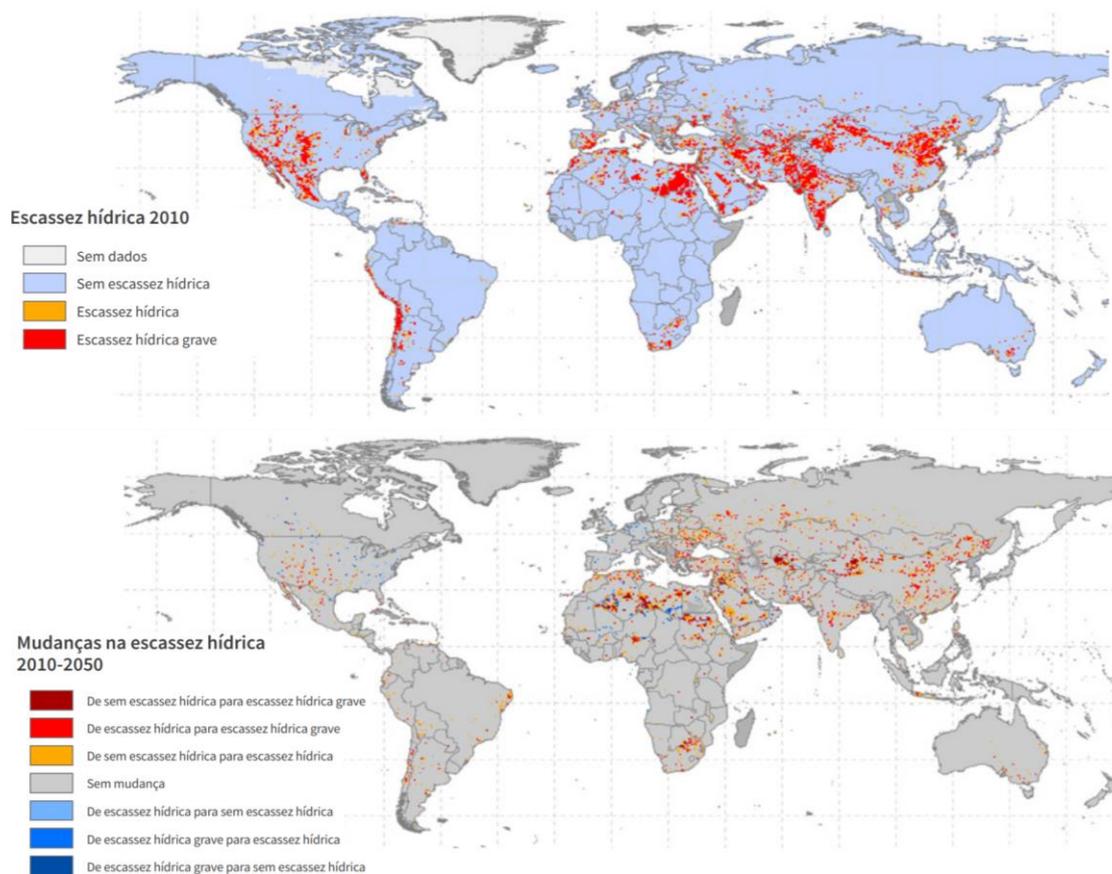
A falta de água tem levado a preocupação das grandes autoridades mundiais. E de acordo com estudos e da realidade de muitos países como os do oriente médio, que são considerados um dos mais prejudicados, pois tem uma população próximo a 4 a 5% mundial e possui apenas 1% da água potável, baseado no discurso de Mona El Kody (2001), no 3º Fórum Mundial da Água.

Para Wrege (2000) o déficit de água, é um produto do processo de modificação ambiental acelerado, atinge os diversos aspectos das atividades humanas como a higiene e saúde, produção de alimentos e outros bens, isso gera tensões sociais e políticas, e pode acarretar guerras. Essa afirmativa faz alusão a outra preocupação mundial discutida no 3º Fórum Mundial da Água, e um ambiente sem água potável é desumano, causa a frustração, a partir daí leva ao terrorismo.

No Brasil, a situação ganhou mais destaque após a crise do Sudeste em 2014 e 2015, e também no Distrito Federal, além de que problemas de escassez na região Nordeste, é crônico e histórico.

O problema da má distribuição deste recurso aliado a ações prejudiciais a conservação dele e as mudanças climáticas, é apresentado pela ONU no 8º Fórum Mundial da Água em 2018, uma projeção que para 2030 o déficit entre demanda e consumo alcance a valores de 40%.

**Figura 2.1** – Relatório mundial da ONU, sobre o desenvolvimento do RH2O, em 2018.



**Fonte:** UNESCO (2018).

A figura 2.1 pode evidenciar como forma comparativa as palavras sobre a escassez hídrica para um futuro próximo, caso não haja mudanças na postura da sociedade.

### 2.3.2 Poluição

Poluição refere a tudo que altere negativamente qualquer meio, de forma que crie condições adversas e prejudiciais à saúde, segurança e o bem-estar

daqueles que utilizam dele. A poluição dos recursos hídricos são uma das principais causas de doenças de Veiculação Hídrica, e provoca diversas mortes todos os anos Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo (SABESP, 2018).

É conhecido a importância da água e os problemas que acarreta a sua falta. Mas de acordo com o projeto observando os rios da ONG SOS Mata Atlântica (2017), no Brasil a qualidade das águas dos rios em 152 pontos espalhado nas regiões de mata atlântica, 27,5% apresentam qualidade ruim ou péssima.

Observa-se que de um recurso valioso, chega ter apenas dois terços de qualidade regular, essa má condição dos recursos hídricos traz para a saúde pública uma carga de problemas ainda maior. Tendo em vista, de acordo com a SABESP (2018), estima-se que 80% das doenças em países subdesenvolvidos (como o Brasil), são devido a qualidade ruim da água.

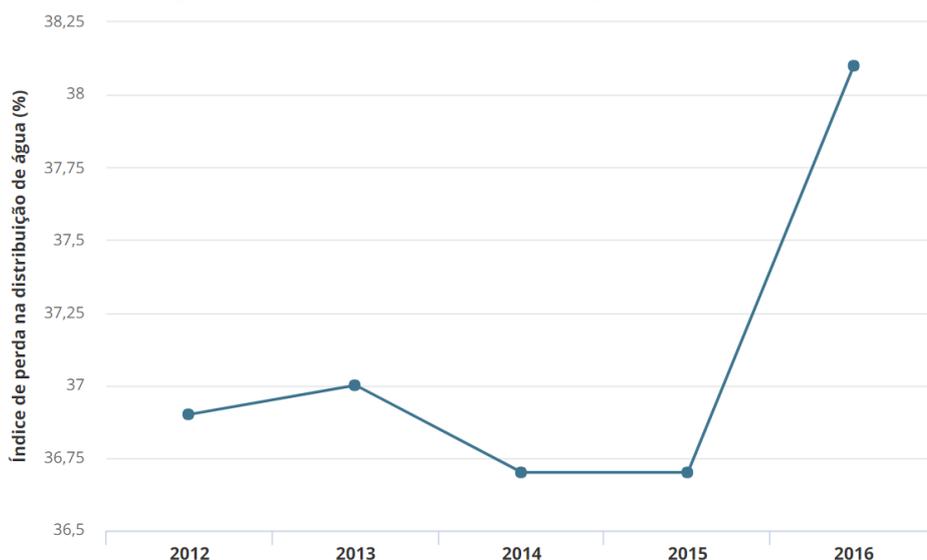
A população não entende que a poluição do meio ambiente está ligada não só o ambiente de florestas e outros habitats naturais, mas também o ambiente em que vive.

### 2.3.3 Desperdício

Outro problema encontrado é o desperdício de água, ele afeta a disponibilidades de água por meio do mau uso, perdas na distribuição e outras maneiras.

A população tem influência no desperdício por meio dos hábitos e cultura, muitas vezes pratica o ato inconscientemente. E não muda por apenas desconhecer o real potencial negativo de suas ações.

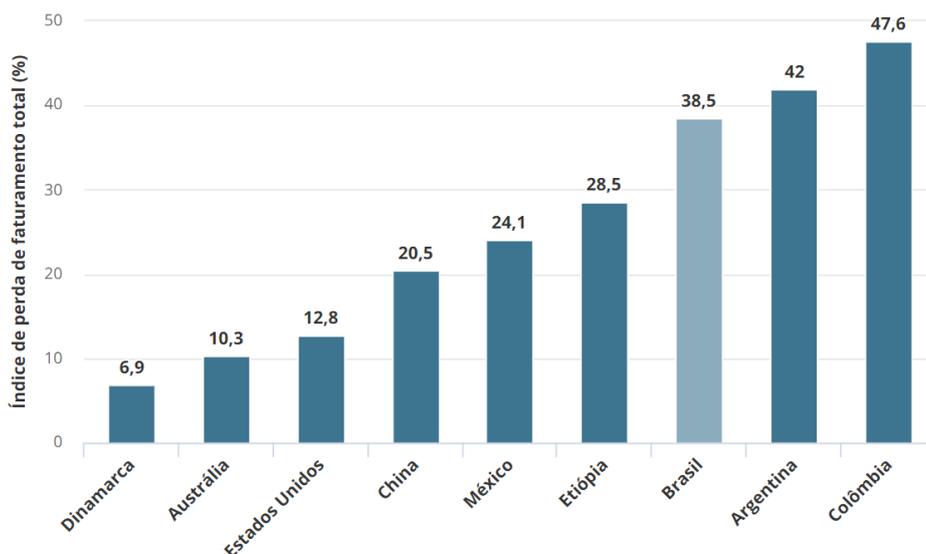
Por meios de campanhas e medidas contra o desperdício é possível contornar essa circunstância. Também a educação pode influenciar para a minimização desse impacto.

**Figura 2.2 – Evolução na perda de água na distribuição.**

**Fonte:** Instituto Trata Brasil e SNIS, 2018.

Preocupante é a situação das perdas na distribuição, que ocorrem devido a vazamento e ligações clandestinas. De acordo com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2018), houve uma média de perda de 38% das águas distribuídas pelo país, para o ano de 2016. Ao comparar com os anos anteriores, houve um acréscimo nas perdas, conforme é mostrado na figura 2.2.

É visível que países mais desenvolvidos tendem a ter um controle melhor sobre suas perdas, como pode ser visto na figura 2.3. Em comparação com o Brasil, países como a Dinamarca, chegam a ter um índice de perda cinco vezes menor. Pela Lei nº 11.445/2007 – Saneamento Básico, é obrigação da companhia de água e saneamento zelar pela gestão e controle de perdas nos sistemas.

**Figura 2.3 – Perda de água no mundo.**

Fonte: Instituto Trata Brasil, 2017.

#### 2.3.4 Enchentes

A água além de trazer desenvolvimento pode trazer alguns problemas como as enchentes. Para Tucci (2007) pode ocorrer de duas maneiras, por meio das Inundações em áreas ribeirinhas e devido a fatores da urbanização.

A situação de inundações em áreas ribeirinhas ocorre devido a ocupação do leito maior dos rios, e em casos extremos, quando vem chuvas com tempos de retornos acima de dois anos, volta a alaga-lo. Acontece em bacias grandes e com mais de 1000km<sup>2</sup> e ocorre de um processo natural (TUCCI, 1993).

Já para a segunda situação ocorrer uma série de fatores que contribui com as inundações. O desenvolvimento urbano trouxe com ele problemas sócias e ambientais, e contribui com essa situação como o crescimento desordenado da populacional, lixo no ambiente, ocupação do solo, falta de plano de drenagem ou plano diretor e de manutenção e controle sobre eles (KNAACK e OTTONI, 2015).

Para os engenheiros Nefussi e Licco (2007), as enchentes urbanas brasileiras tem apontado por varios estudos que as principais causas são a impermeabilização do solo, erosão e disposição do lixo. É possível observa essa situação na figura 2.4:

**Figura 2.4** – Enchente da praça da Bandeira, RJ – 05/04/2010.

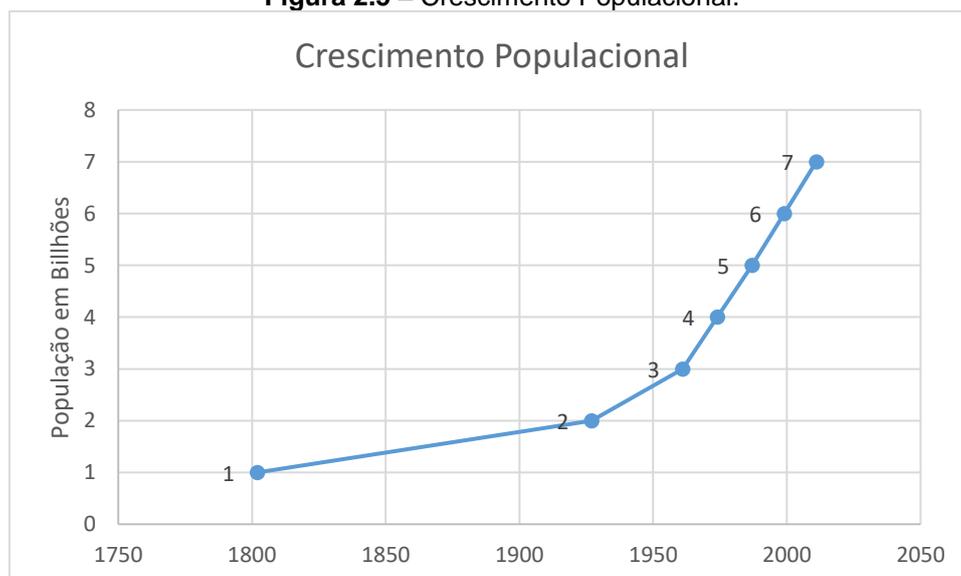


**Fonte:** Ottoni A, Destri A, Araújo M, 2010.

### 2.3.5 Demanda Hídrica

O aumento do uso da água se intensificou nos últimos seis anos, e teve um aumento de seis vezes (WADA, 2016). E ainda continua crescendo de acordo com o Sistema de informação global sobre o uso da água na agricultura (AQUASTAT, 2018), em torno de 1% ao ano. É notada o efeito do crescimento por demanda hídrica com o aumento da população, figura 2.5.

**Figura 2.5** – Crescimento Populacional.



**Fonte:** Baseado em dados da ONU (2016).

Aproximadamente 10% da água captada é utilizada para uso doméstico, e com o crescimento da população é previsto que ele aumente, e como já visto as regiões da África e Ásia terá a maior contribuição nesse aumento de demanda conforme o Burek, Satoh e Fischer (2016).

Além do consumo doméstico esse acréscimo contribuirá com o aumento em outros setores. É estimado que a alimentação faça uma expansão de terras cultiváveis em torno de 60% e por consequência, aumente o uso de produtos químicos, energia, água e a perda da biodiversidade, caso mantenham o sistema usual (Leadley, 2014). Mas esses impactos podem ser amenizados caso utilizem soluções mais sustentáveis.

Para Alexandratos e Bruisma (2012), até o ano de 2025, é previsto que o aumento da produção agrícola e energética, cause um crescimento de 60% a 80%, respectivamente no uso da água, já que essas atividades utilizem esse recurso de forma intensiva.

## **2.4 Soluções**

Segundo Dixon, Butler e Fewkes (1999) para alcançar a sustentabilidade, é imprescindível que a sociedade esforce em realizar o uso eficiente e apropriado da água. Além de promover a integração entre o biogeofísico, econômica e social e a promoção de uma nova ética do consumo de água, controle do desperdício e recuperação dos sistemas degradados (FEITAL, 2008).

Tendo em vista toda a problematização, as autoridades por todo mundo vêm procurando soluções para ela. A sustentabilidade é um tema que é sempre recorrente como os problemas mundiais, essa preocupação começou no início dos anos 70 e intensificou ao longo dos anos, promoveu muitas mudanças.

Alguns eventos como Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano em Estocolmo, Cúpula da terra no Rio de Janeiro, protocolo de Kyoto no Japão entre outros. Fundamentaram discussões e a preocupação mundial com o cuidado do meio ambiente.

Motivou aos países adotarem medidas e precauções com os recursos naturais. Assim surgiu as legislações ambientais, campanhas de preservação, padrões de qualidades para o respeito do meio ambiente entre outras medidas.

No Brasil foram tomadas grandes medidas como controle da poluição industrial, Planejamento territorial, política nacional do meio ambiente, surgimento de conselho e órgãos ambientais.

Em destaque as políticas voltadas aos recursos hídricos têm o reconhecimento com a Lei das Águas – Lei nº 9.433/97, a criação do Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Agencia Nacional das Águas (ANA). Porém as esferas municipais e estaduais tiveram seus próprios órgãos e legislaram em detrimento aos recursos hídricos de suas regiões.

A busca por diversas soluções para esses problemas, sendo elas bem variadas como a melhoria de processos produtivos e construtivos, novas tecnologias, mudanças de hábitos e pensamento em respeito aos gastos com água.

Recentemente em 31 de outubro de 2017, o Aproveitamento de águas pluviais foi incluído na legislação brasileira, na Lei das Águas (Alves – ANA, 2017). Uma solução que contribui com a diminuição dos impactos discutidos anteriormente, e pode trazer diversos benefícios a quem o adere.

## **2.5 Aproveitamento das águas pluviais**

Com a crescente do uso consciente dos recursos hídricos, a preocupação com o emprego da água tratada com fins menos nobres tem seguido essa tendência. E impulsiona os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SEEGGER, SARI e PAIVA, 2007).

Para Scherer e Fendrich (2004), ele condiz com o princípio da construção sustentável, e gera impacto a qualidade ambiental, por meio da relação com os recursos hídricos. O sistema traz uma economia no uso de água tratada fornecida pela rede de abastecimento. Por isso ele é uma solução com muito potencial.

Além de aliviar o consumo de água potável, ele serve como uma fonte de abastecimento alternativa ao sistema local. Também interfere na quantidade de águas pluviais jogadas no sistema de coleta, faz com que o volume seja menor. Impacta em problemas como enchentes e a poluição.

Gnadlinger (2000) relatou o aproveitamento das águas das chuvas desde a antiguidade. Há relatos do uso por povos como Incas, Maias e Astecas. E o desuso dessa ocorreu por volta do século XIX e XX, devido ao progresso técnico, locais com condições agradáveis e de água abundante e construção de barragens e projetos de irrigação encanada para regiões mais secas. Apesar a captação ser utilizada a séculos, a tecnologia aplicada hoje está associada a conceitos e técnicas construtivas e de segurança sanitária (ANDRADE, 2004).

Ao redor do mundo países tem incentivado a população empregar o sistema de aproveitamento, por meio de subsídios pelas prefeituras, o Japão por exemplo tem buscado nesse incentivo uma forma de prevenir enchentes e restaurar as fontes de água (HANSEN, 1996).

Já a Alemanha tem o propósito de conservar as águas subterrâneas, principalmente do manancial utilizado para o abastecimento público. A água é utilizada para fins menos nobres como descargas, lavagem de roupa, entre outros, o excedente é infiltrado para reabastece com o lençol freático (KOBAYAMA, LINO et al, 2007).

No Brasil sistemas de captação estão cada vez mais populares, como os instalados no estádio João Havelange, Aeroporto Santos Dumont, Cidade do Samba, O Salvador Shopping. Esses foram alguns casos, porém existem vários outros casos espalhados pelo Brasil.

Em algumas cidades são adotadas leis para que construções retenham água da chuva, com intuito de minimizar as enchentes. É o caso de São Paulo com a Lei nº13.276 de janeiro de 2002, com a obrigatoriedade de reservatórios para áreas de impermeabilização superior a 500m<sup>2</sup>. Ou o caso de cidades como Santo André com a Lei nº7.606 de dezembro de 1997, que cobra uma taxa por volume lançado na rede de coleta pluvial ou Santos que decretou a obrigatoriedade do reuso de águas pluviais em edifícios em 2015.

A utilização do sistema necessita de estudo sobre a viabilidade e eficiência no atendimento dos usos a que será destinado, adequação as instalações prediais, características locais, coleta e conservação, possíveis riscos sanitários e qualidade. Deve ser evitado colocar em praticas projetos inadequados de modo comprometedor com os pontos positivos da ideia (MENEZES, SANTOS et al, 2013).

### 2.5.1 Normas

O sistema coleta de água pluvial para ter uma segurança no uso da água não tratada, deve seguir algumas normas recomendadas pela ANA. É necessário cores diferente para as tubulações de água potável e não potável, além de diferenciar as conexões para evitar a conexão cruzada, colocar placa de avisos em torneiras de água não potável.

As normas de orientação para projetos de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis é a ABNT NBR 15527 de 2007. Ela abrange todas as etapas da concepção do sistema como dimensionamento dos reservatórios com várias opções de métodos, qualidade da água, manutenção entre outros.

### 2.5.2 Estrutura

O sistema de aproveitamento de águas pluviais é dado de forma que as águas que caem no telhado fazem uma pequena limpeza no telhado, após isso é captada e escoada para a calha e condutores até o reservatório (FERNANDES, MEDEIROS E MATTOS, 2007).

O projeto de aproveitamento de águas pluviais, vai consistir em potencial de captação de águas e demanda de uso de água não potável. Esses fatores influenciam no dimensionamento do sistema.

**Figura 2.6** – Ilustração de um sistema de reuso de água das chuvas.



**Fonte:** Portal Metálica (2018).

Como visto no item 2.5.1 a NBR 15527 abrange todas as etapas de dimensionamento, e uma das mais fundamentais é o dimensionamento dos reservatórios. A norma em si mostra os principais métodos para dimensionar, são eles método de Azevedo Neto, Rippl, Alemão, Inglês, Australiano e Simulação. Esses são métodos mais utilizados, porém vem surgindo outras soluções para facilitar o dimensionamento, como é o programa *Netuno 4*.

O *Netuno 4* é um programa computacional desenvolvido por Ghisi, Cordova em 2009, no LabEEEE/UFSC. Tem como finalidade determinar o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de águas pluviais, com a finalidade de uso de água não potável, através do método da simulação.

O programa copia os dados e faz simulações que medem o potencial do sistema, ele gera gráficos que permite as análises técnicas e adequar o volume do reservatório de acordo com a demanda e disponibilidade, de modo que seja ideal para a necessidade da edificação. Além de analisar os resultados dos

outros métodos e comparar com o seu em busca do melhor potencial econômico (GHISI, MUNARIM e RUPP, 2011).

O projeto ainda segue o caminho do dimensionamento das calhas, condutores verticais e horizontais, estação elevatória caso necessite. É relativamente simples e em geral sua implantação adiciona poucos materiais além do comum.

### 3 MÉTODOLOGIA

O item trata do processo de como foi elaborado a análise da técnica e financeira do projeto. Tem a indicação do objeto de estudo, como foi o levantamento de dados e estimativas de consumo, além do dimensionamento e a elaboração da análise financeira.

#### 3.1 Objeto de estudo

A obra em estudo é o condomínio residencial San Martin, situado à Rua B, número 89, bairro Ponta Verde, na cidade de Maceió – AL. O conjunto residencial possui apenas um bloco de 12 pavimentos, sendo um pilotis e uma cobertura, 11 pavimento tipo e totalizam em 32 residências familiares.

**Figura 3.1** – Residencial San Martin.



**Fonte:** Google Maps, 2018.

O pavimento tipo é formado por 3 apartamentos de modelo semelhante possuindo 2 quartos e uma suíte, uma sala de estar e uma de jantar, uma cozinha, uma área de serviço, banheiro social e de serviço, e varanda, e cada apartamento tem uma área próxima aos 70 m<sup>2</sup>.

Já a cobertura é formada apenas por 2 apartamento de aproximados 113 m<sup>2</sup>, se difere dos demais apartamento por possuírem uma área descoberta para recreação. O pilotis é composto pela recepção, salão de festa, sala de condomínio, copa, recreação infantil, e o subsolo que é onde fica o

estacionamento do edifício, essas e as demais plantas poderão ser encontradas no Anexo de A ao F.

### **3.2 Levantamento de dados**

Foi necessário o levantamento de alguns dados para a continuidade do projeto de aproveitamento de águas pluviais do edifício San Martin. Aconteceu por meio de análise de projeto arquitetônico, estimativas entre outros meios.

#### **3.2.1 Área de contribuição**

Para conhecer o potencial de aproveitamento do edifício, foi necessário da planta de coberta que compõem o projeto arquitetônico e utilizando o software AUTOCAD 2018, versão de estudante, foi medido as dimensões do telhado do residencial.

#### **3.2.2 Dados pluviométricos**

O levantamento dos dados pluviométricos é obtido através do site da ANA, no portal *Hidroweb*, ele fornece o arquivo e o *software* para a leitura o Hidro 1.3. É recolhido as medições da precipitação diária dos últimos 20 anos e sem falhas. No portal será encontrado a estação pluviométrica, mais próxima da região a ser estudada, que coleta os dados das precipitações. E o *software* Hidro 1.3 faz a leitura e fornece os dados necessários com as informações diária do ciclo, poderá ser exportado para o *Excel* e preparado para ser usado no Netuno 4, pois o programa reconhece apenas as chuvas por célula no *Excel*, e já o contabiliza de acordo com a data inserida no Netuno 4, é possível visualizar no anexo H.

### **3.3 Estimativa de uso da água**

O levantamento dos dados será concentrado no consumo de água não potável, em específico os dos sanitários do prédio. De acordo com a planta e com o manual das fabricantes será contabilizado sanitários, e por meio de estimativas calculará a demanda de água diária.

De acordo com equação 3.1, é óbito a estimativa da vazão dos sanitários.

$$Q_s = U \times S \times q \quad (3.1)$$

U: quantidade de vezes que o sanitário é utilizado por dia;

S: quantidade de sanitários;

q: vazão por fluxo fornecido pelo fabricante.

### 3.4 Dimensionamento

#### 3.4.1 Reservatório Superior e Inferior

O dimensionamento do reservatório será feito por meio do programa Netuno, será necessário introduzir os dados referentes as precipitações obtidas no *Hidroweb*. É aconselhado pegar de uma série histórica de 20 anos e sem falhas. Colocar a data inicial da série e a quantidade do descarte do escoamento inicial em mm.

Com os dados obtidos através das plantas arquitetônicas, obterá as dimensões da área de cobertura e estimar a quantidades de moradores. E com a etapa de estimativa de uso da água terá a demanda per capita/dia.

Será estimado o valor de substituição de água de acordo com necessidade e capacidade do sistema. Também deve ser inserido o coeficiente de aproveitamento de acordo como o material do telhado. Com esses dados pode ser gerado a simulação do programa, que nos informará a os volumes e suas devidas capacidades.

O método da simulação, encontrado na NBR 15527/2007, consiste em um método que não leva a evaporação da água em consideração, ele é utilizado pelo software para o cálculo dos reservatórios, e segue as equações seguintes:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (3.2)$$

$$Q_{(t)} = C \times p \times A_c \quad (3.3)$$

$$\text{Sendo que : } 0 < S_{(t)} < V \quad (3.4)$$

Onde:

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

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

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

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

$C$ : coeficiente de escoamento superficial;

$A_c$ : área de captação das águas pluviais;

$V$ : volume do reservatório.

Para a análise técnica deve ser verificado o parâmetro de falha, conforme a NBR não são recomendáveis valores de falhas no atendimento de água superiores 10%.

Para o volume do reservatório superior será igual pela demanda diária de água. E ele será abastecido por uma estação elevatória, que capta a água no reservatório inferior que fica no subsolo, ele ficará num compartimento de máquinas.

### 3.4.2 Calha

O dimensionamento da calha é feito por meio da NBR 10844 de 1989 e refere-se as Instalações prediais de água pluvial. É necessário o cálculo da área de interceptação, intensidade pluviométrica, relações das precipitações e vazão de projeto.

A intensidade pluviométrica é calculada por meio do método de Gumbel, consiste em uma ferramenta utilizada para determinar vazões máximas de projeto no que diz respeito à extrapolações de series históricas. Para o cálculo da vazão é necessário a coletar das precipitações máximas de cada ano de uma série histórica com tempo de retorno de 25 anos. Isso ocorre devido a não ser tolerável empoçamento e nem extravasamento segundo a NBR. Ela é dada pelas equações a seguir:

$$X_t = \beta - \left(\frac{1}{\alpha}\right) x \ln \left[ -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (3.5)$$

$$\beta = \bar{X} - 0,451 x S_x \quad (3.6)$$

$$\alpha = \frac{1,2826}{S_x} \quad (3.7)$$

Onde:

$X_t$ : precipitação para um determinado tempo de retorno, em mm;

$\beta$ : parâmetro de posição;

$\alpha$ : parâmetro de escala;

T: tempo de retorno que se deseja;

$\bar{X}$ : média de todas as precipitações máximas anuais;

$S_x$ : desvio padrão das precipitações máximas.

A norma afirma que ao encontrar os valores das precipitações diárias máximas de cada tempo de retorno, o tempo de duração deve ser fixado em 5 minutos. Em casos que sejam conhecidos o tempo de concentração e intensidade pluviométrica correspondente, estes poderão ser utilizados.

O valor das relações entre as precipitações pode ser obtido através da equação:

$$r_{(i:j)} = \frac{P_i}{P_j} \quad (3.8)$$

Onde:

$r_{(i:j)}$ : é a relação entre as precipitações de duração i e duração j;

$P_i$ : precipitação com duração i;

$P_j$ : é a precipitação com duração j.

Para utilizações das precipitações com diferentes relações, usar a tabela 3.1.

**Tabela 3.1** – Relações dos coeficientes médios de desagregação de chuvas para o Brasil.

Relação	Brasil
5min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30min	0,7
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,85
12h/24h	0,85
24h/1dia	1,14

Fonte: Tucci (2012).

Com a intensidade pluviométrica concluída, será calculado a vazão de projeto para prosseguir com o dimensionamento da calha. Por meio da equação seguinte é adquirido a vazão de projeto:

$$Q = \frac{I x A}{60} \quad (3.9)$$

Onde:

Q: vazão de projeto, em L/min;

I: intensidade pluviométrica, em mm/h;

A: área de contribuição, em m<sup>2</sup>.

As dimensões das calhas serão alcançadas através da equação de Manning-Strickler, e não é permitido por norma uma inclinação menor que 0,5%. Equação é dada por:

$$Q = K \cdot \left(\frac{S}{n}\right) \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

Onde:

Q; vazão de projeto, em L/min;

S: área de seção molhada, em m<sup>2</sup>;

n: coeficiente de rugosidade;

$R_h$ : raio hidráulico, em m;

P: perímetro molhado, em m;

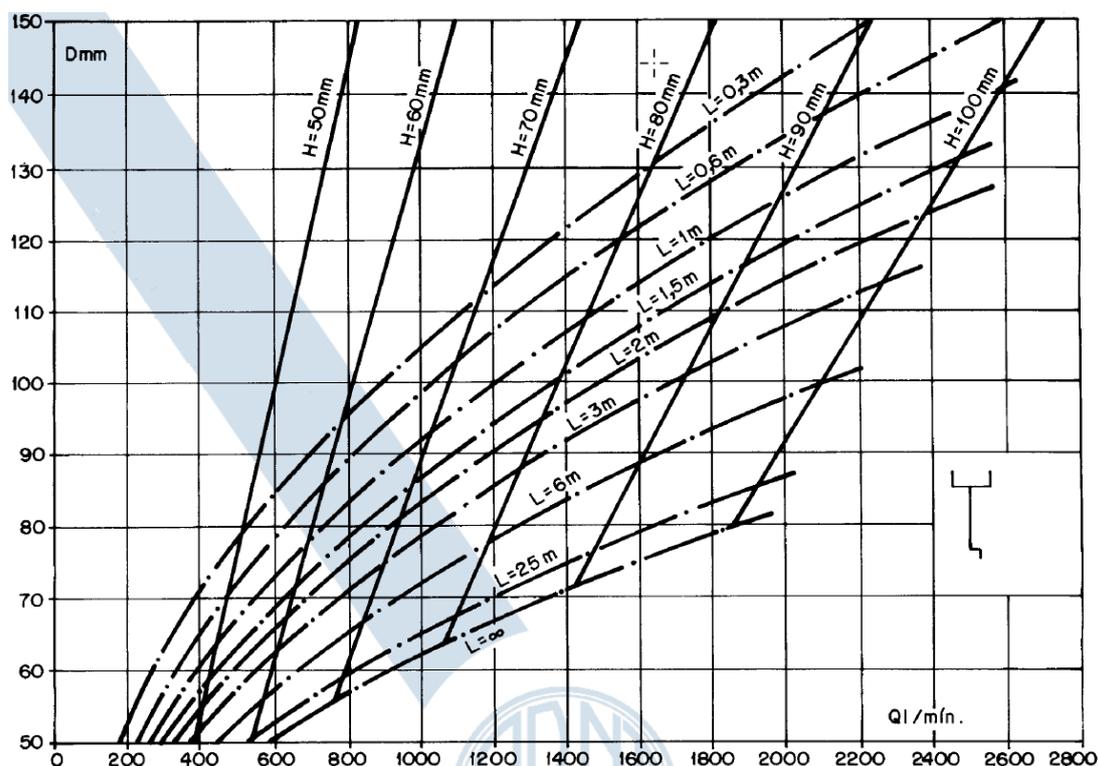
$i$ : declividade da calha, em m/m;

K: valor fixo de 60.000.

### 3.4.3 Condutores Verticais

A NBR 10844 traz recomendações para o dimensionamento dos condutores verticais, pois eles não devem ter diâmetros inferiores a 70 mm, deve ser evitar curvas para facilitar o escoamento da água, sendo aconselhado projetá-los em uma só prumada de acordo com a vazão de projeto, altura da lâmina d'água na calha e comprimento do condutor. E com o auxílio do ábaco da figura 3.3, é encontrado o diâmetro do condutor.

**Figura 3.3** – Ábaco para dimensionamento de calhas e condutores verticais.



Fonte: NBR 10844 (1989).

### 3.4.4 Condutores Horizontais

As recomendações referentes aos condutores horizontais por normas são que eles não devem ter inclinações inferiores a 0,5%, semelhantes as calhas. Também é recomendado as ligações horizontais e verticais serem feitas por curvas de raio longo, com caixa de inspeção.

O estudo do projeto depende de vazão do sistema em L/min, coeficiente de rugosidade do material e a sua inclinação. Conforme a tabela a baixo.

**Tabela 3.2 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular.**

	Diâmetro interno (D) (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
		0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
6	200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
7	250	2350	3310	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
8	300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Fonte: NBR 10844 (1989).

### 3.4.5 Estação elevatória

O dimensionamento da estação elevatória ocorrerá por meio de análises das características de implantação para esta atividade. E a escolha da moto bomba de uma marca de grande aceitação no mercado, levando em conta que será de melhor qualidade e atenderá a altura do edifício.

## 3.5 Análise econômica

Para analisar a viabilidade econômica desse projeto será necessário seguir os seguintes passos, primeiramente o orçamento dos materiais e outros custos, cálculo dos valores gastos com energia elétrica e para água não potável, e a análise financeira utilizando o método payback.

A elaboração do orçamento parte do levantamento dos insumos por meio dos sistemas mais populares como o ORSE e o SINAPE, eles têm uma base de dados e tem atualizações constantes. Para organização a tabela conterà as informações de código do produto e indicação do sistema, caso não tenha o produto foi pego em outras fontes. Essa tabela nos trará o valor total do investimento para esse projeto.

Em seguida calculará os valores gastos com energia elétrica referente ao uso da bomba, de acordo com os resultados do dimensionamento da estação elevatória, obterá o tempo de uso por dia da bomba e de acordo com os valores cobrados com a ELETROBRAS. Com os resultados calculará o custo mensal de acordo com a equação a seguir:

$$GE = P \times t \times N \times T \quad (3.11)$$

Onde:

GE: Gastos com energia elétrica;

P: Potencia da bomba, em KW;

t: Tempo de funcionamento da bomba, em horas;

N: Número de dias utilizando a bomba, usar 30 dias;

T: Tarifa cobrada pela companhia de distribuição elétrica, R\$/ KWh.

De modo análogo será calculado o gasto com água, porém analisará o gasto total de água não potável, e o valor economizado com a captação das águas pluviais. Ele ocorrerá por meio da equação a baixo e o valores fornecidos pela CASAL:

$$GA = V \times N \times T \quad (3.12)$$

Onde:

GA: Gastos com água;

V: Volume de água utilizada, em m<sup>3</sup>;

N: Número de dias utilizando a bomba, usar 30 dias;

T: Tarifa cobrada pela companhia de distribuição de água, R\$/m<sup>3</sup>.

Para avaliar a viabilidade econômica, será utilizado o método de payback, é um indicador de risco. E consiste em analisar o período necessário para que o fluxo de benefícios supere o capital investido. É calculado por meio da seguinte equação:

$$I_0 = \sum_1^n \left[ \frac{B - C}{(1 + i)^n} \right] \quad (3.13)$$

Onde:

$I_0$ : Investimento inicial;

B: Valores dos benefícios ou economias ao longo do tempo;

C: Valores dos custos ao longo do tempo;

i: Taxa de atratividade, também conhecida como TMA;

n: Período para o retorno do investimento, dado em meses.

A taxa de atratividade dessa análise consistirá aos valores da taxa SELIC, pois é semelhante a um investidor pessoa física que tenha aplicado de uma forma mais segura. No valor de 0,54% correspondente ao mês de outubro de 2018, conforme aos dados da Receita Federal, Ministério da Economia.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo constará os resultados obtidos do estudo da reutilização de água pluviais para o residencial multifamiliar San Martin. Ao seguir os passos indicados na metodologia, serão apresentados dados que indicarão a viabilidade do projeto. Para facilitar a compreensão, a sequência de tópicos do capítulo anterior será adotada neste.

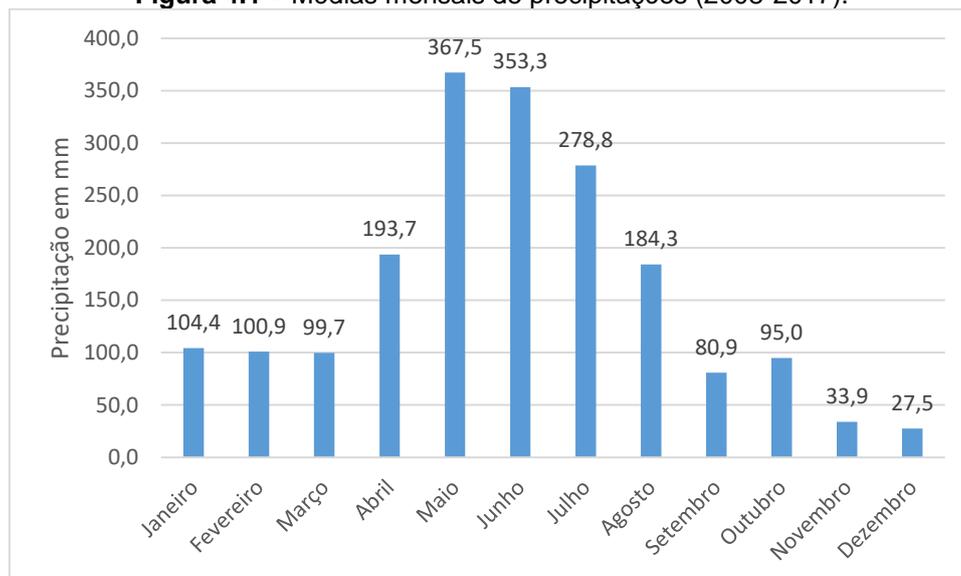
### 4.1 Levantamento de dados

#### 4.1.1 Área de contribuição

Ao analisar a planta do prédio, observou a área de cobertura era dividida em três áreas e possuíam as dimensões de 5,1m x 4,5m, 8,1m x 8,5m, e a outra de 8,1m x 8,8m, mas as últimas duas ambas possuíam pequenos detalhes que diminuía a área em prol da adequação da arquitetura, como visto na planta de cobertura, no anexo. A cobertura é projetada para ser de telhas de fibrocimento e possuírem uma inclinação de 10%. Então para o cálculo da área será necessário um fator de correção para obter a área real, que seria de 23m<sup>2</sup>, 67,3m<sup>2</sup> e 64,7m<sup>2</sup> e totalizam uma área aproximada de 155m<sup>2</sup>.

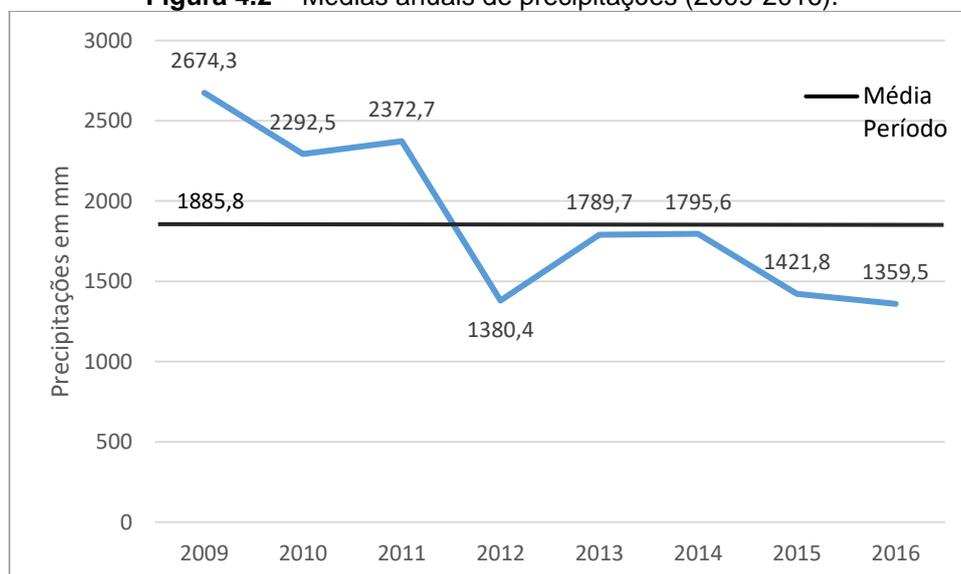
#### 4.1.2 Dados pluviométricos

A estação 935004 (Maceió) foi a mais próxima da região com a disponibilidade dos dados pluviométricos. Nesses dados foi obtido uma série histórica de setembro de 2008 a junho de 2017 sem falhas, não sendo possíveis os 20 anos sugeridos. A região possui uma média precipitação histórica anual de 1900mm, pode ser visto a seguir, na Figura 4.1, a média mensal da distribuição ao longo do ano.

**Figura 4.1 – Médias mensais de precipitações (2008-2017).**

Fonte: Ana modificado (2018).

É possível ver a concentração maior de chuvas entre os meses de abril a agosto, com média precipitações superiores a 180mm e valores próximo ao 370mm. No entanto nos meses de novembro e dezembro a precipitação é inferior a 40mm.

**Figura 4.2 – Médias anuais de precipitações (2009-2016).**

Fonte: Ana modificado (2018).

De acordo com a figura 4.2, é possível visualizar a variação do regime de precipitações da região, uma baixa nos anos de 2012 e 2016 trouxe índices de precipitações bem abaixo da média em torno de 1350mm.

## 4.2 Estimativa de uso da água

A demanda de água estimada foi avaliada e após algumas análises e testes notou-se que seria mais viável a utilização das águas pluviais para as descargas. O prédio contém 32 apartamentos, em cada possui 3 banheiros sendo uma suíte, um social e outro de serviço, além de mais 4 vasos sanitários de banheiro de serviço encontrados no pilotis.

De acordo com os manuais dos fabricantes como Deca, Duratex, Incepa, Docol, Celite entre outros, percebeu que seguem o padrão de vazão de descarga para os vasos com caixa acoplada como os indicado no projeto, sendo 3L/fluxo para dejetos líquidos e 6L/fluxo para dejetos sólidos.

Como mostrado na equação 3.1, no capítulo anterior. Foi calculado a estimativa do uso de água para os sanitários. Por conta dessa diferença das vazões foram separados em líquidos e sólidos, com a utilização 2 vezes cada totalizando 4 vezes os usos dos sanitários por dia, para banheiros sociais e suítes e 5 vezes para líquidos referentes aos banheiros de serviço, melhor notado na tabela 4.1.

**Tabela 4.1 – Estimativa do uso dos vasos sanitários.**

Local	Vazão		Utilização		Quantidade de Vasos Sanitários	Vazão total em (L/dia)
	Líquidos	Sólidos	Líquidos	Sólidos		
Suíte	3	6	2	2	32	576
Social	3	6	2	2	32	576
Serviço	3	6	5	0	36	540
TOTAL						1692

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2018).

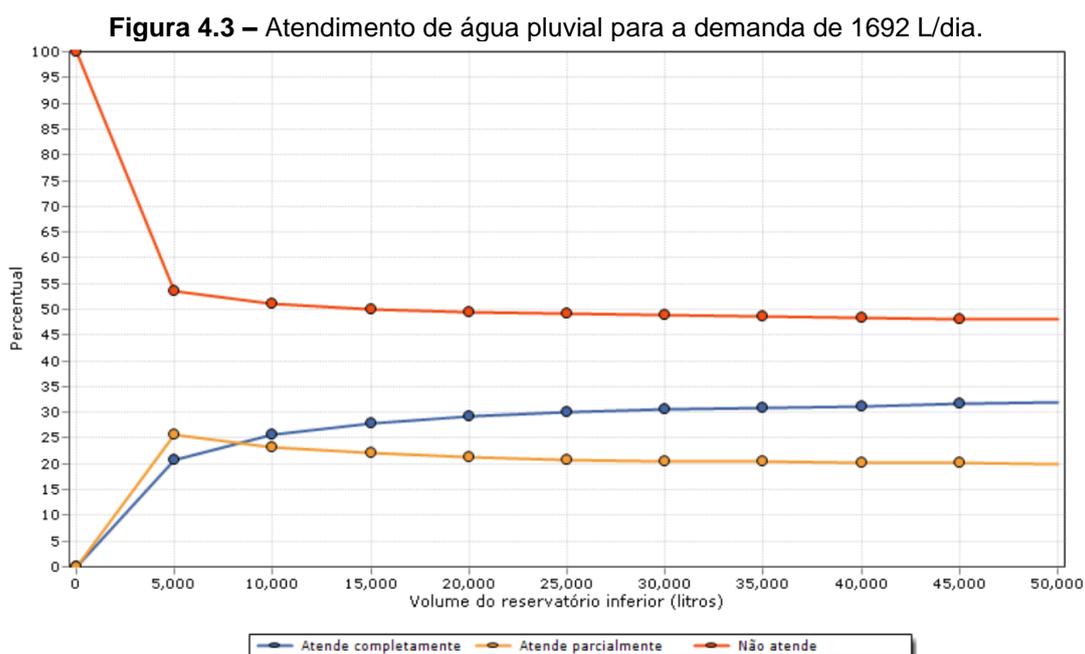
Para Tomaz (2009) ele utiliza o número de 3,7 vezes por pessoa dos usos dos sanitários para residências familiares, assim foi distribuído em até 2 usos sólidos e 2 usos líquidos. Já o uso em banheiros de serviços foi determinado um valor máximo de até 5 vezes o uso em alguns serviços.

## 4.3 Dimensionamento

### 4.3.1 Reservatório Inferior e Superior

Para o dimensionamento do reservatório inferior, como dito no capítulo passado, é utilizado o programa Netuno. Os resultados nos tópicos anteriores desse capítulo, são usados para o dimensionamento do reservatório.

Visto no item 4.1.2, foi possível utilizar uma série histórica de setembro de 2008 a junho de 2017 sem falhas, ela rendeu 3409 registros pluviométricos. E o item 4.1.1 traz que a área de contribuição de 155m<sup>2</sup>, e o 4.1.2 informa a estimativa demanda diária para uso de água não potável destinada aos vasos sanitários é de 1692 L. Essas foram as variáveis inicialmente introduzidas no programa, e retornou o gráfico da figura 4.3.

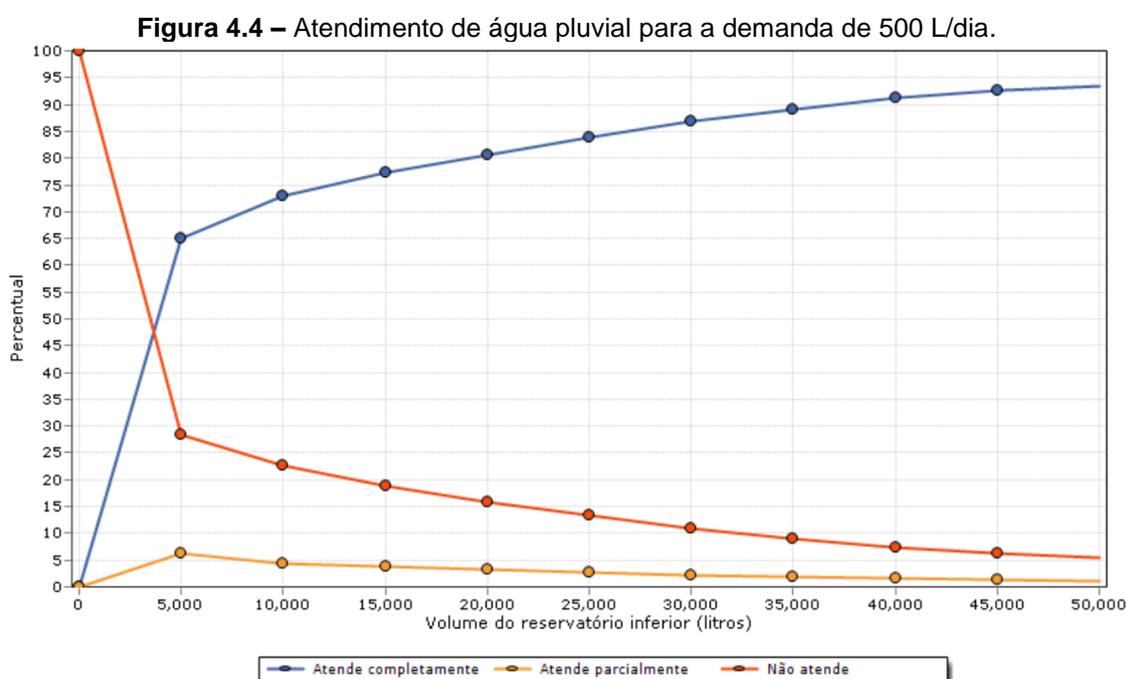


Fonte: Netuno 4 (2018).

Com o resultado mostrado na figura 4.3, percebeu que a atual demanda não é suprida, pois obteve uma falha próxima a 50% para volumes de 15000L a 50000L. Necessário a utilização de um sistema misto o qual utiliza água potável para complementar a demanda.

Após algumas análises para a adequar a demanda, chegou em um resultado conforme as exigências da norma, reduziu a para 500 L/dia, devido a

períodos de baixa precipitação visto na figura 4.1, referente aos meses novembro e dezembro. E será necessário um reservatório de aproximadamente 35000L, esses valores chegam no limite do sistema como pode ser visto na figura 4.4, corresponde ao gráfico gerado a partir desses dados.



Já o reservatório superior deve suprir a demanda máxima diária de água não potável, esse valor foi calculado ser de 1692 L, então um reservatório de 2000 L é suficiente para atender essa demanda.

#### 4.3.2 Calha

O dimensionamento da calha é feito por meio do método de Gumbel, como é visto no item 3.4.2, e tem como objetivo entregar o a intensidade pluviométrica. Os resultados da aplicação das equações 3.5, 3.6 e 3.7 é encontrado na tabela 4.2.

**Tabela 4.2 – Parâmetros para o cálculo da intensidade pluviométrica.**

Parâmetros	Valores
Média	159,9
Desvio padrão	119,6
$\beta$	105,1
$\alpha$	0,010

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Após encontrar esses valores, de acordo com a norma será calculado o valor da máxima precipitação para um tempo de retorno de 25 anos. E ao fixar um tempo de 5 min, e com todos os dados necessário, foi feita a relação com a transformações da curva i-d-f, de acordo com a tabela 3.1. Encontrou o valor de 174 mm/h para intensidade pluviométrica, será usado no cálculo da vazão de projeto.

Com a equação 3.6 e o valor da intensidade pluviométrica obteve a vazão de projeto de aproximadamente 450 L/min para as três áreas, e segue para o dimensionamento da calha com a equação 3.10, a de Manning. Conforme o projeto a calha seria retangular e as dimensões adotadas estão com valores superiores exigidos pela norma com 10 cm de altura e 50 cm de largura e dimensões de 4,45 m e 8 m, que atende a vazão prevista, sendo possível reaproveitar as já existentes.

#### 4.3.3 Condutores Verticais

O dimensionamento dos condutores trouxe valor inferior ao mínimo permitido por norma, assim é adotado o valor de 70 mm de diâmetro, sendo possível aproveitar os já instalados no prédio.

#### 4.3.4 Condutores Horizontais

Para o dimensionamento dos condutores horizontais adotou-se a rugosidade de 0,0011 S/m e inclinação de 0,5%. E conforme os valores obtidos dos cálculos um diâmetro de 70 mm atende à demanda, também sendo possível aproveitar os condutores instalados.

#### 4.3.5 Estação elevatória

A estação foi dimensionada para vencer em torno de 54 m.c.a, sendo, dessa forma foi escolhida uma motobomba periférica da Ferrari IDB 50 premium, com a potência de 1 CV. O fabricante informa que ela possui uma vazão de 50L/min, com capacidade de 8m de sucção e 65 m.c.a de altura manométrica,

para a altura a ser atendida ela entregará uma vazão de 1600 L/h, suficiente para atender a demanda do reservatório superior que é 2000 L.

#### **4.4 Análise econômica**

A viabilidade econômica mostra se além de minimizar os impactos ambientais, esse projeto pode ser viável ou não. Seguindo os passos do tópico 3.5, foi confeccionado um orçamento com bases nos itens do projeto, e mostrado na tabela 4.3.

A tabela foi construída com base nas modificações implantadas, foi preciso orçar os custos. O levantamento dos insumos aconteceu por meio do ORSE, SINAPI e outras fontes devido à ausência no banco de dados desses sistemas citados. Teve como valor total para a construção do projeto R\$ 22941,30.

Para prosseguir com a análise econômica, fez necessário contabilizar as horas de uso da bomba e os valores cobrados pela companhia elétrica, a ELETROBRAS. Que seria de 1,25 horas por dia, necessário pra encher o reservatório superior, pois o custo seria de R\$ 0,72 KWh, resulta em R\$ 20,42 por mês.

O consumo de água não potável é de 1692 Litros por dia, e o sistema de aproveitamento consegue suprir 500 Litros por dia. Segundo a CASAL que possui uma taxa de R\$ 11,71 por m<sup>3</sup> de água, para valores que excedem o consumo de 150 m<sup>3</sup> da tarifa básica, o resultado pode ser visualizado na tabela 4.4.

Em um mês o edifício consome de 50,7 m<sup>3</sup> do total de água para o uso dos sanitários e representaria o equivalente a R\$ 593,70, sem o sistema de reutilização. Com a introdução do sistema seria economizados 15 m<sup>3</sup> valor equivalente a R\$ 175,65, essa seria a redução por mês na fatura da companhia de água, que ficaria de R\$ 418,05, com um acréscimo de R\$ 20,42 pelo uso da bomba, é exemplificado na tabela 4.4.

**Tabela 4.3 – Orçamento da implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais.**

Código	Discriminação	Unidade	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
037104/SINAPE	Reservatório 2000 L	Und	1	598,46	598,46
000466/ORSE	Reservatório 20000 L	Und	2	7689,00	15378,00
-	Motobomba	Und	1	718,00	718,00
09839/SINAPI	Tube PVC, série r, d= 75 mm, para esgoto ou água pluvial predial	m	72	11,72	843,84
01222/ORSE	Joelho 90° PVC rígido sanitário, d= 75mm	Und	3	3,72	11,16
00939/SINAPI	Fio de cobre, solido, classe 1, isolamento em PVC /a, antichama bwf-b, 2,5 mm <sup>2</sup>	m	150	1,15	172,50
-	Kit controle de nível automático de água	Und	1	450,00	450,00
06111/SINAPI	Serviço auxiliar de obra	h	80	15,63	1250,40
04750/SINAPI	Serviço pedreiro	h	40	25,00	1000,00
02696/SINAPI	Serviço encanador	h	8	25,00	200,00
02436/SINAPI	Serviço eletrícista	h	8	25,00	200,00
-	Projeto de aproveitamento de águas pluviais	Und	1	1500,00	1500,00
00367/SINAPI	Areia Grossa	m <sup>3</sup>	1	85,00	85,00
00366/SINAPI	Areia Fina	m <sup>3</sup>	1	73,93	73,93
10511/SINAPI	Cimento Portland composto CP ii-32 (saco de 50 kg)	Und	10	26,00	260,00
02674/SINAPI	Eletroduto de PVC rígido de 3/4 "	m	80	2,50	200,00
<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 22941,29</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2018).

**Tabela 4.4** – Valores cobrado pelas companhias de água e energia, respectivamente, com a utilização e sem do sistema de reaproveitamento de águas pluviais.

Contas	Sem reaproveitamento		Com reaproveitamento		Economia Por Mês
	Consumo (Mês)	Valor	Consumo (Mês)	Valor	
Casal	50,7 m <sup>3</sup>	R\$ 593,70	35,7 m <sup>3</sup>	R\$ 418,10	R\$ 175,650
Eletróbrás	0	R\$ -	28,35 KW	R\$ 20,420	-R\$ 20,420

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2019).

Com os resultados do orçamento e os referentes aos custos e economia durante de operação, será utilizado o método de análise financeira payback, visto no tópico 3.5. É obtido um tempo de retorno em torno de 147,8 meses, aproximadamente a 12 anos e 4 meses. É um valor inferior aos 20 anos, que seria aproximadamente ao tempo de vida mínima do projeto, e pode chegar até 30 anos ou mais com uma boa manutenção.

## 5 PROJETO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

A água recebida pela cobertura do edifício será armazenada em dois reservatórios instalados no subsolo com capacidade de até 40000 L, como foi determinado em projeto. Diariamente será utilizado até 1692 litros de águas, sendo assim a estação elevatória manda esse volume de água para um reservatório superior de 2000 L, encontrado acima do compartimento de máquina.

Além do abastecimento das águas pluviais, o sistema também poderá receber água potável distribuída pela CASAL. Foi visto em projeto que a variabilidade de chuvas da região de Maceió pode ser um pouco elevada, e isso pode afetar a distribuição.

O projeto contará com um sistema de nível automático, por meio de uma placa controladora ligada a 4 sensores de nível de água. Ficam divididos da seguinte forma, dois para o reservatório superior e 2 para o sistema de reservatório inferior.

O sistema encherá o reservatório superior, ligando e desligando a motobomba quando necessário, como em caso dos reservatórios inferiores estarem com baixo volume de água ela pode desligar a bomba e receber água da distribuidora, não permitindo a falta de água.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento das águas pluviais é uma maneira de diminuir os impactos ambientais das ações humanas. Como foi visto são problemas que afetam o ambiente e prejudicam a todos que dependem dele, e um dos mais prejudicados são os seres humanos. Problemas como escassez, poluição, enchentes e inundação, além de minimizar outros como demanda hídrica ou até o desperdício com a realização desse tipo de projeto.

A avaliação da implementação de um projeto de reutilização de águas pluviais, o qual tratou esse trabalho. Tentou trazer uma visão dos benefícios e a possibilidade de adoção de um projeto como esse, já que tratou da viabilidade técnica e econômica.

Inicialmente a ideia do projeto era a substituição completa da demanda de água não potável, porém devido à baixa captação pluvial em alguns períodos do ano não foi possível. Isso acarretou uma diminuição de quase 70% da demanda pretendida inicialmente.

Deve-se a alguns fatores, como o da cidade de Maceió ter um regime de chuvas que concentra mais no inverno e decai bastante no verão, como foi visto na figura 4.1, e impossibilitou isso. Também o objeto de estudo possuía uma cobertura relativamente pequena que conta com aproximadamente 155m<sup>2</sup>, isso diminui o potencial de captação de águas.

Conforme os resultados obtidos, percebeu a possibilidade de adoção do sistema, porém com baixa atratividade como um investimento financeiro, devido ao alto período de retorno. Outro agravante seria uma possível supressão de vagas na garagem do edifício, para a colocar os reservatórios.

Mas como visto na pesquisa umas das sugestões para resolver esse problema seria a realização de um estudo para aplicação do reuso das águas cinzas para utilização como água não potável. É uma medida bastante eficiente e aumenta o potencial sustentável da edificação.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10844. **Instalações Prediais De Águas Pluviais**, 1989.
- ABNT NBR 15527. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**, 2007.
- ABNT NBR 5626. **Instalação Predial De Água Fria**, 1998.
- ÁGUAS, ANA. **Hidroweb**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>>. Acesso em 01 de set. 2018.
- ALEXANDRATOS, N. BRUINSMA, J. **World Agriculture towards 2030/2050** The 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03, FAO, Rome 2012, p.104.
- ANDRADE, N. C. O. **Proteção Sanitária das Cisternas Rurais**. In: Anais do XI Simpósio Luso-brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 2004.
- ANDREASI, W. A. **A Atual Demanda Urbana de Água: uma Breve Discussão**. Trabalho apresentado à disciplina de Uso Racional de Água do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2003.
- AQUASTAT – Sistema de informação global sobre o uso da água na agricultura. **Water uses**. FAO – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. Disponível em: < [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm) >. Acesso em 09 de set. 2018.
- KODY, M. E. **Falta de água poderia ampliar terrorismo**. 3º Fórum Mundial da Água. Kyoto, Japão. BBC, 2003. Disponível em: <[https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/030318\\_aguamtc.shtml](https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/030318_aguamtc.shtml)>. Acesso em 08 de set. 2018
- BUREK, P. SATOH, Y. FISCHER, G. KAHIL, M. T. SCHERZER, A. TRAMBEREND, S. NAVA, L. F. **Water futures and Solution**, Fast Track Initiative. International Institute for Applied Systems Analysis Schlossplatz (IIASA), Laxemburgo, Austria. Maio de 2016, p.29.
- CASAL- Companhia de Abastecimento de Saneamento de Alagoas. **Estrutura tarifaria**. Disponível em: <<http://casal.al.gov.br/estrutura-tarifaria/>>. Acesso em 23 nov. de 2018.

COP7 – CONFERÊNCIA DAS PARTES. 7<sup>a</sup>, 2004, Kuala Lumpur, Malásia. **Decisions adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity at its seventh meeting.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/conven%C3%A7%C3%A3o-da-diversidade-biol%C3%B3gica/conferencia-das-partes.html>>. Acesso em 05 de set. 2018

CREDER, Hélio, **Instalações Hidráulicas e Sanitárias/ Hélio Creder.** – 6.ed. – Rio de Janeiro: LTC; 2006.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. **Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination.** Water Science & Technology: Options for closed water systems: Sustainable water management. V. 39, N. 5. IAWQ. Londres, 1999.

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Tarifas.** Disponível em: <<http://eletrobrasalagoas.com/index.php/sua-conta/tarifas/>>. Acesso em 23 nov. de 2018  
**Escolares por Meio do Aproveitamento das Águas Pluviais.** NUTAU – Seminário Internacional – Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade. Anais... CD Rom, 2004

FEITAL, J. C. C. **O consumo consciente da água:** um estudo do comportamento do usuário doméstico. III Encontro de Marketing da ANPAD. Curitiba, 2008.

FERNANDES, D. R. M.; MEDEIROS, N. V. B.; MATTOS, K. M. C. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN/RN.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, 2007.

GHISI, E. CORDOVA, M. M. **Netuno 4.0,** Programa computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/netuno> >. Acesso em: 8 set. 2018.

GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. **Potential for potable water savings by using rainwater: an analysis in over 62 cities in southern Brazil,** Building and Environment, 2004.

GHISI, E.; MUNARIM U.; RUPP R. F. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambiente Construído, v. 11, n. 4, p. 47-64, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, UFRGS, 2011.

GNADLINGER, J. **Coleta de água da chuva em áreas rurais**. Haia, Holanda: IRPAA. In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. Disponível em: < [irpaa.org.br/colheita/indexb.htm](http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm) >. Acesso em 09 de set. 2018.

HANSEN, S. **Aproveitamento da chuva em Florianópolis**. Florianópolis, Santa Catarina, UFSC, 1996.

ICWE – Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente. 1ª, 1992, Dublin, Irlanda. **Declaração de Dublin**. Princípio Nº4.

KNAACK, T. M.; OTTONI, A. B. **Análise crítica das causas e soluções sustentáveis para o controle de enchentes urbanas: o caso prático da bacia hidrográfica da praça da bandeira (estudo de caso)**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 17, 2015, pp. 60-76

KOBIYAMA, M; LINO, J.; LOPES, N.; SILVA R. **Aproveitamento de água da chuva no contexto de drenagem urbana**. In: Curso de Capacitação em Saneamento Ambiental. Florianópolis: UFSC, 2007.

LEADLEY, P.W. MARQUES, A. KRUG C.B. **Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions**. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada. Technical Series 78, p.35.

MENEZES, G. F. F.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; AZEVEDO, D. O.; SANTANA, G. S.; SILVA, A. S.; DUARTE, A. J. A. P. **Indicadores de qualidade, manejo e uso de água pluvial armazenada em cisternas do semiárido baiano**. Revista Agrarian, v. 6, n. 22, 2013.

NEFUSSI, N.; LICCO, E. **Meio Ambiente Urbano**. TECSI - Laboratório de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação – FEA USP. 2007. Disponível em: < <http://www.tecsi.fea.usp.br/eventos/Contecsi2004/BrasilEmFoco/port/meioamb/mamburb/apresent/index.htm>>. Acesso em 08 de set. 2018.

OTTONI, A.; DESTRI, A.; ARAÚJO, M. **Diagnóstico Preliminar e Sugestões de Soluções com Sustentabilidade Ambiental para as Enchentes Ocorridas na Praça da Bandeira com as Chuvas de Abril/2010** – UERJ – Rio de Janeiro – 2010.

PORTAL METALICA. **Procedimentos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial para residências unifamiliares: viabilidade e aprimoramento metodológico**. Disponível em: < <http://wwwo.metalica.com.br/procedimentos-para-o-dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-pluvial> >. Acesso em 08 de Nov. 2018.

RECEITA FEDERAL. **Taxas de Juro Selic**. Disponível em: < <http://idg.receita.fazenda.gov.br/orientacao/tributaria/pagamentos-e-parcelamentos/taxa-de-juros-selic> >. Acesso em 23 de nov. 2018.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Qualidade da Água**. Disponível em: < [www.sabesp.com.br/site/qualidade-da-agua](http://www.sabesp.com.br/site/qualidade-da-agua) >. Acesso em 08 de set. 2018.

SCHERER, F. A.; FENDRICH, R. **Economia de Água Potável em Edifícios**

SEEGER, L. M. K.; SARI, V.; PAIVA, E. M. C. D. **Análise comparativa do aproveitamento da água da chuva na lavagem de veículos em duas cidades da Região Sul e Centro-Oeste**. In: *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 17. São Paulo. Anais... São Paulo: [s.n.], 2007. p.1-13.

SIZER, F. S.; WHITNEY, E. N.; **Nutrição: Conceitos e Controvérsia**. Tradução Nelson Gomes de Oliveira, et al. 8. Ed. Barueri, São Paulo: Manole, 2003.

SOS MATA ATLANTICA. **Análise da qualidade da água**. Projeto observando os Rios, 2017. Disponível em: < <https://www.sosma.org.br/projeto/observando-os-rios/analise-da-qualidade-da-agua/> >. Acesso em 08 de set. 2018.

TOMAZ, P. **Economia de Água, Um estudo atualizado sobre medidas convencionais e não-convencionais do uso racional da água**. 1. Ed., Editora Navegar, 2001. p. 5-6.

TRATA BRASIL. **Perdas de água 2018 (snis 2016): desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico**. São

Paulo, 2018. p.34 e 41. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/perdas-2018/estudo-completo.pdf> >. Acesso em 08 de set. 2018.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4<sup>o</sup> ed. 2012, Porto Alegre: ABRH. Editora da UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas: impactos da urbanização**. Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, 2007. p.16.

UNESCO. **WWDR - Relatório Mundial das Nações Unidas de desenvolvimento dos Recursos Hídricos - Água e Emprego**. 4<sup>a</sup>, 2016, Geneva, Itália. UNESCO,2016. p.5.

UNESCO. **WWDR – Relatório Mundial das Nações Unidas de desenvolvimento dos Recursos Hídricos - Soluções baseadas na natureza para a gestão da água**. 6<sup>a</sup>, 2018. p.2.

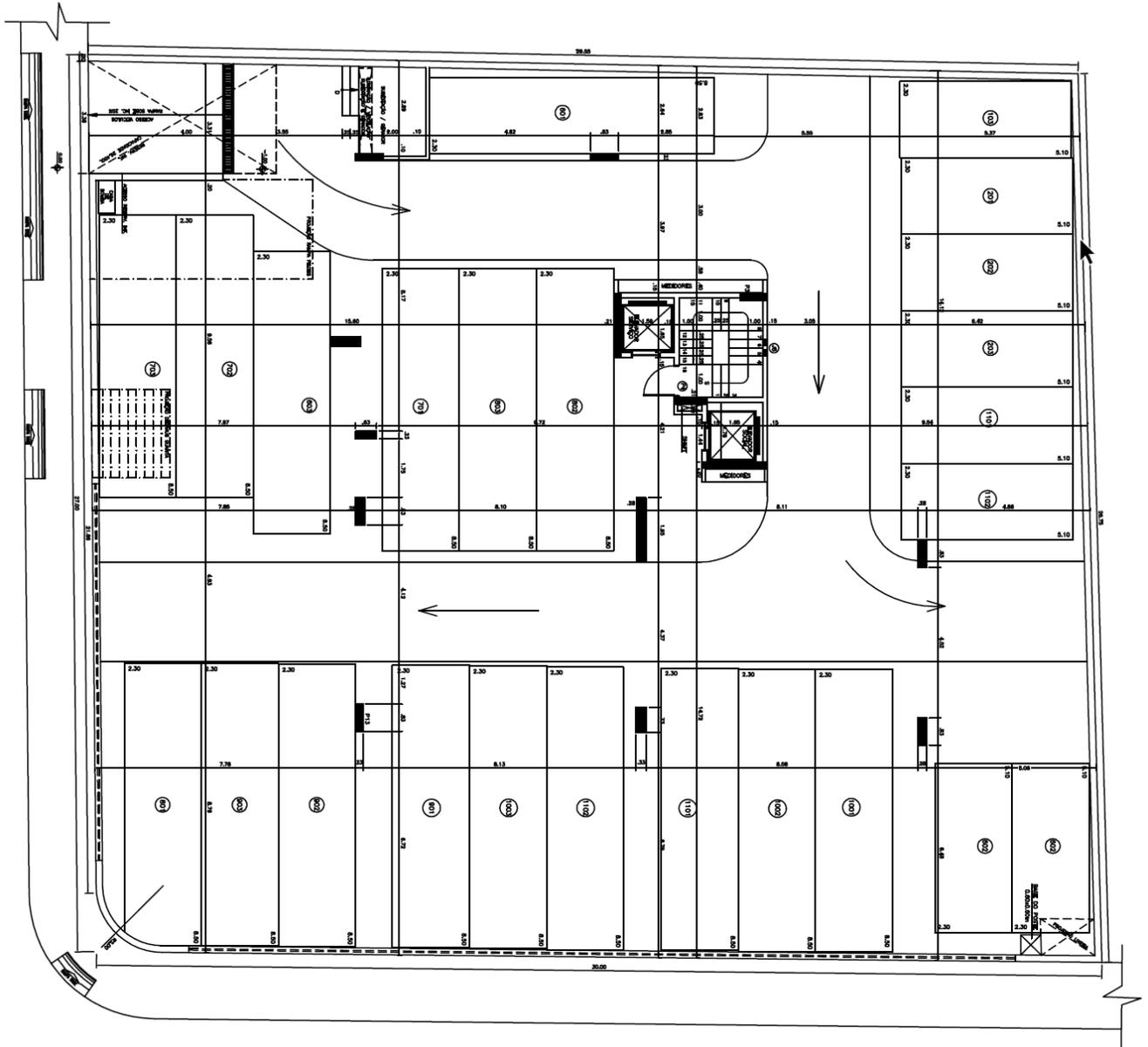
WADA, Y. **Modeling Global water use for the 21st century: The Water Futures and Solutions (WFas) initiative and its approaches**. Geoscientific Model Development.v. 9, p. 175-222, 2016.

WREGGE, M. **A ética da água**. *InformANDES* 2000.



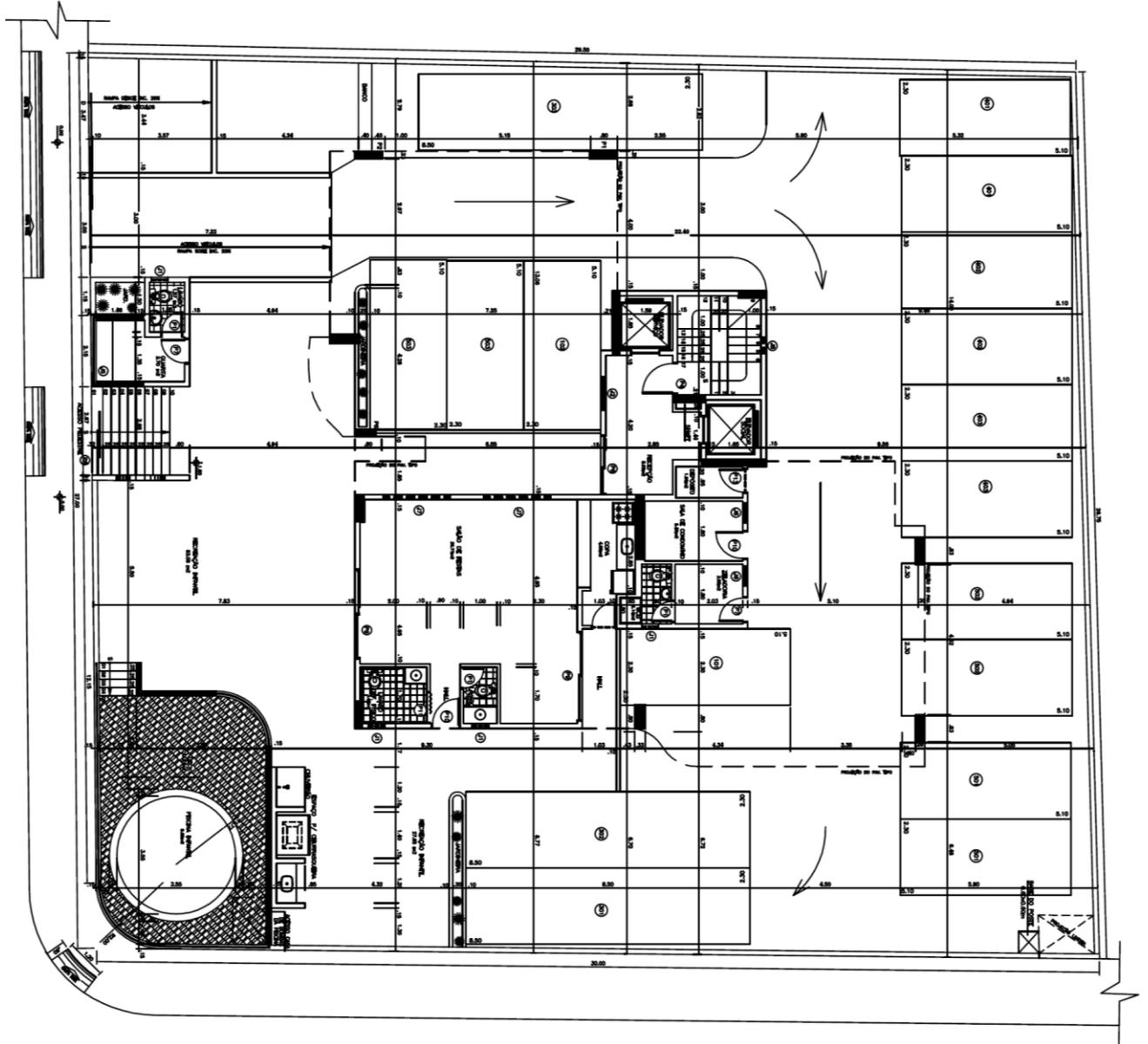


ANEXO C  
 PLANTA DO SUBSOLO – RESIDENCIAL SAN MARTIN



# ANEXO D

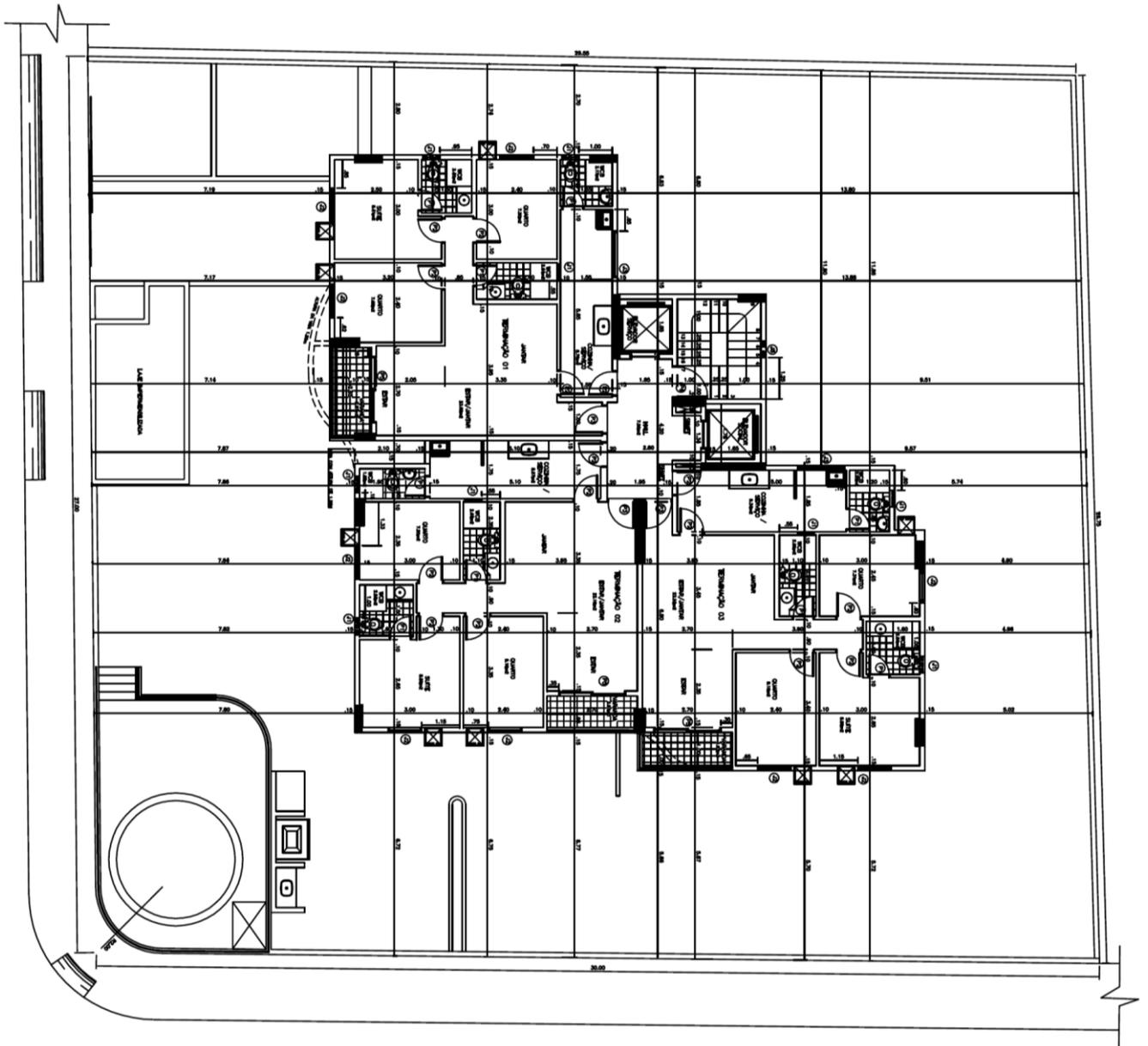
## PLANTA DO PILOTIS – RESIDENCIAL SAN MARTIN



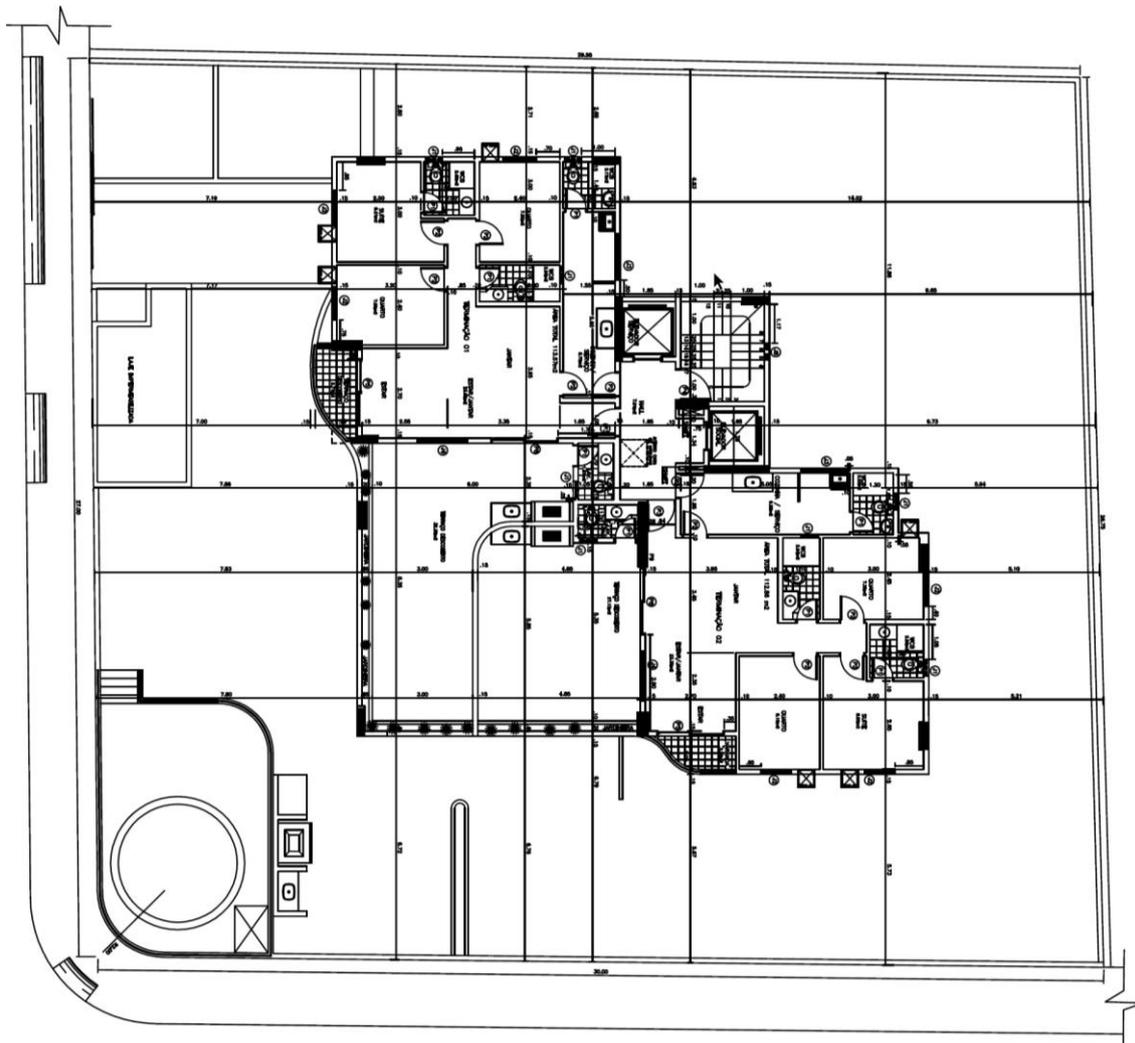


### ANEXO F

### PLANTA DO 1 AO 10 ANDAR – RESIDENCIAL SAN MARTIN



**ANEXO G**  
**PLANTA DA COBERTURA – RESIDENCIAL SAN MARTIN**



## ANEXO H

### PROGRAMA NETUNO 4 – INTERFACE INICIAL

Netuno 4

Simulação Ajuda Citação Validação Sobre

Carregar simulação previamente salva

Carregar dados de precipitação	
Número de registros	
Data inicial (dd/MM/yyyy)	
Descarte escoamento inicial (mm)	

Área de captação (m<sup>2</sup>)

Demanda total de água (litros per capita/dia)

 Variável...

Número de moradores

 Variável...

Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial

Coefficiente de escoamento superficial

Observações

Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação.  
Este campo não afeta os cálculos.

Reservatório superior

Reservatório inferior

Simulação para reservatório com volume conhecido

Simulação para reservatórios com diversos volumes