

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Pedro Henrique Vargas Iori de Souza e Silva**

**PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS**

**Taubaté**

**2019**

**PEDRO HENRIQUE VARGAS IORI DE SOUZA E SILVA**

**PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso para  
obtenção do Título de Graduação em  
Engenharia Ambiental e Sanitária do  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade de Taubaté.

Prof. Orientador: Dr. Ademir Fernando  
Morelli

**Taubaté – SP  
2019**

**PEDRO HENRIQUE VARGAS IORI DE SOUZA E SILVA**

**PROJETO E EXECUÇÃO DE UM SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS**

TCC apresentado para obtenção do  
Certificado de Graduação pelo Curso de  
Engenharia Ambiental e Sanitária do  
Departamento de Engenharia Civil da  
Universidade de Taubaté,

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Ademir Fernando Morelli - *Universidade de Taubaté*

Prof. Me. Antonio Claudio Testa Varallo - *Universidade de Taubaté*

Convidado Thiago Vargas Moreira - *Engenheiro Ambiental e Sanitarista*

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus. Sem ele nada seria possível. Dedico este trabalho de pesquisa aos meus pais. Sua grande força foi a mola propulsora que permitiu o meu avanço, mesmo durante os momentos mais difíceis. Agradeço do fundo do meu coração.

## EPÍGRAFE

“A diferença entre um homem de sucesso e outro orientado para o fracasso é que um está aprendendo a errar, enquanto o outro está procurando aprender com os seus próprios erros.”

Confúcio

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Área dos municípios nos subcompartimentos da UGRHI 02.....	16
Tabela 2 – Balanço demanda / oferta no subcompartimento.....	19
Tabela 3 – Índice pluviométrico de 1957 a 2019 em Taubaté.....	20
Tabela 4 – Índice pluviométrico na cidade de Taubaté.....	25
Tabela 5 – Relação Vazão/diâmetro, dos condutores horizontais em seção circular..	26
Tabela 6 – Relação Vazão/diâmetro, dos condutores Verticais em seção circular.....	26
Tabela 7 – Média mensal do volume aproveitável, em litros, de água da chuva.....	34
Tabela 8 – Economia média mensal com base nos valores de precipitação.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Egito antigo, canais para irrigação.....	6
Figura 2 – Aqueduto romano.....	7
Figura 3 – Cloaca máxima.....	7
Figura 4 – Ciclo Hidrológico.....	8
Figura 5 – Disponibilidade hídrica mundial.....	9
Figura 6 – Índice de disponibilidade de água per capita (m <sup>3</sup> /pessoa/ano).....	10
Figura 7 – Situação hídrica mundial.....	11
Figura 8 – Regras de Operação Sabesp.....	13
Figura 9 – Sistema Cantareira durante a crise hídrica.....	14
Figura 10 – Compartimentos, subcompartimentos, municípios e unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos vizinhas.....	15
Figura 11 – Demanda de água superficial por tipo de uso (m <sup>3</sup> /s).....	17
Figura 12 – Demanda subterrânea por tipo de uso (m <sup>3</sup> /s).....	18
Figura 13 – Imagem aérea do local.....	22
Figura 14 – Consumo nos últimos 12 meses na residência.....	23
Figura 15 – Método de cálculo da área de contribuição.....	24
Figura 16 – Correlação condutores circulares / retangulares.....	26
Figura 17 – Base do reservatório.....	32
Figura 18 – Reservatório utilizado na obra.....	33
Figura 19 – Obra nos condutores.....	33

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o planejamento e execução da obra de um sistema de captação de água da chuva, em Taubaté/SP. O trabalho se desenvolveu com base na norma NBR 15.527/2019 - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, com o objetivo de aprimorar o método de execução do projeto.

Através de pesquisa ficou claro que desde a antiguidade o homem, busca locais próximos a corpos d'água, facilitando assim o cultivo, e grandes obras da engenharia antiga, que foram voltadas para o transporte e uso da água.

Durante o trabalho notou-se que a questão da mudança climática no interfere diretamente na questão hidrológica do planeta, onde cada vez é mais difícil fazer previsões. Outro fato a ser considerado, é que devido a isso as médias pluviométricas históricas vem se alterando, assim encontra-se dificuldade na definição de tempo de retorno para planejamento da obra.

O trabalho se desenvolveu visando uma solução para futuras crises hídricas, que possam se apresentar, e buscando fornecer auxílio econômico e se tornando um item de sustentabilidade para tempos em que a chuva se faz presente.

Ao fim do trabalho ficou claro que esse tipo de obra é uma forma de resguardo, para futuras secas, devido a imprevisibilidade hídrica, e que devido ao grande valor da obra, ela não se justifica na parte de economia na conta de água. Entretanto, sendo um excepcional aspecto de sustentabilidade, e na parte social, auxiliando na infiltração de água no solo evitando possíveis enchentes nos tempos de chuva.

Palavra chaves: Aproveitamento, Mudança climática, imprevisibilidade, economia e sustentabilidade.



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Justificativa .....	3
2. OBJETIVOS .....	4
2.1. Geral .....	4
2.2. Específicos.....	4
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
3.1. A água e a história humana .....	5
3.2 O ciclo hidrológico.....	8
3.3 Disponibilidade hídrica mundial.....	9
3.4 Como as mudanças climáticas afetam o recurso hídrico .....	11
3.5 Contextualização local .....	12
3.5.1 A Crise hídrica e suas consequências na grande São Paulo .....	12
3.5.2 Bacia do Paraíba do Sul .....	14
3.5.3 Uso de água na URGHI 02 .....	17
3.5.4 Balanço hídrico da URGHI 02.....	18
3.5.5 Média pluviométrica de Taubaté de 1957 a 2019 .....	19
3.6 NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - ABNT NBR 15527:2019 – Requisitos .....	20
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
4.1. Caracterização da área de estudo .....	21
4.2 Método utilizado no projeto .....	23
4.3 Memória de cálculo .....	28
4.3.1 Cálculo dos condutores .....	28
4.3.2 Volume do reservatório (método prático alemão):.....	29
4.3.3 Potência da bomba .....	30
4.4 Principais materiais utilizados .....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
6. CONCLUSÃO.....	35
7. REVISÃO DE LITERATURA.....	36

## 1.INTRODUÇÃO

A água tem função essencial para a manutenção da vida no planeta, pois todos os seres vivos são formados por células que necessitam principalmente de água para se manterem vivas.

O planeta Terra tem 97% de sua superfície coberta por água (Saveh,2016), entretanto a maioria dessa água é salgada, portanto imprópria para o consumo humano. Apenas uma pequena parcela da água do planeta é doce, porém a maioria dessa água se encontra em locais de difícil acesso restando uma pequena parte presente em rios, lagos, mangues etc.

É importante salientar que desde o começo da história, o ser humano mesmo em sua fase nômade buscava sempre o suporte de rios e lagos para sua sobrevivência (Ricardo M., Pinto-Coelho & Karl Havens, Crise nas Águas,2015).

Com o passar dos anos e início das primeiras civilizações o homem começou a desenvolver técnicas para transporte da água em benefício próprio de forma a facilitar o plantio, caso ocorrido em diversas civilizações que migraram para Mesopotâmia, devido a presenças dos rios Tigre e Eufrates e Egito devido ao rio Nilo.

Atualmente o planeta Terra está com 8 bilhões de habitantes, e segundo a (OMS e a UNICEF, 2019) “1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, cerca de 2,2 bilhões, não têm acesso a água potável em casa, e seis em cada dez ou 4,2 bilhões carecem de saneamento seguro e 3 bilhões não possuem instalações básicas”. Até mesmo as primeiras civilizações anteriormente citadas vivem sobre disputa de controle sobre os rios e bacias hidrográficas locais.

O Brasil possui a maior reserva de água doce do planeta, porém há uma distribuição natural irregular em termos espaciais e temporais da água (A má distribuição da água no Brasil, João Suassuna, 2004). Como exemplos, tem-se falta de água para a população, vivida diariamente na parte do semiárido na região Nordeste, ligado a falta de adaptação da população ao clima local. Outro exemplo, entre 2014 a 2016 a falta de água prejudicou em muito a população da região metropolitana de São Paulo, onde o reservatório da Cantareira se esgotou. Desta forma medidas drásticas foram tomadas como a utilização do volume morto, que

apresentava água de qualidade inferior, para ser distribuída para população. Com o retorno das fases de chuva o volume dos reservatórios da grande São Paulo foi se restaurando, todavia ainda não retornou ao normal.

Devido a isso a Sabesp Inaugurou em 2018 uma obra de interligação do rio Paraíba do Sul com diversas represas que abastecem a grande São Paulo com o objetivo de reforçar o abastecimento. O grande problema é que obras como essa não são a solução para a crise hídrica e isso poderá afetar em tempos de seca a Região do Vale do Paraíba, onde está o local do estudo.

O grande desafio atual da poluição mundial é deixar de caminhar para a insustentabilidade da vida, e passarmos a ser sustentáveis.

Por conta disso aproveitamento de água da chuva, aliado às demais técnicas de sustentabilidade, é cada vez mais visto com bons olhos pela população brasileira e pode se tornar uma forma de segurança hídrica.

Assim, a ideia de implantação de um sistema de captação de água da chuva para reuso para usos residenciais vem se tornando cada vez mais uma ideia bem vista pela população e algo que deve ser estimulado para o desenvolvimento de residências ecologicamente corretas.

## 1.1 Justificativa

A crise hídrica que se passou no Brasil nos últimos anos, apresentou uma realidade, que para muitos era desconhecida, a falta de água.

A falta de água atinge milhares de pessoas ao redor do mundo e no Brasil não é diferente. De 2014 a 2016, o que se viu foi um aumento desse número na região metropolitana São Paulo, e como consequência disso diversas atitudes do governo foram tomadas de forma até mesmo equivocada, embora seja parte da hidrologia moderna a interligação de bacias, o desvio de água da bacia do Rio Paraíba do Sul para abastecimento da Grande São Paulo, sem a tomada de medidas do uso racional e reuso da água (Com interligação, rio Paraíba do Sul passa a abastecer São Paulo, Globo.com, 2018)

Esse tipo de empreendimento pode gerar consequências graves para a região do Vale do Paraíba e região metropolitana do Rio de Janeiro (que também usa a água da Bacia do Rio Paraíba do Sul pelo desvio para o sistema Guandu), que em alguns anos pode vir a sofrer novas crises hídricas, de forma que cada vez mais pessoas ficarão sem acesso a água para os usos cotidianos, isto porque segundo o plano de bacia do Paraíba do Sul a região de Taubaté se encontra em estado de criticidade muito alta.

Assim surgiu a ideia da pesquisa, que busca implantar um sistema de captação de água da chuva com reservatório, com o objetivo em tempos de crise dar segurança hídrica e suporte para o uso consciente de água em residências no vale do paraíba.

O tema já é muito desenvolvido teoricamente e já está bem implantado na região Nordeste do Brasil, devido aos períodos de seca que se apresentam todos os anos pela região.

No vale do Paraíba é incomum, residências possuírem reservatórios para captação da água da chuva, porém é uma realidade que deve ser desenvolvida e implantada, analisando as características da região como histórico de dados meteorológicos disponibilizados pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), em comparação com o fator de segurança da NBR (ABNT 10844), além de levar em conta as mudanças climáticas que o mundo todo vem sofrendo devido ao aquecimento global.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

Desenvolver e implantar um sistema de aproveitamento de água da chuva em Taubaté, buscando externalizar todas as características do projeto, metodologia, aspectos financeiros, ecológicos e custo benefício.

### **2.2. Específicos**

- a) Complementar o aproveitamento da água de chuva pelo método baseado na norma ABNT (NBR 15.527) (aplicada a usos não-potáveis da água) visando a melhoria na qualidade da água;
- b) Melhorar a eficiência do sistema conjugando outras técnicas como a reutilização de materiais presentes na residência e sistema de filtragem na tubulação.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. A água e a história humana

Ao longo de sua história o homem busca formas de se adequar ao meio em que vive, dependendo de fatores indispensáveis para sua sobrevivência. Um dos principais fatores é a presença de água no meio em que se encontra.

O homem ao longo de sua existência necessitou de técnicas para utilização da água, a fim de garantir seu desenvolvimento ao longo dos anos. Ao longo dos séculos o homem aprendeu a encontrar, armazenar, tratar e distribuir a água para benefício próprio. O primeiro grande passo em relação ao armazenamento, foi o surgimento da cerâmica, que apareceu em 7.000 a.C., e segundo (Piterman & Greco, 2005) passou a ser fundamental para o incremento da capacidade de armazenamento de água.

Uma das primeiras revoluções da humanidade, a revolução agrícola, só foi possível devido a construções de obras voltadas para obtenção e transporte de água, como poços, canais, represas e aquedutos (Ricardo M., Pinto-Coelho & Karl Havens, Crise nas Águas, 2015).

As primeiras grandes civilizações, por volta de 5000 a. C. se desenvolviam sempre próximas de rios, devido ao desenvolvimento das técnicas de agricultura, como no caso de Egito onde a população se estabelece próxima ao rio Nilo e na Mesopotâmia entre os rios Tigre e Eufrates; como ilustrado na Figura 1 civilizações que veneravam a água como deuses devido a sua tamanha importância. Grandes técnicas como a construção de canais foram as principais obras da engenharia desse tempo, e possibilitavam o plantio em áreas antigamente improdutivas (Ricardo M., Pinto-Coelho & Karl Havens, Crise nas Águas, 2015).



Figura 1 – Egito antigo, canais para irrigação

Fonte: (Piquini, 2013)

Com o passar dos anos, o homem começou a dar importância ao saneamento básico e as obras de engenharia se tornavam cada mais impressionantes. Roma, uma das maiores civilizações antigas, foi responsável pelo desenvolvimento de técnicas para o transporte de água com aquedutos, e devido sua imponência ainda estão de pé, e redes de esgoto conhecida como a Cloaca máxima que é utilizada até os dias atuais.



Figura 2 – Aqueduto romano

Fonte: (Emanuele, 2007)



Figura 3 – Cloaca máxima

Fonte: (Hammerschmidt, 2018)

Durante a idade média, o homem começou a deixar o comércio falar mais alto, assim os rios e mares se tornaram as principais rotas comerciais do homem.

Com isso o homem foi deixando de lado o saneamento, que acarretou diversas doenças que assolaram as grandes civilizações modernas durante o período da revolução industrial. A partir daí, o homem começou a desenvolver técnicas e estabelecer padrões voltados para qualidade da água, desta forma aumentando a



expectativa de vida por todo o mundo e diminuindo a taxa de mortalidade devido a poluição da água.

Porém, o homem começou a enfrentar outro problema: o desperdício, e devido ao grande aumento populacional no último século, milhares de pessoas começaram a ficar sem acesso a água, e com a questão do aquecimento global, que afeta a situação climática do planeta, tende a piorar o número de pessoas que sofrem com a falta de água devido a imprevisibilidade da situação hidrológica.(ANA,2010).

### 3.2 O ciclo hidrológico

Segundo o Serviço Geológico do Brasil 2019, o ciclo hidrológico nada mais é do que sistema que transporta a água pelo planeta. É a forma que a água passa do oceano para a atmosfera, até que por fim aos continentes, de onde retornam superficial ou subterraneamente até o oceano. O transporte se dá de maneira contínua e depende basicamente da força da gravidade e da energia solar.

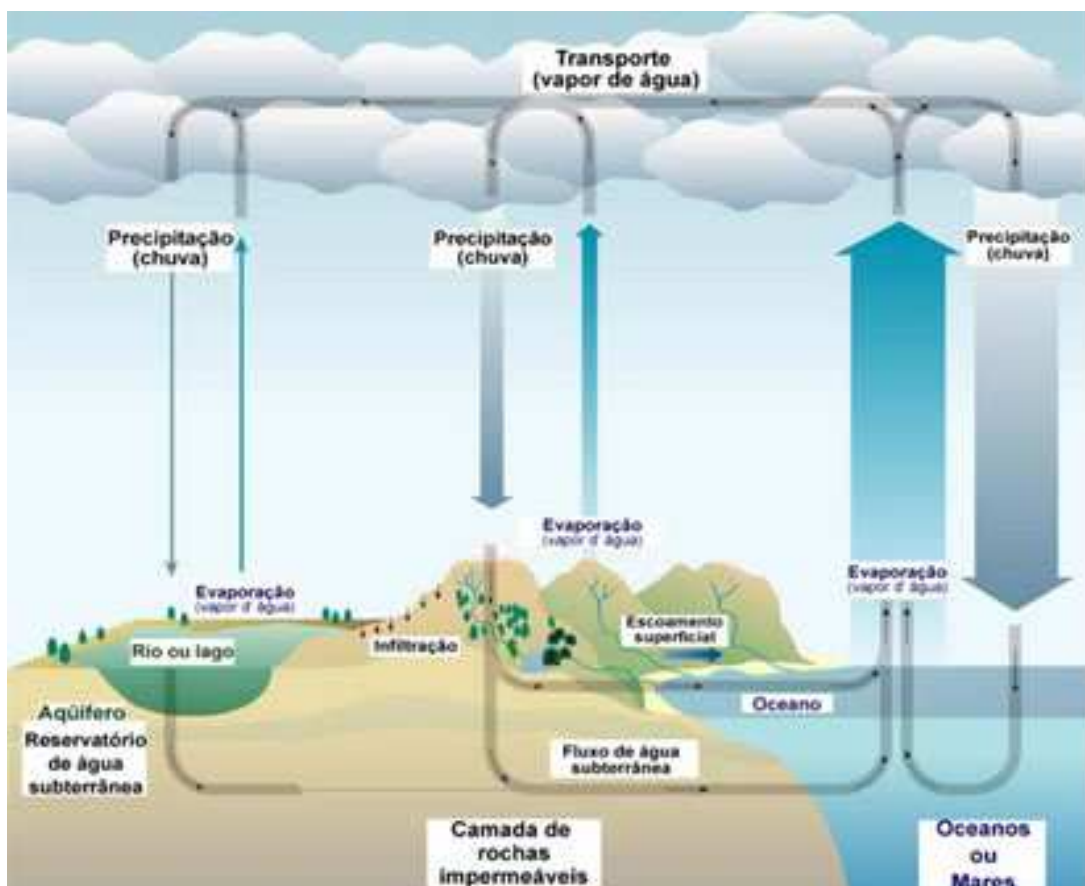


Figura 4 – Ciclo Hidrológico  
Fonte: CPRM 2019

### 3.3 Disponibilidade hídrica mundial

A água é o recurso natural mais importante para existência de vida no planeta. A água ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, onde aproximadamente 97% da água é salgada, sendo assim imprópria para o consumo humano. Desta forma, temos que 3% da água disponível no planeta é doce, todavia 2,5% desta água está presa em geleiras, e dos 0,5% restantes, a grande maioria está presa em aquíferos subterrâneos, o que dificulta o acesso humano (Saveh,2016).

Sendo assim segundo a (UN-Water, United Nations Water, 2006) somente 0,04% da água do planeta se encontra em rios e lagos, como na figura abaixo:

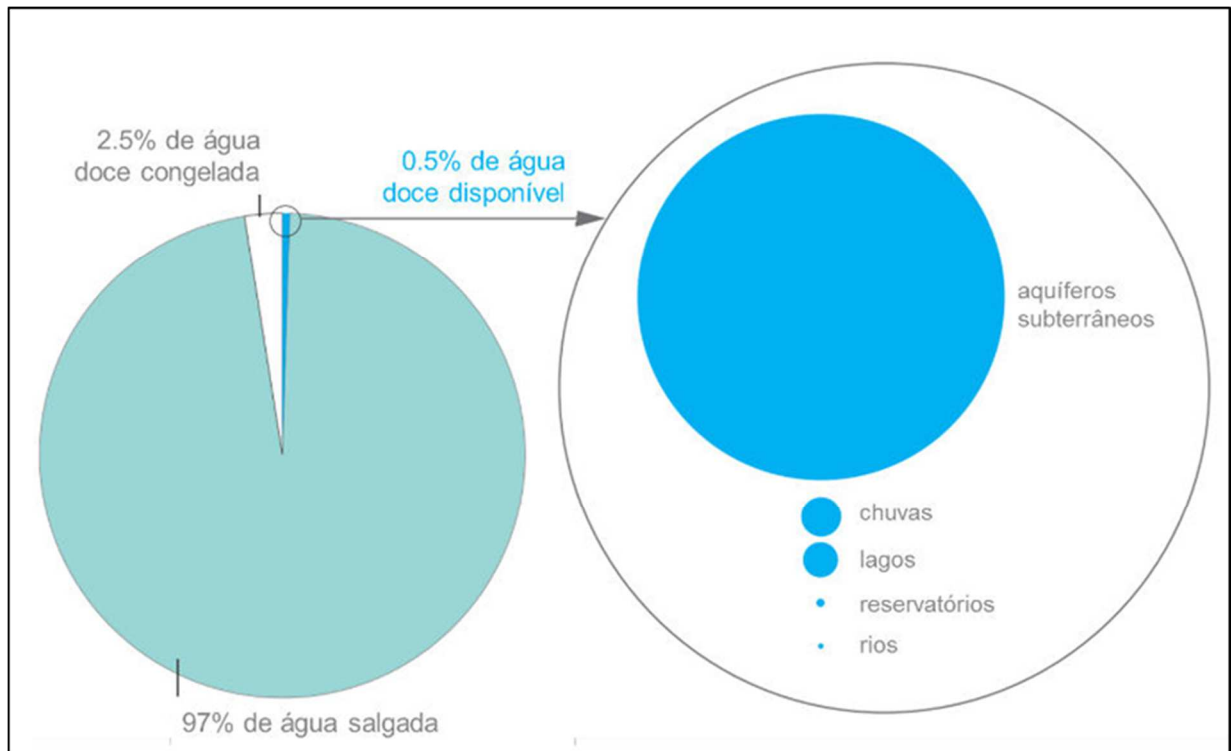


Figura 5 – Disponibilidade hídrica mundial

Fonte: Saveh (2016)

Outro fato a ser abordado é a forma com que a água doce do planeta está distribuída. A água é distribuída de forma irregular pelo globo, e sua distribuição depende dos ecossistemas que compõe o território de cada país. Cerca de 60% da água doce do planeta está dividida entre os seguintes países: Brasil, Rússia, China, Canadá, Indonésia, EUA, Índia, Colômbia e Congo.

O fator mais agravante é a densidade populacional de cada país, que acaba por prejudicar a disponibilidade de água per capita, como informado na figura a seguir.

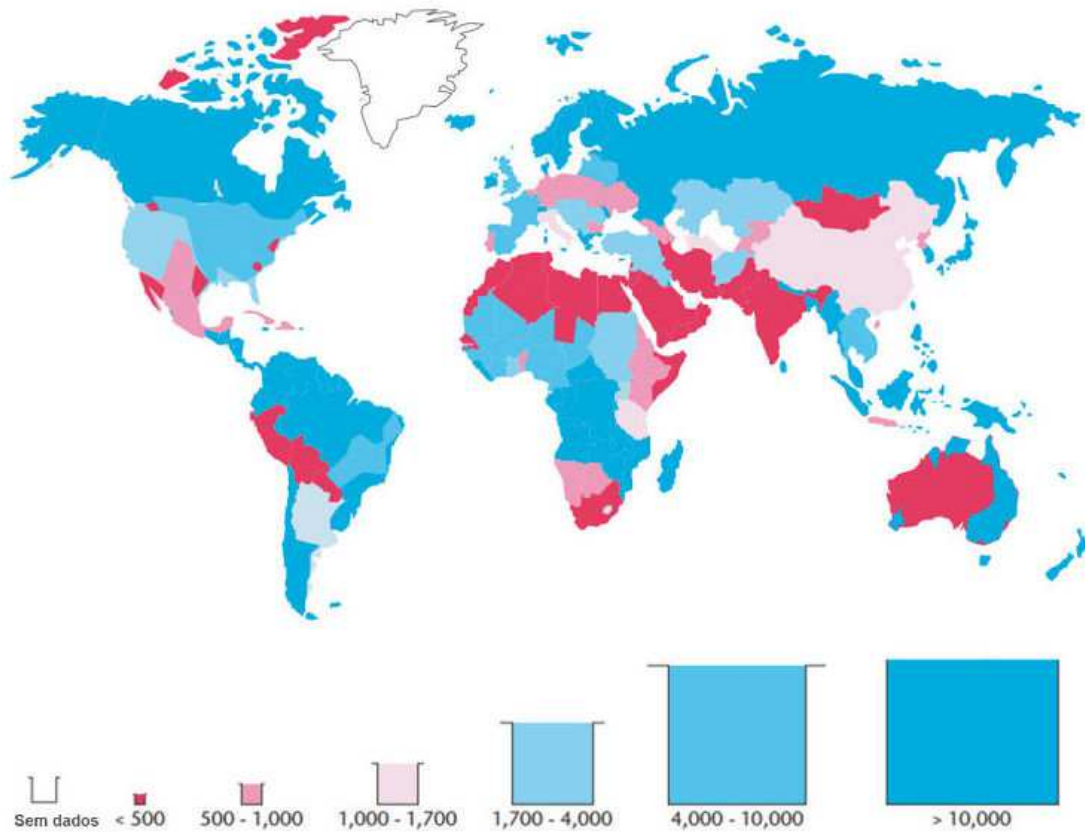


Figura 6 – Índice de disponibilidade de água per capita (m³/pessoa/ano)

Fonte: Saveh (2016)

Um dos casos mais críticos e que está prestes a se tornar insustentável para a população é o da Índia. A Índia possui a segunda maior população mundial atualmente, e segundo dados da (ONU - Organização das Nações Unidas) uma pessoa necessita de 40 litros diários de água para beber, tomar banho, escovar os dentes, lavar as mãos, cozinhar etc. Porém o indiano atualmente consome apenas 25 litros de água diários, entretanto o caso está cada vez pior, pois segundo a (ONU, 2019) haverá um aumento exponencial da população mundial até o fim do século, onde a população irá alcançar os 11 bilhões de habitantes, e a Índia vai possuir a maior população do planeta já em 2027, ultrapassando a China.

Desta forma é cada vez mais claro que mesmo com a abundância da água no planeta, ela não está bem distribuída e o custo do acesso a água para locais que sofrem com a falta de água é muito alto. Assim, segundo a ONU cerca de 10% da população mundial já não possui acesso a quantidade ideal de água por dia, e mesmo em países com recursos hídricos abundantes, existem riscos de escassez, seja por efeitos climáticos ou por dificuldades logísticas para o fornecimento de água, como observamos na crise hídrica de São Paulo de 2014 a 2016.

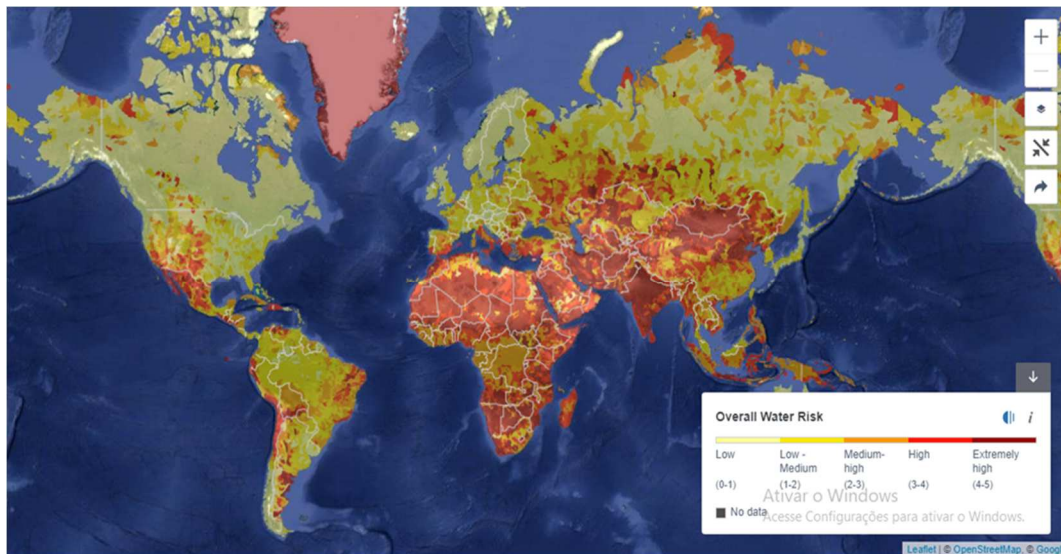


Figura 7 – Situação hídrica mundial  
Fonte: World Resources Institute (2019)

### 3.4 Como as mudanças climáticas afetam o recurso hídrico

Segundo a ANA (Agência Nacional das Águas) (ANA, 2010) notícias relativas a previsões de mudanças climáticas globais nos tempos e as previsões dos possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos sobre o planeta têm gerado grande apreensão na sociedade. Diversos países desenvolveram modelos climáticos nos centros de pesquisa, que embora diverjam entre si quantitativamente, coincidem em apontar para um cenário socioeconômico de maior estresse e conflito, devido a mudanças na disponibilidade hídrica e na geografia agrícola mundial e a maior frequência de eventos climáticos críticos.

Assim, a incidência de eventos como a crise hídrica na grande São Paulo durante o período de 2014 a 2016, ou o outro extremo como ocorrido no Japão em 2018, onde chuvas extremas e enchentes deixaram mais de 200 pessoas mortas.

Estes são exemplos de fenômenos climáticos que reforçam a sensação de imprevisibilidade do clima.

Com base em estudos e pesquisas o relatório da (ANA) sobre Os Efeitos Das Mudanças Climáticas Sobre os Recursos Hídricos: Desafios Para a Gestão.

*“é fato que o ciclo hidrológico está diretamente vinculado às mudanças de temperatura da atmosfera e ao balanço de radiação. Com o aquecimento da atmosfera, de acordo com o que sinalizam os modelos, esperam-se, entre outras consequências, mudanças nos padrões da precipitação (aumento da intensidade e da variabilidade da precipitação), o que poderá afetar significativamente a disponibilidade e a distribuição temporal da vazão nos rios. Em resumo: os eventos hidrológicos críticos, secas e enchentes, poderão tornar-se mais frequentes. (Márcia Regina,2010)*

### **3.5 Contextualização local**

#### **3.5.1 A Crise hídrica e suas consequências na grande São Paulo**

A região Sudeste brasileira apresenta ciclos hidrológicos bem definidos que se estendem da estação chuvosa, com valores máximos de dezembro-fevereiro e estações secas, com valores mínimos de junho a agosto, segundo a (Revista USP – SP, nº 106, 2015). Porém, o início da estação chuvosa a partir do dia 1º de novembro de 2013, apresentou valores com déficit de chuva até metade do mês, seguido de um período que aparentava normalidade, entrando no mês de dezembro houve um episódio de ZCAS (Zona de Convergência da América do Sul) muito intenso, que foi alimentado por um fluxo de umidade vindo da Amazônia, que gerou enchentes severas na bacia do Rio Doce. E devido a divergência de umidade na região de São Paulo, deu origem ao período de estiagem.

Segundo a revista (CES Nº 29, 2015) após o verão mais quente e seco das últimas 7 décadas, os principais reservatórios da grande São Paulo sofreram com níveis baixos, dentre eles se encontram (Sistemas Alto Tietê, Guarapiranga, Alto Cotia, Rio Grande, Rio Claro e Cantareira).

A situação mais comentada durante o período foi a do Sistema Cantareira, onde segundo a (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp), a

região tem como precipitação média no mês de janeiro 268 mm, já no período de janeiro de 2014 foi de 87,9 mm, e esse cenário se estendeu por toda a estação chuvosa daquele período, o que acarretou no menor nível histórico do reservatório: 13,4%, registrado ao fim do verão 2013-2014. Ao decorrer da crise foi necessário utilizar o “volume morto” do sistema. O volume morto nada mais é do que um reservatório situado abaixo das comportas das represas do Sistema. Conhecida também como reserva técnica.



Figura 8 – Regras de Operação Sabesp  
Fonte: ANA (2019)

Outro dado importante é que em outros períodos de secas da região do Sistema Cantareira durante o período do verão de dezembro-fevereiro desde o ano de 1961, o segundo pior cenário ocorreu no ano de 1971 onde neste período choveu 153,4 mm a uma temperatura média de 30,7°C (INMET, CPTEC Inpe,2019 ).

Devido ao volume baixo do reservatório e à chuva abaixo do normal em toda a região sudeste, outros reservatórios começaram a apresentar deficiência, e houve diversas consequências.

A SABESP passou a reduzir a extração da água nos reservatórios e começou a oferecer desconto para a economia de água de seus clientes, porém milhares de pessoas relataram falta de água em diversas regiões de São Paulo.



Figura 9 – Sistema Cantareira durante a crise hídrica

Fonte: Google Imagens

Ainda segundo a (Revista USP – SP, nº106, 2015) a seca apresentou impactos socioeconômicos em áreas que exploram o turismo e lazer às margens de rios e represas, aumento nos preços dos alimentos e nas tarifas de energia em residências, indústrias e comércios. Na parte ambiental, outro grande efeito da seca foi o aumento do número de focos de queimadas.

Com toda essa crise, o nível o Sistema Cantareira nunca se estabilizou por completo, e com objetivo de reforçar o abastecimento de água na grande São Paulo, em 2018 foi inaugurado a interligação do Rio Paraíba do Sul ao Sistema Cantareira, que abastece a capital.

### **3.5.2 Bacia do Paraíba do Sul**

Com uma área total de 14.491,17 km<sup>2</sup>, a URGHI 02 encontra-se dividida em quatro compartimentos (CP1-Região das Cabeceiras, CP2- Região do reservatório do Jaguari, CP3-Região do Paraíba do Sul e CP4- Região da Bocaina), onde estes estão divididos em sub-compartimentos, totalizando 9 sub-compartimentos ao todo.



Figura 10 – Compartimentos, subcompartimentos, municípios e unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos vizinhas

Fonte: COHIDRO (2014)

Onde segundo (O plano de bacia do Paraíba do Sul) existem ao todo 39 municípios com área, dentre esses 34 tem sede na UGRHI 02 e 5 tem sede da UGRHI 06 (Arujá, Guarulhos, Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes e Salesópolis).



Tabela 1 – Área dos municípios nos subcompartimentos da UGRHI 02

município	Porcentagem da área do subcompartimento ocupada pelos municípios (%), com destaque em cor para os municípios com sede no subcompartimento								
	CP1-CAB-A	CP1-CAB-B	CP2-JAG-A	CP2-JAG-B	CP3-PS-A	CP3-PS-B	CP3-PS-C	CP4-BOC-A	CP4-BOC-B
Aparecida	-	-	-	-	-	-	4,61	-	-
Arapeí	-	-	-	-	-	-	-	15,31	-
Areias	2,13	-	-	-	-	-	2,97	13,26	-
Bananal	-	-	-	-	-	-	-	48,53	25,67
Caçapava	-	-	-	-	-	12,14	-	-	-
Cachoeira Paulista	-	-	-	-	-	-	11,00	-	-
Canas	-	-	-	-	-	-	2,09	-	-
Cruzeiro	-	-	-	-	-	-	11,4	-	-
Cunha	31,75	-	-	-	-	-	-	-	9,95
Guaraçema	-	-	-	10,49	50,30	-	-	-	-
Guaratinguetá	2,9	-	-	-	-	0,77	22,8	-	-
Igaratá	-	-	21,96	-	-	-	-	-	-
Jacareí	-	7,6	4,80	25,34	37,80	1,85	-	-	-
Jambeiro	-	23,15	-	-	-	-	-	-	-
Lagoinha	5,97	-	-	-	-	-	-	-	-
Lavrinhas	-	-	-	-	-	-	5,25	-	-
Lorena	2,95	-	-	-	-	-	10,60	-	-
Monteiro Lobato	-	-	1,23	-	-	10,56	-	-	-
Natividade da Serra	19,48	-	-	-	-	-	-	-	-
Paraibuna	12,99	21,06	-	-	-	-	-	-	-
Pindamonhangaba	-	-	-	-	-	24,84	-	-	-
Piquete	-	-	-	-	-	-	5,60	-	-
Potim	-	-	-	-	-	1,05	0,49	-	-
Queuz	-	-	-	-	-	-	9,38	-	-
Redenção da Serra	4,43	13,11	-	-	-	0,44	-	-	-
Roseira	-	-	-	-	-	3,54	0,65	-	-
Santa Branca	-	33,73	-	-	1,31	-	-	-	-
Santa Isabel	-	-	23,05	12,59	-	-	-	-	-
São José do Barreiro	0,20	-	-	-	-	-	-	22,90	64,38
São José dos Campos	-	0,47	40,60	13,19	-	16,97	-	-	-
São Luís do Paraitinga	14,45	-	-	-	-	-	-	-	-
Silveiras	2,75	-	-	-	-	-	11,20	-	-
Taubaté	-	-	-	-	-	21,35	-	-	-
Tremembé	-	-	-	-	-	5,35	-	-	-
Arujá*	-	-	3,83	5,41	-	-	-	-	-
Guarulhos*	-	-	4,53	-	-	-	-	-	-
Itaquaquecetuba*	-	-	-	2,56	-	-	-	-	-
Mogi das Cruzes*	-	-	-	30,42	10,60	-	-	-	-
Salesópolis*	-	0,88	-	-	-	-	-	-	-

\* Município da UGRHI 06 (Alto Tietê) com trecho na UGRHI 02 (Paraíba do Sul).

Fonte: Regea (2016)

### 3.5.3 Uso de água na URGHI 02

Foram definidos como base segundo o (DAEE) 5 tipos de uso de água para representação sendo eles:

- **Urbano:** Uso destinado ao consumo humano de núcleos urbanos;
- **Industrial:** Uso em empreendimentos industriais, assim como nos seus sistemas e processos;
- **Rural:** Uso em atividades rurais, como aquicultura e dessedentação de animais, hidro agricultura, exceto a irrigação;
- **Irrigação:** Água utilizada em irrigação;
- **Outros:** Utilização da água em atividades que não se enquadram em nenhuma das anteriores.

A partir disto foram verificados dados onde como resultados foram apresentados os seguintes gráficos, um com a demanda a partir da captação superficial e o outro a partir da captação subterrânea. Os resultados estão representados a seguir:



Figura 11 – Demanda de água superficial por tipo de uso (m<sup>3</sup>/s)  
Fonte: DAEE (2016)



Figura 12 – Demanda subterrânea por tipo de uso (m³/s)  
Fonte: DAEE (2016)

### 3.5.4 Balanço hídrico da URGHI 02

Segundo dados das outorgas cadastradas no DAEE comparado com a oferta mínima restritiva ( $Q_{7,10}$ ), obteve-se com resultado que 3 dos 9 sub-compartimentos da bacia se encontram em situação crítica muito elevada, nele se encontra CP3-OS-B (local do estudo), com os municípios de (Potim, Roseira, Pindamonhangaba, Tremembé, Taubaté, Monteiro Lobato, Caçapava e São José dos Campos).

Tabela 2 – Balanço demanda / oferta no subcompartmento

SC	Demanda (m <sup>3</sup> /s)			Oferta (m <sup>3</sup> /s)			Demanda/oferta (%)	
	Superficial (1)	Subterrânea (2)	Total (3)	Q <sub>7,10</sub> (4)	Q <sub>7,10</sub> med (5)	Mínima no exutório (6)	(3)/(4)	(3)/(6)
CP1-CAB-A	0,4471	0,2501	0,6971	13,9	7	7,59	5,0158	9,1858
CP1-CAB-B	0,1462	0,1873	0,3335	2,2	10	10,43	15,159	3,1975
CP2-JAG-A	5,8384	0,2917	6,1301	6,4	4	4	95,783	153,25
CP2-JAG-B	0,5711	0,3091	0,8802	2,2	4	6,16	40,009	14,289
CP3-PS-A	1,8192	0,1987	2,0179	1,5	10	11,97	134,53	16,858
CP3-PS-B	12,0202	3,3631	15,3833	12,1	14	30,25	127,13	50,854
CP3-PS-C	3,9796	0,7484	4,728	13	14	43,24	36,369	10,934
CP4-BOC-A	0,0706	0,0245	0,095	7,6	-	7,57	1,2513	1,2563
CP4-BOC-B	0,0923	0	0,0923	4,2	-	4,24	2,1976	2,1769
<b>UGRHI 02</b>	<b>24,9847</b>	<b>5,3729</b>	<b>30,357</b>					

SC = Subcompartmento.

(1) Dados de captação superficial disponibilizado pelo DAEE e obtidos via e-mail (maio de 2016); (2) Dados de captação subterrânea obtidos no DAEE (maio de 2016), considerando as vazões outorgadas para mineração; (3) Valor total de águas superficiais e subterrâneas captadas sem considerar a demanda para mineração; (4) Valor total dos volumes lançados, disponibilizados pelo DAEE (maio de 2016); (5) Vazão Média mínima anual de sete dias consecutivos com período de retorno de dez anos - vazões produzidas pela bacia sem considerar estruturas hidráulicas (vazões naturais). Cálculo efetuado por meio do método de regionalização hidrológica (DAEE, 1988).

Criticidade	
Muito alta	> 50%
Alta	37,5% a 50%
Média	25% a 37,5%
Baixa	< 25%

Fonte: DAEE (2016)

Segundo o DAEE esse cenário evidencia a necessidade de a UGRHI 02 receber investimentos suficientes para garantir a disponibilidade hídrica, visando o atendimento de suas demandas internas e das demandas externas (Região Metropolitana de São Paulo e Região Metropolitana do Rio de Janeiro).

### 3.5.5 Média pluviométrica de Taubaté de 1957 a 2019

Os dados foram obtidos no Banco de Dados Meteorológicos do DAEE, onde o prefixo da estação de monitoramento foi o E2-095 nomeado REMEDIOS (Altitude = 600 m, Latitude 23°04'00", Longitude = 45°30'00").

Tabela 3 – Índice pluviométrico de 1957 a 2019 em Taubaté

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Junho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total de chuva anual
1957						35,1	30,5	53,9	149,7	227,5	125,4	69,3	691,4
1958	217,5	157,4	199,4	68,1	146,1	49,5	36,7	24,3	159,3	177,3	91,5	275,4	1602,5
1959	178,4	314,6	174,3	87,6	7,3	0,6	0	56,5	9,5	71,8	145	117,5	1163,1
1960	148,4	289,4	191,7	44,3	63,8	51,6	0,3	24,1	12,2	124,5	168,4	165,7	1284,4
1961	175,2	280,9	176,2	58,4	15,9	38	0	6,5	6,5	63,6	100	183,3	1104,5
1962	207,7	181,5	129,5	28,2	68,8	4	22,6	28,5	101,9	156,6	21,9	168,8	1120
1963	168,4	124,3	142,5	0,6	0	0	0,5	7,5	0,4	57,9	181,7	49,9	733,7
1964	77,7	201,1	68,4	44,9	38,2	20,6	55,5	42,6	96	183,8	51,3	105	985,1
1965	279,9	109,1	102,9	42,4	75,2	27,8	73,7	18,5	41,4	175,1	241,9	190,3	1378,2
1966	131,2	95,7		20,3	44,7	0	4	61,9	19,6	134,8	131,2	148,9	792,3
1967	179,7	135,7	141,6	6,1	0	55,4	30,9	0,3	49,4	84	89,3	141,8	914,2
1968	146	92,3	114,1	47,7	18	8,5	8,2	27	43,3	38,3	53,6	206,7	803,7
1969	134,6	145,9	127,4	68,3	12,4	11,1	7,3	33	18,4	133,5	172,6	116,4	980,9
1970	122,2	178,7	71,7	28,1	22,1	39,5	48,1	96,7	46,5	31,7	65,1	121,3	871,7
1971	42,6	30,3	116,4	77,4	43,9	80,1	30,7	27,4	95,6	57,6	129,9	211,8	943,7
1972	99,5	212,9	80,6	45,6	14,6	1,1	43,4	77,5	124,3	143,7	144	155,2	1142,4
1973	111,7	70,1	119	133,9	62,2	4,6	56,1	2,9	80,3	139,5	130,8	241,3	1152,4
1974	283,5	99,8	180,8	40,7	15,1	100,1	0	10,7	55,5	143,1	72,4	279,5	1281,2
1975	200,2	215,5	71,7	59,4	46,2	1	24,5	0	21,9	150,5	192	181,4	1164,3
1976	150,8	217,2	123,4	85,4	81,7	28,2	67,9	60,3	94,8	37,4	66,4	121,7	1135,2
1977	126,1	27,1	26,3	84,4	3,8	36	4,5	8,7	72,5	51,6	62,9	223,4	727,3
1978	128,1	69,1	86,9	20,4	77,9	59,7	21,7	6,5	17,7	95,6	129,6	200,3	913,5
1979	115,4	77	46,6	48,9	127,7	7,2	50,7	57,9	80,8	54,9	175,9	52,2	895,2
1980	--	--	93,3	127,7	12,2	63	1,1	44,7	46,9	88,6	117,9	176,7	772,1
1981	243,9	258,7	149,6	73,1	28,5	38,8	--	23,6	21,1	--	139,2	178	1154,5
1982	291,2	134,8	216,9	42,1	18,9	85,6	70,4	55,1	35,7	177	101,1	270,6	1499,4
1983	265,8	247,3	131,7	141,3	170	178,9	47,5	11,1	237,1	112,1	135,5	216,2	1894,5
1984	125,8	10,5	83,5	107,9	117,6	2,4	4,6	50,8	71,1	57,5	85,3	162,8	879,8
1985	248,6	207,2	182,6	54,6	77,4	11,1	0,7	20,7	96	83	106,4	283,8	1372,1
1986	124,7	166,8	298,7	--									590,2
1992						--	37	34,5	84,3	104,9	180,9	111,5	553,1
1993	154,7	199,5	292,1	134,1	48,3	42	9,5	10	148,3	61,9	40,7	45,4	1186,5
1994	194,5	59,9	115,4	62	76,5	35,6	19,7	0	4,5	107,4	111,9	290,9	1078,3
1995	170,7	331,5	176,2	39,3	75,7	7,1	79,1	8,6	45	267,2	180,5	138,5	1519,4
1996	299,5	155	286,1	31,1	44,3	18,4	2,2	20,6	128,3	105,8	169,9	189	1450,2
1997	222,7	--					9,1	8	98,3	36,4	--	--	374,5
1998	--	--	134,9	38,3	78,8	7,2	--	10,3	--	207,8	58,2	117,5	653
1999	266,7	306,5	140,7	37,4	16,2	56,1	10,1	3,5	40,9	12,9	135,1	88,5	1114,6
2000	276,2	193,1	300,2	51,4	75,1	0,7	47,8	72,4	70,8	52,8	178,1	254,7	1573,3
2001	86,6	98,2	97,4	23,5	65,5	0	62,8	52,5	65,6	123,2	106,5	204,7	986,5
2002	223,7	169,7	95,1	45	72,8	0	6,6	57,4	67,6	93	296	103,6	1230,5
2003	185,7	44,7	117,9	39,5	28,3	1,6	14,7	22,7	21,5	119,4	141,8	108,2	846
2004	217,6	262,6	156	104,7	64,8	61	77,3	2,2	31,4	128,3	198,9	137,2	1442
2005	281,6	74,6	110,9	63,9	99,2	13,1	24,5	1,6	73,7	132,1	133,5	181,8	1190,5
2006	158	269,9	196,3	64,2	30,7	6,1	42	10,7	81,1	109,3	205,8	148,7	1322,8
2007	161,4	82,7	70,4	134,7	43,4	18	83,7	1,3	19,3	127,7	240,3	112,4	1095,3
2008	212,3	139,6	247,3	150	40,1	46,3	0	78,6	49,5	89,3	168,6	290,2	1511,8
2009	190,1	402,2	84,6	77,8	67,6	50,9	92	38,1	110,2	110,5	102,1	313,5	1639,6
2010	195,1	61,9	177	33,5	19,9	5,5	49,5	0	17,4	80,7	83,6	259	983,1
2011	218,9		--	68,8	21,4	26,6	0	9,5	3,4	5,5	31,7	67,9	453,7
2012	35,6	68,1	51,7	50,7	36,5	39,2	51,5	7	18	28	42,7	155,3	584,3
2013	--					--	--	4,9	37,1	115	180,8	108,8	446,6
2014	159,7	44,3	124,1	39	9,5	0,3	30,6	7,6	36,2	39	139,6	94,2	724,1
2015	235,9	203,6	114,5	45,4	67,5	29,1	24	14,3	98,6	63,1	204,6	139,1	1239,7
2016	239,7	194,8	368,2	6,8	56,8	107,6	0	30,4	18,6	92,2	147,9		1263
2017	276,2	58,3	204,8	65,8	79,5	19,6	0,3	17	38,2	134,1	117,2	123,7	1134,7
2018	417,8	128,5	193,6	27	2,9	17,3	4,9	55,1	68,4	193,3	139	120,3	1368,1
2019	290,4												290,4
Média:	190,49	158	147,12	60,03	50,61	31,11	28,7	27,11	61,48	105,33	130,26	165,18	1155,42

Fonte: DAEE (2019)

- Os quadros em brancos não apresentaram dados segundo o DAEE;
  - Os dados dos meses de fevereiro a outubro de 2019 não foram divulgados pelo DAEE.
- 3.6 NBR 15.527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - ABNT NBR 15527:2019 – Requisitos**

A norma tem como objetivo fornecer os requisitos para captação de água da chuva de áreas urbanas, para fins não potáveis.

A norma apresenta primeiramente as condições de concepção do sistema, buscando definir as características históricas do local e os possíveis usos da água da chuva para região.

Em sequência a norma apresenta as condições para dimensionamento de calhas e condutores para o projeto, que deverá seguir os passos apresentados pela norma NBR 10.844, já a remoção de detritos deverá seguir os passos da norma NBR 12.213, e por fim recomenda-se um descarte inicial de 2 mm da precipitação inicial.

O principal aspecto da norma é apresentado pelo cálculo do reservatório onde a NBR, apresenta 6 diferentes formas de cálculo de reservatório, sendo eles:

- Método de Rippl;
- Método da Simulação;
- Método de Azevedo Neto;
- Método Prático Alemão (método adotado);
- Método Prático Inglês;
- Método Prático Australiano.

A norma determina o cálculo de confiança do reservatório. O cálculo tem como objetivo otimizar o sistema, de forma a melhorar o sistema.

$$P_r = N_r/N$$

Onde:

$P_r$  = é a falha;

$N_r$  = é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, ou seja (volume de água no reservatório no fim do mês = 0 m<sup>3</sup>);

$N$  = número de meses considerados (geralmente 12 meses);

Confiança = (1- $P_r$ ). Recomenda-se que os valores de confiança, estejam entre 90 e 99%.

## **4.MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

O projeto está localizado na cidade de Taubaté, no bairro Esplanada Independência. Em uma residência interligada a uma chácara, onde há um grande consumo de água, devido a existência de diversas culturas cultivadas ao longo de seu terreno.



Figura 13 – Imagem aérea do local

Fonte: Google Earth (2019)

O projeto buscou se basear na norma NBR 15.527, buscando transformar o estudo o mais viável possível, pensando na forma econômica e ambiental como um todo.

Abaixo segue o consumo médio de água na residência e da chácara, considerando o período de setembro de 2018 a setembro de 2019.

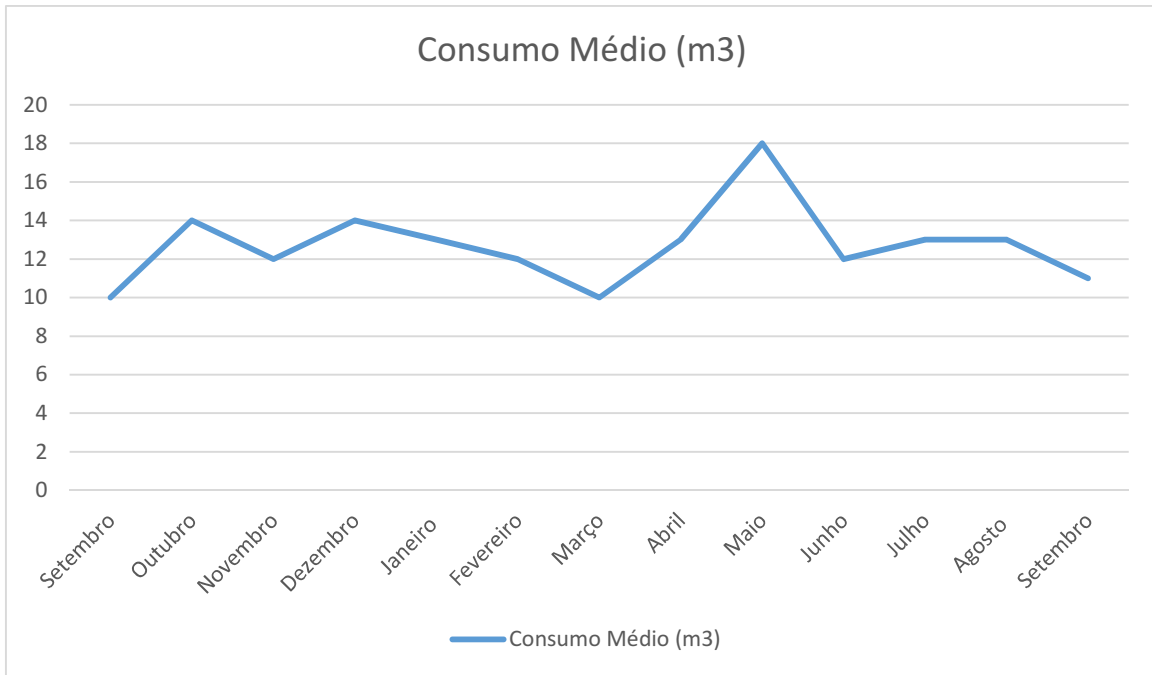


Figura 14 – Consumo nos últimos 12 meses na residência

Fonte: Sabesp (2019)

#### 4.2 Método utilizado no projeto

O método de cálculo foi baseado na norma NBR 15.527. Onde o método escolhido para o cálculo do reservatório foi o método prático alemão.

Que se trata de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório, entre o volume anual de consumo ou o volume anual de precipitação aproveitável. Considerando 6% do menor valor (TOMAZ,2007).

$$V = P \times A \times C$$

Onde:

**V** = é o volume aproveitável de chuva anual em litros;

**P**= é a precipitação média anual

**A** = é a área total do telhado;

**C** = Coeficiente de Runoff (0,8 para telhas de cerâmica).

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06$$



Onde:

$V$  = é o volume aproveitável de chuva anual em litros;

$D$  = é a demanda anual de água não potável em litros;

$V_{\text{adotado}}$  = é o volume de água do reservatório em litros.

O dimensionamento de calhas e condutores, seguiu a norma NBR 10.844/89  
Onde levou-se em consideração a área de captação de água da seguinte forma.

- Telhado principal dividido em quatro áreas iguais;
- Telhado menor;
- Parede entre telhado menor e telhado principal.

Dessa forma foram dimensionadas 6 áreas diferentes, com base nas seguintes regras da norma.

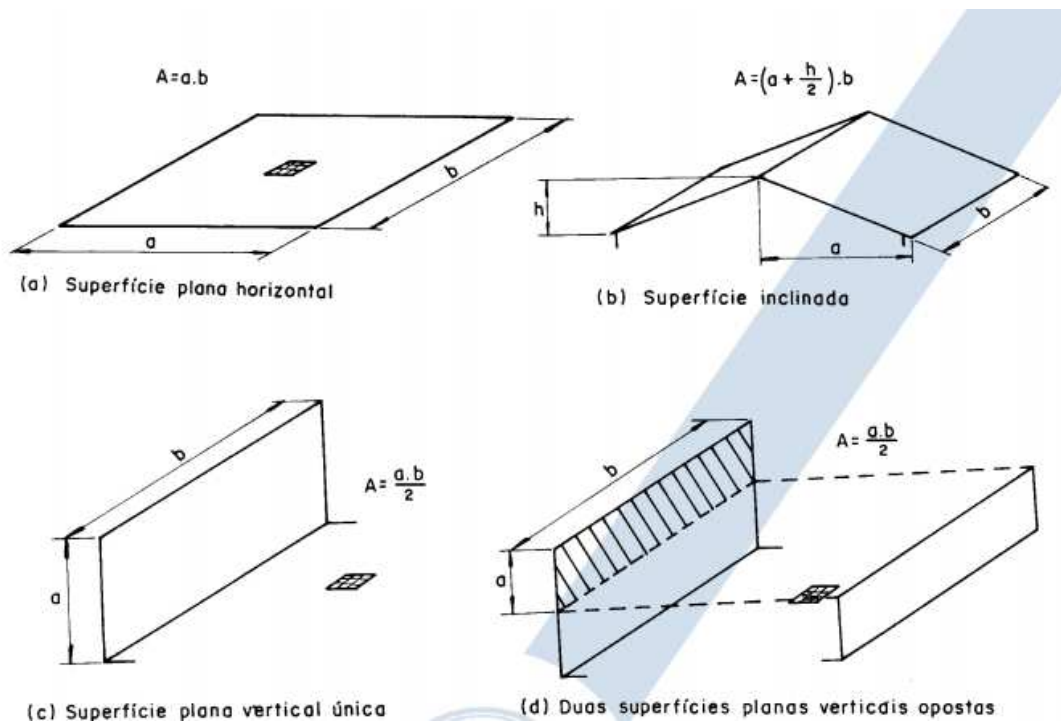


Figura 15 – Método de cálculo da área de contribuição  
Fonte: NBR 10.884 – Instalações prediais de águas pluviais

Sendo a regra  $b$  utilizada para área dos telhados e a regra  $d$  para a parede.

Dessa forma utiliza-se a fórmula da vazão:

$$Q = (I \times A)/60$$

Onde:

**Q** = Vazão do projeto em L/min;

**I** = Intensidade pluviométrica, em mm/h;

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

A intensidade pluviométrica a ser considerada está expressa na própria norma na forma da tabela a seguir:

Tabela 4 – Índice pluviométrico na cidade de Taubaté

67 - Rio Grande/RS	121	132	172(20)
68 - Salvador/BA	108	122	145(24)
69 - Santa Maria/RS	114	122	145(16)
70 - Santa Maria Madalena/RJ	120	126	152(7)
71 - Santa Vitória do Palmar/RS	120	126	152(18)
72 - Santos/SP	136	198	240
73 - Santos-Itapema/SP	120	174	204(21)
74 - São Carlos/SP	120	178	161(10)
75 - São Francisco do Sul/SC	118	132	167(18)
76 - São Gonçalo/PB	120	124	152(15)
77 - São Luiz/MA	120	126	152(21)
78 - São Luiz Gonzaga/RS	158	209	253(21)
79 - São Paulo/SP (Congonhas)	122	132	-
80 - São Paulo/SP (Mirante Santana)	122	172	191(7)
81 - São Simão/SP	116	148	175
82 - Sena Madureira/AC	120	160	170(7)
83 - Sete Lagoas/MG	122	182	281(19)
84 - Soure/PA	149	162	212(18)
85 - Taquarussu/BA	140	202	244
86 - Taubaté/SP	122	172	208(6)
87 - Teresopolis/RJ	108	122	152(8)
88 - Teresina/PI	154	240	262(23)
89 - Teresópolis/RJ	115	149	176
90 - Tupi/SP	122	154	-
91 - Tupi/MG	108	122	152

Fonte: NBR 10.884 – Instalações prediais de águas pluviais.

Os cálculos foram todos feitos com base na intensidade pluviométrica com tempo de retorno de 25 anos, como forma de segurança para grandes precipitações.

Com relação aos condutores verticais e horizontais ambos são dimensionados de acordo com tabelas que relacionam, a vazão com o diâmetro da tubulação.

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

Fonte: NBR 10.884 – Instalações prediais de águas pluviais.

Tabela 6 – Relação Vazão/diâmetro, dos condutores Verticais em seção circular

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área de cobertura (m <sup>2</sup> )
50	0,57	17
75	1,76	53
100	3,78	114
125	7,00	212
150	11,53	348
200	25,18	760

Fonte: Botelho & Ribeiro Jr (1998).

O projeto pode também ser feito por meio de condutores de metal onde deve-se corresponder os seguintes cortes com os condutores circulares.

Corte 25	Corte 28	Corte 33	Corte 40	Corte 45	Corte 50
<b>CONDUTOR RETANGULAR</b>					
<b>CONDUTOR REDONDO</b>					

Figura 16 – Correlação condutores circulares / retangulares

Fonte: Fabricante (2019)

Por último foi calculado a potência da bomba. Onde:

$$\mathbf{POT_{(cv)} = (y \times Q \times H)/75}$$

Onde:

**y** = Peso específico da água em kgf/m<sup>3</sup>;

**Q** = Vazão desejada em m<sup>3</sup>/s;

**H** = Perda de carga em m.

Sendo H (perda de carga), calculado pela fórmula universal:

$$\mathbf{H = f \times (L/D) \times (v^2/2g)}$$

Onde:

**f** = Fator de atrito;

**L** = Comprimento da tubulação em m;

**D** = Diâmetro da tubulação em m;

**v** = Velocidade do escoamento em m/s;

**g** = Força gravitacional (9,81);

Já o fator de atrito foi calculado com base na equação de Swamee – Jain:

$$\mathbf{f = \{(64/Re)^8 + 9,5x[\ln((\varepsilon/3,7xD) + (5,74/Re^{0,9})) - (2500/Re)^6]^{-16}\}^{0,125}}$$

Onde:

**Re** = N<sup>o</sup> de Reynolds;

**ε** = Rugosidade (0,0015 para pvc).

Por fim o N<sup>o</sup> de Reynolds calculado a partir da seguinte equação:

$$Re = (\gamma \times v \times D) / \mu$$

Onde:

$\gamma$  = Peso específico da água em kgf/m<sup>3</sup>;

$v$  = Velocidade do escoamento em m/s;

$D$  = Diâmetro da tubulação em m;

$\mu$  = Coeficiente de viscosidade dinâmica da água = 1

### 4.3 Memória de cálculo

#### 4.3.1 Cálculo dos condutores

Para o dimensionamento dos condutores, a área de contribuição (telhado) foi subdividida em 6 áreas, sendo elas o telhado maior divididos em 4 partes, área da parede e por último a área do telhado menor.

##### Área 1:

$$A1 = (4,17 + 1,6/2) \times 6,09 = 30,2673 \text{ m}^2$$

$$Q = (208 \times 30,2673) / 60 = 104,92664 \text{ litros/minuto}$$

##### Área 2:

Na área 2 deve se somar a área 1 devido a direção que a água seguirá.

$$A = (4,17 + 1,6/2) \times 6,09 = 30,2673 \text{ m}^2$$

$$A2 = A + A1 = 60,5346 \text{ m}^2$$

$$Q1 = Q2$$

$$Q = 104,92664 \times 2 = 209,85328 \text{ litros/minuto}$$

##### Área 3:

$$A3 = A1$$

$$Q3 = Q1$$

**Área 4:**

$$A4 = A1 = A3$$

**Área da parede:**

$$A = (5,9 \times 2,8) / 2 = 8,26 \text{ m}^2$$

$$Q = (208 \times 8,26) / 60 = 28,6346 \text{ litros/minuto}$$

**Área do telhado menor:**

$$A = (1,98 + (1,2/2)) \times 5,9 = 15,222 \text{ m}^2$$

$$Q = (208 \times 15,222) / 60 = 52,7696 \text{ litross/minuto}$$

**Área total de contribuição:**

$$A_{\text{(total)}} = 144,5512 \text{ m}^2$$

**Vazão final:**

$$Q_{\text{(total)}} = 501,11076 \text{ litros/minuto}$$

**4.3.2 Volume do reservatório (método prático alemão):**

**Volume aproveitável em litros:**

$$V = 1155,42 \times 144,5512 \times 0,8 = 133.613,8780 \text{ litros}$$

$$133.613,8780 \text{ litros} = 133,613 \text{ m}^3$$

**Volume do reservatório:**

$$V = (133,613;165) \times 0,06 = 8,016 \text{ m}^3$$

### 4.3.3 Potência da bomba

**N de Reynolds:**

$$Re = (998 \times 0,8964 \times 0,01984) / (1 \times 10^{-3}) = 17.749,000$$

**Regime Turbulento.**

**Fator de atrito:**

$$F = \left\{ \left( \frac{64}{17.746} \right)^8 + 9,5 \left[ \ln \left( \frac{0,0015}{3,7 \times 19,84} \right) + \left( \frac{5,74}{17.749} \right)^{0,9} - \left( \frac{2500}{17.746} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125}$$

$$F = 0,0267$$

**Perda de carga:**

$$H = 0,0267 \times (150/0,01984) \times (0,8964/2 \times 9,81)$$

$$H = 9,221 \text{ m}$$

**Potência da bomba**

$$Pot_{(cv)} = (998 \times 0,000277 \times 9,221) / 75$$

$$Pot_{(cv)} = 0,03 \text{ cv}$$

### 4.4 Principais materiais utilizados

Com base nos cálculos foi possível definir os principais materiais a serem utilizados. Sendo eles:

- Caixa de água 10.000 litros;
- Tubulação de 100 mm, 50 mm, 60 mm, ¾ pol.;
- Bomba ½ cv autoaspirante;
- Condutores corte 28;
- Filtro para caixa d'água;
- Tela anti-mosquito;
- Boia elétrica 6A.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como previsto no objetivo do trabalho, está foi executada na pratica a obra do começo ao fim.

Desta forma um plano de execução do serviço foi elaborado visando uma máxima eficiência nas etapas, para que se evitasse o menor dos imprevistos possíveis. As fases de elaboração do projeto foram:

- **Planejamento:** Onde fora feito todo o dimensionamento da obra apresentado no capítulo anterior.
- **Execução:** o processo de execução das obras foi dividido em três classes de obra. Sendo elas a parte civil, hidráulica e parte elétrica.

Civil: Mostrou se necessário a construção de uma base reforçada com vigas e treliças visando a caixa com seu volume totalmente preenchido de forma á aguentar um peso maior do que 10 toneladas.





Figura 17 – Base do reservatório

Fonte: Pedro Vargas

Hidráulica: Iniciou-se com a limpeza de toda a área de captação, e coletores, para evitar uma possível contaminação da água na medida em que a água fora conduzida a caixa d'água, após a limpeza foi realizada a transferência e reorganização dos condutores para caixa d'água, e por último foi realizada a ligação dos condutores com a caixa d'água através de tubos e conexões, com a presença de um filtro na entrada da caixa d'água e telas para evitar a entrada de insetos.



Figura 18 – Reservatório utilizado na obra

Fonte: Pedro Vargas

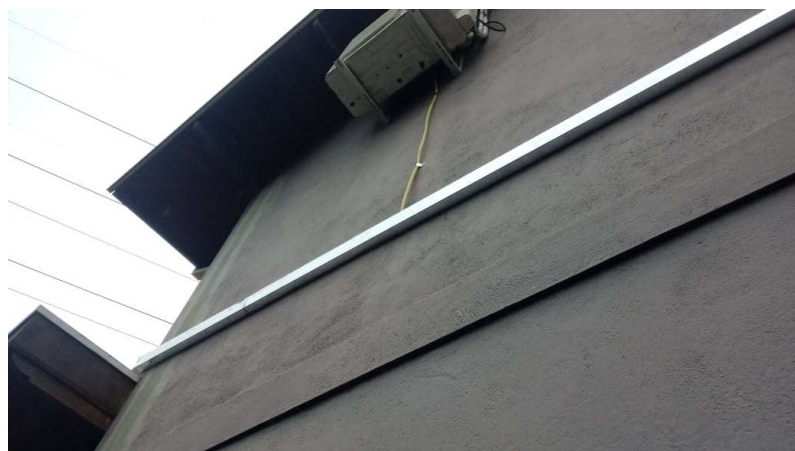


Figura 19 – Obra nos condutores

Fonte: Pedro Vargas

Elétrica: A última etapa foi a instalação da bomba, onde necessitou a criação de um sistema para evitar que a bomba funcionasse a seco, evitando assim que ela viesse a queimar. A solução para esse empecilho, foi a instalação de uma boia elétrica, que funciona como um sensor que a medida que a água atinge um limite definido pela boia, a mesma corta a corrente da bomba, de forma a desligá-la assim evitando a perda do equipamento.

O custo final do projeto foi de aproximadamente R\$ 5.370,00, com o valor final do projeto calculado, foi possível fazer a previsão do tempo de retorno desse valor da seguinte forma.

**Valor m<sup>3</sup> = R\$ 3,65 até 20 m<sup>3</sup> (SABESP, 2019)**

Tabela 7 – Média mensal do volume aproveitável, em litros, de água da chuva

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Média anual em mm	190,49	158	147,12	60,03	50,61	31,11	28,7	27,11	61,48	105,33	130,26	165,18
Volume aproveitável em litros	22028	18271	17013	6942	5853	3598	3319	3135	7110	12180	15063	19102

Com base nos valores obtidos na tabela temos como resultado que não será possível encher o reservatório em 6 meses do ano. Porém em meses de estação chuvosa a capacidade do reservatório será superada, sendo necessário o uso contínuo mesmo em dias chuvosos ou o acionamento do ladrão.

Desta forma com a análise da tabela o valor máximo anual que poderá ser economizado será:

Tabela 8 – Economia média mensal com base nos valores de precipitação

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Média anual em mm	190,49	158	147,12	60,03	50,61	31,11	28,7	27,11	61,48	105,33	130,26	165,18
Volume aproveitável em litros	22028	18271	17013	6942	5853	3598	3319	3135	7110	12180	15063	19102
Valor de economia mensal	80,4	66,7	62,1	25,3	21,4	13,1	12,1	11,4	26,0	44,5	55,0	69,7
												487,7

Assim o tempo de retorno para uma obra deste porte será de aproximadamente 11 anos.

## 6. CONCLUSÃO

Com base no trabalho realizado e com os resultados obtidos, conclui-se que, uma obra desse porte visando o ganho econômico ainda não se justifica, isto devido ao fator do custo do m<sup>3</sup> da água para região. Porém a questão maior é a segurança hídrica e poder ampliar os tipos e a intensidade do uso da água, como por exemplo para piscicultura. Considerar também que produzir certos tipos de produtos em época de estiagem com uma reserva estratégica pode permitir um maior ganho no produto vendido (o preço do produto tende a aumentar) e o sistema ser pago em menor tempo). Depende muito do que vai se fazer com a água.

Adicionalmente, quando voltada para o ganho ecológico ela também se justifica, onde se nota a economia da água na residência, de forma que seria possível suprir uma grande parte do uso não potável da água para residência. Outro ganho ecológico é a infiltração da água no solo nos meses de maior intensidade, incrementando o ciclo hidrológico longo (água subterrânea), reduzindo o escoamento superficial que pode provocar sobrecarga no sistema de águas pluviais.

Além desses outro ganho importante foi a reutilização de calhas e outros materiais já existentes na residência o que gerou economia durante a obra.

Para manter a qualidade da água foram utilizadas telas de proteção, contra a entrada de insetos, e folhas. Além disto fora utilizado pastilhas de cloro que garante melhor qualidade da água armazenada.

Encerra-se o trabalho observando que para quem gostaria de implantar um sistema de reuso de água da chuva deve-se definir o objetivo de sua obra, caso seja apenas o ganho econômico, esta pode não ser a melhor alternativa e sim uma obra de pequeno porte, agora caso esteja visando apenas a segurança hídrica e o ganho ecológico a obra apresenta um excelente fator de contribuição para a sustentabilidade do planeta.

## 7. REVISÃO DE LITERATURA

Norma brasileira. **ABNT 15527. Água da chuva-Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.** 2019

Norma brasileira **ABNT 10844 – Instalações prediais de águas pluviais.**1989

REGEA. **Revisão e atualização do Plano de Bacia da UGRHI 02 – Paraíba do Sul.** São Paulo.2016

**MARENGO, José, NOBRE, Carlos, SELUCHI, Marcelo, CUARTAS, Adriana, ALVEZ, Lincoln, MEDIONDO, Eduardo, OBREGÓN, Guilherme, SAMPAIO, Gilvan et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo.** São Paulo. *Revista USP* n 106. Setembro 2015.

**LEITE, Pedro, SANTOS, Ivan. Dimensionamento preliminar de reservatório de águas pluviais para o prédio do instituto de recursos naturais (Irn-Unifei).** Itajubá-MG, *REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS.* 2015

**TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis: Diretrizes básicas para um projeto.** Belo Horizonte-MG.6 *Simpósio brasileiro de captação de água da chuva.* 2007

**FUNDAÇÃO KONRAD ADENAUER, GESELLSCHAFT FUR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ), Tecnologias apropriadas para terras secas, Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil,** Fortaleza – Ce,2006.

**GOMES, Uende, DOMENECH, Laia, PENA, João, HELLER, Léo et al. A captação de água da chuva no Brasil: Novos aportes a partir de um olhar internacional,** disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/261712164>>. Acesso em 16 Set. 2019.

**LIMA, Mayra, MELO, Daniele, OLIVEIRA, Hallyson, SOUZA, Felipe, NETO, José et al DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA PLUVIAL:USO DO MÉTODO DE AZEVEDO NETO PARA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR,** disponível em: <[https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO\\_EV044\\_MD4\\_SA6\\_ID407\\_10092015230211.pdf](https://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA6_ID407_10092015230211.pdf)>. Acesso em 16 Set. 2019.

**REBOUÇAS, Aldo. Água e desenvolvimento rural,** disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ea/v15n43/v15n43a24.pdf>>. Acesso em 16 set. 2019.

**Captação de água da chuva:** conheça as vantagens e cuidados necessários para o uso da cisterna, disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3301-captacao-de-agua-da-chuva- aproveitamento-sistema-cisternas-como-captar-armazenar-coletar-para-aproveitar-vantagens-coletor-modelos-cisterna-ecologica-aproveitando-coleta-pluvial-armazenamento-caseiro-residencial-como-onde-encontrar-comprar>>. Acesso em 20 Set.2019.

**A água na história do homem,** disponível em:<<http://www.gedore.com.br/blog/a-agua-na-historia-do-homem/>>. Acesso em 21 Set. 2019.

**A disponibilidade de água no mundo e no Brasil,** disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil>>. Acesso em 23 Set. 2019.

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DE BAIXO CUSTO PARA RESIDÊNCIAS URBANAS,** disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/aguadechuva/agua-de-chuva.htm>>. Acesso em 27 Set. 2019.

**Cálculo para calhas:** Notas de estudo de Cálculo, disponível em: <<https://www.docsity.com/pt/calculo-para-calhas/4849806/>>. Acesso em 27 Set. 2019.

**MOTTA, Ricardo, COELHO, Pinto, HAVENS, Karl et al CRISE NAS ÁGUAS:** Educação, ciência e governança, juntas, evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas, disponível em: <<http://flseagrant.ifas.ufl.edu/CriseNasAguas/FrontMatterandPreface.pdf>>. Acesso em 1 Out.2019.

**WATER RISK ATLAS,** disponível em: <[https://wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w\\_awr\\_def\\_tot\\_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3](https://wri.org/applications/aqueduct/water-risk-atlas/#/?advanced=false&basemap=hydro&indicator=w_awr_def_tot_cat&lat=30&lng=-80&mapMode=view&month=1&opacity=0.5&ponderation=DEF&predefined=false&projection=absolute&scenario=optimistic&scope=baseline&timeScale=annual&year=baseline&zoom=3)>. Acesso em 13 Out.2019.

**A ONU e a população mundial,** disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>>. Acesso em 15 Out.2019.

SUASSUNA, João, **A má distribuição da água no Brasil**, disponível em: <  
<https://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/>>.  
Acesso em 15.Out.2019

**PITERMAN, Ana, GRECO, Rosângela, A ÁGUA SEUS CAMINHOS E  
DESCAMINHOS ENTRE OS POVOS**, disponível em: <  
<http://www.ufjf.br/nates/files/2009/12/agua.pdf>>. Acesso em 15 Out. 2019.

**COIMBRA, Marcia, OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE OS  
RECURSOS HÍDRICOS: DESAFIOS PARA A GESTÃO, AGÊNCIA NACIONAL DAS  
ÁGUAS, Brasília, 2010.**

**DAEE, Banco de Dados Hidrológicos**, disponível em: <  
<http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em 25 Out.2019.