

**unesp** 

**UNIVERSIDADE ESTADUAL  
PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Guaratinguetá**

Thiago Urbano Silva von Gusseck Kleindienst

Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva  
para residências uni familiares

Guaratinguetá  
2015

Thiago Urbano Silva von Gusseck Kleindenst

Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva  
para residências uni familiares

Monografia apresentada ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova

Guaratinguetá  
2015

K64  
5t

Kleindienst, Thiago Urbano Silva Von Gusseck  
Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para  
residências uni familiares / Thiago Urbano Silva von Gusseck Kleindienst  
– Guaratinguetá : [s.n], 2014.  
65 f. : il.

Bibliografia : f. 61-65

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade  
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014.

Orientador: Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova

Coorientador: Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri

1. Águas pluviais 2. Água – captação 3. Água – reutilização I. Título

CDU 628.111



**UNIVERSIDADE ESTADUAL  
PAULISTA  
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
Campus de Guaratinguetá**

Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para  
residências uni familiares

THIAGO URBANO SILVA VON GUSSECK KLEINDIENST


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
**GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL**

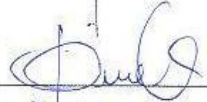
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

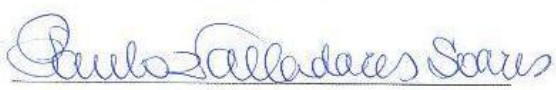
Coordenador

Enos Arneiro Nogueira da Silva

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova  
Orientador/UNESP-FEG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Antônio Perrella Balestieri  
UNESP-FEG

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Paulo Valladares Soares  
UNESP-FEG

Guaratinguetá  
Janeiro 2015

## **DADOS CURRICULARES**

THIAGO URBANO SILVA VON GUSSECK KLEINDENST

NASCIMENTO 18.09.1991 – MOGI DAS CRUZES/SP

FILIAÇÃO Manfred Von Gusseck Kleindienst  
Marliane Urbano Silva Kleindienst

2009/2014 Curso de Graduação Engenharia Civil –  
Faculdade de Engenharia do Campus de  
Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista.

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, *Manfred e Marliane*, e ao meu irmão, *Lucas* por estarem sempre ao meu lado, me dando apoio, coragem e motivação para alcançar meus maiores sonhos.

Ao meu orientador, *Dr. Mateus Ricardo Nogueira Vilanova*, que me deu oportunidade de estudar o tema proposto e me ajudou e auxiliou muito durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os moradores e ex-moradores da *República Tomalá Daká* e amigos que me acompanharam durante todos os anos para obter a formação acadêmica concluída, compartilhando comigo grandes momentos que levarei para a vida toda e que sempre me ajudaram quando precisei.

Aos professores da UNESP do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e pelo conhecimento compartilhado.

KLEINDIENST, T. U. S. G. **Tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva para Residências uni familiares** 2015. 65 p. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

## RESUMO

A escassez da água é um problema cada vez maior e mais evidente em todo o mundo e o aproveitamento de água de chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável, e é uma alternativa tecnológica conhecida e utilizada para a promoção da sustentabilidade em edificações e redução da pressão sobre mananciais superficiais, além disso, reduz o escoamento superficial podendo minimizar enchentes. A água da chuva, mesmo não sendo potável pode ser utilizada em atividades de uso de água potável, podendo assim economizar de 30 a 40% de água potável. Neste trabalho pode-se ver a importância da Captação e Aproveitamento da Água da Chuva (CAAC), trazendo economia, redução de consumo da água potável, redução do problema de falta de água, e quais os métodos e materiais necessários para que ocorra sua implantação. O trabalho também promoveu a caracterização da água da chuva na cidade de Guaratinguetá (SP) e estudou seu potencial em utilização em casas populares, calculando o volume necessário para implantação da cisterna e o custo para implantação de todo sistema de aproveitamento de água da chuva, porém por ser uma região com um índice de precipitação mediana e as casas populares apresentarem uma área de captação de água pequena, o resultado não foi satisfatório. O custo para implantação foi alto e o retorno financeiro ficou muito acima da média. O governo deveria incentivar e apoiar mais a CAAC, já que não pensando no lado financeiro é aconselhável que seja difundido em todo o país, pelos benefícios que pode trazer.

Palavra chave: captação e aproveitamento de água da chuva, residências uni familiares, tecnologias de captação de água de chuva.

KLEINDIENST, T. U. S. G. **Harvesting technologies and rainwater utilization for single family homes** 2015. 65 p. Graduate Work (Degree in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2015.

### **ABSTRACT**

Water scarcity is becoming an increasing problem and more evident worldwide, rainwater utilization is characterized for being one of the simplest and cheapest solutions to preserve drinking water and is a known alternative technology and used to promote sustainability in buildings and reducing pressure on surface waters, it would also reduce runoff and can minimize flooding. The rainwater, while not potable may be used in potable water usage activities, and may thus saving 30 to 40% of potable water. In this work one can see the importance of the capture and use of rainwater (CAAC), bringing economy, to reduce consumption of potable water, reducing the problem of water shortage, and which methods and materials needed to cause its implementation. The work also promoted the characterization of rainwater in the city of Guaratinguetá (SP) and studied its potential use in public housing, calculating the volume needed for implementation of the tank and the cost to implement all rainwater utilization system, but because it is a region with a median rainfall index and the popular houses present an area of small water capitation, the result was not satisfactory. The cost for implementation was high and the financial return was well above average. The government should encourage and support more CAAC, as not thinking about the financial side is advisable to be widespread throughout the country, the benefits it can bring.

Keyword: rainwater harvesting (RWH) and utilization, popular homes, rain water harvesting technologies



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sistema Cantareira .....	13
Figura 2: Pedra Moabita (830 aC) .....	14
Figura 3: Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar).....	14
Figura 4: Cisterna do século X dos Maias (Chultuns).....	15
Figura 5: Fortaleza dos Templários. Cidade de Tomar, Portugal. Abastecimento de água por captação de água de chuva.....	16
Figura 6: Padrão de consumo de água em uma habitação familiar com 3 habitantes. ....	18
Figura 7: Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil.....	21
Figura 8: Previsão de disponibilidade de água na região nordeste.....	22
Figura 9: Previsão de disponibilidade de água na região sudeste.....	23
Figura 10: Sistema de aproveitamento da água da chuva de superfícies no solo.....	25
Figura 11: Esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva.....	26
Figura 12: Sistema de fluxo total.....	26
Figura 13: Sistema com derivação. ....	27
Figura 14: Sistema com volume adicional de retenção .....	28
Figura 15: Sistema com infiltração no solo.....	28
Figura 16: Dois reservatórios de aço inox com 2.000 litros cada.....	29
Figura 17: Minicisterna. ....	30
Figura 18: Cisterna de 10.000 L de plástico.....	30
Figura 19: cisternas no Semiárido, financiados pelo MDS.....	31
Figura 20: cisterna de concreto com tela de arame. ....	31
Figura 21: cisternas com placas de cimento pré-moldadas. ....	32
Figura 22: Motor usado para bombeamento da água de chuva. ....	33
Figura 23: Grade sobre a calha.....	34
Figura 24: Amostradores de qualidade da água pluviais.....	35
Figura 25: Dispositivo automático para autolimpeza da água da chuva com peneiras. ....	36
Figura 26: Detalhe da válvula para descarte inicial de água pluvial. ....	36
Figura 27: Desenho esquemático de reservatório para acumulação de água de chuva. ....	40
Figura 28: Método gráfico de Rippl.....	46
Figura 29: Metodologia adotada para determinar o payback period.....	55
Figura 30: Componentes para a utilização de minicisterna.....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da disponibilidade hídrica (UNEP, 2002). .....	21
Tabela 2: Coeficiente runoff de acordo com o material (TOMAZ, 2003). .....	37
Tabela 3: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis (NBR 15527, 2007).....	41
Tabela 4: Método de Rippl. ....	44
Tabela 5: Método prático australiano .....	51
Tabela 6: Volume do reservatório para cada método. ....	52
Tabela 7: Custo médio de um reservatório de fibra de vidro com 50m <sup>3</sup> e com bomba e instalação elétrica (TOMAZ, 2009). ....	53
Tabela 8: Estimativa de Consumo Predial Médio Diário (TOMAZ, 2009).....	56
Tabela 9: tarifa por classe de consumo (SABESP, 2014) .....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS:.....</b>	<b>19</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS: .....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	19
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
3.1 ESCASSEZ DA ÁGUA E BENEFÍCIOS DO USO DE ÁGUA DA CHUVA .....	20
3.1.1 Aspectos fundamentais para disseminação de CAAC: .....	20
<b>3.1.2 Escassez da água .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1.3 Amenização de enchentes.....</b>	<b>23</b>
3.4 ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA .....	24
3.5 COMPONENTES PRINCIPAIS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA .....	29
<b>3.5.1 Cisterna ou reservatório de armazenamento: .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.2 Bombeamento .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5.3 Área de captação: .....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.4 Condutores horizontais e verticais (calhas e condutores):.....</b>	<b>33</b>
<b>3.5.5 Sistema de remoção de materiais grosseiros:.....</b>	<b>34</b>
<b>3.5.6 First flush (primeira água): .....</b>	<b>35</b>
<b>3.5.7 Extravasor:.....</b>	<b>36</b>
3.6 COEFICIENTE RUNOFF.....	37
3.7 INICIATIVAS POLÍTICAS E PÚBLICAS BEM SUCEDIDAS PARA O INCENTIVO DO USO DE SISTEMAS DE CAAC, EM TERMOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS. ....	38
3.8 QUALIDADE/TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA.....	40
3.9 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	42

<b>3.9.1 Método de rippl.....</b>	<b>42</b>
<b>3.9.1.1 Método Analítico .....</b>	<b>44</b>
<b>3.9.1.2 Método Gráfico .....</b>	<b>46</b>
<b>3.9.2 Método da simulação.....</b>	<b>46</b>
<b>3.9.3 Método Azevedo Neto.....</b>	<b>48</b>
<b>3.9.4 Método prático alemão.....</b>	<b>48</b>
<b>3.9.5 Método prático inglês .....</b>	<b>49</b>
<b>9.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO.....</b>	<b>49</b>
<b>3.10 CUSTOS.....</b>	<b>53</b>
<b>3.10.1 Reservatório .....</b>	<b>53</b>
<b>3.10.2 Retorno financeiro.....</b>	<b>54</b>
<b>3.11 ALTERNATIVAS PARA BARATEAR CAAC .....</b>	<b>58</b>
<b>3.12 CONCLUSÃO.....</b>	<b>59</b>
<b>REFÊRENCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez da água está se tornando um problema cada vez maior e mais evidente em todo o mundo. O aumento gradativo na demanda de água, o desperdício excessivo, a poluição do solo, das nascentes, dos lagos, dos rios e dos oceanos, a falta de iniciativas políticas e públicas para incentivo de um uso consciente, são fatores que agravam muito essa situação, e que estão exigindo novos métodos para que o desperdício possa ser reduzido. Fazendo com que a meta da atualidade seja a busca por práticas que aprimorem o uso da água, como programas de conservação, baseados em medidas técnicas e em mudanças de comportamento, motivadas por incentivos que vão desde a educação ambiental até a regulamentação de leis e de estrutura tarifária (TOMAZ<sup>1</sup>,2003 apud ANNECCHINI, 2005).

São Paulo desde o meio do ano de 2014 e no começo do ano 2015 está sofrendo a pior crise hídrica de sua história. Desde o dia 12 de julho a água que escorre pela torneira das cerca de 9 milhões de pessoas abastecidas pelo Sistema Cantareira na capital e Região Metropolitana de São Paulo é a do chamado **volume morto** - reserva represada abaixo do nível das comportas da Sabesp. O governo de São Paulo espera que as chuvas voltem a cair nos mananciais, normalizando os reservatórios. Contar com a chuva, contudo, pode ser uma estratégia arriscada. Especialistas ouvidos pelo site da revista VEJA afirmam que medidas contra a crise deveriam ter sido tomadas enquanto havia maior volume de água disponível - e que a possibilidade de faltar água em São Paulo é real. (VEJA, 2014). A figura 1 mostra o nível preocupante que o sistema Cantareira apresenta.

---

<sup>1</sup> TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003 apud ANNECCHINI, Karla, **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2005.

Figura 1: Sistema Cantareira



Fonte: Conheça soluções para a crise da água em 6 cidades do mundo, G1, 2014.

Uma medida já explorada com sucesso em outros países é o reúso da água. Atualmente, um projeto em parceria entre a Sabesp e a Odebretch Ambiental, o quapolo Ambiental S.A., visa à destinação de água de reúso para fins industriais, minimizando o uso inadequado de água potável (VEJA, 2014).

Um meio para combater o problema de escassez e reutilizar a água, e vem sendo cada vez mais utilizado é a Captação e Aproveitamento de Água de Chuva (CAAC). Segundo Anecchini (2005) o aproveitamento de água de chuva caracteriza-se por ser uma das soluções mais simples e baratas para preservar a água potável, e é uma alternativa tecnológica conhecida para a promoção da sustentabilidade em edificações e redução da pressão sobre mananciais superficiais, além disso, reduz o escoamento superficial, podendo minimizar enchentes.

O primeiro registro que se tem do uso da água de chuva é verificado na pedra Mohabita (Figura 2), data de 830aC, que foi achada na antiga região de Moab, perto de Israel. (TOMAZ,2009).

Figura 2: Pedra Moabita (830 aC)



Fonte: (TOMAZ, 2007).

No século X, ao sul da cidade de Oxkutzcab, a agricultura era baseada na coleta da água da chuva, sendo a água armazenada em cisternas com capacidade de 20 a 45 m<sup>3</sup>, chamadas de Chultuns pelos Maias (GNADLINGER, 2000).

No Irã encontra-se os Abanbars (Figura 3), o tradicional sistema de captação de água de chuva comunitário (GNADLINGER, 2000).

Também existem relatos do uso da água da chuva por vários povos, como os Incas, os Maias e os Astecas.

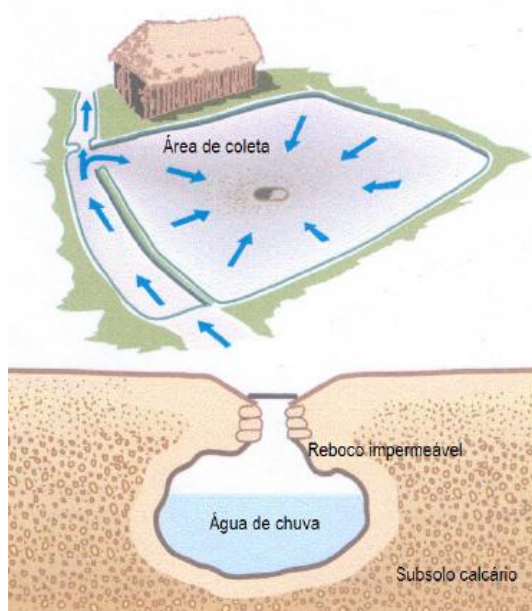
Figura 3: Sistema de captação de água de chuva do Irã (Abanbar).



Fonte: (GNADLINGER, 2000).

Cisterna do povo Maya, chamada Chultun, (Figura 4) capacidade: 45.000 l, diâmetro: 5m, área de captação: 150 m<sup>2</sup>, a abertura é coberta por uma pedra com um buraco no meio, onde se encaixa um pino de madeira, que se retrai quando chove. Estas cisternas tinham um diâmetro de aproximadamente 5 metros e eram escavadas no subsolo calcário, revestidas com reboco impermeável. Acima delas havia um área de captação de 100 a 200 m<sup>2</sup>. Nos vales usavam-se outros sistemas de captação de água de chuva, como Aguadas (reservatórios de água de chuva cavadas artificialmente com capacidade de 10 a 150 milhões de litros) e Aquaditas (pequenos reservatórios artificiais para 100 a 50.000 litros) (GNADLINGER, 2000).

Figura 4: Cisterna do século X dos Maias (Chultuns).



Fonte: (GNADLINGER, 2000).

A Figura 5 mostra grande fortaleza e convento dos Templários localizada na cidade de Tomar, Portugal que teve início de construção em 1160, existe dois reservatórios para aproveitamento de água de chuva, sendo um com 215 m<sup>3</sup> e outro com 145 m<sup>3</sup>. A famosa fortaleza de Masada, em Israel, tem dez reservatórios cavados nas rochas com capacidade total de 40 milhões de litros (TOMAZ,2009).



Figura 5: Fortaleza dos Templários. Cidade de Tomar, Portugal. Abastecimento de água por captação de água de chuva.



Fonte: (TOMAZ, 2009).

Muitos países desenvolvidos da Europa, principalmente, a Alemanha e outros como o Japão, a China, a Austrália, os Estados Unidos e até mesmo os países da África e a Índia estão seriamente empenhados e comprometidos com o aproveitamento da água da chuva e com o desenvolvimento de pesquisas e tecnologias que facilitem e garantam o uso seguro desta fonte alternativa de água (ANNECCHINI, 2005).

A região de maior relevância da prática do aproveitamento de água de chuva no Brasil é o nordeste. No semi-árido, devido às grandes dificuldades de suprimento de água à população, diversos programas difundindo a utilização da água de chuva foram desenvolvidos. O governo federal instituiu o Programa 1 Milhão de Cisternas com o financiamento de órgãos governamentais como o Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS) que viabilizou a construção de 100 mil cisternas na região do semi-árido até o ano de 2005 (MDS, 2006). Nesta região, os rios são temporários e grande parte da água subterrânea disponível possui altos teores de sais (HANSEN, 1996).

Soares<sup>2</sup> et al (1999) apud May (2004) descrevem que o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva é considerado uma técnica popular, especialmente em

---

<sup>2</sup> SOARES, D. A. F. et al.. Considerações a respeito de reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999, **Anais**. Vitória: ABRH, 1999. P.7. 1 CD-ROM apud MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

regiões semiáridas brasileiras. May (2004) cita que 80% da área geográfica do subsolo de regiões semi áridas brasileiras apresentam formação cristalina, sem lençol freático, sendo assim, a coleta de água da chuva tem se mostrado a opção mais indicada para disponibilizar água para o consumo humano.

Esse desenvolvimento da cultura do aproveitamento de água de chuva no Brasil é prejudicado devido à carência de componentes para o sistema no mercado nacional. Entre as poucas empresas especializadas apenas uma desenvolve tecnologia própria, as restantes representam produtos importados. Isto acaba refletindo num alto valor para os equipamentos, diminuindo o interesse dos consumidores pelo aproveitamento pluvial. (COSTA, 2011).

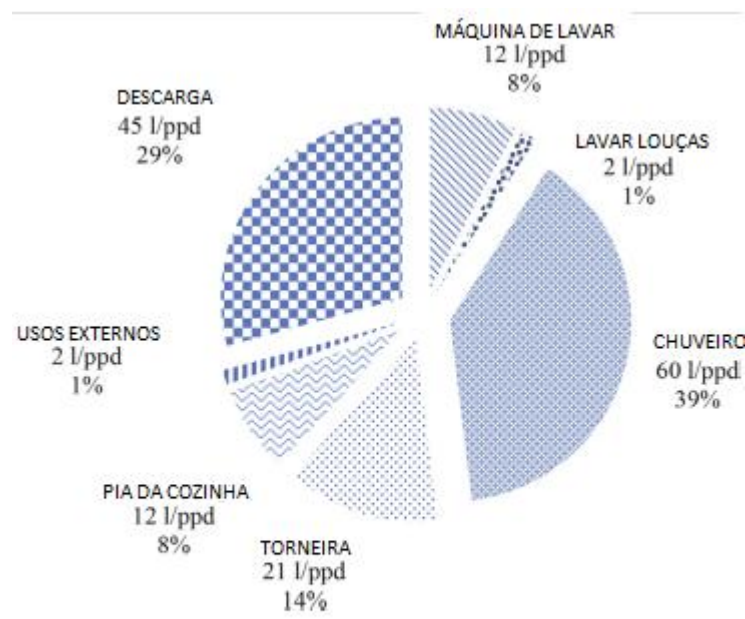
Por se tratar de um sistema de abastecimento arcaico, a água que chegas às residências pode ser utilizada em duas finalidades bem distintas, no uso de água potável, que é o uso na higiene pessoal, no consumo e para cozinhar alimentos, e no uso de água não potável, que é o uso na limpeza de roupas, carros e pisos, irrigação de plantas, descarga de vasos sanitários. A água da chuva, mesmo não sendo potável pode ser utilizada nestas atividades onde é usada a água potável, podendo assim economizar água potável.

Estudos mostram que o consumo de água destinado aos usos não potáveis em uma residência varia de 30 a 40% do total de água consumida (The Rainwater Technology Handbook<sup>3</sup>, 2001 apud TOMAZ, 2003). O mesmo mostra o estudo realizado por Silva, Sousa, Carvalho (2014) sobre o consumo de água em uma moradia unifamiliar com 3 habitantes , onde o consumo total de água é de 154 L / ppd (litros por pessoa por dia), e 38% são usos que podem ser fornecidos pela água da chuva, como mostra a Figura 6.

---

<sup>3</sup> König KW (2001) The rainwater technology handbook: rainwater harvesting in building. Wilo-Brain, Dortmund apud TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2003.

Figura 6: Padrão de consumo de água em uma habitação familiar com 3 habitantes.



Fonte: (SILVA, SOUSA, CARVALHO 2014).

## **2 OBJETIVOS:**

### **2.1 OBJETIVOS GERAIS:**

Desenvolver uma revisão da literatura sobre tecnologias de captação e aproveitamento de água de chuva (CAAC), para fins potáveis e não potáveis, aplicáveis a residências unifamiliares; bem como estudar o seu potencial quantitativo de utilização em áreas urbanas, dependendo do índice pluviométrico e da demanda por água não potável, visando à redução do consumo de água potável nas edificações.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Quantificar o índice pluviométrico e caracterizar a água da chuva da cidade de Guaratinguetá, e a partir destas informações, identificar estratégias e iniciativas bem sucedidas de utilização de CAAC, em termos nacionais e internacionais, com potencial para replicação e/ou adaptação à região de Guaratinguetá.

E avaliar modelos de dimensionamento de reservatório de armazenamento de água de chuva, visando otimizar a relação entre a disponibilidade da água da chuva e a demanda pela mesma, bem como identificar desafios e barreiras para sua disseminação e viabilização.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ESCASSEZ DA ÁGUA E BENEFÍCIOS DO USO DE ÁGUA DA CHUVA

##### 3.1.1 Aspectos fundamentais para disseminação de CAAC:

De acordo com Tomaz (2009) CAAC depende de aspectos fundamentais para ser implantado, que variam de local para local, como a qualidade e a quantidade de chuva.

Os principais motivos que levam à decisão de se utilizar água de chuva:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da *conservação da água*
- Região com *disponibilidade hídrica* menor que 1200 m<sup>3</sup>/habitante x ano
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido
- Instabilidade do fornecimento de água pública
- Exigência de lei específica
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Locais ou regiões onde o *índice de aridez* seja menor ou igual a 0,50

##### 3.1.2 Escassez da água

A United Nations Environment Programme (UNEP) classifica a disponibilidade hídrica de muito alta a catastróficamente baixa, de acordo com a quantidade de água disponível em m<sup>3</sup> por pessoa por ano, conforme Tabela 1.

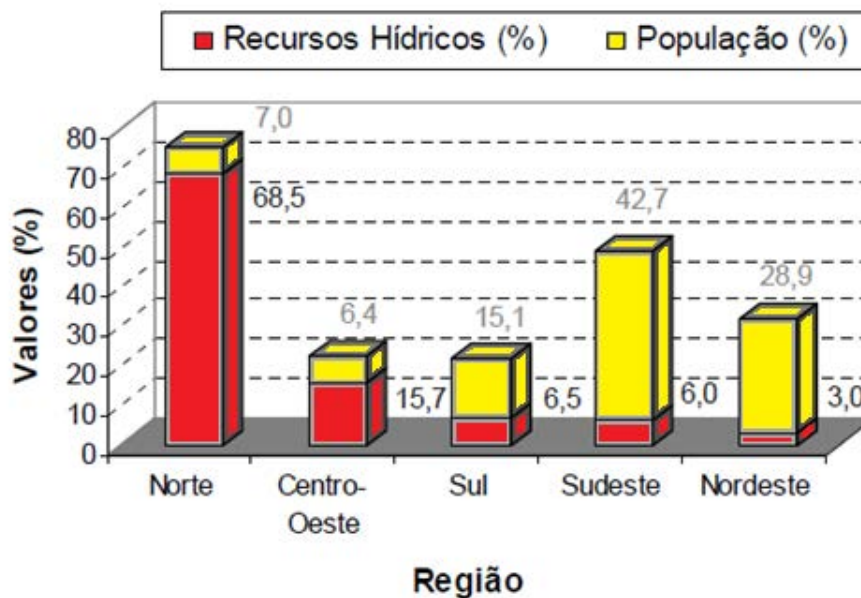
Tabela 1: Classificação da disponibilidade hídrica.

Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> per capita/ano)	Classificação
Maior que 20.000	Muito alta
10.000 - 20.000	Alta
5.000 - 10.000	Média
2.000 - 5.000	Baixa
1.000 - 2.000	Muito baixa
Menor que 1.000	Catastroficamente baixa

Fonte: (UNEP, 2002).

Pode-se observar na Figura 7 que as regiões Norte e Centro-Oeste detêm a maior parte dos recursos hídricos do país, sendo responsável pelo abastecimento da menor parcela da população, ao passo que as regiões sudeste e nordeste, concentram a menor parcela de água e são responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da população brasileira. (Anecchin, 2005).

Figura 7: Distribuição dos recursos hídricos e da população no Brasil.



Fonte: (Consumo sustentável: Manual de educação<sup>4</sup>, 2002. Apud PONZO, 2005).

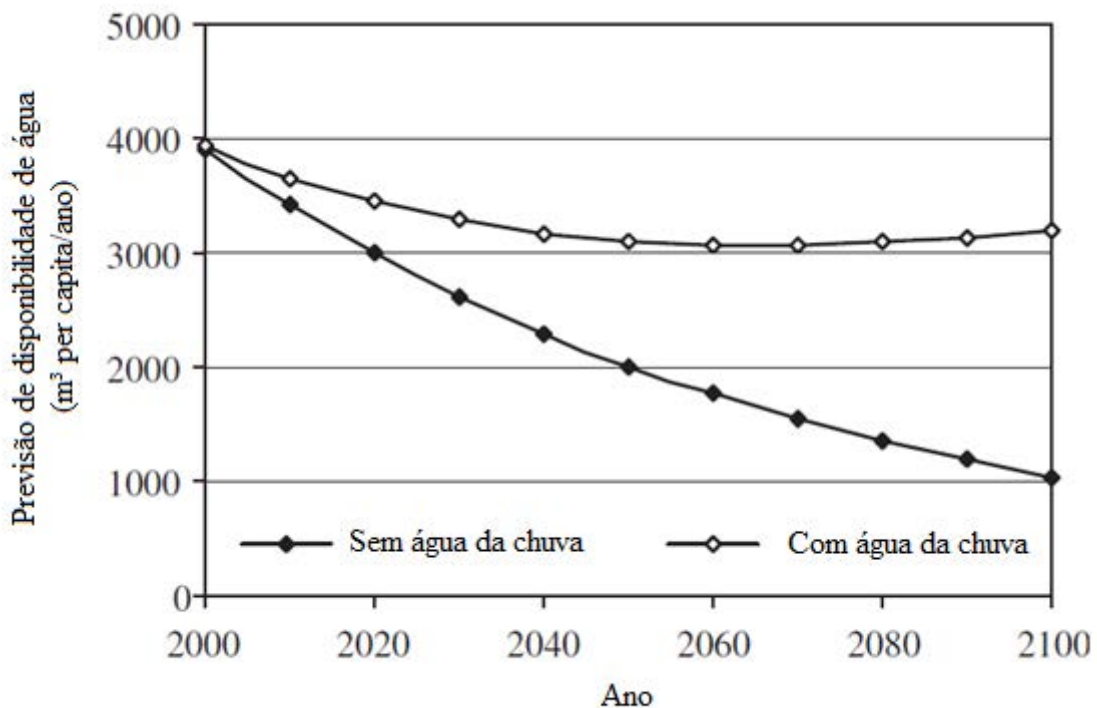
<sup>4</sup> ANNECCHINI, Karla, **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2005 apud CONSUMO sustentável: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/ IDEC, 2002. Disponível em: <[http://www.idec.org.br/esp\\_ma\\_manualconsumo.asp](http://www.idec.org.br/esp_ma_manualconsumo.asp)>.

Estudo realizado por Ghisi (2006) mostra que das 5 regiões brasileiras, 2 irão enfrentar problemas sérios com a falta de água, que são as regiões nordeste e sudeste. A não ser que existam programas de governo para promover conservação da água. Ele estima que no ano de 2100 as duas regiões terão disponibilidades hídrica menor que 1.000 m<sup>3</sup> per capita por ano. Esse parâmetro é considerado catastrófico pela UNEP.

As Figuras 8 e 9 mostram como o problema da disponibilidade hídrica pode ser reduzido utilizando a água da chuva.

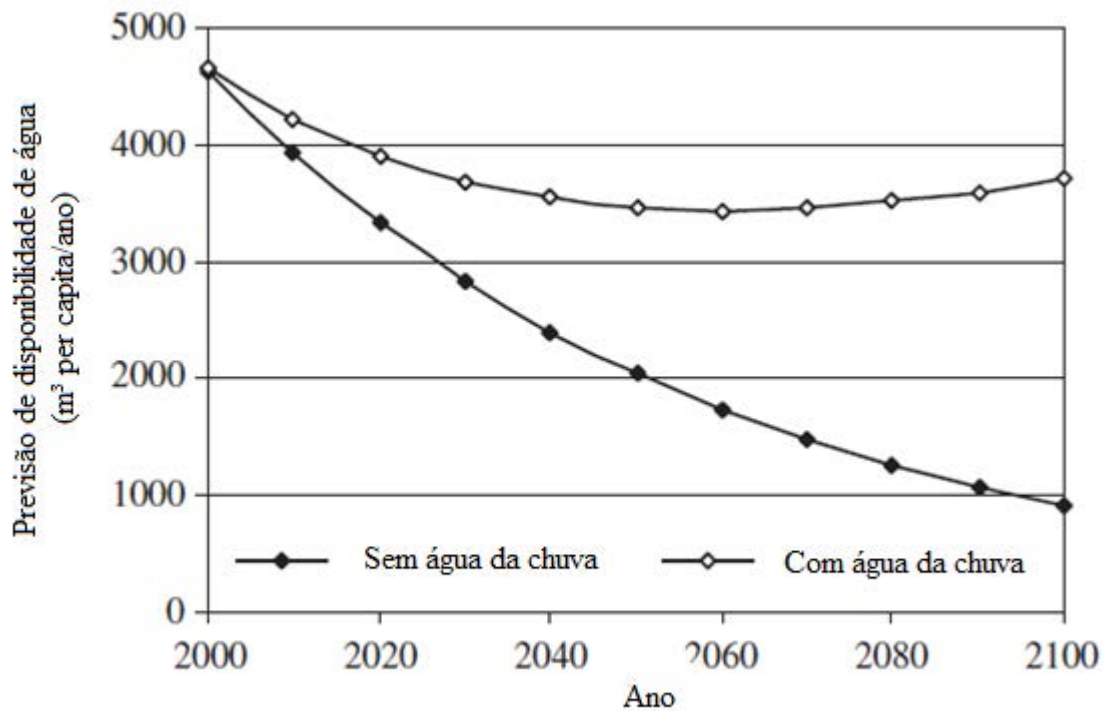
Ghisi (2006) também cita que os benefícios da utilização de água da chuva podem ser aplicados a qualquer país em todo o mundo.

Figura 8: Previsão de disponibilidade de água na região nordeste.



Fonte: (GHISI, 2006).

Figura 9: Previsão de disponibilidade de água na região sudeste



Fonte: (GHISI, 2006).

### 3.1.3 Amenização de enchentes

Além da economia de água, a amenização de enchentes como havia sido destacado anteriormente é um dos benefícios da CAAC, porém não deve-se adotar como solução de enchentes, seu uso ajuda sim a amenizar, mas o fato de existir a captação de água não significa que o problema está resolvido, visto que diversos fatores podem vir a gerar enchentes e alagamentos. Mas mesmo assim muitos casos no mundo é o principal motivo de uso de CAAC .

Tomaz (2009) cita que dependendo da região é interessante a instalação de um reservatório apenas para a redução de enchentes, que deve-se manter vazio, e outro para o uso da água, que deve-se manter cheio. Para assim reduzir picos de enchentes.



### 3.4 ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

O passo inicial para o aproveitamento de água de chuva consiste em desenvolver coletores de água nas coberturas de casas, apartamentos e condomínios, dimensionados de tal forma que levem em consideração os valores de precipitação da região e que separem as águas iniciais de chuva, devido à concentração de substâncias sólidas depositadas pelo vento e por pássaros. (TOMAZ, 2003).

Segundo Soares et al.<sup>5</sup> (1999) apud Jaques (2005), a utilização da água de chuva torna-se atraente principalmente nos casos de áreas de precipitação elevada, áreas com escassez de abastecimento e áreas com alto custo de extração de água subterrânea.

O Manual de Conservação e Reúso da Água em Edificações, elaborado em conjunto pela ANA - Agência Nacional das Águas, pela FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e pelo SindusCon - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo apresenta como metodologia básica para o desenvolvimento de projetos de sistemas de coleta, tratamento e uso de água de chuva as seguintes etapas:

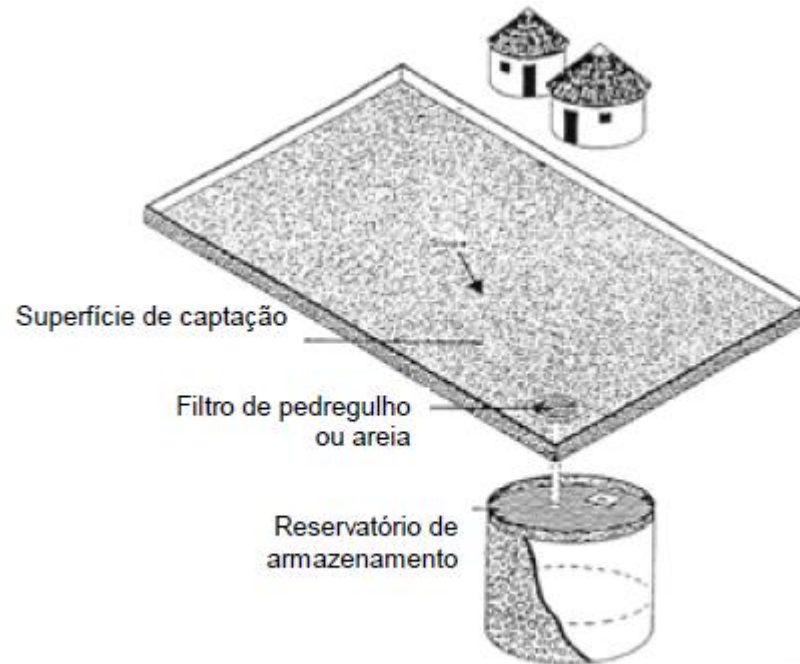
- Determinação da precipitação média local (mm/mês);
- Determinação da área de coleta;
- Determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- Caracterização da qualidade da água pluvial;
- Projeto do reservatório de descarte;
- Projeto do reservatório de armazenamento;
- Identificação dos usos da água (quantidade e qualidade);
- Estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- Projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).

---

<sup>5</sup> SOARES, D. A. F. et al.. Considerações a respeito de reutilização das águas residuárias e aproveitamento das águas pluviais em edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12., Vitória, 1999, **Anais**. Vitória: ABRH, 1999. P.7. 1 CD-ROM apud JAQUES, R. C.; RIBEIRO, **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em Edificações**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

As técnicas mais comuns para coleta da água da chuva são através da superfície de telhados ou através de superfícies no solo (Figura 10), sendo que o sistema de coleta de chuva através da superfície de telhados é considerado mais simples e, na maioria das vezes, produz uma água de melhor qualidade se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo. (LEE et al.<sup>6</sup>, 2000 apud ANNECCHINI, 2005).

Figura 10: Sistema de aproveitamento da água da chuva de superfícies no solo.

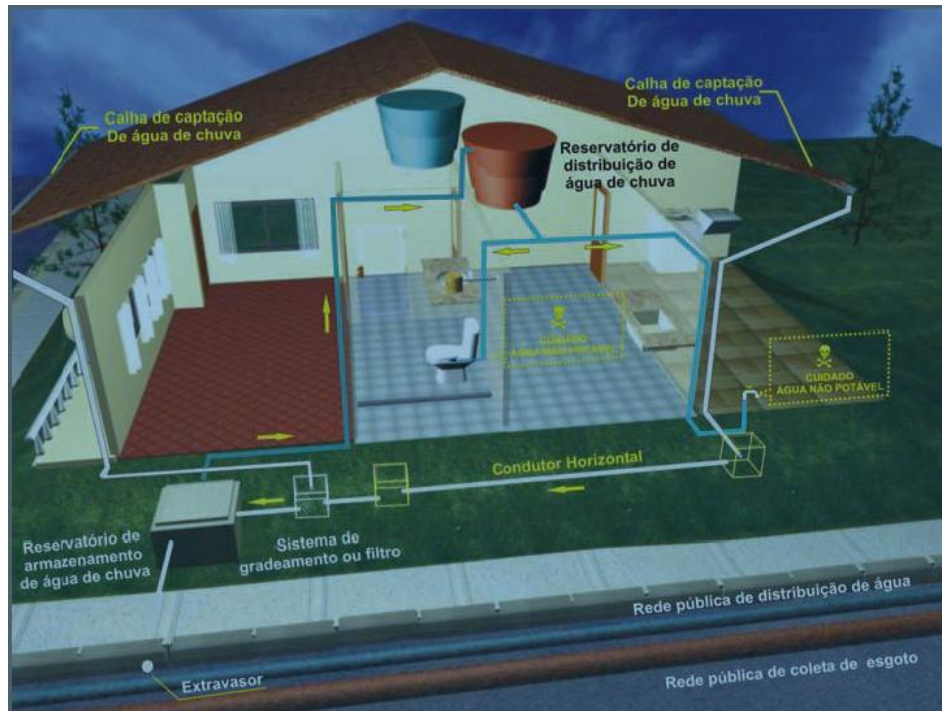


[Fonte: (UNEP, 2005).

Pode-se ver na Figura 11, o esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva, onde o reservatório vermelho representa a água da chuva, e está destinando a água apenas para o uso não potável.

<sup>6</sup> LEE, K. T. et al. Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems. **J. agric. Engng Res**, v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000 apud ANNECCHINI, Karla, **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2005.

Figura 11: Esquema de um sistema predial de aproveitamento de água de chuva.

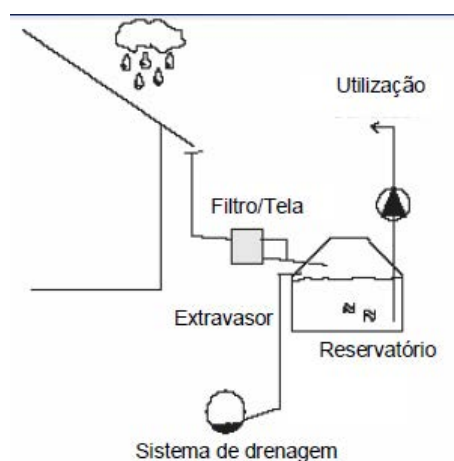


Fonte: (OLIVEIRA, Lucia Helena de et al., 2007 apud COSTA, 2011).

Herrmann e Schmida (1999) destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva descritas a seguir:

1. Sistema de fluxo total – pode observar na figura 12, onde toda a chuva coletada pela superfície de captação é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. A chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.

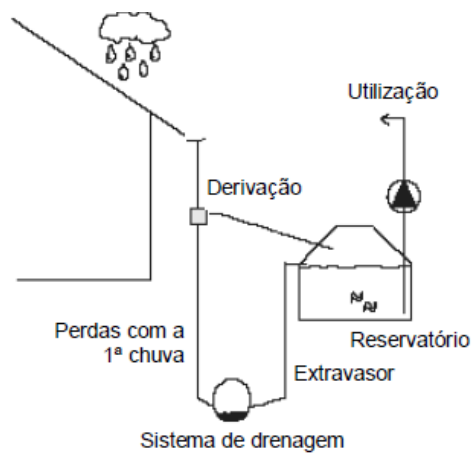
Figura 12: Sistema de fluxo total.



Fonte: (Herrmann e Schmida, 1999).

2. Sistema com derivação – Neste sistema (figura 13), uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema auto-limpante. Em alguns casos, instala-se um filtro ou uma tela na derivação. Assim como no sistema descrito anteriormente, a chuva que extravasa do reservatório é direcionada ao sistema de drenagem.

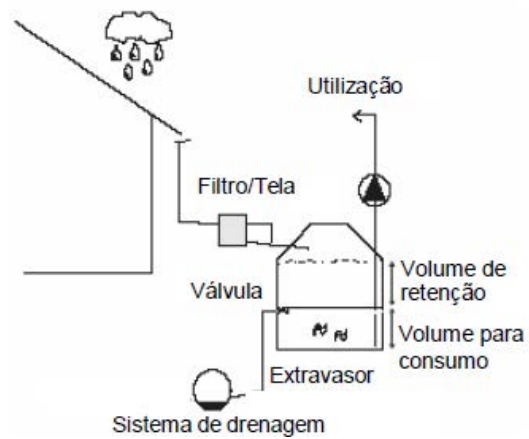
Figura 13: Sistema com derivação.



Fonte: (Herrmann e Schmida, 1999).

3. Sistema com volume adicional de retenção – representado pela figura 14, no qual, constrói-se um reservatório maior, capaz de armazenar o volume de chuva necessário para o suprimento da demanda e capaz de armazenar um volume adicional com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema, uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem.

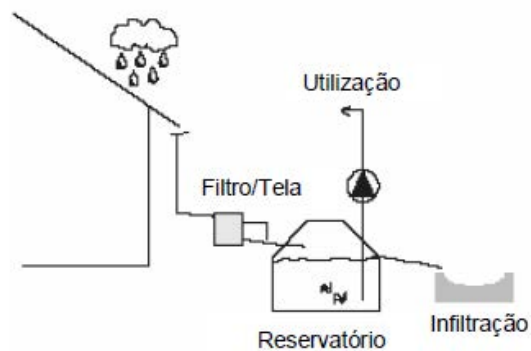
Figura 14: Sistema com volume adicional de retenção



Fonte: (Herrmann e Schmida,1999).

4. Sistema com infiltração no solo – representado na figura 15, neste sistema toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O volume de chuva que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração de água no solo.

Figura 15: Sistema com infiltração no solo.



Fonte: (Herrmann e Schmida,1999).

### 3.5 COMPONENTES PRINCIPAIS PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

#### 3.5.1 Cisterna ou reservatório de armazenamento:

De acordo com a NBR 15227 (2007) os reservatórios devem atender à ABNT NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.

Devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança (NBR 12217).

Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes. A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita a 15 cm da superfície (NBR 12217).

Os reservatórios de água de chuva podem ser enterrados, semi-enterrados, apoiados sobre o solo ou elevados dependendo da disponibilidade de espaço e da necessidade requerida. Entre os materiais mais utilizados na confecção destes reservatórios estão o concreto armado, a alvenaria, a fibra de vidro, o aço e o polietileno (COSTA, 2011);

As Figuras 16, 17, 18 e 19 mostram exemplos de cisternas que são utilizadas.

Figura 16: Dois reservatórios de aço inox com 2.000 litros cada.



Fonte: (TOMAZ, 2009).

Figura17: Minicisterna.



. Fonte: (Água e vida - dos mananciais ao copo de água potável - parte 1, 2010).

Figura 18: Cisterna de 10.000 L de plástico.



Fonte: (Tecnotri Industria de Plásticos LTDA)

Figura 19: Cisternas no semiárido, financiados pelo MDS.



Fonte: (MDS vai financiar a construção de mais 31 mil cisternas no Semiárido, 2010)

Em locais mais pobres, as cisternas podem ser construídas barateando o custo de reservatório. As figuras 20 e 21 mostram exemplos utilizados no nordeste brasileiro.

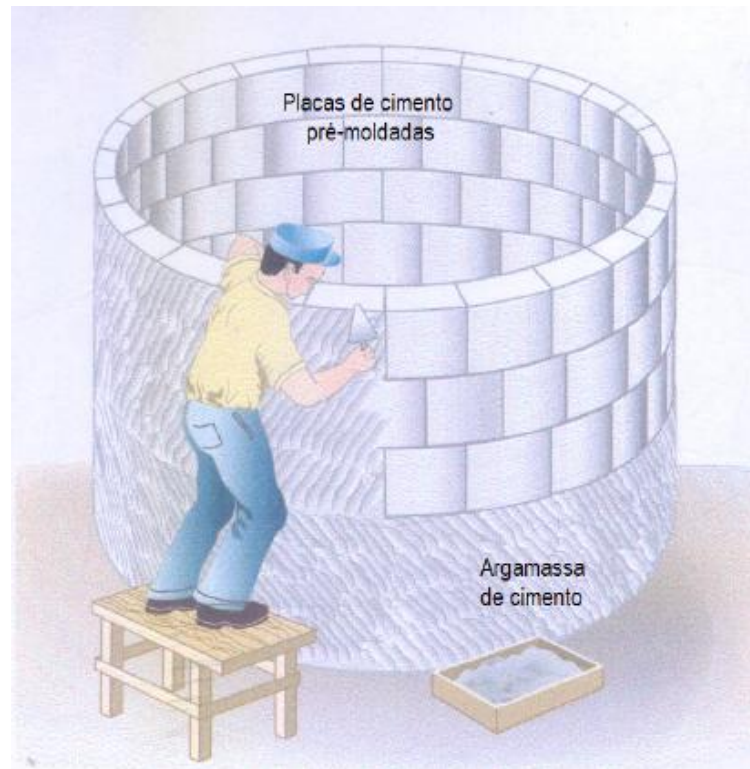
Figura 20: Cisterna de concreto com tela de arame.



Fonte: (GNADLINGER, 2001).



Figura 21: cisternas com placas de cimento pré-moldadas.



[Fonte: (GNADLINGER, 2001).

### 3.5.2 Bombeamento

De acordo com NBR 15527 (2007):

- Quando necessário o bombeamento, este deve atender à ABNT NBR 12214: Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.
- Devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.
- Pode ser instalado, junto à bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado, o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 30 minutos

A figura 22 apresenta um exemplo de bomba que pode ser utilizado no sistema de CAAC.

Figura 22: Motor usado para bombeamento da água de chuva.



Fonte: (TOMAZ, 2009)

### 3.5.3 Área de captação:

A determinação desta área deve ser feita na projeção horizontal da superfície.

Geralmente são os telhados das casas ou indústrias, mas também podem ser em solo ou outros materiais impermeáveis. Podem ser telhas cerâmicas, telhas de fibrocimento, telhas de zinco, telhas ferro galvanizado, telhas de concreto armado, telhas de plásticos, telhado plano revestido com asfalto, etc (TOMAZ, 2009).

### 3.5.4 Condutores horizontais e verticais (calhas e condutores):

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais. Devem ser observados o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica. Devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos. Estes dispositivos podem ser, por exemplo, grades e telas que atendam à ABNT NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.

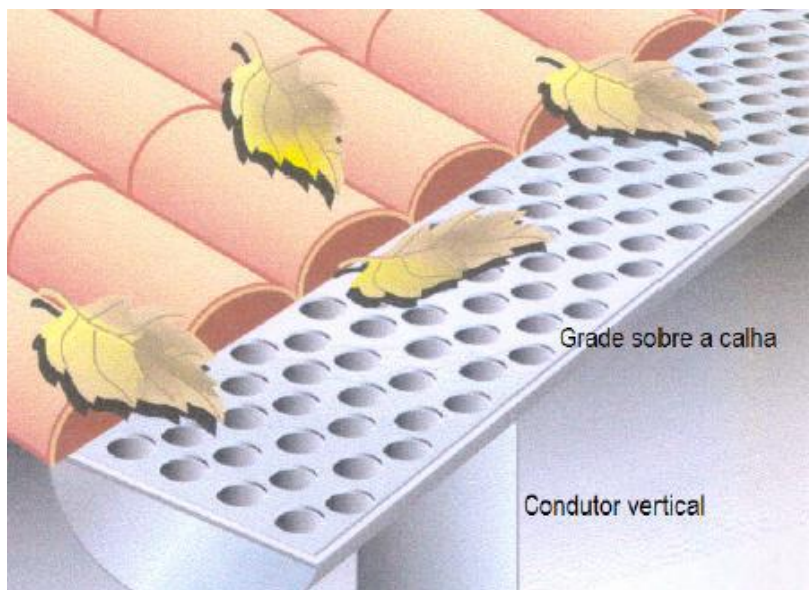
Para captação da água de chuva são necessárias calhas e coletores de águas pluviais que podem ser de PVC ou metálicos. (TOMAZ, 2009).

As calhas e condutores horizontais e verticais devem atender à NBR-10844: Instalações prediais de águas pluviais e para não ocorrerem entupimentos, devem conter dispositivos de remoção de materiais grosseiros. (COSTA, 2011).

### 3.5.5 Sistema de remoção de materiais grosseiros:

O sistema de remoção de materiais grosseiros é utilizado para reter folhas, gravetos e outros detritos a fim de evitar o entupimento dos condutores e garantir a qualidade da água armazenada. Podem ser utilizados dispositivos simples como grades ou telas e ralos hemisféricos sobre as calhas coletoras, como ilustrado na figura 23. A água filtrada é direcionada para a cisterna e uma pequena quantidade de água leva embora folhas e partículas maiores para a rede pluvial (ACQUASAVE<sup>7</sup>, 2011 apud COSTA, 2011).

Figura 23: Grade sobre a calha.



Fonte: (WATERFALL, 2002 apud COSTA, 2011).

<sup>7</sup> Acquasve, 2011. Disponível em [http://www.agua-de-chuva.com/files/document\\_rws\\_katalog\\_brazil.pdf](http://www.agua-de-chuva.com/files/document_rws_katalog_brazil.pdf) apud COSTA, Amanda, **Limites de Aplicabilidades para Sistemas Automáticos de Descarte de Água de Chuva: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2011.

### 3.5.6 First flush (primeira água):

Quando a água pluvial escorre pelo telhado, ela sofre diversas contaminações e, dependendo dos materiais utilizados para a construção do telhado, a contaminação pode ser ainda maior. O telhado, muitas vezes, serve de depósito para fezes de aves, ratos e outros animais, o que pode contaminar a água pluvial com bactérias e parasitas gastro-intestinais. Além disto, o telhado também acumula poeira, folhas de árvores e revestimento do próprio telhado. Por esses motivos, pesquisadores aconselham o descarte dos primeiros milímetros de água de chuva. Atualmente já existem válvulas que realizam esse descarte (figura 27), com acionamento automático, podendo-se programar as quantidades de água a serem descartadas.(Gouvêa, Radavelli, Hurtado, 2011).

Água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos. Após três dias de seca os telhados vão acumulando poeiras, folhas, detritos, etc. e é aconselhável que o first flush não seja utilizado. (TOMAZ, 2007).

A Figura 24 mostra como a qualidade da água no início da precipitação (cor marrom escura/preto) vai melhorando com o passar do tempo, passando uma amostra da cor marrom escura para uma amostra praticamente transparente.

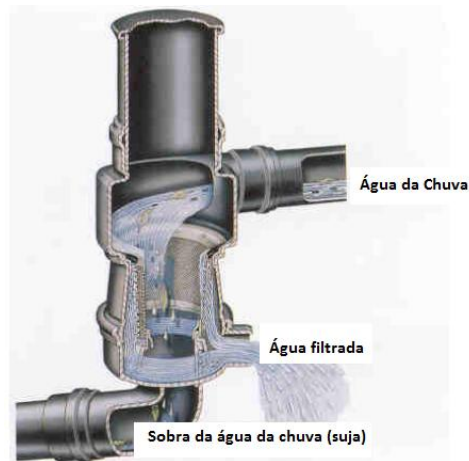
Figura 24: Amostradores de qualidade da água pluviais.



Fonte: (TUCCI, 2001)

Existe um acordo universal que o first flush deve ser jogado fora, porém de acordo com TOMAZ (2009) há desacordo mundial está em quantificar a água que deve ser jogada fora, se será 0,4mm ou 1mm ou 8,5mm. De acordo com a NBR 15527 (2007) o dispositivo de descarte de água deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o descarte de 2 mm da precipitação inicial. As Figuras 25 e 26 apresentam mecanismos que dispensam o first flush.

Figura 25: Dispositivo automático para autolimpeza da água da chuva com peneiras.



Fonte: (Lanka Rainwater Harvesting Forum, Sri Lanka, 1998 apud TOMAZ, 2009)

Figura 26: Detalhe da válvula para descarte inicial de água pluvial.



Fonte: (Safe Rain, 2010).

### 3.5.7 Extravasador:

Deverá ser instalado no reservatório um extravasador (ladrão), ele serve para retirar água do reservatório quando está próximo ao seu limite de volume, evitando problemas de vazamento. O extravasador deverá possuir dispositivo para evitar a entrada de pequenos animais (TOMAZ 2009).

### 3.6 COEFICIENTE RUNOFF

O volume de água de chuva armazenado depende da precipitação atmosférica do local, da área de coleta e do tipo de material que estabelece o coeficiente de escoamento superficial ou de *Runoff* (MAY, 2004). De acordo com Tomaz (2009) o coeficiente representa a perda de água de chuva devido à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza. O coeficiente varia de acordo com o material conforme Tabela 2:

Tabela 2: Coeficiente runoff de acordo com o material

Material	Coeficiente de Runoff
telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
telhas esmalticas	0,9 a 0,95
telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
cimento amianto	0,8 a 0,9
plástico , pvc	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2003).

No Brasil, costuma-se adotar o valor de  $C=0,80$  que corresponde a uma perda de 20% referente à evaporação e limpeza. (COSTA, 2011).

De acordo com a NBR 15527:2007, o volume de água aproveitada pode ser definido pela equação (1):

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ first flush} \quad (1)$$

Sendo:

V = é o volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável;

P = é a precipitação média anual, mensal ou diária;

C= coeficiente de runoff do telhado (adimensional);

$\eta$  first flush = rendimento do dispositivo de carga de lavagem do sistema;

A= área do telhado em projeção (m<sup>2</sup>);

### 3.7 INICIATIVAS POLÍTICAS E PÚBLICAS BEM SUCEDIDAS PARA O INCENTIVO DO USO DE SISTEMAS DE CAAC, EM TERMOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS.

Atualmente sindicatos de trabalhadores e ONGs tem um papel importante na organização, na execução e no financiamento de projetos de colheita de água de chuva. Por todas as regiões semiáridas do Brasil, estes trabalhadores e suas organizações estão tentando convencer políticos a nível local e estadual da possibilidade de um desenvolvimento sustentável para a região, fazendo desnecessário a implantação de grandes projetos de irrigação a partir de rios e águas subterrâneas (GNADLINGER, 2000).

A legislação brasileira relacionada à água que atualmente está em vigor é o Código de Águas de 1934, a Lei Brasileira de Recursos Hídricos de 1997 e a lei de criação da Agência Nacional de Águas (ANA). Não temos nenhuma legislação em âmbito nacional sobre água de chuva, essencial para a população do semi-árido brasileiro e outras regiões brasileiras (JAQUES, 2005).

Alguns municípios brasileiros têm discutido a implantação de critérios ambientais na elaboração da legislação de suas cidades. A retenção da água de chuva, ainda pouco difundida aparece em algumas leis municipais como em Curitiba e São Paulo (JAQUES, 2005).

Observam-se, hoje, ações pontuais de municípios exigindo ou incentivando a captação de águas pluviais, principalmente com o objetivo de atenuar enchentes, mas nenhum decreto na esfera nacional (COSTA, 2011).

Nas cidades de São Paulo, com a Lei Nº 13.276/02, e Rio de Janeiro, com o Decreto Municipal Nº 23.940/04, visando evitar inundações, tornou-se obrigatória a construção de reservatórios para acumulação das águas pluviais para os empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Determinando que a água captada deverá preferencialmente ser infiltrada no solo, podendo ser direcionada a rede de drenagem após uma hora do término da chuva ou ainda ser utilizada para fins não potáveis (COSTA, 2011).

Em Curitiba, a Lei Nº 10.785/03 criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com o objetivo de promover a conservação, o uso racional e a utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. A lei determina a utilização da água da chuva para atividades que não requeiram o uso de água tratada,

proveniente da Rede Pública de Abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas; lavagem de roupa; lavagem de veículos; lavagem de vidros, calçadas e pisos (COSTA, 2011).

No ano de 2006, foi aprovada no Estado de Santa Catarina a Lei Nº 5.722/2006 que torna obrigatório aos edifícios com número igual ou superior a três pavimentos e área superior a 600 m<sup>2</sup> a instalarem sistemas de captação, tratamento e aproveitamento de água pluvial. Enquadram-se nessa Lei edificações comerciais tais como hotéis, motéis, flats com um número igual ou superior a oito unidades dotados de toaletes (COSTA, 2011).

Na Califórnia, são oferecidos financiamentos para a construção de captação de água de chuva, o mesmo acontecendo na Alemanha e Japão (TOMAZ, 2009).

Em Hamburgo, na Alemanha, é concedido gratuitamente cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitar a água de chuva, que também servirá para conter picos de enchentes (TOMAZ, 2009).



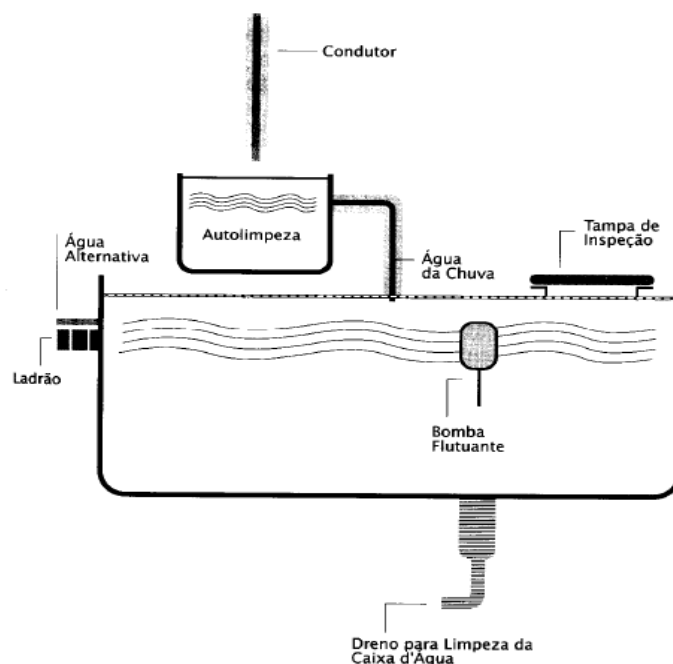
### 3.8 QUALIDADE/TRATAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

De acordo com Anecchini (2005) alguns cuidados devem ser tomados com relação ao reservatório de armazenamento, visando a sua manutenção e a garantia da qualidade da água, conforme descrito abaixo:

- A cobertura do reservatório deve ser impermeável;
- Deve-se evitar a entrada de luz no reservatório, para evitar a proliferação de algas;
- A entrada da água no reservatório e o extravasor devem ser protegidos por telas, para evitar a entrada de insetos e pequenos animais no tanque;
- O reservatório deve ser dotado de uma abertura, também chamada de visita, para inspeção e limpeza;
- A água deve entrar no reservatório de forma que não provoque turbulência para não suspender o lodo depositado no fundo do reservatório;
- O reservatório deve ser limpo uma vez por ano para a retirada do lodo depositado no fundo do mesmo.

A Figura 27 mostra o desenho esquemático de reservatório para acumulação de água de chuva, com os dispositivos de limpeza.

Figura 27: Desenho esquemático de reservatório para acumulação de água de chuva.



Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de hipoclorito de sódio, no mínimo uma vez por ano, de acordo com a ABNT NBR 5626 - instalação predial de água fria (NBR 15527, 2007). Segundo Yamagata et al.<sup>8</sup> (2002) apud Tomaz (2009) de modo geral as exigências são as seguintes: o odor e a cor não podem ser desagradáveis; o pH deve estar entre 5,8 a 8,6; o cloro residual  $\leq 0,5\text{mg/L}$ ; Coliformes totais  $\leq 1000/100\text{mL}$  e Sólidos em suspensão (SS)  $\leq 30\text{mg/L}$ . Já a NBR 15527 cita os seguintes parâmetros, mostradas na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos não potáveis.

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre*	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente	Mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

\* podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como aplicação de raio ultravioleta e de ozônio

uT = unidade de turbidez

uH = unidade de Hazen

Fonte: (NBR 15527, 2007)

Tomaz (2009) cita que não se recomenda em hipótese alguma a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas. A água fornecida pela SABESP é insubstituível. Porém muitos lugares que não possuem infraestrutura utilizam água para o próprio consumo.

<sup>8</sup> -YAMAGATA, HIROKI E OGOSHI, MASASHI. *On-site insight into reuse in Japan*. Jornal Water21. IWA. 2002 apud TOMAZ, P. Capítulo 2 - Qualidade da água da chuva In: Curso: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos - ABNT NBR 15527:2007**. São Paulo, 2009.

### 3.9 DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

A importância de ter consciência da quantidade de chuva do local, é que o custo de implantação desse sistema está diretamente relacionado aos custos envolvidos na construção do reservatório (cisternas), o que fez com que diversos métodos de dimensionamento fossem criados, como é o caso da NBR 15527 que foi publicada pela ABNT em 2007 e é intitulada “Água de chuva – aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos”, e apresenta seis métodos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento da água de chuva. Método de Rippl, Método da simulação, Método Azevedo Neto, Método prático alemão, Método prático inglês e Método prático australiano (BEZERRA et al, 2006).

Para realizar um estudo mais específico, foi escolhida a cidade de Guaratinguetá para o estudo de caso, local onde o autor desse trabalho mora e estuda (UNESP/Campus de Guaratinguetá).

Considerando para todos os métodos os seguintes dados:

- Demanda mensal de 6 m<sup>3</sup>.
- Área de captação de 70 m<sup>2</sup>.
- Coeficiente de escoamento = 0,8 NBR (15527).
- Segundo Vilanova (2014) entre os anos 1975–2012, Guaratinguetá apresentou as seguintes índices pluviométricos médios:

Índice pluviométrico médio anual = 1458,0 mm

Índice pluviométrico médio do verão = 620,0 mm

Índice pluviométrico médio do outono = 184,0 mm

Índice pluviométrico médio do inverno = 149,0 mm

Índice pluviométrico médio da primavera = 505,0 mm

#### 3.9.1 Método de rippl

O método mais comumente usado em aproveitamento de água de chuva é o de Rippl. Geralmente apresenta o valor extremo do volume do reservatório e é importante obtê-lo sempre para termos uma referência máxima (TOMAZ, 2009).

Existem duas maneiras de se usar o método de Rippl:

- método analítico: será realizado através de contas e tabelas;
- método gráfico: será realizado através de um gráfico;

Baseado na NBR 15227, Tomaz (2009) e Bezerra et al (2006) e adequando os valores para a cidade de Guaratinguetá, foi usado o método gráfico e analítico de Rippl para dimensionamento do reservatório. Os dados estão apresentados na Tabela 4.

Neste método podem ser usadas as séries históricas mensais ou diárias de precipitação (BEZERRA et al, 2006). No desenvolvimento desta pesquisa são utilizados os totais mensais.

A condição para a utilização desse método é que o somatório das demandas no tempo  $t$  deve ser menor do que o somatório do volume de água de chuva aproveitável no tempo  $t$  ( $\sum D(t) < \sum Q(t)$ ).

O volume do reservatório de água de chuva receberá a nomenclatura (VR), onde:

$VR = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$ .

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (2)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (3)$$

$V = \sum S(t)$ , somente para valores  $S(t) > 0$

Sendo:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$D(t)$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$V$  é o volume do reservatório ( $m^3$ );

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial.

## 3.9.1.1 Método Analítico

Tabela 4: Método de Rippl.

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Vol. Demanda - Vol. Chuva (Coluna 3 - Coluna 5)	Diferença acumulada da coluna 6 (valores positivos)	Obs.
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
janeiro	207	6	70	11,592	-5,592	0	E
fevereiro	207	6	70	11,592	-5,592	0	E
março	61	6	70	3,416	2,584	2,584	D
abril	61	6	70	3,416	2,584	5,168	D
maio	61	6	70	3,416	2,584	7,752	D
junho	50	6	70	2,8	3,2	10,952	D
julho	50	6	70	2,8	3,2	14,152	D
agosto	50	6	70	2,8	3,2	17,352	D
setembro	168	6	70	9,408	-3,408	13,944	S
outubro	168	6	70	9,408	-3,408	10,536	S
novembro	168	6	70	9,408	-3,408	7,128	S
dezembro	207	6	70	11,592	-5,592	1,536	S
TOTAL	1458	72	840	81,648	-9,648	91,104	

Legenda:

- Coluna 1: É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.
- Coluna 2: Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros do município de Guaratinguetá.

Nos meses de mesma estação foram considerados índices iguais.

- Coluna 3: Considerando 150 L /dia per capita, uma casa com 4 pessoas, e que o uso de água da chuva seja 35% do total. O consumo mensal de água de chuva por residência será de:  $150 \times 4 \times 30 \times 0,35 / 1000 = 6,3 \text{ m}^3$ .
- Coluna 4: É a área de captação da água de chuva. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno. Segundo o CREA do Estado de São Paulo a casa é denominada popular como aquela que tem área construída menor ou igual a 70 m<sup>2</sup> (TOMAZ, 2009)

- Coluna 5: Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000 para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Assim a linha referente ao mês de janeiro é obtida:

$$207\text{mm} \times 70 \text{ m}^2 \times 0,80 / 1000 = 11,592 \text{ m}^3$$

O total da coluna 5 (volume de água fornecida pela chuva média de janeiro a dezembro) é de 81,648 m<sup>3</sup>/ano que deverá ser maior ou igual ao volume total da demanda ou consumo que se refere a coluna 3 (72 m<sup>3</sup>).

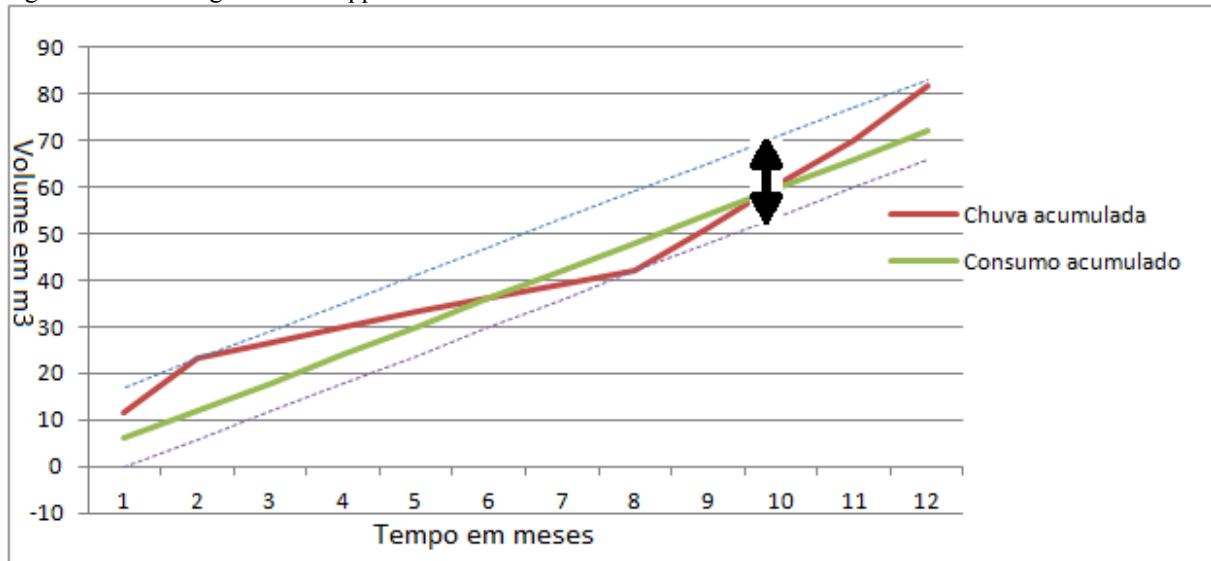
- Coluna 6: Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.
- Coluna 7: Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitido a hipótese inicial de o reservatório estar cheia. Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda).
- Coluna 8:  
E = água escoando pelo extravasor;  
D= nível de água baixando e  
S= nível de água subindo.

As equação (2) é o mesmo cálculo realizado na “coluna 6” enquanto a equação (3) é o mesmo que a “coluna 5”, citados na tabela 4.

Somando apenas os valores positivos, encontra-se o volume do reservatório, que é **17,352 m<sup>3</sup>**.

### 3.9.1.2 Método Gráfico

Figura 28: Método gráfico de Rippl.



Fonte: (Autor, 2015)

A Figura 28 ilustra a aplicação do método gráfico de Rippl, no qual o consumo acumulado de  $6 \text{ m}^3/\text{mês}$  está representado pela reta verde. Pelo método de Rippl, temos que traçar retas paralelas em relação à reta do consumo acumulado que passam pelo ponto mais alto e pelo ponto mais baixo da curva da chuva acumulada. A distância vertical entre as duas paralelas será o volume de  **$17,352 \text{ m}^3$** , o mesmo valor achado na Método Analítico.

### 3.9.2 Método da simulação

Neste método a norma NBR 15527 (ABNT, 2007) indica que duas hipóteses devem ser feitas:

- (a) o reservatório está cheio no início da contagem do tempo  $t$ ; e
- (b) os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Baseado em Bezerra et al (2006), neste trabalho a primeira hipótese não foi considerada e, ao contrário, fixou-se que o reservatório estava vazio no início da contagem do tempo  $t$ , para simular a situação de um reservatório recém-construído e, portanto, sem nenhuma quantidade de água de chuva armazenada. Assim, em janeiro,  $S(t-1) = 0$ .

Neste método a evaporação da água não deve ser levada em conta. Para um determinado mês, aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times \text{área de captação} \quad (5)$$

Sendo que:  $0 \leq S(t) \leq V$

Sendo:

$S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$S(t-1)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t-1$  ( $m^3$ );

$P(t)$  é a precipitação de chuva no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$Q(t)$  é o volume de chuva aproveitada no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$D(t)$  é o demanda ou consumo no tempo  $t$  ( $m^3$ );

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial;

$V$  é o volume do reservatório ( $m^3$ );

Considerando os meses de baixo índice pluviométrico (meses que  $Q(t) \leq D(t)$ ) março, abril e maio com precipitação de 61 mm e junho, julho e agosto com precipitação de 50 mm, assim como a Tabela 4.

Utilizando a equação (5):

$$Q(t) = 0,8 \times 61 \times 70 = 3416 \text{ L - Março}$$

$$Q(t) = 0,8 \times 61 \times 70 = 3416 \text{ L - Abril}$$

$$Q(t) = 0,8 \times 61 \times 70 = 3416 \text{ L - Maio}$$

$$Q(t) = 0,8 \times 50 \times 70 = 2800 \text{ L - Junho}$$

$$Q(t) = 0,8 \times 50 \times 70 = 2800 \text{ L - Julho}$$

$$Q(t) = 0,8 \times 50 \times 70 = 2800 \text{ L - Agosto}$$

Utilizando a equação (4):

$$S(t) = 3416 - 6000 = - 2584 \text{ L - Março}$$

$$S(t) = 3416 - 6000 = - 2584 \text{ L - Abril}$$

$$S(t) = 3416 - 6000 = - 2584 \text{ L - Maio}$$

$$S(t) = 2800 - 6000 = - 3200 \text{ L - Junho}$$

$$S(t) = 2800 - 6000 = - 3200 \text{ L - Julho}$$

$$S(t) = 2800 - 6000 = - 3200 \text{ L - Agosto}$$

Somando os valores encontrados acima:

$$\text{Total} = 17352 \text{ L} = \mathbf{17,352 \text{ m}^3}$$



### 3.9.3 Método Azevedo Neto

Nesse método é considerado como período de estiagem aqueles onde demanda de água de chuva foi maior do que o volume de chuva, no caso, 6 meses.

O volume do reservatório é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (6)$$

Onde:

P = precipitação média anual (mm);

T = número de meses de pouca chuva ou seca;

A = área de captação (m<sup>2</sup>);

V = volume reservatório (L).

Utilizando a equação (6):

$$V = 0,042 \times 1458 \times 6 \times 70 = 25.719,12 \text{ L}$$

**Ou seja, 25,7 m<sup>3</sup>**

### 3.9.4 Método prático alemão

Esse método considera o volume do reservatório de água de chuva como sendo 6% do menor valor entre:

(a) o volume anual do consumo

(b) o volume anual de chuva aproveitável

Ou seja,

Vadotado = (menor valor entre (a) volume anual de consumo e (b) volume anual chuva aproveitável) x 0,06

Sendo:

Vadotado = volume de água do reservatório (L).

Baseado na Tabela 4:

(a) Volume anual de consumo = coluna 3 = 72m<sup>3</sup>

(b) Volume anual de chuva aproveitável = 5 = 81,648 m<sup>3</sup>

Portanto  $6\% \times 72 = 4,32 \text{ m}^3$

### 3.9.5 Método prático inglês

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P_{\text{anual}} \times A \quad (7)$$

Sendo:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de captação ( $\text{m}^2$ );

V = volume reservatório (L).

Utilizando a equação (7):

$$V = 0,05 \times 1458 \times 70 = 5193 \text{ L} = 5,2 \text{ m}^3$$

## 9.6 MÉTODO PRÁTICO AUSTRALIANO

Baseado em Bezerra et al (2006) e na NBR 15527 (ABNT, 2007) nesse método o volume do reservatório (VR) é determinado por tentativas, para atender à demanda com confiança do sistema entre 90% e 99%. De acordo com as equações indicadas na norma, e considerando o período de 1 ano, que foi investigado nesse estudo de caso, o reservatório deve atender à demanda por no mínimo 11 meses ao ano, para obter confiança de 91%.

Utiliza-se primeiro a equação (8) para calcular o valor da falha e assim a equação (9) para calcular a confiança.

$$Pr = Nr / N \quad (8)$$

Sendo:

Pr é a falha;

Nr é O número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, isto é, quando  $V_t = 0$ ;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses (NBR 15527);

$$\text{Confiança} = (1 - Pr) \quad (9)$$

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P_{\text{mensal}} - I) \quad (10)$$

Onde:

$C$  = coeficiente de escoamento superficial.

$P_{\text{mensal}}$  = precipitação média mensal;

$I$  = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm (NBR 15527)

$A$  = área de captação ( $\text{m}^2$ );

$Q$  = volume mensal de água da chuva aproveitado.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (11)$$

Sendo:

$Q_t$  é o volume mensal produzido pela chuva no mês  $t$ ;

$V_t$  é o volume de água que está no tanque no fim do mês  $t$ ;

$V_{t-1}$  é o volume de água que está no tanque no início do mês  $t$ ;

$D_t$  é a demanda mensal;

NOTA Para o primeiro mês considera-se o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$ , então  $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será  $T$ .

Tabela 5: Método prático australiano.

<b>Demanda constante mensal</b>	<b>Volume de chuva mensal</b>	<b>V (t-1)</b>	<b>V (t)</b>
(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
6	11,48	0	5,48
6	11,48	5,48	10,96
6	3,304	10,96	8,264
6	3,304	8,264	5,568
6	3,304	5,568	2,872
6	2,688	2,872	-0,44
6	2,688	0	-3,312
6	2,688	0	-3,312
6	9,296	0	3,296
6	9,296	3,296	6,592
6	9,296	6,592	9,888
6	11,48	9,888	15,368
72	80,304	15,368	23,672

As equações (10) e (11) foram calculadas e colocadas na Tabela 5.

$N_r = 3$  meses ( $V_t=0$ ).

$N = 12$  (12 meses).

Utilizando a equação (8) e (9):

$Pr = 3/12 = 0,25$

Confiança =  $1 - Pr = 0,75$

Portanto confiança está abaixo que o necessário.

Tabela 6: Método Prático Australiano

<b>Demanda constante mensal</b>	<b>Volume de chuva mensal</b>	<b>V (t-1)</b>	<b>V (t)</b>
(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
6	11,48	4	9,48
6	11,48	9,48	14,96
6	3,304	14,96	12,264
6	3,304	12,264	9,568
6	3,304	9,568	6,872
6	2,688	6,872	3,56
6	2,688	3,56	0,248
6	2,688	0,248	-3,064
6	9,296	0	3,296
6	9,296	3,296	6,592
6	9,296	6,592	9,888
6	11,48	9,888	15,368
72	80,304	15,368	23,672

Porém utilizando V(t-1) inicial de 4 m<sup>3</sup> encontra-se a confiança necessária, e o volume necessário para o reservatório continua sendo de **23,672 m<sup>3</sup>**.

A Tabela 6 mostra o volume do reservatório para cada método.

Tabela 7: Volume do reservatório para cada método.

<b>Método</b>	<b>Capacidade reservatório</b> (m <sup>3</sup> )
Método de Rippl(NBR 15227)	17,352
Método de Rippl (TOMAZ)	17,352
Método da simulação	17,352
Método Azevedo Neto	25,7
Método prático alemão	4,32
Método prático inglês	5,2
Método prático australiano	26,672

O volume do reservatório dos métodos prático alemão e do método prático inglês apresentaram volume muito baixo, enquanto o método Azevedo Neto e prático australiano apresentaram volume exagerados. Os métodos que apresentaram resultados mais confiáveis são os Método de Rippl (NBR 15227), Método de Rippl (TOMAZ) e o Método da simulação.

### 3.10 CUSTOS

#### 3.10.1 Reservatório

Tomaz (2009) fez o cálculo do custo total para implantação de reservatórios de diferentes materiais. Chegando aos seguintes resultados de custos médios por metro cúbico de água de chuva armazenada, custo de um reservatório concreto armado varia de 107 US\$/m<sup>3</sup> (custo realizado para implantação de um tanque de 300 m<sup>3</sup>) a 178 US\$/m<sup>3</sup> (custo realizado para implantação de um tanque de 50 m<sup>3</sup>), enquanto que o custo de um reservatório apoiado de PVC ou de fibra de vidro varia de 105 US\$/m<sup>3</sup> (custo realizado para implantação de um tanque de 300 m<sup>3</sup>) a 137 US\$/m<sup>3</sup> (custo realizado para implantação de um tanque 50 m<sup>3</sup>). Nestes custos estão inclusos a base de concreto, os tubos de entrada e descarga, bomba centrífuga flutuante, instalação elétrica, tampão, etc.

A Tabela 7 mostra como foi realizado o cálculo para estimar o preço de um tanque de 50 m<sup>3</sup> de fibra de vidro.

Tabela 8: Custo médio de um reservatório de fibra de vidro com 50m<sup>3</sup> e com bomba e instalação elétrica.

Itens	Descrição	Unidade	Quantidade	Preço unitário(US\$)	Preço total (US\$)
1	Reservatório de 10 m <sup>3</sup>	unidade	1	781	781
2	Reservatório de 20 m <sup>3</sup>	unidade	2	1702	3404
3	Lastro de brita de 0,10 m	m <sup>3</sup>	2,7	15	40
4	Lastro de concreto magro 0,10 m	m <sup>3</sup>	2,7	83	224
5	Tubo concreto 0,4 descarga	m <sup>3</sup>	50	9	454
6	Tubo entrada e descarga 100 mm	m <sup>3</sup>	30	26	783
7	Bomba flutuante até 5 HP	unidade	1	229	229
8	Válvula	unidade	1	114	114
9	Instalação elétrica	verba	1	208	208
				SUB-TOTAL	6237
				outros 10 %	623,7
				<b>TOTAL</b>	<b>6860,7</b>

Fonte: (TOMAZ, 2009).

O custo total do reservatório é de US\$ 6860 e o custo por metro cúbico é de 137 US\$/m<sup>3</sup>.

Portanto, utilizando a proporção, o custo de um reservatório de 18 m<sup>3</sup> de fibra de vidro será de U\$ 2466 (R\$ 6263,64). Utilizando o valor do dólar americano (U\$) sendo 2,54 reais (UOL economia, 2015)

### **3.10.2 Retorno financeiro**

Silva, Sousa, Carvalho (2014) fizeram um diagrama, mostrado pela Figura 29, que descreve todo o processo da utilização da água da chuva até o *payback period* (retorno de investimento). O diagrama está dividido em dois ramos, um lado cita os processos de captação de água da chuva, e o quanto de água é possível economizar e assim consequentemente diminuir o custo com contas de água. Do outro lado estão todos os gastos que CAAC podem gerar, com instalação de equipamentos, tratamento da água, podendo assim chegar no período de *payback*.

Figura 29: Metodologia adotada para determinar o payback period.



Fonte: (SILVA, SOUSA, CARVALHO, 2014).

Estudo realizado por Silva, Sousa, Carvalho (2014) sobre o consumo de água em uma moradia unifamiliar com 3 habitantes, onde o consumo total de água é de 154 L / ppd (litros por pessoa por dia)

Já a Norma Técnica da Sabesp (NTS 181: 2012 Rev. 3) apresenta os dados conforme a Tabela 8.



Tabela 9: Estimativa de Consumo Médio Diário.

<b>Edificação</b>	<b>Consumo (L / dia)</b>
Casa popular ou rural	120
Residência	150
Residência de luxo	300

Fonte: (TOMAZ, 2009).

Considerando 150L /dia per capita, uma casa com 4 pessoas, e que o uso de água da chuva seja 35% do total. O consumo mensal de água de chuva por residência será de:

$$150 \times 4 \times 30 \times 0,35 / 1000 = 6,3 \text{ m}^3.$$

Já o consumo de água total por residência é de:

$$150 \times 4 \times 30 / 1000 = 18 \text{ m}^3.$$

De acordo com Ecoasa (Aproveitamento de Água da Chuva) considerando as condições climáticas do Brasil e a tarifa atual de água o investimento em um sistema de aproveitamento de água da chuva costuma retornar o valor investido em aproximadamente 2 anos para o seguimento industrial e 5 anos para o residencial.

Baseado no livro The Rainwater Technology Handbook, (2001) apud Tomaz (2009) mostra que o retorno dos investimentos para aproveitamento de água de chuva não deve ultrapassar de 15 anos a 20 anos.

A Tabela 9 mostra o preço da água para cada classe de consumo:

Tabela 10: Tarifa por classe de consumo.

<b>Classe de consumo (m<sup>3</sup>/mês)</b>	<b>Tarifa água (R\$)</b>
<b>Residência/normal</b>	
0 a 10	17,91/mês
11 a 20	2,80/m <sup>3</sup>
21 a 50	7,00/m <sup>3</sup>
acima de 50	7,71/m <sup>3</sup>

Fonte: (SABESP, 2014)

De acordo com a Sabesp o preço da água com um consumo entre 11 e 20 m<sup>3</sup> é de 2,80 R\$/ m<sup>3</sup>.

$$18\text{m}^3 \text{ residência/mês} \times \text{R\$ } 2,80 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 50,4 \text{ residência/mês.}$$

Considerando o consumo de água não potável sendo 35% do total de água consumida.

$$35\% \times 18 \text{ m}^3 = 6,3 \text{ m}^3 \text{ de água economizada por mês.}$$

Portanto o consumo mensal cai para 11,7 m<sup>3</sup> residência/mês. De acordo com a Sabesp o preço da água com um consumo entre 11 e 20 m<sup>3</sup> é de R\$ 2,80 / m<sup>3</sup>.

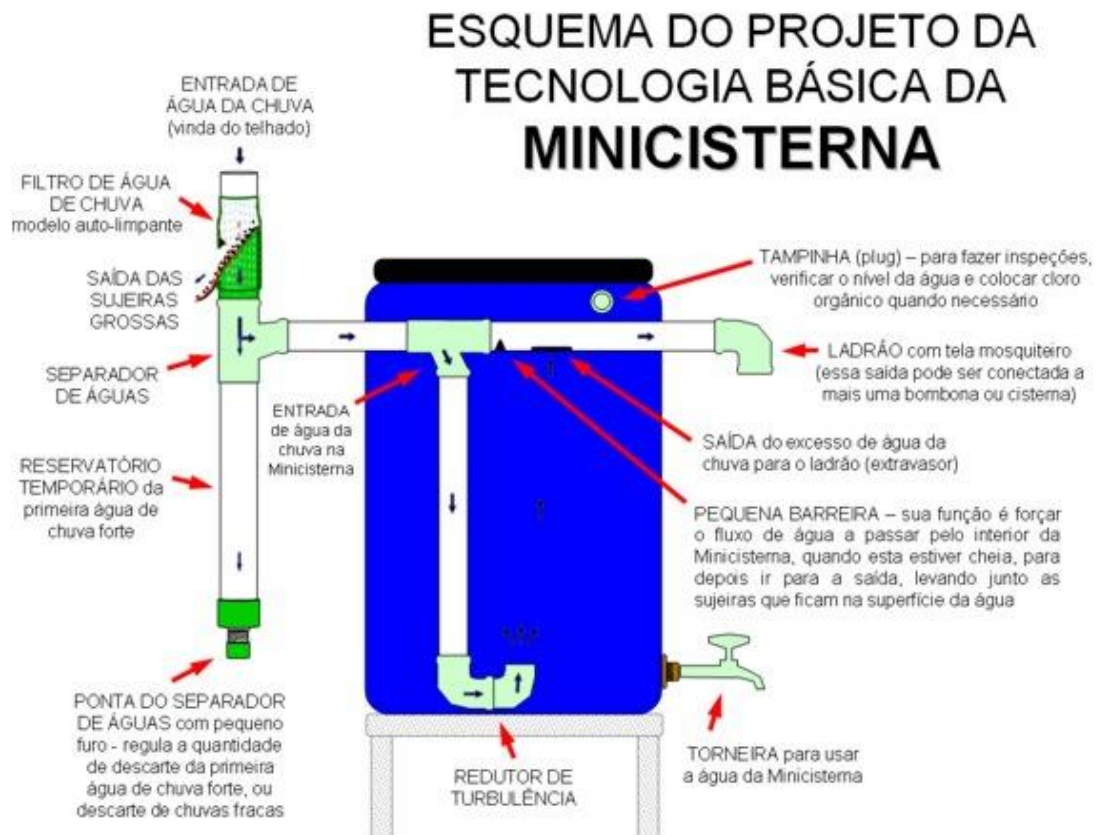
$$11,7\text{m}^3 \text{ residência/mês} \times \text{R\$ } 2,80 / \text{m}^3 = \text{R\$ } 32,76 \text{ residência/mês}$$

$$\text{Economia de R\$ } 17,64 \text{ por mês (R\$}50,4 - \text{R\$}32,76).$$

O preço do reservatório de fibra de vidro como calculado é igual a R\$ 6.263,64. Pode-se calcular o tempo do retorno de investimento como sendo de  $6263,64/17,64 = 355$  meses = 29 anos, ou seja, 27 anos e meio é o tempo para que o capital investido seja retornado. Tempo de retorno muito acima da média para investimento. Não compensando o investimento nessas condições para a cidade de Guaratinguetá.

### 3.11 ALTERNATIVAS PARA BARATEAR CAAC

Figura 30: Componentes para a utilização de minicisterna.



Fonte: Projeto experimental de aproveitamento de água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana (2014).

De acordo com “Projeto experimental de aproveitamento de água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana” (2014), a montagem da minicisterna não é complexa e por ser executada sem contratação de serviços especializados e preço total fica entre R\$ 300,00 e R\$ 400,00.

Podendo assim baratear muito a utilização de CAAC. Porém a minicisterna apresenta um volume muito pequeno, no caso 200 L, fazendo com que nos períodos de estiagem, onde mais se precisa economizar água, o volume de água armazenada não é suficiente para suprir a demanda.

Esse modelo de minicisterna é apenas um exemplo para que seja possível fazer a captação e uso da água da chuva, mas existem inúmeros meios para sua realização. De acordo com as lojas de fornecimento de materiais de construção (Leroy Merlin e Telha Norte), caixas de água de 500 L podem variar de R\$ 200,00 a R\$ 500,00 dependendo do modelo.

### 3.12 CONCLUSÃO

Sob uma abordagem econômica, nem todas as cidades possuem um índice pluviométrico alto, as casas possuem uma área de captação grande ou famílias possuem verba para financiar o investimento de CAAC, a ponto de compensar o aproveitamento da água da chuva.

É o que acontece no caso estudado neste trabalho, na cidade de Guaratinguetá o retorno financeiro para uma casa popular (70 m<sup>2</sup> de área construída) foi estimado em cerca de 27 anos, deste modo, esse investimento não é compensador. Os principais motivos que explicam esse exagerado período de retorno são: a pequena área de captação que casas populares possuem, e o índice pluviométrico que não é alto na cidade de Guaratinguetá, trazendo a necessidade de aumentar o volume da cisterna e conseqüentemente o custo para a implantação. Sendo que este é um caso a parte, já que se tivéssemos um índice pluviométrico maior ou se o sistema fosse utilizado em um local com uma área de captação maior (como indústrias), o retorno financeiro poderia ser muito mais rápido, e seria um ótimo investimento.

Pensando pelo lado dos benefícios que CAAC trazem ao país, como cita Ghisi (2006) a utilização de água da chuva pode ser aplicada a qualquer país em todo o mundo, independentemente dos casos mais adversos que podem acontecer nas mais variadas regiões, pois é muito clara a melhoria que traz ao país, como por exemplo, a redução de consumo de água potável, redução do problema de falta de água e amenização de enchentes.

O governo então deveria subsidiar programas que incentivassem o CAAC, onde além de uma ajuda financeira para baratear os custos, deveria mostrar às pessoas as vantagens que a utilização possa trazer pra elas mesmas e para a região, baseadas na necessidade do local. Já que com certeza grande parte das pessoas desconhece os benefícios e o modo que é feito o aproveitamento de água da chuva, e muitas outras não possuem dinheiro suficiente. Deste modo, fazendo com que todas as casas tenham possibilidade de reutilizar água.

Portanto a população deve ser educada com toda a metodologia que explicasse o uso de água da chuva, desde a implantação de cisternas, os custos, a melhor forma de se utilizar, de manter, cuidados necessários. E assim a CAAC fosse utilizada não apenas em locais onde exista a necessidade de aproveitamento para consumo humano, como o nordeste brasileiro, mas também em quase todo o país, pelos benefícios que pode trazer a população e comunidade, fazendo com que muitos locais que possuem um potencial enorme para o uso de água da chuva e que não são aproveitados, começassem a utilizar CAAC, pois seria um bom

investimento. E muitos casos de seca, como o que está ocorrendo no sudeste brasileiro nos anos de 2014 e 2015, poderiam ser reduzidos, utilizando um método simples e barato como este.

## REFÊRENCIA BIBLIOGRÁFICA

A COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Disponível em <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes\\_servicos/comunicado\\_07\\_2014.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_07_2014.pdf)> Acesso em 20 dez. 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e Reúso de Água em Edificações**. 2. ed. São Paulo: ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2006. 152 p.

ANNECCHINI, Karla, **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos: NBR 15.527**. Rio de Janeiro. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação predial de água fria**. NBR 5626. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais**. NBR 10844.1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público**. NBR 12213. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público.** NBR 12214. 1992

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.** NBR 12217. 1994.

BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTAN, P. de; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. **Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR.** 2010.

CÂMARA MUNICIPAL DE CURITIBA. Lei Municipal N°. 10.785 de 18/09/03 de Curitiba. Disponível em <<http://www.cmc.pr.gov.br>> acessado em 30 jan. 2015.

CÂMARA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. LEI N.º 13.276, DE <[http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/habitacao/parcelamento\\_solo/0004/parcelamento\\_solo\\_manual.rtf](http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/habitacao/parcelamento_solo/0004/parcelamento_solo_manual.rtf) acessado> em 30 jan 2015.

Centro de referencia virtual do professor. **Água e vida - dos mananciais ao copo de água potável - parte1.** Disponível em: <[http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema\\_crv/index.aspx?ID\\_OBJETO=120067&tipo=ob&cp=003366&cb=&n1=&n2=M%EF%BF%BDdulos%20Did%EF%BF%BDticos&n3=Tem%EF%BF%BDticas%20Especiais%20-20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Ambienta&n4=&b=s](http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/index.aspx?ID_OBJETO=120067&tipo=ob&cp=003366&cb=&n1=&n2=M%EF%BF%BDdulos%20Did%EF%BF%BDticos&n3=Tem%EF%BF%BDticas%20Especiais%20-20Educa%C3%A7%C3%A3o%20Ambienta&n4=&b=s)>. Acessado em 17 jan. 2015.

COSTA, Amanda, **Limites de Aplicabilidades para Sistemas Automáticos de Descarte de Água de Chuva: Estudo de Caso.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2011.

GHISI, E. **Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil**. Building and Environment, 2005.

GNADLINGER, J. Coleta **de água de chuva em áreas rurais**. FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000. Haia, Holanda. Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>> Acesso em 5 jan. 2015.

GOUVEA, C. A. K., RADAVELLI, A. C. M. A., HURTADO, A. L. B. **VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE CISTERNAS PARA CAPTAÇÃO DE Á-GUA DE CHUVA - CASO JOINVILLE**. XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. 2011

HANSEN, S., **Aproveitamento de Água de Chuva em Florianópolis**. Trabalho de conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1996.

HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. UrbanWater. v. 1, n. 4, p. 307-316, 1999.

JAQUES, R. C.; RIBEIRO, **Qualidade da Água de Chuva no Município de Florainópolis e sua Potencialidade para Aproveitamneto em Edificações**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.



Norma Técnica Sabesp NTS 181. **Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação.** São Paulo, 2012. Disponível em <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>. Acesso em 8 jan. 2015.

Portal de notícias G1. **Conheça soluções para a crise da água em 6 cidades do mundo.** Disponível em <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2014/11/conheca-solucoes-para-a-crise-da-agua-em-6-cidades-do-mundo.html>>. Acesso em 5 jan. 2015.

Portal de notícias VEJA. **Em oito questões, entenda a crise da água em São Paulo.** São Paulo, 2014. Disponível em <<http://veja.abril.com.br/noticia/brasil/em-oito-questoes-entenda-a-crise-hidrica-em-sao-paulo>>. Acesso em 10 jan. 2015.

**Projeto experimental de aproveitamento de água da chuva com a tecnologia da minicisterna para residência urbana,** manual de construção e instalação, disponível em <<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>> Acesso em 20/02/15.

SAFE RAIN. **A Revolutionary Product in Water Diverter Technology.** Disponível em: <[http://saferain.com.au/photo\\_gallery.html](http://saferain.com.au/photo_gallery.html)>. Acesso em 10 jan. 2015.

Secretaria municipal de assistência social e cidadania– Rafael Godeiro – RN. **MDS vai financiar a construção de mais 31 mil cisternas no Semiárido,** 2010. Disponível em: <http://rafaelgodeiroemacao.blogspot.com.br/2010/03/das-31.html>. Acessado em 10 jan. 2015.

SILVA Cristina, SOUSA Vitor, CARVALHO Vaz. **Evaluation of Rainwater Harvesting in Portugal: Application To single-Family Residences.** Department of Civil Engineering, Architecture and GeoResources, Universidade de Lisboa.- Lisboa, Portugal, 2014.

Tecnotri                      Industriade                      Plásticos                      LTDA.                      Disponível em:<<http://www.solucoesindustriais.com.br/empresa/embalagens/tecnotri-industria-de-plasticos-ldta/produtos/tanques/cisterna-10000-litros>> Acesso em 15 jan. 2015.

TOMAZ, Plínio. Capítulo 2 - Qualidade da água da chuva In: Curso: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos - ABNT NBR 15527:2007**. São Paulo, 2009.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2003.180p

TOMAZ, Plínio. **Previsão de consumo de água. Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos**. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.

TUCCI, C.E.M., **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora da Universidade: ABRH: EDUSP. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4. Porto Alegre, 1a. Edição, 1993.

UNEP United Nations Environment Programme. **Global Environment Outlook 3: past, present and future perspectives**. Earthscan, UK, 2002.

VILANOVA, M. R. N.. **Long-term rainfall trends in Serra da Mantiqueira Environmental Protection Area, southeast Brazil**. 2014. Environ Earth Sci, DOI 10.1007/s12665-014-3763-y. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014.