



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO  
POTÁVEIS**

**Guaratinguetá  
2013**

CARLOS EDUARDO NASCIMENTO CARDOSO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO  
POTÁVEIS**

Trabalho de Graduação apresentado 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.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá  
2013

C268a

Cardoso, Carlos Eduardo Nascimento

Aproveitamento de Água de Chuva Para Fins Não Potável / Carlos Eduardo Nascimento Cardoso – Guaratinguetá : [s.n], 2013.

74 f. : il.

Bibliografia : f. 64-68

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2013.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin

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

CDU 628:179.2

**Unesp**

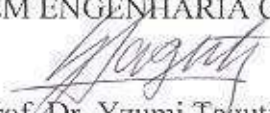
**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá**

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

**CARLOS EDUARDO NASCIMENTO CARDOSO**

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




Prof. Dr. Yzumi Taguti

Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof.ª Dr.ª Isabel Cristina de Barros Transin  
Orientadora/UNESP-FEG



Prof. Dr. José Bento Ferreira  
UNESP-FEG



MSc. Alessandra Malta Mattos Branco  
UNESP/FEG

## **DADOS CURRICULARES**

**CARLOS EDUARDO NASCIMENTO CARDOSO**

<b>NASCIMENTO</b>	25.07.1989 – GUARUJÁ / SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Oswaldo Lima Cardoso Maria Aparecida Nascimento Cardoso
<b>2009/2013</b>	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá.

*Dedico este trabalho à minha família, que esteve ao meu lado em todos os momentos, sempre acreditando no meu potencial e fazendo o possível para que eu tornasse meus sonhos realidade.*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a *Deus* por me dar todas as possibilidades e chances, me guiando ao longo de todo o meu caminho.

À minha mãe *Maria Aparecida*, que sempre me acompanhou sendo carinhosa, atenciosa e compreensiva em todos os momentos da minha vida, me apoiando em todas as minhas decisões.

Ao meu pai *Oswaldo*, que sempre me aconselhou em todas as horas, sempre torcendo por mim, fazendo o possível para que eu seguisse meus objetivos, grande exemplo de garra e perseverança.

Ao meu irmão *Marco Aurélio*, pela grande amizade e companheirismo, sempre me apoiando durante meus estudos e ajudando nos momentos mais difíceis.

À todos os amigos que estiveram ao meu lado durante a graduação, colaborando de todas as formas para que eu alcançasse meus objetivos, em especial, aos irmãos da *República APAE*, com quem morei e convivi nestes 6 anos, quais eu nunca esquecerei.

À minha orientadora, *Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Isabel Cristina de Barros Trannin*, pela oportunidade de realizar este estudo e pelo auxílio ao longo de sua realização.

CARDOSO, C. E. N. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. 2013. 74 f. Trabalho de Graduação (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

## **RESUMO**

Com o passar dos anos, a água vem se tornando um recurso cada vez mais valioso e escasso, sendo esta situação atribuída a fatores como o aumento populacional, a má distribuição e a crescente degradação dos recursos hídricos, resultado da atuação indiscriminada do ser humano no meio ambiente, tornando a sua disponibilidade cada vez menor e elevando o seu custo. Neste contexto, o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis começa a ser estimulada no Brasil, como medida de preservação deste recurso, enquanto em países como o Japão e a Alemanha, essa técnica já vem sendo usada há muito tempo. A possibilidade de captação da água da chuva diminui a demanda por companhias de saneamento, resultando também, na redução de custos com a conta de água e dos riscos de enchentes em casos de fortes chuvas. A água armazenada é usada somente para fins não potáveis, como em vasos sanitários, em torneiras de jardim, para a lavagem de veículos e de roupas. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apresentar a importância do uso racional da água, associado à viabilidade construtiva, econômica e de consumo da instalação de sistemas de captação de água da chuva, sendo para isso, considerados quatro estudos de caso. A partir deste estudo, verificou-se que a implantação deste sistema trouxe redução nas despesas de água e esgoto, o consumo não oferece riscos ao usuário e sua instalação não necessita de mudanças construtivas significativas nas edificações, porém, em relação à economia, deve ser feita uma análise minuciosa em cada caso para o investimento trazer um retorno financeiro adequado dentro do período de vida útil do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade; Captação de Água Pluvial; Uso Eficiente da Água; Recursos Hídricos.



CARDOSO, C. E. N. Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. 2013. 74 f. Graduate Work (Graduate in Civil Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2013.

## **ABSTRACT**

Over the years, water has become an increasingly valuable resource and scarce, this situation is attributed to factors such as population growth, poor distribution and increasing degradation of water resources as a result of indiscriminate human activities in the middle environment, making their dwindling availability and increasing its cost. In this context, the use of rainwater for non-potable purposes begins to be stimulated in Brazil, as a measure to preserve this resource, while in countries such as Japan and Germany, this technique has already been used for a long time. The ability to capture rainwater reduces the demand for sanitation companies, also resulting in cost reduction with the water bill and the risk of flooding in the event of heavy rains. The stored water is used only for non-potable purposes, such as toilets, taps into the garden, for washing vehicles and clothing. This work was developed with the aim of presenting the importance of rational use of water, associated with viability constructive economic and consumption of the installation of rain water harvesting, and for that, considered four case studies. From this study, it was found that the implementation of this system has led to a reduction in costs of water and sewer consumption poses no hazard to the user and its installation does not require significant changes in building construction, however, in relation to the economy, should be made a detailed analysis in each case for investment to bring a suitable financial return within the lifetime of the system.

**KEYWORDS:** Sustainability; Rain Water Harvesting; Water Efficiency; Water Resources.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição percentual de água potável entre os continentes. ....	20
Figura 2- Divisão hidrográfica do Brasil segundo a Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos .....	21
Figura 3- Exemplo de Sistema de Captação de Água de chuva.....	28
Figura 4 - Tela de proteção utilizada na captação de águas pluviais. ....	30
Figura 5 - Filtro VF1 destinado ao uso residencial em telhados de até 200 m <sup>2</sup> . ....	31
Figura 6 - Filtro VF6 que é destinado ao uso industrial, que é utilizado em telhados de até 1500 m <sup>2</sup> . ....	31
Figura 7 - Componentes internos do filtro VF1. ....	32
Figura 8 - Freio destinado ao uso residencial com cobertura de até 200 m <sup>2</sup> . ....	33
Figura 9 - Freio destinado ao uso industrial com cobertura de até 1500 m <sup>2</sup> . ....	33
Figura 10 – Sifão ladrão para uso residencial para uma cobertura de até 200 m <sup>2</sup> .....	34
Figura 11– Sifão ladrão para uso industrial, com cobertura de até 1500 m <sup>2</sup> .....	35
Figura 12– Exemplo de separador de fluxo de águas de chuva para residências.....	36
Figura 13: Exemplo de instalação de reservatório residencial para captação de água de chuva.....	40
Figura 14 – Flutuante de sucção utilizado para a que a água da chuva captada e limpa seja bombeada para a rede não potável .....	40
Figura 15 - Precipitações mensais em Porto Velho – RO (2011).. ....	43
Figura 16- Precipitações mensais (mm) em Goiânia entre 1961 e 1990.....	44
Figura 17- Precipitação média mensal na cidade de Campos dos Goytacazes, nos períodos de 1992 a 2001 (a) e de 1997 a 2006 (b) .....	47
Figura 18 - Precipitação (mm) máxima mensal em São Paulo entre 2000 e 2008 .....	50
Figura 19– Disposição dos reservatórios na residência de 100m <sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Quantificação do consumo de água em uma residência de 100 m <sup>2</sup> de cobertura em Goiânia. ....	45
Tabela 2 - Cálculo do valor por m <sup>3</sup> da água e do esgoto em Goiânia - GO .....	46
Tabela 3 – Equações para estimar o consumo mensal de água de chuva em uma residência.....	48
Tabela 4 - Precipitação pluviométrica do município de São Paulo, no período de 2000 a 2008. ....	49
Tabela 5: Demandas internas e externas de água não potável Condomínio Vista Santana em São Paulo .....	50
Tabela 6 - Tarifas aplicadas a cada faixa de consumo de água na região de São Paulo .....	51
Tabela 7 – Custos para construção do reservatório em Porto Velho -RO. Fonte: Kinkas Materiais para Construção.....	52
Tabela 8 - Custo de água potável, calculados, segundo tarifas vigentes no município de Porto Velho-RO.....	52
Tabela 9 – Custos com material e mão de obra para a implantação do sistema de captação de água da chuva na residência de 100 m <sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO...54	
Tabela 10 – Custos com material e mão de obra para a implantação do sistema de captação de água da chuva na residência de 100 m <sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO...55	
Tabela 11 - Total economizado por ano em relação a economia na taxa de água e esgoto para cada faixa de consumo em Goiânia – GO.....	55
Tabela 12 - Cálculo do Retorno do Investimento em Goiânia-GO.....	56
Tabela 13 - Consumo mensal de água não potável na residência de 100 m <sup>2</sup> de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ.....	56
Tabela 14 - Consumo estimado de água pluvial na Universidade Cândido Mendes. ...57	
Tabela 15 - Variáveis e seus respectivos valores, consideradas para o dimensionamento do reservatório de captação de água da chuva na residência.....	57

Tabela 16 - Variáveis consideradas para o dimensionamento do reservatório para a captação da água da chuva na Universidade. ....	57
Tabela 17 - Custos com a instalação do sistema de captação de águas pluviais e com mão de obra .....	59
Tabela 18 - Custos do Consumo de água durante um mês do empreendimento Vista Santana.....	60
Tabela 19 - Custos do consumo com o aproveitamento de água durante um mês no empreendimento Vista Santana. ....	60

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\epsilon$  - eficiência do filtro

A – área de contribuição do telhado

a – dimensão da cobertura

b – comprimento do telhado

C – coeficiente de escoamento superficial

c – custo com equipamentos e instalação

Conf = Confiança

D – demanda anual de água não potável

d – número de dia no período analisado (igual o número de dias da série das precipitações utilizadas)

$D_t$  - demanda no mês t

$E_{anual}$  - economia anual com tarifas de água e esgoto

$E_{tx.água}$  - economia com a taxa de água

$E_{tx.esg}$  - economia com a taxa de esgoto

I – interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação

IP – índice pluviométrico

h – altura do telhado

N - número de meses considerado, geralmente 12 meses

$N_r$  - Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda, quando  $V_t = 0$

P – payback

$P_m$  - precipitação média

$P_r$  - probabilidade de falha

Q – volume mensal produzido pela chuva

$Q_t$  - volume mensal produzido pela chuva no mês t

R – retorno do investimento

S – diferença entre a demanda diária de água pluvial e o volume de água que escoam diariamente pela superfície de captação

$T$  – número de meses de pouca chuva ou seca

$t$  – tempo de um ano (12 meses)

$V$  – volume de água da chuva captada

$v$  – valor cobrado por metro cúbico de água

$V_{an}$  – volume do reservatório segundo Método Azevedo Neto

$VI$  – valor do investimento

$V_t$  - volume mensal de água que está no reservatório no fim do mês  $t$

$V_{t-1}$  - volume de água que está no reservatório no início do mês  $t$

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	17
2	OBJETIVOS .....	19
	2.1. Objetivo geral .....	19
	2.2. Objetivos específicos .....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
	3.1. Panorama atual e demanda por recursos hídricos.....	20
	3.2. Aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis .....	24
	3.3. Sistemas de captação de águas pluviais.....	26
	3.1.1 Coleta da água pluvial.....	27
	3.1.2 Critérios de utilização .....	28
	3.1.3 Componentes do sistema de captação.....	30
	3.1.4 Demanda residencial de água para fins não potáveis.....	41
	3.4. Avaliação econômica de sistemas de captação de águas pluviais.....	42
4	MATERIAL E MÉTODOS .....	42
	4.1. Estudo de caso 1 – Porto Velho - RO .....	42
	4.2. Estudo de caso 2: Goiânia – GO.....	44
	4.3. Estudo de caso 3: Campos dos Goytacazes- RJ.....	47
	4.4. Estudo de caso 4 – São Paulo - SP .....	48
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	51
	5.1. Estudo de caso 1: Porto Velho – RO .....	51
	5.2. Estudo de caso 2: Goiânia – GO.....	53
	5.3. Estudo de caso 3: Campos dos Goytacazes- RJ.....	56
	5.4. Estudo de caso 4 – São Paulo-SP .....	58
	5.5. Discussão dos Resultados .....	61
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
8	ANEXOS.....	69





## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável para a existência de vida no nosso planeta. Desde a antiguidade, o ser humano se estabelece em locais onde, supostamente, há abundância de água, como podemos ver no surgimento das primeiras civilizações, que foram se desenvolvendo ao redor de alguma fonte de água potável. A demanda por água aumentou progressivamente, com o crescimento da população, surgindo a necessidade da racionalização e a disciplina no uso da água.

Embora este recurso seja encontrado em abundância em nosso planeta, onde cerca de 70% da superfície é composto por água, somente 4% da água é doce e própria para o consumo. Observando o crescimento da população mundial, o desenvolvimento da agricultura e pecuária, o funcionamento dos ecossistemas, a geração de energia em usinas hidrelétricas e a grande demanda da produção industrial, nota-se que o uso da água deve ser feito de uma maneira mais inteligente e racional.

Esse conceito de abundância de água ainda hoje é muito forte, principalmente no Brasil, que é um dos países que mais dispõe desse recurso, contendo aproximadamente 13% de toda a água doce do planeta (NURENE, 2008). Porém, algumas regiões do Brasil sofrem com a escassez de água, não somente devido às condições climáticas, como é o caso do Nordeste brasileiro, mas também regiões altamente urbanizadas como as regiões metropolitanas, que exigem uma grande demanda de água, em quantidade e qualidade, que visa atender as necessidades humanas, gera a cobrança de tributos, como é vista principalmente em regiões de maior desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, onde a disponibilidade da água é afetada não só pela demanda de grandes volumes, mas, e principalmente, pela poluição. Como por exemplo, a Região Metropolitana de São Paulo, localizada em uma região de cabeceira e por ser o maior aglomerado urbano do país, está sujeita a enfrentar um problema grave de abastecimento hídrico, já que não conta com reservas estratégicas e a disponibilidade de água é menor que a demanda. Além dos elevados custos da importação de água entre bacias, existe, ainda, um aumento da demanda nas bacias vizinhas, ou seja, o crescimento populacional e da atividade econômica pode requerer, futuramente, alocações de água incompatíveis com disponibilidades locais ou

comprometimentos de transferência de água de Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos próximas (LOMBA, 2011).

Segundo May (2004) países como Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros atualmente utilizam o sistema de aproveitamento de água da chuva há alguns anos. No Brasil, o sistema é uma medida não convencional, sendo utilizado principalmente em algumas cidades do Nordeste como fonte de suprimento de água. A viabilidade é dada pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição dos custos com água potável e a redução dos riscos de enchentes em caso de chuvas fortes. Assim, visando principalmente regiões que se encontram em risco de escassez de água, podemos utilizar este método como uma forma de tornar uso da água potável mais eficiente, evitando desperdícios.

Tendo em vista os problemas de escassez e valorização da água em algumas regiões, neste trabalho serão apresentadas algumas técnicas de construção, a aplicabilidade e a economia associada à instalação de sistemas de captação de água da chuva para fins não potáveis.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Apresentar o potencial de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis, evidenciando a importância do uso racional da água, por meio de sistemas de captação de água da chuva, como uma alternativa para suprir a demanda de água para usos com menores restrições.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analisar quatro projetos de construção de reservatórios para captação de água pluvial e a sua aplicabilidade no dia a dia, de uma forma que seu uso não ofereça riscos à saúde dos usuários.
- Analisar a viabilidade econômica desses sistemas de captação de água pluvial em longo prazo.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Panorama atual e demanda por recursos hídricos

A água é o recurso essencial ao surgimento e à manutenção da vida em nosso planeta, sendo indispensável para o desenvolvimento dos seres vivos e de diversas atividades humanas como: comerciais, industriais, agrícolas e culturais. Embora nosso planeta possua três quartos de água cobrindo sua superfície, apenas uma pequena parcela, referente a água doce, pode ser empregada no desenvolvimento dos seres e nas atividades produtivas (BELO & NASCIMENTO, 2010; MAY, 2004). A figura 1 mostra a distribuição de água potável entre os continentes.

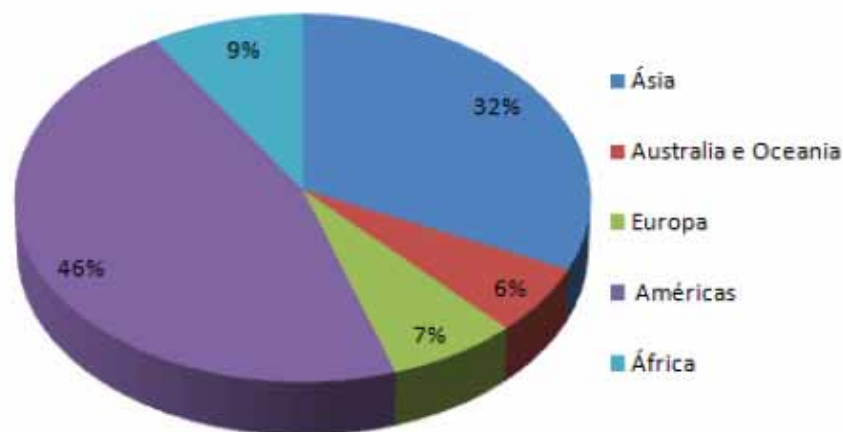


Figura 1 – Distribuição percentual de água potável entre os continentes. Fonte: Adaptado de (ANA 2007).

Segundo Lomba (2011) o Brasil possui o equivalente a 12% da reserva de água doce do mundo e 53% da América do Sul. Desse montante, 70% estão presentes na Região Amazônica e os 30% restantes estão distribuídos pelo país.

A figura 2 mostra a divisão Hidrográfica do Brasil segundo a Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.



Figura 2- Divisão hidrográfica do Brasil segundo a Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

Fonte: <http://revistaescola.abril.com.br/ciencias/pratica-pedagogica/disponibilidade-agua-planeta-493811.shtml>

De acordo com os dados da ANA (2007) no total temos uma vazão média de 179433 m<sup>3</sup>/s e vazão de estiagem de 85495 m<sup>3</sup>/s. Sendo que a Região Amazônica possui 73,6% da vazão média, Tocantins-Araguaia 7,6%, Paraná 6,4%, Atlântico Sul e Uruguai possuem 2,3%, Atlântico Sudeste 1,8%, São Francisco 1,6%, Atlântico Nordeste Ocidental 1,5%, Paraguai 1,3%, Atlântico Leste 0,8%, Parnaíba e Atlântico Nordeste Oriental com 0,4%.

Embora o país aparentemente possua uma grande abundância deste recurso, a condição brasileira demonstra um cenário completamente diferente.

Na região Nordeste Oriental a vazão média é inferior a 1200 m<sup>3</sup>/hab/ano. Em algumas bacias dessa região são registrados valores menores que 500 m<sup>3</sup>/hab/ano que baseada adaptação de publicações das Nações Unidas trata-se de uma situação de escassez. Algumas bacias das regiões Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco também se destacam por conta desta situação. Por conta da seca nas porções semiáridas dessas regiões, a água se tornou um fator crítico para a população, sendo a presença de açudes e a regularização dos rios intermitentes fundamentais e estratégicos para atender o abastecimento humano, dessedentação de animais, irrigação e outras atividades.

A escassez de água é uma realidade não apenas nas áreas de clima desfavorável, mas também nas regiões altamente urbanizadas, como é o caso das principais áreas metropolitanas. Essa alta demanda por água, em quantidade e qualidade, visando atender as necessidades humanas no desenvolvimento urbano, industrial e agrícola, vêm tornando a água um recurso cada vez mais caro e escasso, por conta do tratamento empregado para a viabilização do seu consumo potável e as restrições para seu uso devido à poluição. A contínua urbanização aliada à elevada densidade demográfica, principalmente nas regiões metropolitanas, contribui consideravelmente para o aumento da demanda de água e para a poluição dos corpos hídricos, seja por esgoto doméstico quanto por industrial (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003; ARAUJO et al., 2008).

Desse modo, percebe-se que com uma concentração populacional cada vez maior, mesmo que os recursos hídricos sejam abundantes, ainda são insuficientes para atender à disponibilidade média de água renovável por habitante tendendo a diminuir, fato que repercute diretamente sobre a saúde e sobre os padrões de qualidade de vida da sociedade em geral (ARAUJO et al., 2008).

Com o passar dos anos, a disponibilidade das bacias hidrográficas se torna cada vez menor para uma demanda que cresce cada vez mais. De acordo com os dados da SABESP (2013), a região Metropolitana de São Paulo, que se encontra na Bacia do Alto Tietê, tem uma disponibilidade hídrica de 200 mil litros por habitante por ano o que representa 1/10 do valor indicado pela Organização das Nações Unidas.

Segundo Lomba (2011) o problema por trás da escassez, na verdade, é a má administração da água e o mau uso deste recurso que está levando a uma perda de qualidade acelerada, especialmente nas regiões intensamente urbanizada ou industrializadas, como a Região Metropolitana de São Paulo. A abundância deu suporte à ideia de que os recursos hídricos são inesgotáveis, à cultura do desperdício, de uso de rios como esgotos, ao crescimento desordenado das demandas e à degradação da sua qualidade nas cidades.

Segundo Araújo et al. (2008) essa situação trouxe uma crescente preocupação com a preservação de água, levando autoridades e pesquisadores a desenvolverem trabalhos e pesquisas que resultaram em programas públicos de planejamento e gestão

dos recursos hídricos. Assim, a preocupação com a possibilidade de uma futura escassez de água, trouxe investimentos e uma normatização para seu uso, com leis específicas e atuação do poder público, dada a criação da Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997 e da Agência Nacional de Águas em 2000. Por conseguinte, com aprovação da lei de outorga e cobrança pelo uso da água, a iniciativa privada para seus processos industriais passou a adotar medidas de racionalização e reuso da água. Mais tarde, escolas, universidades, hospitais e edifícios comerciais também passaram a aderir a esse novo sistema.

Em Brasília, além do importante trabalho realizado na área de educação ambiental nas escolas e universidades, ressalta-se a criação, em 1997, do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) pelo Ministério do Planejamento e Orçamento e Secretaria de Política Urbana (SEPURB), formado por documentos técnicos (DTAs) que são emitidos no âmbito de três áreas: planejamento, gestão e articulação institucional das ações de conservação e uso racional da água; conservação da água nos sistemas públicos de abastecimento e conservação da água nos sistemas prediais (ARAÚJO et al., 2008).

Outro exemplo de política adotada por uma instituição pública para conscientizar a população sobre o desperdício de água é o Programa de Uso Racional da Água criado em 1996 pela SABESP, que tem o objetivo de: conscientizar a população da questão ambiental visando mudanças de hábitos; prorrogar a vida útil dos mananciais existentes de modo a garantir a curto e médio prazo o fornecimento da água necessária à população; reduzir os custos do tratamento de esgoto ao diminuir os volumes de esgotos lançados na rede pública; postergar investimentos necessários à ampliação de sistemas de água; incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à redução do consumo de água e diminuir o consumo de energia elétrica e outros insumos (SABESP, 2013).

Neste contexto, torna-se cada vez maior a importância da conservação da água para que esse recurso não se torne escasso num futuro próximo. Uma forma de conservar a água é o aproveitamento da água de chuva para consumo não potável em edificações.

### 3.2. Aproveitamento das águas pluviais para fins não potáveis

A viabilidade desta técnica se caracteriza pela diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de abastecimento, resultando na redução de custos com água potável e diminuição dos riscos de enchentes (MAY, 2004).

Esta técnica de aproveitamento de água da chuva vem sendo usada cada vez mais em várias partes do mundo como uma forma de diminuir o grave problema da escassez de água.

Aparentemente, a construção de sistemas de coleta de água da chuva é uma medida que vem ganhando mais destaque nos últimos anos devido a situação dos recursos hídricos no mundo atualmente, porém, essa técnica já existe há milhares de anos. Por exemplo, no deserto Negev o sistema já existe há mais de 4000 anos. Na era Romana já existiam sistemas sofisticados de coleta e armazenamento de água da chuva. Além disso, existem evidências da existência de sistemas de coleta da água de chuva num período superior a 2000 anos nos Estados Unidos (Parque Nacional da Mesa Verde) e no Oriente Médio. No México, as inscrições mais antigas e tradicionais de sistemas de coleta de água da chuva são datadas na época dos Astecas e dos Maias. Já no Brasil, a instalação mais antiga foi construída por norte-americanos em 1943, na ilha de Fernando de Noronha (MAY, 2004).

No ano de 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas promulgava o princípio de substituição de fontes de abastecimento, passando a estabelecer que *“a menos que haja excesso, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada em aplicações que tolerem o uso de água com o padrão de qualidade inferior”* (HESPANHOL, 2002).

Neste contexto, países altamente industrializados como Japão e Alemanha apresentam grande empenho em relação ao uso de sistemas de aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis. No Japão, o governo oferece em 16 cidades ajuda financeira para quem queira construir na sua residência um sistema de reservatório de água de chuva e ou sistemas de valas para infiltração da água da chuva. Berlin e outras cidades da Alemanha, desde 2000, possui uma taxa pela introdução de água pluvial na



rede pública de esgoto, favorecendo a implantação de sistemas coletores de água da chuva para os proprietários das casas (MAY, 2004).

Outros países como Estados Unidos, Singapura, Holanda, Reino Unido e Austrália também fazem uso de sistemas de coleta de água da chuva em boa quantidade. Entre as aplicações para esta água estão: irrigação de lavouras, jardins e hortas, abastecimento de fontes ornamentais, lavagem de vasos sanitários, lavagem de veículos, resfriamento evaporativo e sistemas de combate à incêndio.

No Brasil, os sistemas de aproveitamento de água pluviais, as diretrizes de projeto e dimensionamento estão prescritas na Norma Brasileira, NBR 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24/10/2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2007).

Essa técnica é mais popular nas regiões semiáridas devido ao seu clima que apresenta chuvas irregulares e alta taxa de evaporação potencial, tornando a opção mais indicada para disponibilizar água para o consumo humano (MAY, 2004). Nas grandes cidades ela passa a ganhar cada vez mais ênfase por conta da grande demanda de água nesses locais, onde a densidade demográfica é alta e o risco de escassez de água potável passa a ser visto com mais seriedade pelas autoridades.

Segundo Araújo et al. (2008) a cidade do Rio de Janeiro é um bom exemplo acerca desse assunto, sendo que essa instituiu em fevereiro de 2004, uma lei que obriga todos os novos edifícios com mais de 500 m<sup>2</sup> de área impermeabilizada a construir reservatórios para recolhimento de água de chuva, com o intuito de retardar temporariamente o escoamento para a rede de drenagem. Além disso, os depósitos servem como estímulo para o reaproveitamento da água em diversos usos, como rega de canteiros e jardins, lavagem de carro, calçadas e playground, no abastecimento de piscina e, principalmente, em instalações sanitárias. O município ainda estabelece que as construções não vão possuir o habite-se, caso não apresentem um sistema que capte água em áreas como telhados, terraços e coberturas. A medida também é obrigatória no caso de prédios residenciais com 50 ou mais unidades.

Em Curitiba foi sancionada uma lei em setembro de 2003 que criou no Município um Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações,

chamado PURAE. O PURAE tem como objetivo instituir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, assim como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água e a lei recomenda que os sistemas hidráulico-sanitários das novas edificações deverão ser projetados visando o conforto e a segurança dos usuários, bem como a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Dentre ações de utilização de fontes alternativas compreendidas na lei municipal de Curitiba, destacam-se a de captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas e de águas servidas, visto que a mesma obriga todos os novos condomínios residenciais a incorporarem essas ações em seus projetos de construção para múltiplos usos em substituição à água potável. No caso específico dos sanitários, que consomem em média 70% de toda a água numa construção, a lei torna obrigatória a canalização das águas usadas na lavagem de roupas, chuveiros ou banheiras para uma cisterna, onde serão filtradas e posteriormente reutilizadas nas descargas sanitárias. Então, somente depois essa água seria descartada para a rede de esgoto (ARAÚJO et al. 2008).

No município de São Paulo, a Lei 14.018, de 28 de junho de 2005, instituiu o Programa de Conservação e Uso Racional da Água em Edificações e dá outras providências estabelece a obrigatoriedade da implantação de sistema para a captação e armazenamento de águas pluviais, para locais que tenham área impermeabilizada superior a 500m<sup>2</sup>. Tendo como objetivo a contribuição para a redução do consumo e o uso adequado da água potável.

### **3.3. Sistemas de captação de águas pluviais**

Para o estudo da implantação de um sistema de coleta de água da chuva para fins não potáveis, deve ser realizado um levantamento, visando selecionar um modelo de sistema de captação e aproveitamento da água pluvial que apresentasse, não somente custos mais baixos, mas também eficiência e durabilidade para ser implementado (BELO E NASCIMENTO, 2010).

Os sistemas de coleta de águas pluviais para fins não potáveis têm o seguinte funcionamento: captação, transporte, armazenamento e utilização.

De acordo com Tomáz (2007), as principais aplicações com essa água coletada são irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, lavagem de veículos, garagens e quintais, sistemas de ar condicionado e em sistemas de prevenção de combate à incêndios.

### **3.1.1 Coleta da água pluvial**

Segundo Fendrish e Oliynich (2002) a coleta da água pode ser feita através de telhados, coberturas e marquises, sendo necessárias algumas técnicas para a operação deste sistema, como a drenagem do excesso da água da chuva causado por chuvas intensas e é recomendada a eliminação da água da chuva inicial que lava os telhados devido às impurezas carregadas. A água deve ser coletada em telhados planos ou inclinados onde não exista a passagem de pessoas ou veículos (TOMAZ, 2007).

Em relação à área de captação, Leal (2000) apud May (2004), a coleta da água da chuva é feita através de áreas impermeáveis, como telhados. Para Tomaz (2007), geralmente a captação é realizada através das coberturas de residências ou indústrias, podendo ser de telhas de cerâmica, telhas de zinco, telhas de ferro galvanizado, entre outros. A cobertura pode possuir inclinação alta, baixa ou nula.

Segundo May (2004) e Prado e Muller (2007), é necessário para a coleta da água a instalação de condutores verticais e horizontais, que são tubulações e calhas do sistema que conduzem a água pluvial até o reservatório. De acordo com Tomaz (2003), as calhas podem ser de chapas galvanizadas, liga de alumínio e plásticos e PVC, algumas características quanto ao material de fabricação das calhas devem ser analisadas. Elas devem ser de materiais que possuam resistência à corrosão e que não sejam afetadas por mudanças térmicas, devem ser lisas, leves e rígidas, e ter longa durabilidade. De acordo com a ABNT NBR 15.527/2007, as calhas e condutores devem atender à ABNT NBR 10844/1989.

A figura 3 apresenta um exemplo de como um sistema de captação de água da chuva funciona.



Figura 3- Exemplo de Sistema de Captação de Água de chuva.

Fonte: <http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>

### 3.1.2 Critérios de utilização

De acordo com Prado e Muller (2007), os componentes de um sistema de aproveitamento de água pluvial, a qualidade da água, o espaço para instalações existentes e os recursos financeiros disponíveis, variam de acordo com a utilização que se pretende fazer.

May (2004) cita alguns cuidados especiais que devem ser tomados com relação à instalação e manutenção do sistema de captação do sistema, sendo eles:

- Evitar a entrada de luz solar no reservatório para diminuir a proliferação de microrganismos;
- A tampa de inspeção deverá ser mantida fechada;
- A saída do extravasor deverá conter grade para evitar a entrada de pequenos animais;
- Pelo menos uma vez por ano deve ser feita a limpeza no reservatório, removendo a lama que se acumula no fundo;
- Deverá haver no fundo do reservatório uma pequena declividade para facilitar a sua limpeza;

- É aconselhável que o reservatório de água pluvial seja instalado próximo do condutor vertical, podendo o reservatório ser enterrado, apoiado ou elevado;
- A água coletada deve ser usada somente para fins não potáveis;
- Numa estiagem prolongada, deverá ser previsto o reabastecimento do reservatório com água potável, numa quantidade que garanta o consumo diário;
- Deverão ser tomados os devidos cuidados para que a água da chuva coletada não contamine o reservatório de água potável, caso se os dois estejam ligados;
- A entrada de água potável deverá estar acima da entrada de água pluvial para não haver o retorno desta água para o reservatório de água potável;
- No fundo do reservatório deverá existir um dispositivo que evite a turbulência na água para que o material sedimentado no fundo do reservatório de água de chuva não seja agitado;
- A tubulação de água de chuva deverá ser de outra cor para realçar o uso não potável, além disso, poderão ser utilizadas roscas e torneiras diferentes para evitar uma possível interconexão com o sistema de água potável;
- Próximo à torneiras de jardim ou quintal deverá existir a placa de aviso “Água não Potável”;
- Deverá ser feita a verificação da necessidade de filtração e cloração da água da chuva armazenada;
- Não deverá ser feita a ligação da rede de água potável com a rede de água da chuva no sistema de distribuição;
- Em casos em que essa água entra em contato diretamente com o usuário, como por exemplo, em respingos que podem ocorrer durante o uso de vasos sanitários, se torna necessária a desinfecção desta água.

A água coletada pode conter a presença de bactérias, isso indica que a água deve ser tratada antes de ser utilizada. A desinfecção da água de chuva pode ser realizada através de métodos simples, desde que esse processo seja feito de forma segura e que não inviabilize economicamente o sistema (MAY, 2004).

### 3.1.3 Componentes do sistema de captação

Para o caso de utilização do sistema de reuso para fins não potáveis, emprega-se um tratamento mais simples, contendo basicamente um filtro, um freio d'água, um conjunto flutuante e um sifão-ladrão (ANDRÉ MENEZES, 2006).

#### 3.1.3.1 Telas e grades de proteção

As telas e grades são utilizadas para a retenção de folhas, sujeira e areia que ficam nas calhas, mantendo a água mais limpa e não obstruindo a passagem de água nos condutores. Os produtos de filtragem devem ser de materiais que não enferrujam. É possível também a instalação de grelha ou tela à saída da tubulação antes de chegar no reservatório (FRENDRISH e OLIYNIK, 2002). Na figura 4 vemos a posição da tela na calha.

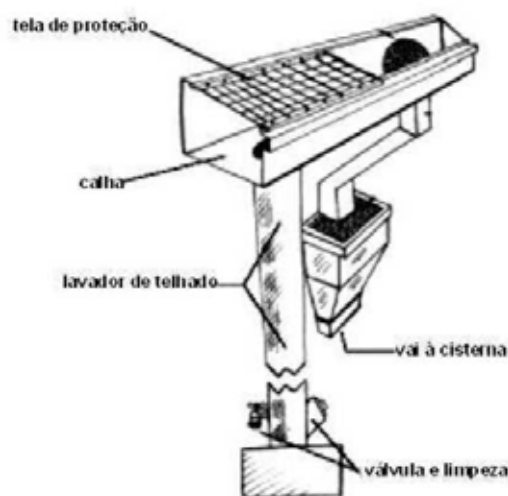


Figura 4 - Tela de proteção utilizada na captação de águas pluviais. Fonte: Texas Water Development Board (1997) *apud* Mano (2004).

#### 3.1.3.2 Filtros

As telas, peneiras e grelhas são utilizadas para a retenção dos materiais mais grosseiros, enquanto que os filtros têm a função de remover as menores partículas (PRADO e MULLER, 2007).

A figura 5 mostra o filtro VF1 utilizado em escala residencial em telhados de até 200 m<sup>2</sup>.



Figura 5 - Filtro VF1 destinado ao uso residencial em telhados de até 200 m<sup>2</sup>.  
Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

A figura 6 mostra o filtro VF6 que é destinado ao uso industrial, que é utilizado em telhados de até 1500 m<sup>2</sup>.



Figura 6 - Filtro VF6 que é destinado ao uso industrial, que é utilizado em telhados de até 1500 m<sup>2</sup>. Fonte:  
[http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

A figura 7 ilustra a composição interna do filtro VF1.



Figura 7 - Componentes internos do filtro VF1.

Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

### 3.1.3.3 Freio d'água

A utilização do freio d'água é necessária para que a velocidade da água que chega ao reservatório seja diminuída, evitando que as impurezas contidas no telhado sedimentadas no fundo do reservatório sejam movimentadas e, conseqüentemente, elevadas até o reservatório superior.

O tipo de freio d'água varia de acordo com a dimensão do sistema de captação. Na figura 8 temos um freio destinado ao uso residencial com cobertura de até 200 m<sup>2</sup>.





Figura 8 - Freio destinado ao uso residencial com cobertura de até 200 m<sup>2</sup>.

Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

O freio d'água da figura 9 destina-se ao uso industrial, com cobertura de até 1500 m<sup>2</sup>.



Figura 9 - Freio destinado ao uso industrial com cobertura de até 1500 m<sup>2</sup>.

Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

### 3.1.3.4 Sifão ladrão

Para o esgotamento do excesso de água, arrastamento de impurezas, bloqueio de odores da galeria pluvial e impedimento da entrada de animais dentro da cisterna é utilizado o sifão ladrão. O tipo de sifão ladrão pode variar de acordo com o uso do sistema. Para o uso residencial para uma cobertura de até 200 m<sup>2</sup> é utilizado um sifão igual ao da figura 10. Para o uso industrial, cobertura de até 1500 m<sup>2</sup>, o tipo indicado é o da figura 11.



Figura 10 – Sifão ladrão para uso residencial para uma cobertura de até 200 m<sup>2</sup>.

Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)



Figura 11– Sifão ladrão para uso industrial, com cobertura de até 1500 m<sup>2</sup>.

Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)

### **3.1.3.5 Separador de água de chuva**

Nos primeiros minutos de chuva, conhecido como “first flush”, são carregados alguns detritos e contaminantes presentes nos telhados e nas calhas. A água da chuva nos primeiros minutos se encontra com um alto nível de contaminação causada por: fezes de animais, poeira, folhas de árvores, poluição atmosférica da região, entre outros. Isso favorece o desenvolvimento de parasitas, bactérias e microrganismos no interior do reservatório, sendo prejudiciais à saúde. É importante que esta chuva inicial seja descartada, para que a água captada seja a mais segura possível para o consumo e livre de odores (VIDACOVICH, 2004). Na figura 12 é mostrado um exemplo de separador de fluxo para residências.

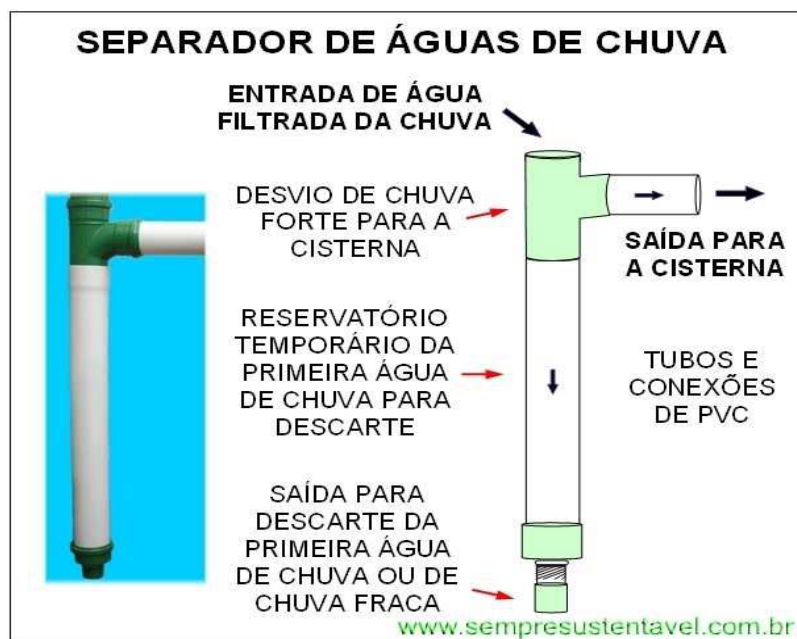


Figura 12– Exemplo de separador de fluxo de águas de chuva para residências.

Fonte: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/separadordeaguasdachuva.jpg>

### 3.1.3.6 Reservatório (cisterna)

Para Tomaz (2003), o armazenamento das águas pluviais coletadas pode ser feito em reservatórios que podem ser elevados, apoiados ou enterrados, e de materiais como concreto armado, alvenaria de tijolos comuns, fibra de vidro, plásticos, entre outros.

O dimensionamento do reservatório deve ser feito de maneira cuidadosa, pois se trata do componente mais caro de um sistema de aproveitamento de água da chuva (MAY, 2004). Quanto à utilização de reservatórios em nível mais baixo, como os subterrâneos, existe a necessidade de fazer o bombeamento da água até abastecer os níveis superiores, podendo haver um custo a mais (GROUP RAINDROPS, 2002).

A norma NBR 15527 de 2007, estabelece padrões de dimensionamento além de incluir diversas recomendações técnicas. Segundo o engenheiro Airton Dudzevich (2009), o reservatório deve ser dimensionado e reforçado para suportar o peso da terra ao ser redor e a força da água quando o mesmo estiver cheio. Macomber (2001) apud May (2004) afirma que os três fatores básicos a conhecer para dimensionar o

reservatório de água de chuva são número de pessoas usuárias da água, quantidade de chuva, dimensões da superfície de captação do sistema.

A NBR 15527 especifica 5 métodos para o dimensionamento do reservatório de água pluvial sendo eles:

- Rippl;
- Azevedo Neto;
- Prático Alemão;
- Prático Inglês;
- Prático Australiano.

### 3.1.3.6.1 Método Rippl

Neste método, o volume de água que escoar pela superfície de captação é subtraído da demanda de água pluvial em um mesmo intervalo de tempo.

É um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. Para o cálculo a partir deste método, utiliza-se a seguinte equação 01:

$$V_{rippl} = \sum_{i=1}^d S \quad [\text{Eq. 01}]$$

### 3.1.3.6.2 Método Azevedo Neto (Prático Brasileiro)

Este método utiliza uma série de precipitação de forma anual relacionando com a quantidade de meses com seca ou pouca chuva. Define como o volume ideal do reservatório, 4,2% do produto entre o volume de chuva coletada pelo telhado e o número de meses com pouca chuva ou seca. Desta forma, estima o volume de água aproveitável sendo o volume de água do reservatório, conforme a equação 02 abaixo:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T \quad [\text{Eq. 02}]$$

### 3.1.3.6.3 Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico, segundo o qual se toma o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do valor anual de consumo ou 6% do valor anual de precipitação aproveitável. Segue a equação 03 abaixo para cálculo do volume do reservatório.

$$V = \text{mínimo entre } V \text{ e } D \times 0,06 \quad [\text{Eq. 03}]$$

### 3.1.3.6.4 Método Prático Inglês

Método empregado apenas para séries anuais, trabalhando apenas com a precipitação média de chuva anual e com a área de captação da residência. Assim, a demanda de água é desprezada, sendo o volume obtido independente dela. É uma metodologia simples que considera o volume ideal de armazenamento como sendo da ordem de 5% do volume de água coletado no telhado. Desta forma, o Método Prático Inglês utiliza a equação 04 para a obtenção do volume do reservatório.

$$V = 0,05 * P_m * A \quad [\text{Eq.04}]$$

### 3.1.3.6.5 Método Prático Australiano

Neste método é necessário obter uma série histórica mensal de precipitação. Este método se diferencia dos demais por conta da produção de resultados mais criteriosos devido à realização de um pequeno balanço entre as variáveis utilizadas. Utiliza uma análise entre a chuva total do mês em conjunto com a demanda também mensal para equacionar melhor o volume da cisterna. Ocorre a correção do volume de água coletado pela área de captação, e o volume final a obter-se é definido através de tentativas. Para a análise crítica deste volume, o método faz a recomendação da verificação de valores de confiança para as quantidades de meses em que houve o atendimento deste volume para a demanda exigida.

O volume de chuva utilizado na metodologia pode ser definido através da equação 05.

$$Q = A * C * (P_m - I) \quad [\text{Eq. 05}]$$

O cálculo do volume da cisterna é realizado por tentativas pela equação 06, até que valores otimizados de confiança e volume do reservatório sejam utilizados.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - Dm_t \quad [\text{Eq. 06}]$$

A Norma NBR 15527/2007 (ABNT, 2007) recomenda que os valores de confiança estejam entre 90% e 99% (10% a 1% de falhas). Para o cálculo da confiança utilizam-se as seguintes questões:

$$\text{Conf} = 1 - \frac{N_r}{N} \quad \text{ou} \quad \text{Conf} = 1 - P_r$$

Na figura 13 temos um exemplo de como pode ser instalado o reservatório.



Figura 13: Exemplo de instalação de reservatório residencial para captação de água de chuva. Fonte: <http://www.metalica.com.br/procedimentos-para-o-dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-pluvial>

### 3.1.3.7 Flutuante de sucção

Para que a água limpa seja bombeada para a rede não potável, utiliza-se o flutuante de sucção junto à bomba. A figura 14 abaixo mostra um flutuante de sucção.



Figura 14 – Flutuante de sucção utilizado para que a água da chuva captada e limpa seja bombeada para a rede não potável. Fonte: [http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento\\_da\\_agua\\_de\\_chuva.html](http://www.ftaguadechuva.com.br/aproveitamento_da_agua_de_chuva.html)



### 3.1.4 Demanda residencial de água para fins não potáveis

Para a viabilização do projeto de captação, primeiramente é necessário avaliar se a quantidade de água reservada atende a demanda de água para fins não potáveis.

O consumo médio diário de água por pessoa, conhecido por "*consumo per capita*" de uma comunidade, é obtido dividindo-se o total de consumo de água por dia pelo número de pessoas servidas. O consumo de água depende de vários fatores, sendo complicada a determinação do gasto mais provável por consumidor. No Brasil, costuma-se adotar quotas médias "*per capita*" diárias de 120 a 200 litros por pessoa Sabesp (2013).

Na zona urbana, a variação é motivada pelos hábitos de higiene da população, do clima, do tipo de instalação hidráulico-sanitária dos domicílios e, notadamente, pelo tamanho e desenvolvimento da cidade. Na zona rural, o consumo "*per capita*" é influenciado também pelo clima, pelos hábitos de higiene e pela distância da fonte ao local de consumo.

Nos projetos de abastecimento público de água, o uso por pessoa adotado varia de acordo com a natureza da cidade e o tamanho da população. A maioria dos órgãos oficiais adotam  $200 \text{ L hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$  para as grandes cidades,  $150 \text{ L hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$  para médias e pequenas. A Fundação Nacional de Saúde, acha suficiente  $100 \text{ L hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$  para vilas e pequenas comunidades. Em caso de abastecimento de pequenas comunidades, com carência de água e de recursos é admissível até  $60 \text{ L hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$ .

Com o volume a ser captado pelo empreendimento definido e o consumo de água nos vasos sanitários e áreas comuns estabelecidos, é possível dimensionar o reservatório, onde será armazenada as águas pluviais.

O consumo depende do número de pessoas que utilizam a água e também do destino que terá a água da chuva coletada pelo sistema: vasos sanitários, irrigação de áreas verdes, processos industriais, reabastecimento de piscinas, lavagem de pisos, ferramentas ou veículo, entre outros. De acordo com Koenig (1999) *apud* May (2004) a economia em água potável da rede, através do uso da água captada nos telhados, pode chegar a 50%, estando distribuída em 33% para as bacias sanitárias, 13% para lavagem de roupas e 4% para lavagem de piso e jardinagem. Com base no consumo

mensal de água e dos padrões de chuva do local, é possível dimensionar o volume de um reservatório (BELO e NASCIMENTO, 2010).

### **3.4. Avaliação econômica de sistemas de captação de águas pluviais.**

Belo e Nascimento (2010), afirmam que o valor real do retorno financeiro, a partir do investimento, será obtido após a realização do cálculo do potencial de águas pluviais, a estimativa de consumo de água, a análise da viabilidade do sistema de captação, a economia obtida decorrente do aproveitamento da água da chuva e o cálculo dos custos com o consumo de água no empreendimento.

Segundo Pêgo e Erthal Júnior (2012), o projeto só será considerado viável caso o retorno do investimento seja atingido totalmente dentro do período de 20 anos. Caso contrário, a viabilidade econômica deste projeto é inexistente, pois este é o tempo considerado como de vida útil do sistema (GUILHERME 2006).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho resultou da compilação de dados gerados por estudos técnico-científicos sobre a viabilidade da instalação de sistemas de captação de águas pluviais para fins não potáveis. Com base nos dados da literatura foi discutida a viabilidade técnica e econômica da instalação de sistemas de captação de água da chuva.

Para avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação destes sistemas de captação da água da chuva foram comparados quatro estudos de caso, considerando a precipitação pluviométrica de diferentes regiões do país.

### **4.1. Estudo de caso 1 – Porto Velho - RO**

Nazário et al. (2013), avaliaram uma edificação com área de coleta de água da chuva de 627 m<sup>2</sup>, situada na cidade de Porto Velho no Estado de Rondônia, região Norte do país, calculada a partir da equação 07:

$$A = \left( a + \frac{h}{2} \right) * b \quad [\text{Eq. 07}]$$

A pluviosidade média mensal da região foi de 191,6 mm para o ano de 2011. A precipitação mensal é mostrada na figura 15.

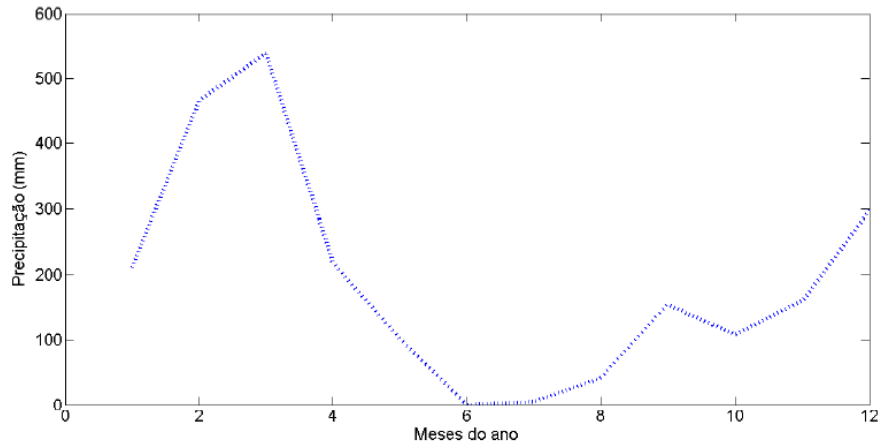


Figura 15 - Precipitações mensais em Porto Velho – RO (2011). Fonte: Secretaria Estadual do Desenvolvimento Ambiental – SEDAM.

Para o dimensionamento do reservatório de concreto armado, foi utilizado o Método Azevedo Neto que é obtido por meio da equação 02:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T$$

Para o cálculo do retorno financeiro em anos foi utilizada a equação 08:

$$P = \left( \frac{c}{e} \right)^t \quad [\text{Eq. 08}]$$

Neste estudo, os custos da água potável foram calculados de acordo com tarifas vigentes no município, sendo o custo estimado para o cliente, considerando a economia de 45 %, que corresponde à água consumida para fins não potáveis em uma residência, no período de 6 meses de chuva na região em questão.

## 4.2. Estudo de caso 2: Goiânia – GO

Pereira et al. (2008) avaliaram uma residência com 100 m<sup>2</sup> de cobertura (telhado) situada na cidade de Goiânia, Estado de Goiás, região Centro Oeste do país, onde a precipitação anual média da cidade é de 131,325 mm para o período entre 1961 a 1990. A figura 16 mostra o gráfico referente às precipitações em Goiânia entre 1961 a 1990.

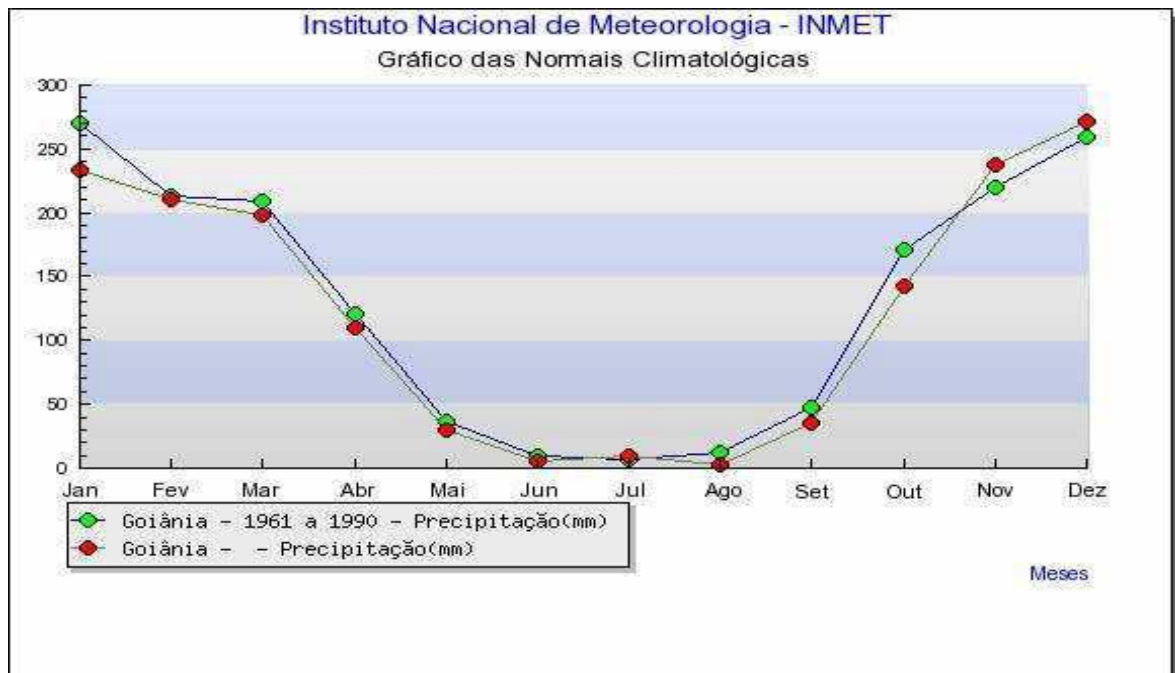


Figura 16- Precipitações mensais (mm) em Goiânia entre 1961 e 1990. Fonte: INMET- Instituto Nacional de Meteorologia(2008)

Com o valor da área do telhado e a média anual de precipitação pluviométrica, foi obtido o volume de água captada através da equação 09.

$$V = A.P_m \quad [\text{Eq. 09}]$$

A partir do valor do volume médio de água captada por mês, foi estabelecido o volume do reservatório.

O consumo mensal informado foi de 30 m<sup>3</sup>, sendo o destino das águas potáveis e não potáveis apresentados na tabela 1.

Tabela 1- Quantificação do consumo de água em uma residência de 100 m<sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO. Fonte: TOMÁZ (2003).

Consumo Potável		Consumo Não Potável	
	%		%
Chuveiro	36	Lavagem de Roupa	12
Lavagem de pratos	6	Vaso Sanitário	27
Beber e cozinhar	4	Lavagem de carros e jardins	6
Pequenos Trabalhos	9		
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>Total</b>	<b>45</b>

A partir destes dados foi calculado o consumo de 45% da água consumida para fins não potáveis na residência (m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>). Também foi calculado o consumo, desconsiderando o período de seca (m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>).

Para o cálculo da economia da taxa de água foi utilizada a equação 10.

$$E_{tx.agua} = v.V \quad [\text{Eq. 10}]$$

Para o cálculo da economia da taxa de esgoto foi utilizada a equação 11.

$$E_{tx.esg} = v.V.0,8 \quad [\text{Eq. 11}]$$

Para os cálculos da economia na taxa de água e de esgoto foi considerada uma residência normal com fonte alternativa de água, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2 - Cálculo do valor por m<sup>3</sup> da água e do esgoto em Goiânia - GO. Fonte: SANEAGO

Categorias	Faixas de Consumo/Economia (m <sup>3</sup> /mês)	Tarifas		
		Água (R\$/m <sup>3</sup> )	Esgoto (R\$/m <sup>3</sup> )	
			Coleta e afastamento	Tratamento
<b>Residencial Social</b>	1 a 10	0,94	0,56	0,19
	11 a 15	1,06	0,64	0,21
	16 a 20	1,21	0,73	0,24
Obs.: Segundo Resolução da Diretoria 443/2008 - DE da AGR, Art. 2º - Define em até 20m <sup>3</sup> / mês o consumo máximo para o enquadramento dos usuários na categoria residencial social e em até 10m <sup>3</sup> / mês para o enquadramento dos consumidores classificados na categoria comercial II.				
<b>Residencial Normal (sem Fonte alternativa de água)</b>	1 a 10	1,88	1,13	0,38
	11 a 15	2,13	1,28	0,43
	16 a 20	2,43	1,46	0,49
	21 a 25	2,75	1,65	0,55
	26 a 30	3,12	1,87	0,62
	31 a 40	3,54	2,13	0,71
	41 a 50	4,02	2,41	0,80
	acima de 50	4,56	2,74	0,91
<b>Residencial Normal (com Fonte alternativa de água)</b>	1 a 10	1,88	1,50	0,38
	11 a 15	2,13	1,70	0,43
	16 a 20	2,43	1,94	0,49
	21 a 25	2,75	2,20	0,55
	26 a 30	3,12	2,49	0,62
	31 a 40	3,54	2,83	0,71
	41 a 50	4,02	3,22	0,80
	acima de 50	4,56	3,65	0,91
<b>Pública</b>	1 a 10	3,54	2,83	0,71
	acima de 10	4,02	3,22	0,80
<b>Comercial I</b>	1 a 10	4,02	3,22	0,80
(médio e grande portes)	acima de 10	4,56	3,65	0,91
<b>Comercial II</b>	1 a 10	2,01	1,61	0,40
<b>Industrial</b>	1 a 10	4,02	3,22	0,80
	acima de 10	4,56	3,65	0,91

Para o cálculo da real economia com a implantação do sistema, foi considerado o armazenamento da água da chuva por 6 meses, devido ao baixo índice pluviométrico em Goiânia, no período da seca, que compreende os meses de abril a setembro.

Para o cálculo do retorno do investimento, foi utilizada a equação 12:

$$R = \frac{V_I}{E_{anual}} \quad [\text{Eq. 12}]$$

### 4.3. Estudo de caso 3: Campos dos Goytacazes- RJ

No estudo realizado por Pêgo e Erthal Júnior (2012), foram consideradas duas situações: uma casa habitada por cinco pessoas com 100 m<sup>2</sup> de telhado e a Universidade Cândido Mendes ambas situadas na cidade de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, região Sudeste do país.

O cálculo da precipitação média mensal na cidade de Campos dos Goytacazes, foi efetuado com a utilização de bancos de dados compreendendo duas séries históricas: a primeira entre 1992 e 2001; e a segunda entre 1997 e 2006 como mostra a Figura 17.

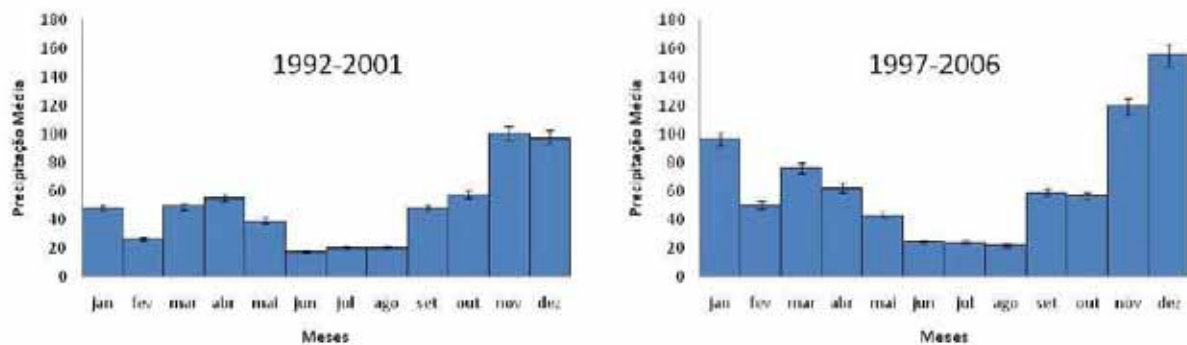


Figura 17- Precipitação média mensal na cidade de Campos dos Goytacazes, nos períodos de 1992 a 2001 (a) e de 1997 a 2006 (b). Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET

O cálculo do consumo de água não potável na casa e na Universidade está apresentado na tabela 3 abaixo.

Tabela 3 – Equações para estimar o consumo mensal de água de chuva em uma residência. Fonte: ROGGIA (2007).

Uso	Cálculo
Bacia Sanitária	Número de Pessoas x Número de vezes/dia x Qtd Litros x 30 dias
Rega de Jardim	Área do Jardim em $m^2$ x 0,8 litros/dia/ $m^2$ x Número de Dias no Mês
Lavagem de Calçada/Área Comum	Calçada/Área Comum em $m^2$ x Número de Vezes no Mês x 3 litros/dia/ $m^2$
Lavagem de Carro	Número de Carros x 100 litros/lavagem x Número de Vezes/Mês

O dimensionamento do reservatório foi calculado por meio da análise de simulação, onde o valor do reservatório é estabelecido, esperando-se um melhor aproveitamento do sistema e uma redução no investimento para a sua construção. Neste caso, foi usado o coeficiente de perdas ou coeficiente de Runoff, que varia de acordo com o tipo de telha e representa a água evaporada, absorvida ou usada para limpeza do telhado, estipulado em  $C=0,8$ , o que equivale a 20% de perda (TOMAZ, 2003), sendo o volume de água coletada, descontado do volume de água pluvial captada.

Desta forma dimensionou-se o reservatório de acordo com o acúmulo máximo possível que, neste estudo, correspondeu ao mês de dezembro (TOMAZ, 2003).

Para o custo de implantação do sistema, foi considerado apenas o valor gasto com a construção do reservatório que se trata da parte mais cara do empreendimento. Neste estudo foi avaliada a construção de um reservatório enterrado de concreto armado. Segundo Tomaz (2003), o custo para a construção de  $1m^3$  de reservatório foi de US\$ 107,00 e o custo anual para sua manutenção foi de aproximadamente R\$ 100,00 (GUILHERME, 2006).

O custo médio da água para o Sistema Residencial, onde se enquadra a residência avaliada, ficou em R\$1,78  $m^{-3}$ , enquanto para a Universidade, que pertence ao Sistema Empresarial, o valor foi de R\$ 15,53.

#### 4.4. Estudo de caso 4 – São Paulo - SP

Bello e Nascimento (2010) realizaram um estudo no condomínio de alto padrão, *Vistta Santana*, localizado na cidade de São Paulo, região Sudeste do país. Este condomínio possui duas torres e 168 apartamentos. A área de captação do



empreendimento compreende apenas as áreas dos telhados de cada torre, que correspondem a 509 m<sup>2</sup> na torre A e 410 m<sup>2</sup> na torre B.

Os dados pluviométricos do município de São Paulo são apresentados na tabela 4, sendo possível observar que o valor de precipitação pluviométrica anual média foi de 1.455 mm anuais, no período de 2000 a 2008.

Tabela 4 - Precipitação pluviométrica do município de São Paulo, no período de 2000 a 2008. Fonte: Instituto Astronômico e Geofísico-USP, 2009.

**Precipitação Pluviométrica  
Município de São Paulo  
2000-2008**

Meses	Média (2000 - 2008)	(Em mm)								
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Janeiro	228.6	163.5	138.7	349.7	265.3	209.7	285.8	255.2	126.3	263.2
Fevereiro	204.6	317.4	155.2	172.0	160.7	269.8	79.0	195.4	273.5	218.7
Março	161.9	163.2	198.3	161.8	110.8	158.6	103.5	280.5	205.4	74.6
Abril	77.8	n.d.	43.9	48.5	87.6	191.9	82.6	46.1	78.1	121.8
Maio	63.3	n.d.	90.6	70.4	24.6	87.1	174.7	11.4	53.9	56.9
Junho	27.9	n.d.	26.4	5.6	20.4	70.5	23.1	21.7	25.9	57.3
Julho	53.4	n.d.	60.9	40.1	15.0	102.4	18.5	82.6	160.9	0.4
Agosto	23.7	n.d.	22.7	57.9	26.1	2.8	7.3	7.0	0.7	88.8
Setembro	53.1	n.d.	55.1	66.8	32.7	23.5	143.2	110.9	3.7	42.0
Outubro	118.8	n.d.	244.4	125.8	106.5	110.1	162.7	78.7	95.8	145.6
Novembro	131.9	n.d.	116.7	106.3	106.3	289.6	92.8	240.3	122.5	112.8
Dezembro	179.6	n.d.	171.0	217.8	112.9	223.9	188.6	248.1	197.8	256.3

Fonte: Instituto Astronômico e Geofísico - USP

Elaboração: Sempla/Dipro

Para o cálculo do volume de água captada, foi utilizada a equação 13, utilizada pela fornecedora Aquastock para cálculo de captação de água.

$$V = A \cdot \epsilon \cdot IP \quad [\text{Eq. 13}]$$

O reservatório foi dimensionado para comportar o volume máximo de captação de água pluvial referente ao mês de maior precipitação. Além disso, foi instalado um reservatório superior, alimentado pela cisterna inferior, com uma capacidade de 15m<sup>3</sup> para a distribuição diária no empreendimento. O reservatório foi obtido junto à fornecedora Aquastock.

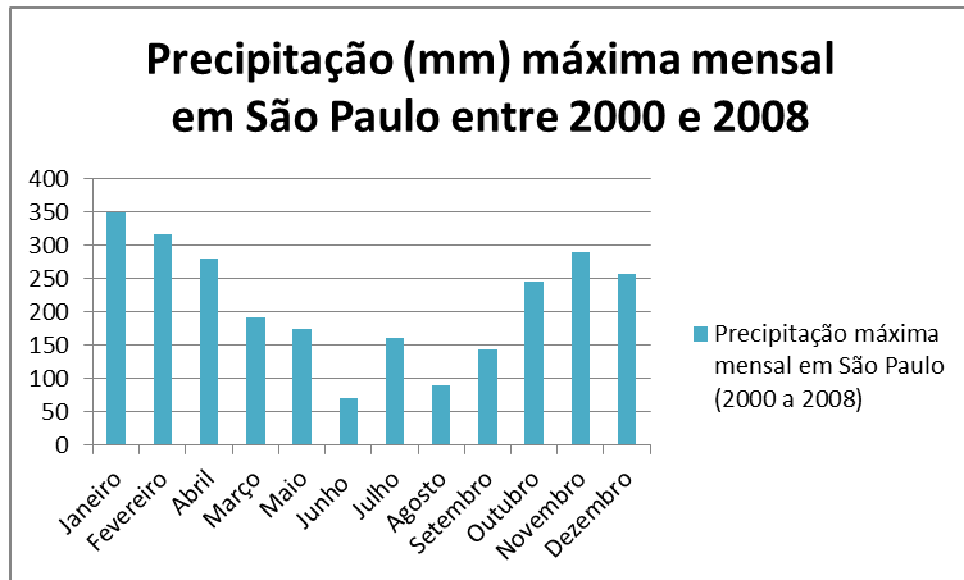


Figura 18 - Precipitação (mm) máxima mensal em São Paulo entre 2000 e 2008

O consumo de água para fins não potáveis foi calculado a partir da tabela 5:

Tabela 5: Demandas internas e externas de água não potável Condomínio Vista Santana em São Paulo. Fonte: Adaptado de Tomaz (2003)

<i>Demandas internas de água não potável</i>		
<i>Usos da água</i>	<i>Faixa de Valores</i>	<i>Frequência de uso</i>
<i>Bacia Sanitária</i>	<i>6 – 18 L/descarga</i>	<i>5 descargas/hab/dia</i>
<i>Perdas por vazamentos em bacias sanitárias</i>	<i>9%</i>	<i>-</i>
<i>Banho</i>	<i>113 – 189 L/banho</i>	<i>1 banho/hab/dia</i>
<i>Demandas externas de água não potável</i>		
<i>Uso da Água</i>	<i>Faixa de valores</i>	<i>Frequência de uso</i>
<i>Rega de gramado ou jardim</i>	<i>2 L/dia/m<sup>2</sup></i>	<i>8 – 12 regas/mês</i>
<i>Lavagem de veículos</i>	<i>80 – 150 L/lavagem/carro</i>	<i>1 – 4 lavagens/mês</i>
<i>Mangueira de jardim</i>	<i>50 L/dia</i>	<i>20 vezes/mês</i>

Para o cálculo da cobrança de tarifa para o fornecimento de água tratada, foi utilizada a tabela 6, onde são definidas as diferentes cobranças de tarifas de água e

esgoto, em função das classes de consumo, em  $m^3 \text{ mês}^{-1}$ , sendo o consumo total dividido pelos 168 apartamentos.

Tabela 6 - Tarifas aplicadas a cada faixa de consumo de água na região de São Paulo.

Fonte: Sabesp.

<i>Classes de Consumo (<math>m^3</math> <math>mês^{-1}</math>)</i>	<i>Tarifas de Água (R\$)</i>	<i>Tarifas de Esgoto (R\$)</i>
<i>Residencial/Normal</i>		
<i>0 a 10</i>	<i>14,19/mês</i>	<i>14,19/mês</i>
<i>11 a 20</i>	<i>2,22/<math>m^3</math></i>	<i>2,22/<math>m^3</math></i>
<i>21 a 50</i>	<i>5,54/<math>m^3</math></i>	<i>5,54/<math>m^3</math></i>
<i>Acima de 50</i>	<i>6,10/<math>m^3</math></i>	<i>6,10/<math>m^3</math></i>

Para o cálculo do custo total de água no condomínio foi considerado o número de apartamentos (168) multiplicado pelo custo mensal de água por apartamento.

Para o cálculo do tempo de retorno em meses foi dividido o valor do investimento total pela economia mensal obtida com a instalação do sistema.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados obtidos nos quatro estudos de caso foi possível identificar os fatores que mais influenciaram na viabilidade técnica e econômica desses projetos. A seguir são apresentados os resultados obtidos em cada estudo de caso.

### 5.1. Estudo de caso 1: Porto Velho – RO

A partir da equação 02, o volume do reservatório foi de  $25 m^3$ . De acordo com este resultado, foram feitos os cálculos para os custos de material, mão-de-obra e manutenção, sendo os valores obtidos apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Custos para construção do reservatório em Porto Velho -RO. Fonte: Kinkas  
Materiais para Construção

<b>Materiais</b>	<b>Qtde</b>	<b>Preço unitário</b>	<b>Total</b>
Bomba Submersa	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Registro 25mm	2	R\$ 8,90	R\$ 17,80
Reservatório (material)	1	R\$ 1.500,92	R\$ 1.500,92
Ferro Ca-60 4,2mm 12m	4	R\$ 7,64	R\$ 30,56
Fio Paralelo 2x2.5	12	R\$ 2,13	R\$ 25,56
Areia	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Disjuntor monofásico 20 ap	1	R\$ 8,09	R\$ 8,09
Mangueira Preta 3/4 x1.8	12	R\$ 1,22	R\$ 14,64
Tubo p/ esgoto 40 mm	1	R\$ 16,59	R\$ 16,59
Tubo soldável 25 mm	2	R\$ 11,86	R\$ 23,72
Seixo nº1 1 m³	1	R\$ 95,76	R\$ 95,76
Cimento	8	R\$ 26,00	R\$ 208,00
Tubo 200mm	6	R\$ 147,00	R\$ 882,00
Tubo 250mm	9	R\$ 199,00	R\$ 1.791,00
Mão de Obra	-	-	R\$ 5.500,00
Filtro Autolimpante	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>R\$ 12.590,00</b>

Na tabela 8 são apresentados os resultados para custo de água potável e o custo para o cliente com a economia proposta. Foram considerados 6 meses de chuva na região em questão, obtendo-se um retorno financeiro em 6 anos.

Tabela 8 - Custo de água potável, calculados, segundo tarifas vigentes no município de Porto Velho-RO. Fonte: Nazário et. al. (2013).

<b>Item</b>	<b>Valor (m³)</b>	<b>Sem Pluvial (m³)</b>	<b>Com pluvial (m³)</b>	<b>Custo Sem Pluvial</b>	<b>Custo com Pluvial</b>	<b>Economia mensal</b>	<b>Economia 12 meses</b>	<b>Economia 6 meses</b>	<b>Payback (anos)</b>
<b>Água</b>	R\$ 2,40	161	72,45	R\$ 386,40	R\$ 173,88	R\$ 212,52	R\$ 2.550,24	R\$ 1.275,12	
<b>Tratamento esgoto</b>	R\$ 1,40	161	72,45	R\$ 225,40	R\$ 101,43	R\$ 123,97	R\$ 1.487,64	R\$ 743,82	
<b>Total</b>		161	72,45	R\$ 611,80	R\$ 275,31	R\$ 336,49	R\$ 4.037,88	R\$ 2.018,94	6

## 5.2. Estudo de caso 2: Goiânia – GO

A partir da equação 09, o volume de água captado por este reservatório, considerando uma residência com 100 m<sup>2</sup> de cobertura (telhado), foi de 158 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, resultando em 13, 16 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>.

Para o dimensionamento do reservatório foi determinada a instalação de duas caixas d'água de 5000 litros, na parte inferior e uma de 1000 litros, na parte superior da residência. A figura 19 ilustra a disposição dos reservatórios. A partir destes dados, foram calculados os custos com material e mão de obra para a implantação deste sistema na residência, apresentados na tabela 9.

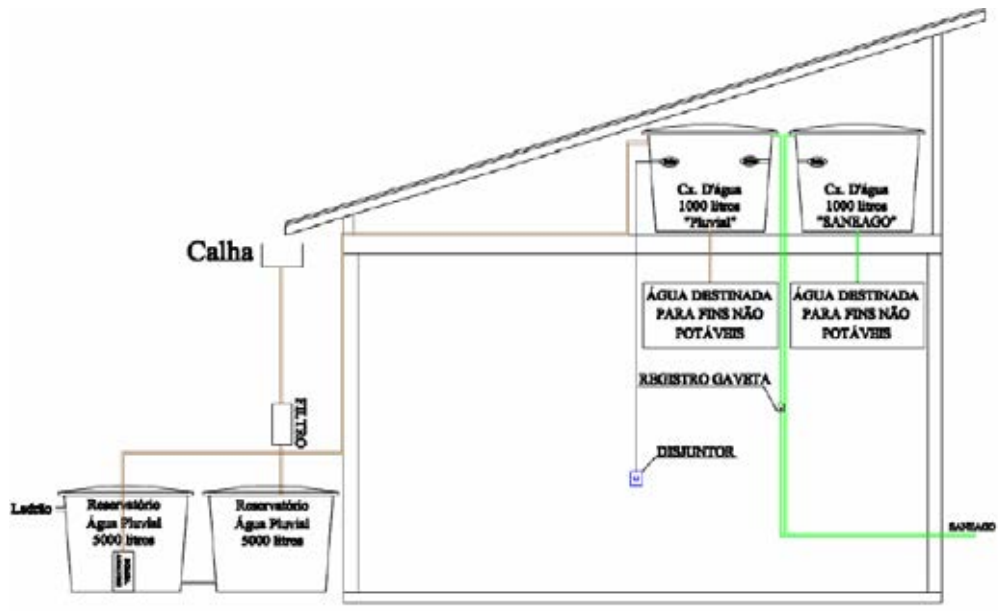


Figura 19– Disposição dos reservatórios na residência de 100m<sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO

Tabela 9 – Custos com material e mão de obra para a implantação do sistema de captação de água da chuva na residência de 100 m<sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO.

Produto	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Cx. D'água 5000 litros	2	1.080,00	2.160,00
Cx. D'água 1000 litros	1	231,00	231,00
Bóia Elétrica	1	27,50	27,50
Bóia Comum	1	12,20	12,20
Registro de Gaveta	1	34,90	34,90
Bomba Anauger	1	230,00	230,00
Filtro 3P VF1	1	220,00	220,00
Tubulações	Observação*	70,00	70,00
Disjuntor	1	13,10	13,10
Mão de Obra	1	585,74	585,74
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>2504,44</b>	<b>3584,44</b>

Assim calculou-se o consumo:  $30 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1} \times 0,45 = 13,5 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ .

Desconsiderando o período de seca:  $13,5 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1} / 2 = 6,75 \text{ m}^3 \text{ mês}^{-1}$ .

Custo da água para consumo anual de até 26 a  $30 \text{ m}^3 = 81 \text{ m}^3 \times 3,12 =$   
R\$ 252,72

Custo do esgoto para consumo anual de até 26 a  $30 \text{ m}^3 = 81 \text{ m}^3 \times 2,50 =$   
R\$ 202,50

A Tabela 10 apresenta a economia de água e esgoto em relação à faixa de consumo e o total economizado por ano pode ser observado na tabela 11.

Tabela 10 – Custos com material e mão de obra para a implantação do sistema de captação de água da chuva na residência de 100 m<sup>2</sup> de cobertura em Goiânia – GO.

Faixas de Redução do Consumo/(m <sup>3</sup> /mês)	Água (R\$/m <sup>3</sup> )	Economia / ano (R\$)	Esgoto (R\$/m <sup>3</sup> )	Economia / ano (R\$)
1 a 10	1,88	297,04	1,50	237,00
11 a 15	2,13	336,54	1,70	268,60
16 a 20	2,43	383,94	1,94	306,52
21 a 25	2,75	434,50	2,20	347,60
26 a 30	3,12	492,96	2,50	395,00
31 a 40	3,54	559,32	2,83	447,14
41 a 50	4,02	635,16	3,22	508,76
Acima de 50	4,56	720,48	3,65	576,70

Cálculo do total economizado por ano (R\$): 252,72 + 202,50 = 455,22

Tabela 11 - Total economizado por ano em relação a economia na taxa de água e esgoto para cada faixa de consumo em Goiânia – GO.

Faixas de Redução do Consumo/(m <sup>3</sup> /mês)	Água Economia (R\$)/ ano	Esgoto Economia (R\$)/ ano	Total Economizado/ano
1 a 10	297,04	237,00	534,04
11 a 15	336,54	268,60	605,14
16 a 20	383,94	306,52	690,46
21 a 25	434,50	347,60	782,10
26 a 30	492,96	395,00	887,96
31 a 40	559,32	447,14	1006,46
41 a 50	635,16	508,76	1143,92
Acima de 50	720,48	576,70	1297,18

A partir da equação 12 temos o retorno do investimento:

$$\frac{3584,4}{455,22} = 7,87 \text{ anos}$$

O retorno do investimento por faixa de consumo pode ser vista na Tabela 12.

Tabela 12 - Cálculo do Retorno do Investimento em Goiânia-GO.

Faixas de Redução do Consumo/(m <sup>3</sup> /mês)	Total Economizado/ano	Retorno do Investimento em anos
1 a 10	534,04	6,71
11 a 15	605,14	5,92
16 a 20	690,46	5,19
21 a 25	782,10	4,58
26 a 30	887,96	4,04
31 a 40	1006,46	3,56
41 a 50	1143,92	3,13
Acima de 50	1297,18	2,76

Assim, verificou-se que quanto maior a faixa de redução do consumo de água (m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>) maior foi a economia e menor o tempo de retorno do investimento em anos.

### 5.3. Estudo de caso 3: Campos dos Goytacazes- RJ

O consumo de água não potável na residência foi detalhado na tabela 13, resultando em um total de 7,12 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>, representando 79% do consumo de água.

Tabela 13 - Consumo mensal de água não potável na residência de 100 m<sup>2</sup> de cobertura em Campos dos Goytacazes – RJ.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	5	pessoas	4	6	3600	50,56
Rega de Jardim	250	m <sup>2</sup>	10	0,8	2000	28,09
Lavagem de Calçada	120	m <sup>2</sup>	2	3	720	10,11
Lavagem de Carro	2	carros	4	100	800	11,24
Total					7120	100,00

O consumo estimado de água pluvial na Universidade Cândido Mendes pode ser observado na tabela 14. Estes dados mostram que a universidade tem um consumo de aproximadamente 295,50 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>. Verificou-se que a lavagem de área comum e os vasos sanitários foram os itens que mais consumiram água pluvial, representando, aproximadamente, 89,85% do consumo.



Tabela 14 - Consumo estimado de água pluvial na Universidade Cândido Mendes.

Uso	Base	Unidade	Frequência	Litros	Total/Litros	%
Bacia Sanitária	4000	Pessoas	4	4,5	72.000	24,37
Rega de Jardim	2500	m <sup>2</sup>	15	0,8	30.000	10,15
Lavagem de Área Comum	4300	m <sup>2</sup>	15	3	193.500	65,48
Total					295.500	100,00

Para a residência, o volume para o reservatório encontrado foi de 16 m<sup>3</sup>, como é mostrado na Tabela 15 abaixo.

Tabela 15 - Variáveis e seus respectivos valores, consideradas para o dimensionamento do reservatório de captação de água da chuva na residência.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	96,4	7,12	150	11,6	16,0	0,0	16,0	0,0	0,0
Fevereiro	50,5	7,12	150	6,1	16,0	16,0	14,9	0,0	0,0
Março	76,1	7,12	150	9,1	16,0	14,9	14,9	1,0	0,0
Abril	62,6	7,12	150	7,5	16,0	14,9	15,3	0,0	0,0
Mai	43,2	7,12	150	5,2	16,0	15,3	13,4	0,0	0,0
Junho	24,4	7,12	150	2,9	16,0	13,4	9,2	0,0	0,0
Julho	24,1	7,12	150	2,9	16,0	9,2	5,0	0,0	0,0
Agosto	21,9	7,12	150	2,6	16,0	5,0	0,5	0,0	0,0
Setembro	59,0	7,12	150	7,1	16,0	0,5	0,4	0,0	0,0
Outubro	56,6	7,12	150	6,8	16,0	0,4	0,1	0,0	0,0
Novembro	119,2	7,12	150	14,3	16,0	0,1	7,3	0,0	0,0
Dezembro	155,8	7,12	150	18,7	16,0	7,3	7,3	2,9	0,0
Total	790	85,44 (m <sup>3</sup> /ano)		95 (m <sup>3</sup> /ano)				3,8	0,0

Para a Universidade, o valor encontrado foi de 80 m<sup>3</sup>, como mostra a tabela 16 abaixo contendo os cálculos.

Tabela 16 - Variáveis consideradas para o dimensionamento do reservatório para a captação da água da chuva na Universidade.

Meses	Chuva Média Mensal	Demanda Constante Mensal	Área da Captação	Volume de Chuva Mensal C=0,80	Volume do reservatório Fixado	Volume do Reservatório no tempo t-1	Volume do Reservatório no tempo t	Overflow	Suprimento de Água Externo
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Janeiro	96,4	294,3	1349,99	104,1	80,0	0,0	80,0	0,0	190,2
Fevereiro	50,5	294,3	1349,99	54,6	80,0	80,0	-159,7	0,0	159,7
Março	76,1	294,3	1349,99	82,2	80,0	0,0	-212,1	0,0	212,1
Abril	62,6	294,3	1349,99	67,6	80,0	0,0	-226,7	0,0	226,7
Mai	43,2	294,3	1349,99	46,6	80,0	0,0	-247,7	0,0	247,7
Junho	24,4	294,3	1349,99	26,4	80,0	0,0	-267,9	0,0	267,9
Julho	24,1	294,3	1349,99	26,0	80,0	0,0	-268,3	0,0	268,3
Agosto	21,9	294,3	1349,99	23,7	80,0	0,0	-270,6	0,0	270,6
Setembro	59,0	294,3	1349,99	63,7	80,0	0,0	-230,6	0,0	230,6
Outubro	56,6	294,3	1349,99	61,1	80,0	0,0	-233,2	0,0	233,2
Novembro	119,2	294,3	1349,99	128,7	80,0	0,0	-165,6	0,0	165,6
Dezembro	155,8	294,3	1349,99	168,2	80,0	0,0	-126,1	0,0	126,1
Total	790	3531,6 (m <sup>3</sup> /ano)		853 (m <sup>3</sup> /ano)				0,0	2.598,7

Na residência, onde habitam cinco pessoas, o investimento inicial foi de US\$ 1.712,00 (US\$ 107,00 x 16m<sup>3</sup>), que considerando a cotação do dólar do dia 01 de agosto de 2011, de R\$ 1,5607, correspondeu a R\$ 2.671,92. Considerando esta mesma base de cálculo, na universidade, o investimento inicial foi de US\$ 8.560,00 (US\$ 107,00 x 80 m<sup>3</sup>), que correspondeu a R\$ 13.359,59.

Considerando um volume de chuva anual de 95 m<sup>3</sup>, a economia da residência foi estimada em R\$ 169,17 ano<sup>-1</sup>, enquanto a universidade economizou R\$ 13.246,47 ano<sup>-1</sup>. Assim, para a residência o projeto foi considerado inviável, porque mesmo após 20 anos, que corresponde ao período de vida útil do sistema, a economia obtida não se igualou ao valor dos gastos com a instalação e com a manutenção do sistema. Para a universidade o projeto foi considerado viável, pois o retorno do investimento foi atingido após o primeiro ano de instalação, sendo a economia com água para fins não potáveis, estimado como sendo da ordem de R\$ 84.837,23 após 20 anos.

#### 5.4. Estudo de caso 4 – São Paulo-SP

A partir da equação 13, o volume anual de água captada foi de 1203,43 m<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo o volume para o mês de maior precipitação de 289,24 m<sup>3</sup> e para o mês de menor precipitação de 0,33 m<sup>3</sup>. Assim, o dimensionamento do reservatório foi

realizado, considerando um volume máximo de captação de 289,24m<sup>3</sup>, sendo uma cisterna de 300m<sup>3</sup> mais que suficiente para suprir a demanda do empreendimento em relação ao aproveitamento da água da chuva. Na tabela 17 são apresentados os custos com a instalação do sistema.

Tabela 17 - Custos com a instalação do sistema de captação de águas pluviais e com mão de obra. Fonte: Aquastock

<i>Material</i>	<i>Preço unitário (RS)</i>	<i>Preço total (RS)</i>
<i>Filtro central WFF150 para telhados até 500m<sup>2</sup></i>	<i>1.979,00</i>	<i>3.958,00</i>
<i>Adaptador TCC x Esgoto 110 x 100 mm</i>	<i>15,00</i>	<i>60,00</i>
<i>Luva TCC Correr 100 mm</i>	<i>16,00</i>	<i>32,00</i>
<i>Adaptador TCC x Esgoto 160 x 150 mm</i>	<i>21,00</i>	<i>84,00</i>
<i>Luva TCC Correr 150 mm</i>	<i>18,00</i>	<i>36,00</i>
<i>Kit Filtro Flutuante Grosso 1"</i>	<i>514,00</i>	<i>1.028,00</i>
<i>Nachpeise-set - kit de interligação 1/2"</i>	<i>1.249,00</i>	<i>2.498,00</i>
<i>Freio d'água Inox (Diâmetro 100mm)</i>	<i>304,00</i>	<i>608,00</i>
<i>Multisifão c/ válvula anti-retorno</i>	<i>477,00</i>	<i>954,00</i>
<i>Cisterna Inferior</i>	<i>13.000,00</i>	<i>13.000,00</i>
<i>Cisterna Superior</i>	<i>1.500,00</i>	<i>1.500,00</i>
<i>Bombas de 30cv</i>	<i>30.000,00</i>	<i>30.000,00</i>
<i>Mão de obra</i>	<i>500,00</i>	<i>500,00</i>
<b><i>Total</i></b>		<b><i>55.758,00</i></b>

Para vasos sanitários o consumo calculado foi de 483 m<sup>3</sup> e para irrigação de jardim 30 m<sup>3</sup>, totalizando um consumo de 513 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup>.

Como o consumo calculado para um mês no empreendimento foi de 3.074 m<sup>3</sup> realizou-se a distribuição nas faixas de consumo para a verificação dos custos do empreendimento Vista Santana, sendo o consumo total médio de água por apartamento de 18,3 m<sup>3</sup> mês<sup>-1</sup> (Tabela 18).

Tabela 18 - Custos do Consumo de água durante um mês do empreendimento Vista Santana.

<i>Total de consumo (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Faixa</i>	<i>Tarifa (R\$ m<sup>-3</sup>)</i>	<i>Custo (R\$ mês<sup>-1</sup>)</i>
10	0 a 10	14,19 mês <sup>-1</sup>	14,19
8,3	11 a 20	2,22	18,43
18,3			32,62

O custo total de água no condomínio foi de R\$5.480,00 e o consumo mensal de água da chuva captada no empreendimento foi de aproximadamente 100m<sup>3</sup>. Estes custos estão apresentados na Tabela 19.

$$\text{Modo de cálculo: Consumo total/168 apartamentos} = \frac{3074 - 100}{168} = 17,7 \text{ m}^3$$

Tabela 19 - Custos do consumo com o aproveitamento de água durante um mês no empreendimento Vista Santana.

<i>Total de consumo (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Faixa</i>	<i>Tarifa (R\$ m<sup>-3</sup>)</i>	<i>Custo (R\$ mês<sup>-1</sup>)</i>
10	0 a 10	14,19 mês <sup>-1</sup>	14,19
7,09	11 a 20	2,22	17,09
17,7			31,28

O custo total de água no condomínio foi calculado considerando: 168 apartamentos x R\$31,28. Logo, para o consumo de 2.974m<sup>3</sup> de água tem-se um custo de R\$ 5.255,04. A economia mensal calculada empregando o aproveitamento da água foi de, aproximadamente, R\$ 225,00 em 100m<sup>3</sup> de água.

Com uma economia de R\$ 255,00 mês<sup>-1</sup> no consumo de água, um gasto energético de R\$100,00 e R\$20,00 de manutenção mensal, totaliza uma economia mensal de R\$125,00. Neste caso, verificou-se que o tempo de retorno financeiro dos investimentos seria de 37 anos, conforme descrito abaixo:

Total de investimentos: R\$ 55.758,00

Economia de água mensal: R\$ 125,00

$$\text{Meses de retorno do investimento} = \frac{R\$55.758,00}{R\$125,00} = 446 \text{ meses.}$$

## 5.5. Discussão dos Resultados

Ao analisar os quatro casos, percebemos que, o índice pluviométrico das quatro regiões brasileiras consideradas é muito bom e apresenta um excelente potencial de captação e armazenamento, visando suprir a demanda de água para fins não potáveis na maioria dos meses do ano.

Outro fato evidenciado nestes estudos de caso foi a questão dos custos da água em cada município considerado e o valor do investimento para a instalação do sistema de captação de água pluvial que variam de caso para caso. No caso de Porto Velho, o que mais influenciou a viabilidade econômica da captação da água da chuva foi o método utilizado para o dimensionamento do reservatório, que resultou em subdimensionamento, e portanto, menor tempo de vida útil do reservatório, o que poderia ter sido corrigido, caso fossem aplicados outros métodos de cálculo, como os empregados nos demais estudos de caso.

No caso das residências de 100 m<sup>2</sup> de cobertura de Campos dos Goytacazes e Goiânia, verificou-se que os custos com material aplicado na construção do reservatório e as tarifas de água e esgoto influenciaram na viabilidade econômica do projeto. Em Goiânia, a instalação do reservatório apresentou maior viabilidade econômica para a instalação do projeto do que em Campos dos Goytacazes, pois Goiânia possui uma tarifa residencial de água e esgoto relativamente mais cara e obteve um custo bem menor de instalação do reservatório para a captação da água da chuva, que a residência de Campos dos Goytacazes.

A Universidade Cândido Mendes em Campo dos Goytacazes apresentou o melhor resultado, tendo seu valor de investimento retornado praticamente após um ano da instalação do projeto, devido à economia na tarifa de água que é diferenciada e cara, considerando que é cobrada em escala industrial.

O condomínio Vista Santana não apresentou retorno do investimento dentro da vida útil do projeto, que segundo a bibliografia estudada é de 20 anos, devido aos gastos com a aquisição de um reservatório dimensionado para captar o volume de água de chuva do mês de maior precipitação e de bombas para elevação da água da cisterna inferior até a superior. Além disso, a tarifa de água na cidade de São Paulo não é tão cara, o que também inviabiliza o investimento.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A instalação de um sistema de captação de água pluvial é considerada tecnicamente viável desde que seja feito um sistema de água potável e outro de água pluvial para evitar que os dois tipos de água se misturem, e que torneiras e tubulações de água da chuva estejam bem indicadas para evitar a contaminação acidental dos usuários. Considerando os sistemas avaliados neste trabalho, a construção da cisterna, caso o usuário queira construí-la, e a adaptação das tubulações no interior da residência, caso o sistema de captação não tenha feito parte do projeto construtivo, são etapas que podem oferecer maior dificuldade no processo de instalação deste tipo de sistema.

Quanto à questão econômica, a dimensão da edificação, a demanda de água para fins não potáveis, o tamanho do reservatório e os valores das tarifas de água e esgoto influenciam muito na viabilidade do projeto. Edificações em escala industrial tendem a ter um retorno mais rápido do investimento, pelo fato de possuírem uma grande demanda para fins não potáveis, como descargas de vasos sanitários e limpeza de pisos, que devido a sua alta faixa de consumo, pagam tarifas mais caras por metro cúbico de água do que as residências. Para as residências, é necessário realizar um bom dimensionamento do reservatório, para que o valor do sistema não seja elevado.

Ao invés do volume que pode ser captado na residência, outra forma que esse dimensionamento pode ser realizado é a partir do mês de maior demanda, como em períodos de seca em que a irrigação de jardins é mais constante, assim, o reservatório atenderia a demanda durante o ano inteiro e ficaria bem dimensionado, trazendo um custo menor para sua construção ou aquisição. Também devem ser considerados materiais de custos mais baixos para a cisterna e se possível a sua colocação em local mais elevado para evitar a necessidade do uso de bombas que acarretam em gastos para sua aquisição e consumo de energia elétrica.

Quanto ao consumo, o sistema de captação de água pluvial é viável desde que a água captada seja destinada ao consumo menos nobre e todos os devidos cuidados sejam tomados, tornando seu uso livre de riscos à saúde humana.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA, Agência nacional de Águas. Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil. Brasília: ANA, 2007. (Cadernos de Recursos Hídricos, 2). 123p. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, E.P; RODRIGUES, R.P.; NUNES, R. *O Gerenciamento da demanda de água é o caminho para propiciar a sua preservação*, 2008. Disponível em: <<http://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/index.php/arqcom/article/view/669>> Acesso em: 15 de agosto de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15527/2007. “Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos”.8 p. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 10844/1989. “Instalações prediais de águas pluviais”.13 p. Rio de Janeiro, 1989.

BELO, Juliana de Souza; NASCIMENTO, Thiago Lopes dos Santos. *Aproveitamento a água de chuva para fins não potáveis no Condomínio Vista Santana – Um estudo de caso*. 2010. 77 f. Tese (Graduando em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá. 2010.

BREGA FILHO. Reuso de Água. Barueri –SP. USP - Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações de Saúde Ambiental. 2003. 579p.

CASARIN, Fátima; SANTOS, Mônica dos. *Água - O ouro azul -Usos e abusos dos recursos hídricos*. Garamond, 2011.115 p.



GUILHERME, L. B.. Aproveitamento das águas de chuva da cidade do Natal para fins potáveis. Natal, 2006. 141 p. Dissertação (Mestre) – Centro de tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FENDRISH, R; OLIYNIK, R. *Manual de utilização das águas Pluviais-100 Maneiras Pratica*. 1ed. Curitiba: Livraria do CHain Editora, 2002.

GROUP RAINDROPS, *Aproveitamento da Água da Chuva*. 1. Ed. Organic Trading Editora, Brasil, 2002.

HESPANHOL, I. *Potencial de reúso de água no Brasil. Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de aquíferos*. REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS, 7(4), pp. 75-95. Porto Alegre RS, 2002.

IDHEA. *Sistema de Aproveitamento de água de chuva*. Disponível em <<http://www.idhea.com.br/agua.asp>> Acesso em: 22/08/2013.

JOSÉ SERRA. Lei Municipal nº 14.018, de 28-06-2005. Disponível em: <[http://www2.oabsp.org.br/asp/clipping\\_jur/ClippingJurDetalhe.asp?id\\_noticias=16949&AnoMes=20056](http://www2.oabsp.org.br/asp/clipping_jur/ClippingJurDetalhe.asp?id_noticias=16949&AnoMes=20056)> Acesso em: 15/09/2013

CORREIO BRAZILIENSE. *Aproveitamento de água da chuva é acessível*. Publicado em 28 ago. 2009. Disponível em : <[http://correiobraziliense.lugarcerto.com.br/app/noticia/arquitetura-e-decoracao/2009/08/28/interna\\_noticias,31737/index.shtml](http://correiobraziliense.lugarcerto.com.br/app/noticia/arquitetura-e-decoracao/2009/08/28/interna_noticias,31737/index.shtml)> Acesso em: 15/08/2013.

Koenig, W. D. 1999. *Spatial autocorrelation of ecological phenomena*. Trends in Ecology & Evolution 14:22-26.

LOMBA, Camila Cristina Pacheco. *A escassez hídrica da região metropolitana de São Paulo*. Disponível em: <<http://xiisimpurb2011.com.br/app/web/arq/trabalhos/49135652c8d6c0635d42ba62335649ef.pdf>>. Acesso em: 05/08/2013.

LEAL, U.. Ciclo da água na edificação. *Téchne*, v. 9, n. 48, p.45-6, set/out. 2000.

Macomber, S. H. P. Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii. Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de Água. Barueri –SP. USP - Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações de Saúde Ambiental. 2003. 579p.

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

MENEZES, A. *Estudo do Impacto da inclusão de sistemas de conservação de água na qualidade do investimento para edifícios residenciais na cidade de São Paulo, 2006*.

Disponível

em:

<[http://www.realestate.br/images/File/arquivosPDF/Mono\\_AndreMenezes.pdf](http://www.realestate.br/images/File/arquivosPDF/Mono_AndreMenezes.pdf)>

Acesso em: 03/10/2013.

Município de Curitiba, Paraná. Lei Nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. Disponível em:<http://www.recicloteca.org.br/Default.asp?ID=107&Editoria=9&SubEditoria=46&Ver=1>> Acesso em: 16/09/2013.

Nazário et. al. Título: *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água pluvial no Estado de Rondônia* In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 9, 2013, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro:FIRJAN, 2013. p.1-12.

NURENE – Núcleo Regional Nordeste. Abastecimento de água: gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento. Guia do profissional em treinamento: nível 2. Secretaria Nacional de

Saneamento Ambiental (org). Salvador: ReCESA, 2008. 139p. Disponível em : <[http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/livros/gerenciamento\\_perdas/livro\\_gerenciamento\\_perdas.pdf](http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/livros/gerenciamento_perdas/livro_gerenciamento_perdas.pdf)> Acesso em: 16/08/2013

PÊGO, Carlos Sulzer; ERTHAL JÚNIOR , Milton. Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ. Perspectivas Online: Ciências Exatas e Engenharia. Disponível em:

<<http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/EE/article/viewFile/135/83>>.

Acesso em: 09/10/ 2013.

PEREIRA, Leandro Roncato; PASQUALETTO, Antônio; MINAMI, Marco Y. M. Viabilidade econômico /ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m<sup>2</sup> de cobertura. PUC – Goiás. Disponível em:

<[http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/VIA\\_BILIDADE%20ECONOMICO\\_AMBIENTAL%20DA%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DE%20UM%20SISTEMA%20DE%20CAPTA%C3%87%C3%83O%20E%20APROVEITAMENTO%20DE%20%C3%81GUA.pdf](http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/VIA_BILIDADE%20ECONOMICO_AMBIENTAL%20DA%20IMPLANTA%C3%87%C3%83O%20DE%20UM%20SISTEMA%20DE%20CAPTA%C3%87%C3%83O%20E%20APROVEITAMENTO%20DE%20%C3%81GUA.pdf)>. Acesso em: 13/10/2013

PRADO, G. S., MULLER, M. S. K. Sistema de aproveitamento de água para edifícios. Revista Técnica, Editora PINI, São Paulo, SP, p.77-80, 01 nov. 2007.

Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/128/artigo66612-4.asp>> Acesso em: 30/08/2013.

SABESP – *Saneamento Básico do Estado de São Paulo*. Disponível em: <[www.sabesp.com.br](http://www.sabesp.com.br)>. Acesso em: 21 de agosto de 2013.

VIDACOVICH, K., *Dispositivos para descarte inicial (“first flush”) das chuvas: comparações entre modelos*. Fevereiro, 2004.

TOMAZ, P. *Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis*, 2007. Disponível em: <[http://www.faeasp.com.br/senag-lins/downloads/aula\\_agua\\_dechuva\\_lins.pdf](http://www.faeasp.com.br/senag-lins/downloads/aula_agua_dechuva_lins.pdf)> Acesso em: 27/09/2013

TOMAZ, P. *Aproveitamento da água de chuva*. 2ed. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

## 8 ANEXOS

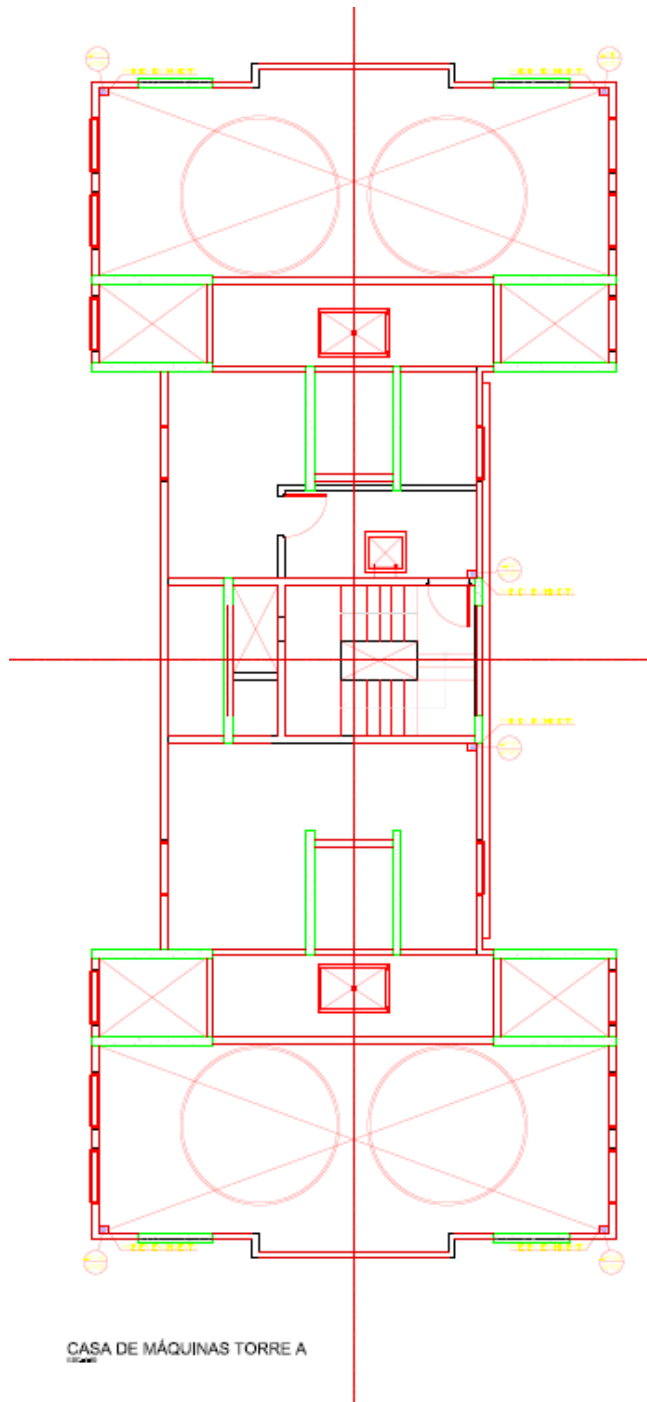
### ANEXO A

Planta Baixa do Térreo do Condomínio Vista Santana em São Paulo - SP – Dimensão do Jardim

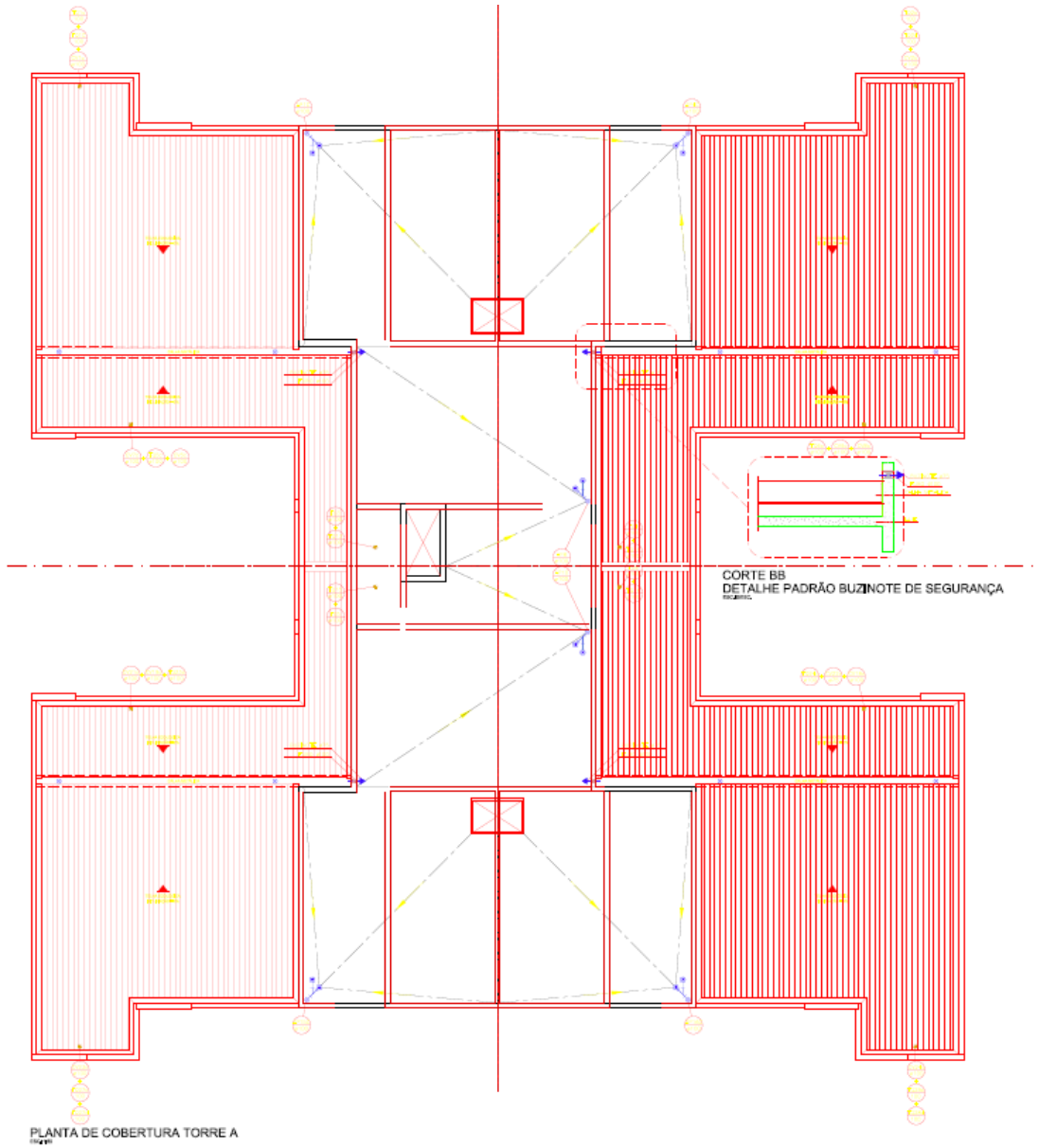


**ANEXO B**

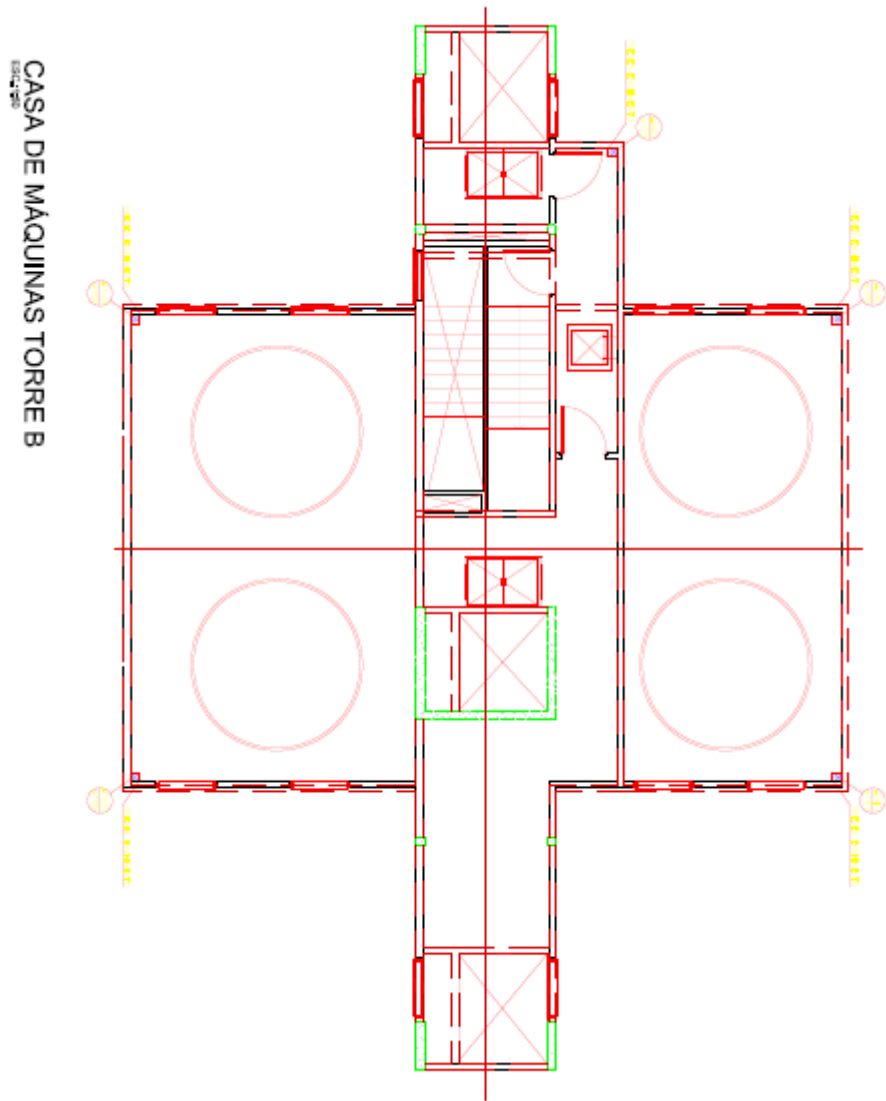
Plantas da Área de Captação do Condomínio Vista Santana em São Paulo – SP.



Planta de Cobertura Casa de Maquinas Torre A



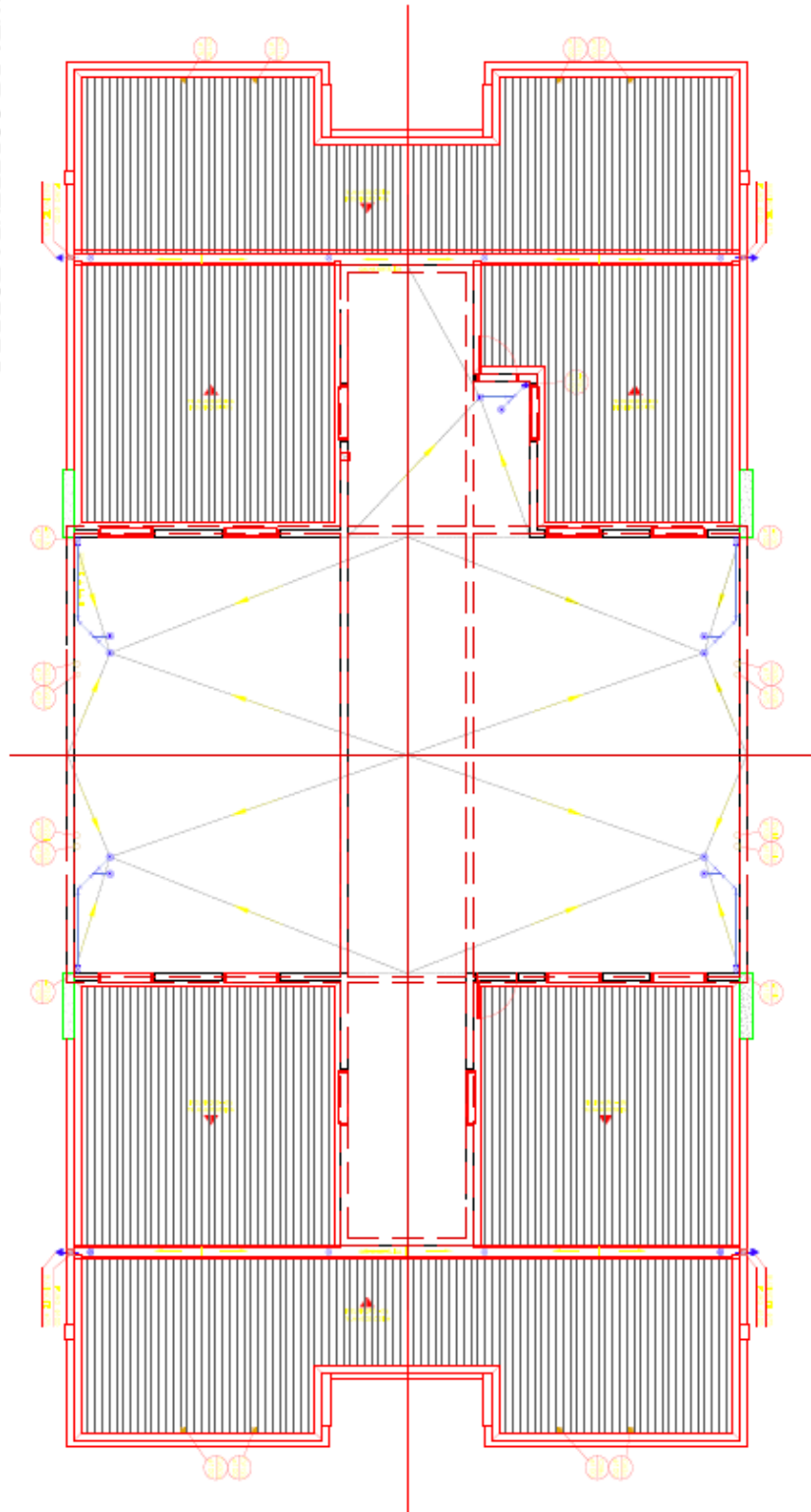
Planta de Cobertura Torre A



Planta de Cobertura Casa de Maquinas Torre B



PLANTA DE COBERTURA TORRE B



Planta de Cobertura Torre B

## ANEXO C

Planta Baixa do Modelo Para Captação e Armazenamento de Água Pluvial em Goiânia- GO.

