



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Frederico Vinícius Cunha Lopes

## **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM RESIDÊNCIA DE 245m<sup>2</sup> EM PALMAS-TO**

Palmas – TO

2018

Frederico Vinícius Cunha Lopes  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM  
RESIDÊNCIA DE 245m<sup>2</sup> EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

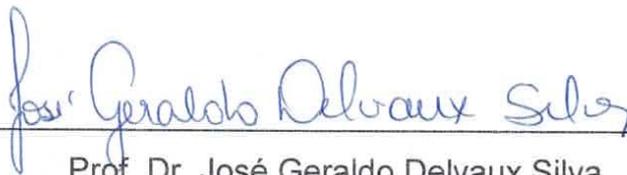
Frederico Vinícius Cunha Lopes  
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM  
RESIDÊNCIA DE 245m<sup>2</sup> EM PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovado em: 21 / 05 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Geraldo Delvaux Silva

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof.ª Dra. Michele Ribeiro Ramos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.e Carlos Spartacus da Silva Oliveira

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2018

*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 a Deus, pois foi Ele quem me concedeu o dom da vida, a saúde, as oportunidades e os desafios que me levaram a ser melhor.

A minha família, em especial a minha mãe *Anália* que me educou e sempre foi uma grande companheira e amiga, me aconselhando até mesmo no momento que cheguei em pensar em desistir do curso, e ao meu pai *Luiz Antônio* que desde muito novo me deu oportunidades diversas de adquirir experiência para aprender a batalhar com a vida.

Meu orientador *Prof. Dr. José Geraldo* que sempre demonstrou preocupação com a caminhada deste trabalho, e sempre muito prestativo e compreensível, disposto a oferecer o melhor do seu conhecimento adquirido de anos de estudo.

Os membros da minha banca por aceitarem o convite.

Meus professores por se disporem repassar seus conhecimentos.

A *Arq. Thábíta* por ter disposto a fornecer o projeto da casa objeto de estudo, em formato *dwg* que facilitou a análise.

A todos aquele que contribuíram de alguma forma para meu trabalho de conclusão de curso, para vida e para meu aprendizado.

## 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. Este trabalho tem como objetivos: analisar a viabilidade da implantação de um Sistema para Aproveitamento de Águas Pluviais em residência particular na área urbana de Palmas – TO, levantar a precipitação média na região urbana, determinar o volume do reservatório para o sistema, analisar a viabilidade da implantação do sistema supracitado. O projeto foi executado em uma residência de 245m<sup>2</sup> em Palmas - TO, iniciando com levantamento de dados, levantamento de custos, análise de viabilidade verificando se seria possível local o sistema dentro da área disponível. Chegou-se então aos parâmetros de dimensionamento e custo, onde encontrou-se um custo total de R\$7267,68 e tempo de retorno a longo prazo, aproximado de 25 anos. Por fim, concluiu-se que o tempo de retorno de investimento realizado é de aproximadamente 25 anos, um retorno considerado de longo prazo, mas, assim como a implantação de energia solar que também traz retorno a longo prazo (EXAME, 2018), traz benefícios ambientais imediatos com a preservação dos meios hídricos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aproveitamento de águas pluviais; Método Azevedo Neto; Fins não potáveis.

## ***ABSTRACT***

Over the years, water has become an increasingly valuable and scarce resource. This situation is attributed to factors such as population increase, maldistribution and the increasing degradation of water resources, as a result of the indiscriminate performance of the human being. environment, making their availability less and increasing their cost. In this context, the use of rainwater for non-potable purposes begins to be stimulated in Brazil, as a means of preserving this resource, while in countries such as Japan and Germany, this technique has been used for a long time. The objective of this work is to analyze the feasibility of implementing a Rainwater Harvesting System in a private residence in the urban area of Palmas - TO, to raise the average precipitation in the urban region, to determine the volume of the reservoir for the system, to analyze the viability implementation of the aforementioned system. The project was executed in a residence of 245m<sup>2</sup> in Palmas - TO, starting with data collection, costing, feasibility analysis, checking if it would be possible to lease the system within the available area. Sizing and cost parameters were then reached, where a total cost of R \$ 7267.68 and a long-term return time of around 25 years were found. Finally, it was concluded that the investment return time is approximately 25 years, a return considered long-term, but, as well as the implementation of solar energy that also brings long-term returns (EXAME, 2018), it brings immediate environmental benefits with the preservation of water resources.

***KEY WORDS:*** Rainwater harvesting; Azevedo Neto Method; Non-drinking purposes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pluviômetro tipo Ville de Paris.....	16
Figura 2: Chuvas convectivas .....	24
Figura 3: Chuvas orográficas .....	24
Figura 4: Chuvas frontais .....	25
Figura 5 - Desviador das águas das primeiras chuvas com válvula de desvio vertical .....	26
Figura 6 – Fluxograma do sistema .....	30
Figura 7 – Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik.....	31
Figura 8 - Cisterna vertical .....	36
Figura 9 - Modelo de caixa d'água .....	37
Figura 10 - bomba de água Auto Aspirante - Intech Machine 1HP 50 L/Min.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas convencionais de conservação da água e porcentagens aproximadas de economia (TOMAZ, 2001).....	19
Tabela 2 - Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta (GROUP RAINDROPS, 2002).....	22
Tabela 3 - Precipitação média anual em Palmas – TO .....	33
Tabela 4 - Tabela com tempos para enchimento de balde de 10L, em segundos ....	34
Tabela 5 - Vazão dos aparelhos sanitários existentes .....	35
Tabela 6 - Estrutura tarifária BRK Ambiental Tocantins .....	39
Tabela 7 - Resumo de custos de implantação e operação do sistema .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ANA	Agência Nacional de Águas
NBR	Norma Brasileira
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

## LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetros
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
US\$	Dólar
L	Litros
R\$	Reais
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
s	Segundo
l/h.d	Litros por habitante por dia
m	Metros
l/s	Litros por segundo

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	12
1.2 Hipótese .....	13
1.3 Objetivos .....	13
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	13
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	13
1.4 Justificativa.....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
2.1 A história da água e sua utilização .....	15
2.2 Parâmetros de medidas de precipitações .....	15
2.2.1 <i>Pluviômetro</i> .....	15
2.2.2 <i>Intensidade de precipitação</i> .....	16
2.2.3 <i>Tempo de concentração</i> .....	16
2.2.4 <i>Coefficiente de deflúvio ou de escoamento</i> .....	16
2.2.5 <i>Área drenada</i> .....	17
2.2.6 <i>Evaporação e transpiração</i> .....	17
2.3 Importância do Reuso da Água .....	17
2.4 Benefícios do reuso de Águas pluviais.....	20
2.5 Riscos de Reuso .....	20
2.6 Aproveitamento de Água Pluvial .....	20
2.6.1 <i>Qualidade da Água Pluvial</i> .....	21
2.6.2 <i>Aproveitamento de Água Pluvial em Palmas</i> .....	22
2.7 Tipos de chuva .....	23
2.7.1 <i>Chuvvas convectivas</i> .....	23
2.7.2 <i>Chuvvas orográfica</i> .....	24
2.7.3 <i>Chuvvas frontais</i> .....	25
2.8 Potencial de Economia de água potável .....	25
2.9 Desviador de primeiras chuvas .....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>27</b>
3.1 Local e Período de Realização do Estudo.....	27
3.2 Levantamento de Dados .....	27

3.2.1 Índice pluviométrico.....	27
3.2.2 Cálculo do volume de água captado .....	27
3.2.3 Cálculo da economia na taxa de água .....	28
3.2.4 Cálculo da economia na taxa de esgoto.....	28
3.2.5 Economia anual.....	29
3.2.6 Cálculo do retorno do investimento .....	29
3.2.7 Fluxograma do modelo de captação e armazenamento de água pluvial .....	29
3.2.8 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada .....	30
3.3 Reservatório .....	31
3.4 Usos Finais da Água .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
4.1 Índice Pluviométrico .....	33
4.2 Área de captação .....	34
4.3 Quantitativo de água não potável utilizada.....	34
4.4 Dimensionamento do sistema .....	35
4.4.1 Dimensionamento do reservatório.....	35
4.4.2 Dimensionamento da bomba.....	37
4.4.3 Volume captado .....	37
4.4.3.1 Relação armazenamento x captação: .....	38
4.5 Economia .....	38
4.5.1 Economia na taxa de água.....	38
4.5.2 Economia na taxa de esgoto .....	39
4.5.3 Economia anual.....	39
4.6 Retorno do Investimento .....	40
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água potável é um recurso finito, que se reparte de forma desuniforme pela superfície terrestre. Por um lado, o ciclo natural da água é um recurso renovável, por outro, suas reservas não são ilimitadas. Diversos pesquisadores têm alertado que, se o consumo continuar crescendo como nas últimas décadas, todas as águas aparentes do planeta estarão comprometidas por volta de 2100 (OLIC, 2001).

Ela é um recurso natural renovável abundante, que ocupa aproximadamente 70,0% da superfície do nosso planeta. No entanto, 97,0% desta água é salgada e, portanto, imprópria para o consumo. Menos de 3,0% da água do planeta é doce, das quais 2,5% estão presas em geleiras. Dos 0,50% de água restantes no mundo, a maior parte está presa em aquíferos subterrâneos, dificultando o acesso humano. Somente 0,04% da água do planeta está disponível na superfície, em rios, lagos, mangues, etc (UM Water, 2006).

Vivendo a presente crise hídrica, vemos a importância da racionalização de água potável que em grande parte (40,0%) é desperdiçada, ora com mau uso, ora em vazamentos de adutoras e ramais que fazem distribuição para as comunidades e ainda com sistemas sanitários e áreas externas, sendo apenas os outros 60,0% são utilizados para o consumo humano (RIBEIRO, 2013).

O escoamento das águas pluviais é alterado por diversos fatores, como as calçadas, o asfalto, casas e tudo o que impermeabiliza o solo. Com a impermeabilização, aumentam-se as áreas alagadas pela água que antes poderia ser infiltrada ou evaporada (GENZ, 1944; TASSI et al., 2002).

Pegando esse viés de evitar desperdícios, pode-se enxergar a oportunidade da implantação do Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, que poderia atender todos os serviços que não requerem água potável, como irrigação de jardins, limpeza de áreas externas e descargas sanitárias, reduzindo custos mensais efetivos da conta de água e auxiliando na preservação ambiental.

### 1.1 Problema de Pesquisa

Visando a crise hídrica que estamos vivendo no Brasil, o Aproveitamento de Águas Pluviais traria benefícios para o usuário?

Qualquer forma de aproveitamento do que seria desperdiçado é benéfico, outrora, nem tudo é viável economicamente e pode não trazer benefícios e melhorias

significativas para a sociedade, não sendo então, investimento bem visto e compensatório.

## 1.2 Hipótese

Esse estudo de viabilidade parte do princípio de que a crise hídrica torna-se um problema cada vez mais recorrente, e medidas alternativas devem ser tomadas para fugir desse problema. Devido a essa necessidade, o estudo verificou a viabilidade da implantação deste sistema.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade da implantação de um Sistema para Aproveitamento de Águas Pluviais em residência particular na área urbana de Palmas – TO.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Levantar a precipitação média na região urbana de Palmas – TO;
- Determinar o volume do reservatório para o sistema;
- Analisar a viabilidade da implantação do sistema supracitado.

## 1.4 Justificativa

Ainda que água já tenha sido abundante em grande parte do planeta (PENA, 2009), a degradação ambiental que estamos vivendo resultou, desde 2014, no que pode ser a maior crise hídrica no Brasil.

O Palmas – TO está localizada na região norte do Brasil, que retém 68,5% da concentração dos recursos hídricos do país (IBGE/ANA 2010), mas por termos conhecimento da importância da água em nossas vidas, um bem essencial, devemos enxergar o aproveitamento de águas pluviais como um ponto benéfico que traria uma redução no consumo desenfreado de água potável que é muito desperdiçada e além da consequente preservação ambiental, na pegada da sustentabilidade.

São diversas vantagens e ganhos com esse sistema de Aproveitamento de Água Pluviais, que nesse projeto de pesquisa serão pontuados e demonstrados. Palmas –TO foi escolhida por ter em sua porta o Rio Tocantins, pertencente a bacia TOCANTINS – ARAGUAIA, e por ser uma capital planejada que poderá implantar com

antecedência o sistema, não onerando tanto o custo como seria em uma grande capital como São Paulo – SP.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A história da água e sua utilização

A importância da água no desenvolvimento científico e tecnológico, aparece na história desde o início da civilização, estudos revelam que desde a Civilização Romana, já existia a preocupação com o uso racional da água. Os romanos desenvolveram dispositivos para a medição do consumo da mesma, para controlar os desperdícios e na Idade Média, a tendência era substituir o serviço braçal por máquinas acionadas pela água (TAKEDA, 2009).

No século X e XI expandiu-se o uso da roda hidráulica, ampliando seu uso para esmagamento de azeitonas, fibras, tecidos e minérios e peças metálicas, com isso a preocupação do uso controlado da mesma aumentava, existem relatos de que os Maias no século X, já utilizam do reaproveitamento da água da chuva para a irrigação de suas lavouras, a captação da água pluvial era armazenada em cisternas. O aproveitamento da água da chuva foi perdendo força conforme a evolução das tecnologias de abastecimento, como sistemas de abastecimento, barragens, irrigações (TAKEDA, 2009).

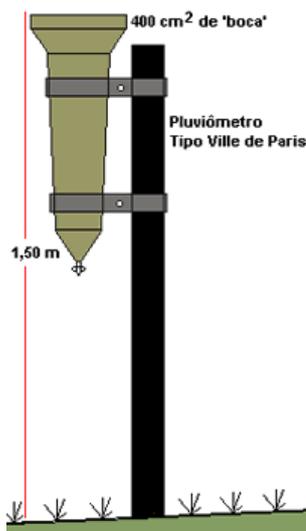
A utilização das águas pluviais voltou a ser realidade por ser uma maneira simples e eficaz para controlar os problemas de escassez da água, em diversos países Europeus e Asiáticos já aproveitam a água da chuva em suas residências, indústrias, pois sabem da importância da mesma no nosso dia a dia.

### 2.2 Parâmetros de medidas de precipitações

#### 2.2.1 Pluviômetro

O pluviômetro, demonstrado na Figura 1, é um instrumento utilizado para coletar e medir as chuvas, podendo ser convencional, semiautomático ou automático. A quantidade de água captada é mostrada em milímetros (mm). Uma chuva de 1 mm por minuto, é equivalente a 1 litro de água por minuto em uma área de 1 metro quadrado ( $m^2$ ). Por exemplo, se sua casa tem um telhado com 10 metros quadrados e após uma hora de chuva o pluviômetro marcar 20 mm, quer dizer que cerca de 200 litros foram despejados sobre sua casa na última hora (CEMADEN, 2013).

Figura 1: Pluviômetro tipo Ville de Paris



Fonte: Pluviômetros

### 2.2.2 Intensidade de precipitação

É a quantidade de água que precipitada numa área pré-determinada, durante um tempo determinado. A área de captação transforma a medida de volume para altura e geralmente está classificada da seguinte forma:

- região de baixa precipitação: < 800 mm/ano
- região de média precipitação: (800 a 1600) mm/ano
- região de alta precipitação: > 1600 mm/ano

A depender da necessidade, os índices pluviométricos podem ser medidos com uma maior precisão, sendo possível detalhar a precipitação em minutos, horas, dias ou até em anos de ocorrência (BOTELHO, 1998, p.133).

### 2.2.3 Tempo de concentração

Tempo de concentração é o tempo necessário para que um curso d'água escolhido receba uma contribuição da chuva precipitada em sua bacia hidrográfica tornando-se constante, podendo assim ser calculada a vazão máxima, necessária para obter precipitação de projeto daquele trecho (BOTELHO, 1998).

### 2.2.4 Coeficiente de deflúvio ou de escoamento

Entende-se pela relação entre a quantidade total de água escoada pela seção e a quantidade de água precipitada na bacia. Este fato ocorre, pois nem toda a precipitação que cai na bacia atinge a seção de vazão, ou seja, parte é interceptada ou umedece o solo, preenche as depressões ou se infiltra rumo os depósitos subterrâneos (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

### **2.2.5 Área drenada**

É a área previamente determinada para um estudo, levando em consideração as limitações econômicas, pode-se determinar com um maior grau de precisão, uma vez que os métodos utilizados são mapas e/ou fotografias aéreas (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

### **2.2.6 Evaporação e transpiração**

Evaporação trata-se de fenômeno físico que transforma a água da superfície do solo, lagos, reservatórios de acumulação e mares, em vapor. Já a transpiração, corresponde à evaporação proveniente da ação fisiológica dos vegetais, ou seja, para manter suas atividades vitais, as plantas através de suas raízes retiram do solo a água. Mas esta água retorna a atmosfera em forma de vapor, através das superfícies das plantas (PINTO, HOLTZ e MARTINS, 1973).

## **2.3 Importância do Reuso da Água**

Segundo a NBR 15527/2007, toda água resultante de precipitação atmosférica coletada por meio de coberturas, telhados, calhas onde não ocorram circulação de pessoas, veículos ou animais, estão inseridos no contexto da conservação de águas.

É indispensável lembrar da importância de preservar, conservar e economizar água potável em todo o mundo, através de métodos de reuso ou aproveitamento, diminuindo o consumo e desperdício de água limpa e pura em atividades que não requerem água de qualidade, somente com critérios mínimos para uso (NBR 15527, 2007).

Ao contrário do que acontece no Brasil a conservação de água já é bastante utilizada em países da América do Norte, Europa e no Japão. Tomaz (2003, p.19) apresenta exemplos de incentivos no Texas, com a cidade de Austin que fornece US\$ 500 a quem instalar sistema de captação de água de chuva e “a cidade de San Antônio que fornece US\$200 para quem economizar 1.230m<sup>3</sup> de água da rede pública usando água de chuva, durante o período de 10 anos”.

Atualmente, o uso consciente da água está cada vez mais existente nos meios de comunicação, buscando conscientizar e incentivar as pessoas a não desperdiçar, e sim a importante preservação deste recurso vital.

Define-se como uso racional da água, medidas e incentivos, que formam um conjunto de atividades, a ter como principais objetivos (TOMAZ, 2001):

- Reduzir a demanda de água;
- Reduzir as perdas e desperdícios da água, melhorando o uso da mesma;
- Implantar tecnologias para economizar água e colocar em prática;
- Informar e conscientizar os usuários.

Diversas ações são imprescindíveis para o controle do consumo de água, como campanhas educativas, detecção e reparo de vazamentos, troca de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água, reaproveitamento de águas cinzas e estudos para aproveitamento de água pluvial.

As medidas alusivas ao uso racional da água são desenvolvimentos obtidos a partir da implantação de novas tecnologias e teorias que resultem em uma modificação de comportamento da sociedade, resultando em um uso sustentável da água. Já os estímulos são feitos por meio de informações, campanhas, tarifas, educação pública e regras que levem os usuários a adotar medidas conscientes (MONTIBELLER & SCHMIDT, 2004).

Conforme Tomaz (2001), podem ser definidas como medidas convencionais ou não convencionais as medidas para conservação da água de uso urbano.

A primeira, para conservação da água incluem prevenção e reparo de vazamentos nas residências e nos sistemas de distribuição de água, mudanças nas tarifas, reciclagem e reuso de água, redução de pressão nas redes, educação pública e leis sobre aparelhos sanitários.

Nos Estados Unidos, mais precisamente em Providence, foram definidas medidas convencionais hostis previstas para o ano de 2010 referentes ao amparo da água, que estão apresentadas (Tabela 1), juntamente com o percentual de economia estimada.

Tabela 1 - Medidas convencionais de conservação da água e porcentagens aproximadas de economia (TOMAZ, 2001).

<b>Medidas Convencionais de Conservação de Água</b>	<b>Porcentagem Aproximada de Economia Prevista</b>
Consertos de vazamentos nas redes públicas	32%
Mudanças nas tarifas	26%
Leis sobre aparelhos sanitários	19%
Consertos de vazamentos nas casas	8%
Reciclagem e reuso da água	7%
Educação pública	5%
Redução de pressão nas redes públicas	3%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Podemos analisar que dentre as principais medidas convencionais, a que vem a se destacar é o reparo de vazamentos nos sistemas de distribuição.

E ainda, dentre as não convencionais, o uso de uso de água da chuva, águas cinzas, dessalinização, vasos sanitários com câmara para compostagem (mais conhecidas nos EUA) e aproveitamento de água de drenagem do subsolo em prédios de apartamentos também não medidas importantes (TOMAZ, 2001).

Segundo TOMAZ (2003), vem sendo implantado o uso eficiente da água na Europa, no Japão e em países da América do Norte, dentre as medidas, o uso de vasos sanitários com máximo consumo de 6 litros por descarga; torneiras e chuveiros com redutores de uso da água; mantendo um padrão máximo de perda de água em 10%, para sistemas públicos de abastecimento, através do uso de dispositivos economizadores de água; reciclagem e serviço de informação pública. Mas ainda não foram implantadas medidas não convencionais, como o reuso de água e o aproveitamento de água de chuva.

A água, se utilizada de forma racional, abre portas para implantação de novas indústrias e crescimento populacional, considerando sempre o viés da melhoria do meio ambiente.

Com o uso de tecnologias economizadoras e a precedente conscientização e sensibilização dos usuários, podem vir a resultar em ações impactantes do consumo final de água, visando à conservação da água.

Além disso, devem melhorar os projetos arquitetônicos nos sistemas prediais para o uso racional da água.

São vários os bons resultados obtidos com o uso consciente da água, tanto econômicos quanto ambientais:

- Preservação do meio ambiente.
- Economia nas contas de fornecimento de água;
- Conservação dos recursos hídricos;

#### 2.4 Benefícios do reuso de Águas pluviais

A água de chuva é usual em várias atividades com fins não potáveis no setor industrial, residencial e agrícola a. No setor industrial, para fins de climatização interna, resfriamento evaporativo, lavagem de maquinários, lavanderia industrial, abastecimento de caldeiras, limpeza industrial e lava jatos de veículos, entre outros. Já para residências, a água da chuva é principalmente utilizada em descargas de vasos sanitários, também em sistemas de controle de incêndio, no setor de indústrias têxtil, lavagem de pisos, em lava jatos e irrigação de jardins. Por fim, na agricultura, a principal aplicação é na irrigação de lavouras (MAY e PRADO, 2004).

#### 2.5 Riscos de Reuso

O medo das doenças de origem hídrica é geralmente usado como argumento para a não utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial, porém se estes forem corretamente instalados e utilizados os riscos à saúde são reduzidos, tendo em vista os vários sistemas já construídos e em uso. (The Rainwater Technology Handbook, 2001 apud TOMAZ, 2005). Pode-se ainda acrescentar que o aproveitamento é para fins não potáveis, reduzindo o contato direto com a água, evitando ainda mais quaisquer tipos de contaminação.

#### 2.6 Aproveitamento de Água Pluvial

Existem várias vantagens no uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial, entre elas, a redução no consumo de água potável que vem a diminuir os custos de água fornecida pelas companhias de abastecimento; preservar o meio ambiente com a preservação do meio ambiente que minimiza os riscos de enchentes. (MAY, 2004).

Além disso, podem-se citar outros pontos positivos no aproveitamento de água de chuva (SIMIONI et al., 2004):

- Utiliza estruturas já existentes na edificação (telhados, lajes e rampas);
- Baixo impacto ambiental;
- Água com qualidade aceitável para diversos fins com pouco ou nenhum tratamento;
- Complementa o sistema já usual;
- Reserva de água para situações de interrupção do abastecimento público ou emergência.

### **2.6.1 Qualidade da Água Pluvial**

A água precipitada pode ter a finalidade de uso total ou parcial. No uso parcial abrange aplicações específicas em pontos hidráulicos, como por exemplo, somente nos pontos de abastecimento de vasos sanitários, enquanto que o uso total de água pluvial se tem a utilização da água na cozinha, beber e higiene pessoal (MANO & SCHMITT, 2004).

Existem diferentes tipos de tratamento para água pluvial, que depende vem a depender da qualidade da água coletada e de seu uso final. Não são necessários grandes cuidados de purificação para coleta de água para fins não potáveis, embora muitas vezes seja necessário um certo grau de filtragem. Para um tratamento simples, podem-se usar processos de sedimentação natural, filtração simples e cloração. Já para uso da água de chuva para consumo humano, é recomendado utilizar tratamentos mais complexos, como desinfecção por osmose reversa ou ultravioleta (MAY e PRADO, 2004).

A qualidade da água de chuva depende muito do local onde é coletada. A Tabela 2 apresenta variações da qualidade da água pluvial em função do local de coleta.

Tabela 2 - Variações da qualidade da água de chuva devido ao sistema de coleta (GROUP RAINDROPS, 2002).

<b>Grau de purificação</b>	<b>Área de coleta de chuva</b>	<b>Observações</b>
<b>A</b>	Telhados (lugares não frequentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
<b>B</b>	Telhados (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
<b>C</b>	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
<b>D</b>	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

### 2.6.2 Aproveitamento de Água Pluvial em Palmas

No Tocantins, através da Lei 3261 de 02/08/2017, vem a estabelecer a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e definir normas gerais para sua promoção em consonância com as leis federais e estaduais já vigente.

A Lei tem como objetivo incentivar e padronizar o reuso direto planejado das águas pluviais servidas, tendo como principais pontos:

- a conservação e uso racional da água;
- a sustentabilidade no uso dos recursos hídricos, assegurando à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água;
- o manejo adequado e crescente do volume das águas pluviais servidas;
- incentivos econômicos para captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais;

Em Palmas – TO, através do decreto 747 de 24 de Março de 2014, considerando o que dispõe a alínea "d", do inciso I, do art. 3º, da Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabelecendo que as instalações de drenagem e manejo de

águas pluviais urbanas se destinam ao transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheias, bem como para tratamento e disposição final de águas pluviais drenadas nas áreas urbanas, vem incentivar e também aplicar o reuso de águas pluviais com os principais e seguintes objetivos:

- Vetar o lançamento de águas pluviais na rede de esgoto;
- Vetar o despejo de águas residuais como de piscinas em ruas públicas;
- Formalizar os padrões de uso e despejo das águas pluviais que vinham degradando a malha viária do município

Ainda no município está dentro do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), no tópico do Programa de Educação ambiental, item “d” com prazo de até o fim do ano corrente, o incentivo e regulamentação de critérios de construção para reutilização de águas pluviais e cinzas, que são provenientes de chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar roupas, para uso menos nobres, tais como: irrigação dos jardins; lavagem dos pisos e dos veículos automotivos; na descarga dos vasos sanitários; na manutenção paisagística dos lagos e canais com água;

## 2.7 Tipos de chuva

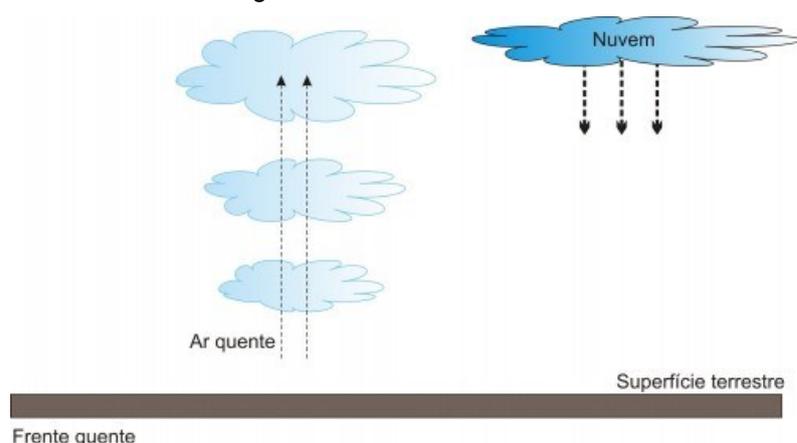
A chuva é um dos vários tipos de precipitação do vapor d'água existente na atmosfera, sendo caracterizada pela queda da água em sua forma líquida. É possível, assim, caracterizá-la e classificá-la com base em diferentes critérios, como o índice de acidez ou a sua intensidade. No entanto, a seguir, destacaremos os principais tipos de chuva conforme a sua classificação mais comum, que se baseia em sua forma de ocorrência (PENA, 2009).

Desse modo, temos três tipos de chuva principais: as convectivas, as orográficas e as frontais.

### 2.7.1 Chuvas convectivas

São chuvas causadas pelo movimento de massas de ar mais quentes que sobem e condensam (Fig. nº2). As chuvas convectivas ocorrem principalmente devido à diferença de temperatura nas camadas próximas da atmosfera terrestre. São caracterizadas por serem de curta duração, porém de alta intensidade e abrangem pequenas áreas (SILVA, 2012).

Figura 2: Chuvas convectivas



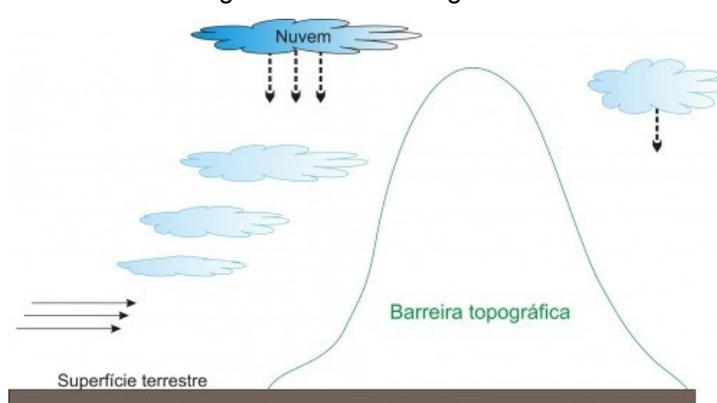
Fonte: Infoescola

### 2.7.2 Chuvas orográficas

As chuvas orográficas são o principal exemplo de como as formas de relevo podem influenciar o clima e os fenômenos meteorológicos, o que faz com que também sejam chamadas de chuvas de relevo (Fig. nº3). Elas ocorrem quando uma massa de ar úmido é “bloqueada” por uma forma íngreme de relevo, como uma montanha, uma serra ou escarpa. Assim, nessa área de encontro, ocorrem fortes chuvas orográficas, que retiram toda a umidade do ar e faz com que ele se apresente mais seco ao prosseguir.

Geralmente, as áreas que recebem esse ar seco formado passam por fortes secas. Em alguns pontos, formam-se, por esse motivo, grandes desertos, a exemplo de algumas áreas da China, que são desérticas justamente pela impossibilidade de chuvas, que se concentram nas áreas de relevo mais íngreme no sul da Ásia (PENA, 2009).

Figura 3: Chuvas orográficas

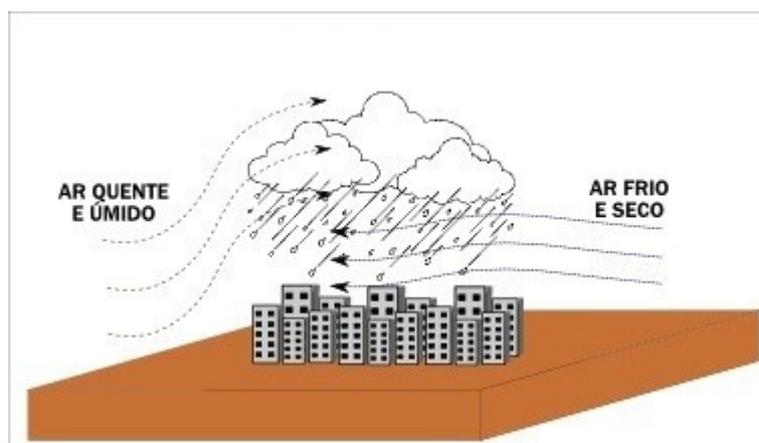


Fonte: Infoescola

### 2.7.3 Chuvas frontais

As chuvas frontais – também chamadas de chuvas ciclônicas – são aquelas resultantes do encontro direto entre duas massas de ar, sendo uma fria e seca e outra quente e úmida (Fig. nº4). A massa de ar frio, por ser mais densa, faz a massa de ar quente e úmida subir para os pontos mais altos da troposfera, onde se inicia o processo de condensação e a consequente precipitação (PENA, 2009).

Figura 4: Chuvas frontais



Fonte: Brasil Escola

### 2.8 Potencial de Economia de água potável

O estudo deste potencial de economia é importante para a realização da análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva. Cientes dessa importância, alguns autores vêm estudando sobre o assunto. O potencial de economia de água potável consiste na porcentagem de água tratada que pode ser substituída, ou economizada através do uso de outras fontes.

A viabilidade econômica da utilização de água de chuva na lavagem de carros em concessionárias de veículos da cidade de Belo Horizonte, obtendo resultados positivos. Os valores de economia de água potável se mantiveram entre 9,74% e 26,80%, o período de retorno dos investimentos para a implantação do sistema ficou entre 6 anos e 3 meses e 11 anos e 11 meses aproximadamente (LAGE, 2010).

Lima et al. (2011) estudaram o potencial de economia de água potável através da utilização de águas pluviais para quarenta cidades da região amazônica e obtiveram como resultado uma faixa entre 21% e 100% de potencial de economia e um valor de potencial de economia médio de 76%.

## 2.9 Desviador de primeiras chuvas

Desviador de primeiras chuvas é um item importante no sistema de aproveitamento de águas pluviais, visto que as primeiras chuvas podem e costumam trazer a sujeira acumulada no telhado, desde poeira a folhas e galhos trazidos pelos ventos fortes bem recorrentes na região em tempos de seca.

A válvula de desviador horizontal da SafeRain é projetada principalmente para ser instalada nas tubulações aéreas que alimentam um tanque de água ou o tanque da cisterna. Já a válvula do desviador vertical é projetada para ser instalada na parte de baixo da tubulação onde é alimentando o tanque (SAFERAIN, 2007).

Figura 5 - Desviador das águas das primeiras chuvas com válvula de desvio vertical



fonte: SAFERAIN

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Local e Período de Realização do Estudo

O estudo de caso foi realizado em uma residência particular, na Quadra 603 Sul, Alameda 10 no Plano Diretor Sul de Palmas, Estado do Tocantins. Os dados necessários foram levantados no mês de dezembro do ano de 2017 com a proprietária da residência em conjunto com a arquiteta que estava responsável pela reforma, a qual a residência estava passando.

A edificação foi adquirida cerca de nove anos atrás, meados do ano de 2009, desde então só havia passado por uma pequena reforma basicamente de pintura logo quando foi comprada. No final do ano de 2017 iniciou-se uma reforma onde 172,50m<sup>2</sup>, quase a totalidade da edificação, sofreram alguma modificação. Junto a reforma levantou-se a possibilidade a implantação desse sistema, do qual originou o estudo de caso.

#### 3.2 Levantamento de Dados

##### 3.2.1 Índice pluviométrico

Como precedente de todo o sistema, deve-se encontrar a quantidade de chuva a cada metro quadrado em um determinado período, denominado de índice pluviométrico, dado em milímetros.

Através da Secretaria de Recursos Hídricos ou ainda, de forma mais moderna, através de softwares, como o “Plúvio 2.1”, encontramos a precipitação em cada mês, sendo possível o cálculo da média mensal da precipitação, usada no cálculo de viabilidade do sistema.

Tem-se ainda os dados disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia, que possui diversos tipos de gráficos com diferentes relações de dados e os gráficos utilizados com as precipitações acumuladas anuais, separada mês a mês.

##### 3.2.2 Cálculo do volume de água captado

O passo seguinte (Eq. nº1) é o cálculo do volume de água captado, que vem a ser resultado de uma simples equação:

$$V_c = A \times (P_m - 2,0 * t)$$

(Equação 1)

Em que:

Vc = Volume captado (L);

A = Área (m<sup>2</sup>);

Pm = Precipitação média (mm);

T = meses.

Da precipitação média deve ser descontado um total de 2,0mm do qual entende-se que é a taxa de perdas e evaporação (NBR 15527, 2007), multiplicando pela quantidade de meses pelo qual a precipitação total foi dividida para chegar a média.

### 3.2.3 Cálculo da economia na taxa de água

Para implantação de qualquer sistema é necessária uma viabilidade, ainda que não exclusiva, uma das principais levadas em consideração é a econômica (Eq. nº2).

Em Palmas – TO, através da “BRK”, empresa responsável pelo fornecimento de água, temos o valor cobrado por metro cúbico de água tratada, sendo possível o seguinte cálculo:

$$E_{ta} = P \times V_m$$

(Equação 2)

Em que:

E<sub>ta</sub> = Economia taxa de água (R\$);P = Preço do m<sup>3</sup> de água (R\$);V = Volume mensal (m<sup>3</sup>).

### 3.2.4 Cálculo da economia na taxa de esgoto

Na cidade de Palmas, a conta é acrescida em 80% referente a taxa de esgoto. A porcentagem é justificada considerando que, do volume total gasto (100%), um parcial de 20% é tido como perda, seja ela como consumo, infiltração ou outro destino no qual não será destinado ao sistema de tratamento de esgoto.

Considerando que a água pluvial coletada não passará pelo hidrômetro, não será cobrada taxa de esgoto sobre esse volume, logo, é plausível que faça parte do cálculo de viabilidade do projeto, sendo possível através da seguinte fórmula (Eq. nº3):

$$E_{te} = E_{ta} \times 80\%$$

(Equação 3)

Em que:

Ete = Economia taxa de esgoto (R\$);

Eta = Economia taxa de água (R\$);

### 3.2.5 Economia anual

Um dos pontos finais para verificar a viabilidade do projeto é o cálculo do quanto será economizado anualmente com a implantação do sistema (Eq. n°4), sendo assim:

1º soma-se a econômica em reais da tarifa de água de todos os meses;

2º soma-se a econômica em reais da tarifa de esgoto de todos os meses;

$$Ea = \sum Eta + \sum Ete$$

(Equação 4)

Em que:

$\sum Eta$  = Somatório de todos os resultados da equação 2;

$\sum Ete$  = Somatório de todos os resultados da equação 3;

Ea = Economia anual (R\$);

### 3.2.6 Cálculo do retorno do investimento

O cálculo feito para saber o tempo (em anos) de retorno do capital investido no sistema de aproveitamento de águas pluviais, levando em consideração a inflação anual média recorrente, além dos juros que seriam retornados caso o valor investido viesse a ser aplicado em poupança, é dado da seguinte forma (Eq. n°5),:

$$Ri = \frac{Vi}{Ea} \times i \times j$$

(Equação 5)

Em que:

Ri = Retorno do investimento (anos);

Vi = Valor investido (R\$);

Ea = Economia anual (R\$);

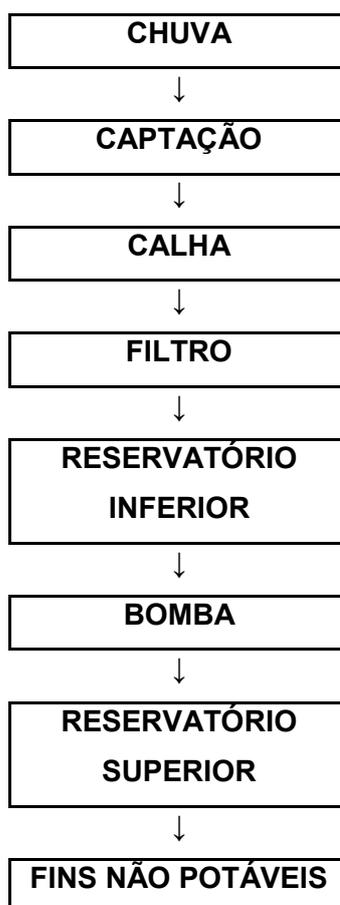
I = Inflação média anual;

J = Juros médio de aplicação em poupança.

### 3.2.7 Fluxograma do modelo de captação e armazenamento de água pluvial

Notando-se viabilidade econômica positiva, não tendo impedimentos com viabilidade social, ambiental e etc., partimos para o passo onde trata-se da implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada, obedecendo o seguinte fluxograma (Fig. n° 6):

Figura 6 – Fluxograma do sistema

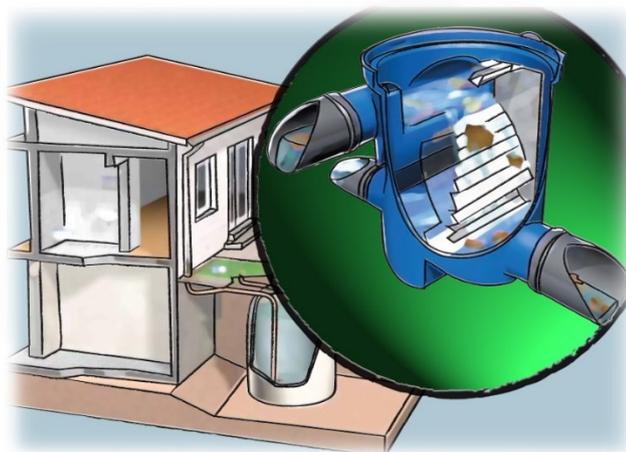


### 3.2.8 Implantação do sistema de captação e armazenamento da água coletada

O sistema para captação e reaproveitamento de águas pluviais, é composto por um captador, geralmente telhado da própria edificação, que direciona a água para o segundo componente, a calha, a qual direciona a água captada a um filtro.

A terceira etapa é a filtragem, um exemplo para captações com até 200m<sup>2</sup> seria o “Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik” (Fig. nº 7), que possui sistema de separação de rejeitos, tem fácil instalação e adequa-se a vários tipos de projeto.

Figura 7 – Filtro VF1 AcquaSave / 3P Technik



Fonte: G&C

A filtragem, segundo Aqua Save (produtor do equipamento), funciona da seguinte forma: a água vinda da calha é freada na bacia de retenção superior e direcionada a descer nas cascatas do miolo filtrante, que funciona em dois estágios, primeiro por cascatas que elimina os sólidos maiores, em seguida por uma malha em aço inox e por gravidade cai no fundo do filtro sendo por fim direcionada para a saída de que leva ao reservatório. Por ser auto-limpante os sólidos retidos pelo miolo são descartados do filtro juntamente com um pouco de água.

### 3.3 Reservatório

O reservatório deverá ser dimensionado com capacidade de armazenar o máximo de água sendo suficiente para atender o sistema durante o maior período possível.

Como parâmetro mínimo é possível seguir seis métodos diferentes, para o dimensionamento do reservatório de águas pluviais (NBR 15527, 2007), são eles.

1. Método de Rippl;
2. Método da Simulação;
3. Método Azevedo Neto;
4. Método Prático Alemão;
5. Método Prático Inglês;
6. Método Prático Australiano.;

Neste trabalho foi adotado o Método de Azevedo Neto, avaliado como metodologia mais prática devido as equações simples e dados os quais podem ser facilmente levantados.

### 3.4 Usos Finais da Água

O bombeamento da água do reservatório inferior para o reservatório superior, uma vez que a água está armazenada na cisterna, encerra o sistema escoando por gravidade pela tubulação sendo direcionada ao uso não potável.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índice Pluviométrico

Foram retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os índices dos últimos cinco anos (Tab. nº3), para que então fosse realizada a média das precipitações incidentes no município, dado necessário para as etapas de cálculo.

O comportamento anual dos regimes de precipitações da capital Palmas - TO, apresentam um comportamento semelhante todos os anos em seu regime, com períodos de baixa (ou nenhuma) pluviometria, se concentrando de maio a setembro, e com precipitações mais intensas nos períodos de outubro a abril.

Tabela 3 - Precipitação média anual em Palmas – TO

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017	410	295	210	158	20	0	0	0	0	22	200	348
2016	412	8	180	78	6	18	0	0	8	42	190	250
2015	150	200	140	310	78	50	0	0	82	127	105	148
2014	258	255	352	155	50	0	0	0	75	151	248	249
2013	297	200	360	104	32	31	0	0	9	108	282	425
Média	305,4	191,6	248,4	161	37,2	19,8	0	0	34,8	90	205	284

O cálculo foi feito a partir de medidas de dispersão e de assimetria (Eq. nº6), seguindo a linha de cálculo, onde é desprezível os índices dos meses de maio a setembro, pois os mesmos reduziriam drasticamente a média, podendo comprometer o dimensionamento do reservatório deixando de armazenar um grande volume de água.

$$Pm = \frac{\sum P}{T} = 225,31\text{mm}$$

(Equação 6)

Em que:

Pm = Precipitação média;

$\sum P$  = Somatório das precipitações de outubro a maio;

T = Quantidade de meses levado em consideração para o respectivo cálculo.

## 4.2 Área de captação

A residência para qual foi realizado o estudo da viabilidade passou recentemente por reforma, facilitando o processo de cálculo da área de captação, que será o telhado já construído, pois foi disponibilizado pela arquiteta responsável pela reforma o arquivo em “*dwg*”. O cálculo foi realizado pelo aplicativo AutoCAD, onde foi encontrada uma área total do telhado de 109,52m<sup>2</sup>.

## 4.3 Quantitativo de água não potável utilizada

Considerando que a água pluvial será destinada para limpeza das áreas externas a residência, lavagem de carros, descargas e jardim.

Para fins de cálculo (Eq. nº7) foi cronometrado o tempo de enchimento de um recipiente de volume conhecido, para que fosse encontrada a vazão da mangueira utilizada na área externa. Foram medidas cinco vezes (Tab. nº4), sendo então descartado o maior e o menor tempo e realizada a média entre os três resultados intermediários, sendo assim possível chegar a um tempo adotado, volume já conhecido e por fim calculada a vazão.

Tabela 4 - Tabela com tempos para enchimento de balde de 10L, em segundos

	Tentativa 1	Tentativa 2	Tentativa 3	Tentativa 4	Tentativa 5	Média
Mangueira	56,99	57,30	56,94	56,97	57,11	57,3

$$Q_m = \frac{V_r}{T} = \frac{10}{57,3} = 0,17 \text{ L/s}$$

(Equação 7)

(Equação 7) A vazão das descargas dos vasos sanitários não foram calculadas devido à falta de equipamentos apropriados. Foram adotados valores de vazão indicados pela norma NBR 5626, e pelos fabricantes. Para a descarga dos vasos sanitários valor da vazão adotado foi de 1,7 L/s (NBR 8160, 1998).

Os valores das medições de vazões dos aparelhos sanitários existentes encontram-se na Tabela nº5.

Tabela 5 - Vazão dos aparelhos sanitários existentes

<b>Aparelho Sanitário</b>	<b>Local</b>	<b>Vazão (litros/s)</b>
Torneiras Lavatórios	Banheiros Femininos	0,09
Torneiras Lavatórios	Banheiros Masculinos	0,09
Torneira Tanque	Banheiros	0,14
Torneira Tanque	Cozinha	0,15
Torneira Tanque	Laboratórios	0,15
Torneira Pia	Cozinha	0,17
Torneira Lavatório	Banheiro Cozinha	0,13
Chuveiro	Banheiro Cozinha	0,02
Chuveiro	Banheiro Masculino	0,02
Bebedouros Elétricos	Pátios Internos	0,01
Vasos Sanitários (válvula de descarga)	Todos Banheiros	1,70
Mictórios (válvula de descarga)	Todos Banheiros	0,15
Mangueira	Área Externa	0,12

Segundo a proprietária da residência, o tempo médio com a torneira aberta diariamente é de 16min (F1). Já as descargas dos vasos sanitários, são três moradores, com uma média de 8 descargas diárias (F2) (BARRETO, D.; MEDEIROS, O., 2008).

Logo:

$$V_m = (Q_t * F_1 + Q_v * F_2) * 30$$

$$V_m = (0,17 * 16 * 60 + 1,7 * 8) * 30$$

$$V_m = 5.304,00 \text{ L}$$

Em que:

$V_m$  = Volume (L);

$Q_t$  = Vazão torneira (L/s);

$F_1$  = Frequência 1;

$Q_v$  = Vazão vaso sanitário;

$F_2$  = Frequência 2.

#### 4.4 Dimensionamento do sistema

##### 4.4.1 Dimensionamento do reservatório

Para dimensionamento do reservatório foi utilizado o Método de Azevedo Neto (NBR 15527, 2007) que traz a seguinte equação (Eq. nº8):

$$V_a = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V_a = 0,042 \times 225,31 \times 109,52 \times 5 \Rightarrow V_a = 5.181,95L$$

(Equação 8)

Em que:

P = Valor numérico da precipitação média anual (mm);

T = Valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Valor numérico da área de coleta em projeção (m<sup>2</sup>);

V<sub>a</sub> = Valor numérico do volume de água aproveitável (L).

É necessário que seja adotado um volume comercial, logo a caixa adotada será modelo cisterna de 5.000 litros de capacidade, representada na figura nº8:

Figura 8 - Cisterna vertical



Fonte: FORTLEV

A cisterna com 2,25m de diâmetro e 1,55m de profundidade poderá ser facilmente instalada no terreno, pois com um lote de 450m<sup>2</sup> tem-se apenas 191,89m<sup>2</sup> de área construída, sobrando, possuindo 58% de área impermeável onde será instalada a caixa.

Caixa d'água é um item que pesa muito na estrutura, o que poderia trazer dificuldades para acrescentar outra caixa no nível superior da casa, no entanto, a caixa da residência é de 1000L.

Segundo a NBR 5626/98, residências devem possuir um reservatório de água fria superior de pelo menos uma vez o consumo diário da casa, estimado por 200 l/d.h (litros por dia por habitante). Na casa residem três pessoas, logo, a caixa poderá ser reduzida para 750L (Fig nº9), tamanho comercial inferior a 1000L.

Desta forma torna-se possível acrescentar outra caixa de 310L, menor tamanho comercial disponível, para que fique com a finalidade exclusiva para fins não potáveis interligada somente nos vasos sanitários e torneiras externas.

Figura 9 - Modelo de caixa d'água



Fonte: Tigre

#### 4.4.2 Dimensionamento da bomba

A bomba escolhida foi a bomba de água Auto Aspirante - Intech Machine 1HP 50 L/Min (Fig nº10), por ser pequena e que atende às necessidades, conseguindo encher o reservatório superior com aproximadamente seis minutos.

Figura 10 - bomba de água Auto Aspirante - Intech Machine 1HP 50 L/Min



Fonte: Magazine Luiza

#### 4.4.3 Volume captado

Volume de água captado, que vem a ser resultado da Equação 1 demonstrada do item 3.2.2:

$$V_c = A \times (P_m - 2,0 \times m)$$

$$V_c = 109,52 \times (225,31 - 2,0 \times 7)$$

$$V_c = 23.142,67 \text{ L}$$

Volume captado é toda a água precipitada sobre a área de captação, entretanto, volume captado não é igual volume armazenado.

#### 4.4.3.1 Relação armazenamento x captação:

O volume máximo armazenado total (Vat) será a capacidade dos 2 reservatórios, sendo 5.000L do inferior e 310L do superior, entretanto, diariamente a água é utilizada, como demonstrado no item 4.3. Logo, se diminui a reserva devido ao uso, é possível reencher, fazendo com que o volume armazenado seja o volume do reservatório mais o volume utilizado no mês, logo:

$$Vat = 5.000 + 310 + 176,8 * 30$$

$$Vat = 10.614,00 \text{ L}$$

O volume captado mensalmente é maior que o volume máximo armazenado mensalmente, o que torna possível o funcionamento do sistema.

## 4.5 Economia

### **4.5.1 Economia na taxa de água**

Mensalmente, conforme o item 3.2.3, o valor economizado mensalmente será dado seguindo a Equação 2, onde o volume mensal (Vm) foi encontrado no item 4.3 e o valor do m<sup>3</sup> adotado foi extraído da Tabela 6, sendo considerada a faixa R.1 para chegar a um valor mínimo economizado, podendo ser maior se variado o intervalo.

Tabela 6 - Estrutura tarifária BRK Ambiental Tocantins

Residencial						
TIPO	FAIXA M <sup>3</sup> INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA (PREÇO P/ M <sup>3</sup> )	FATOR DE DEDUÇÃO	VALOR DA FAIXA	VALOR ACUMULADO
R.1	00 A 10	10	4,11	----	41,10	41,10
R.2	11 A 15	5	5,64	15,31	28,21	69,31
R.3	16 A 20	5	7,21	38,90	36,07	105,37
R.4	21 A 25	5	8,65	67,70	43,27	148,64
R.5	26 A 30	5	10,03	102,05	50,14	198,78
R.6	31 A 35	5	10,81	125,43	54,04	252,82
R.7	36 A 40	5	13,34	214,22	66,72	319,54
R.8	41 A 50	10	14,65	266,53	146,52	466,05
R.9	> 50	----	17,48	407,90	----	----

Fonte: BRK Ambiental

$$E_{ta} = P \times V_m$$

$$E_{ta} = 4,11 \times \frac{5304}{1000}$$

$$E_{ta} = R\$21,80$$

#### 4.5.2 Economia na taxa de esgoto

Seguindo o item 3.2.4, temos:

$$E_{te} = 21,80 \times 80\%$$

$$E_{te} = R\$17,44$$

#### 4.5.3 Economia anual

Palmas – TO não é uma cidade com chuva o ano todo, a chuvas prevalecem do mês de outubro a abril do ano seguinte. O sistema trará economia significativa nesses sete meses e ainda no mês de maio, o oitavo mês, devido à reserva que terá sido acumulada no mês de abril. Para fins de cálculo, serão adotados então o total de oito meses para o cálculo da economia anual.

$$E_a = (21,80 + 17,44) \times 8$$

$$E_a = R\$313,92$$

#### 4.6 Retorno do Investimento

Para chegar ao tempo de retorno do investimento realizado, foi necessário procedeu-se uma estimativa de custo da implantação do sistema. Os valores dos produtos foram retirados a partir de lojas *online* mais populares e conhecidas, como Magazine Luiza, Leroy Merlin e Copafar.

Os valores de tubos e conexões foram estimados em 15% (FERREIRA, 2005), por isso, após os somatórios dos custos do sistema o total foi majorado seguindo o fator de 1,15.

O custo de mão de obra foi adotado a partir do preço médio do mercador local, onde a hora de serviço de um encanador com ajudante custa em média R\$130,00.

Para fins de cálculo da operação do sistema, tendo que 1 HP consome 756 W, temos o consumo da bomba é de 0,57 kW. Considerando o volume de 5.304,00 L utilizados para os fins não potáveis por mês, a bomba precisará ser ligada durante 1,77h/mês. Segundo site da Energisa, concessionária responsável pela distribuição de energia no Estado, o custo de kW/h é de R\$0,54922.

Tabela 7 - Resumo de custos de implantação e operação do sistema

Equipamento ou serviço	Quantidade (unid.)	Custo Unitário	Custo Total
Reservatório tipo cisterna de 5.000 litros	1	R\$1699,99	R\$1699,99
Reservatório de 750 litros	1	R\$310,00	R\$310,00
Reservatório de 310 litros	1	R\$133,29	R\$133,29
Auto Aspirante - Intech Machine 1HP 50 L/Min	1	R\$374,90	R\$374,90
Chave de nível com boia flutuante e vareta para o reservatórios	1	R\$70,00	R\$70,00
Conjunto para sucção com boia flutuante	1	R\$350,00	R\$350,00
Válvula solenoide	1	R\$150,00	R\$150,00
Desviador horizontal para as primeiras águas de chuva	1	R\$600,00	R\$600,00
Filtro modelo VF1 Marca 3P Teknik	1	R\$1500,00	R\$1500,00
Tubulações, conexões	-	15% do total	R\$778,23
Mão-de-obra	10 dias	R\$130,00	R\$1300,00
Energia elétrica (operação do sistema)	1,77h/mês	0,54922	R\$0,95
<b>Custo Total</b>			<b>R\$7.267,38</b>

Fonte: o autor

O retorno do investimento, para fins didáticos será adotado seguindo o item 3.2.6, entretanto, deve ser levado ainda em consideração liberdade para aumentar o uso da água não potável, sem trazer prejuízos ao meio ambiente, como lavar o carro mais vezes no mês, lavar a área mais vezes. Outro fator ainda a ser considerado,

junto ao cálculo do retorno de investimento são acrescidos juros e inflação, que podem sofrer variações com os anos, além da faixa tarifária e valor da tarifa que podem ser variáveis.

Por fim, o consumo de água em metros cúbicos analisado pelas últimas quatro faturas de água, fornecidas pela proprietária da residência, variou de 13m<sup>3</sup> a 15m<sup>3</sup>, com um decréscimo do consumo em aproximadamente 5,3m<sup>3</sup> mensais que deixariam de ser utilizados em cada um dos oito meses do ano em que o sistema estaria em funcionamento, a faixa tarifária que hoje costuma ficar na faixa R2, poderia cair para a R1, entrando na tarifa mínima mensal, reduzindo ainda, além do consumo, o valor por metro cúbico a ser pago pelo volume de água utilizado para fins potáveis, fornecido pela BRK.

A inflação acumulada dos últimos 12 meses<sup>1</sup>, é de 1,56% (IBGE) e a taxa de juros, segundo o Blog Magneti, é de 6,5% ao ano<sup>2</sup>.

$$Ri = \frac{7267,38}{313,92} \times \left(1 + \frac{1,56}{100}\right) \times \left(1 + \frac{6,5}{100}\right)$$

$$Ri = 25 \text{ anos}$$

---

<sup>1</sup> Dado extraído no dia 02 do mês de maio de 2018.

<sup>2</sup> Dado extraído no dia 28 do mês de março de 2018.

## 5 CONCLUSÃO

Através desta análise foi estimado o potencial que o sistema traz com a sua implantação e o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, em uma residência de 245m<sup>2</sup> em Palmas – TO.

Ao fim dos cálculos e pesquisas pode ser verificado que com a implantação do sistema, seria possível economizar aproximadamente 5,3m<sup>3</sup> de água por mês, ou ainda 42,4m<sup>3</sup> por ano, uma economia singular de R\$313,92 anuais, mas mais do que isso, todos os benefícios sociais e ambientais que essa redução no consumo impactaria.

A implantação custará um valor aproximado de R\$7267,38, valor este expressivo e que poderia ser reduzido para casos de implantação do sistema ainda na fase de construção da residência, diferente da análise realizada que foi de uma residência já construída, a qual estaria passando por uma reforma.

Por fim, concluiu-se que o tempo de retorno de investimento realizado é de aproximadamente 25 anos, um retorno considerado de longo prazo, mas, assim como a implantação de energia solar que também traz retorno a longo prazo (EXAME, 2018), traz benefícios ambientais imediatos com a preservação dos meios hídricos.

## 6 REFERÊNCIAS

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.

BARRETO, D.; MEDEIROS, O. **Caracterização da vazão e frequência de uso de aparelhos sanitários.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p. 137-149, out./dez. 2008.

BRASIL. Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.** Presidência da República. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso 06 de Outubro de 2017.

BRITO, E. R. **Aproveitamento de águas pluviais.** Palmas - TO, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Eng. Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas - TO, 2014.

CARDOSO, C. E. N. **Aproveitamento De Água De Chuva Para Fins Não Potáveis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP, 2013.

CEMADEN, 2013. **Pluviômetros.** Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, 2013. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/o-que-sao-pluviometros/>>. Acesso 24 de Outubro de 2017.

GENZ, F. **Parâmetros Para Previsão e Controle de Cheias Urbanas.** Porto Alegre, 1994. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LAGE, E. de S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte:** Potencial de economia de água potável e estudo da

viabilidade econômica. 2010. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. de; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v.16, n.3, jul/set 2011, p.291-298.

LOPES, A. P. G.; SILVA JÚNIOR, D. P.; MIRANDA, D. A. **Análise crítica de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial: estudo comparativo dos municípios de Belo Horizonte (MG), Recife (PE) e Rio Branco (AC)**. Revista Petra, v. 1, n. 2, p. 219-238, ago./dez. 2015

MARINOSKI, A. K. **“Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso”**. Trabalho de Conclusão de Curso – Eng. Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

OLIC, Nelson Bacic. **“A questão da água no mundo e no Brasil”**; [S.l.]: 2001. Disponível em: <[http://www.clubemundo.com.br/pages/revistapangea/show\\_news.asp?n=71&ed=4](http://www.clubemundo.com.br/pages/revistapangea/show_news.asp?n=71&ed=4)> . Acesso em 08 de Outubro de 2017.

PENA, Rodolfo F. Alves. **“Consumo de água no mundo”**; Brasil Escola: 2009. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/geografia/consumo-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em 22 de outubro de 2017.

RIBEIRO, Renata. **“Quase 40% da água tratada no Brasil é desperdiçada”**; São Paulo, SP: 2013. Disponível em: < <http://g1.globo.com/bom-dia-brasil/noticia/2013/03/quase-40-da-agua-tratada-no-brasil-e-desperdicada-aponta-estudo.html>>. Acesso em 08 de Setembro de 2017.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Ambient. Const., Porto

Alegre, v.11, n.4, p.47-64, 2011. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212011000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400005&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 12 de Abril de 2018.

TAKEDA, T. O. **Tutela da água: Estado mínimo ou máximo?**. Âmbito Jurídico, Rio Grande, XII, n. 69, out 2009. Disponível em: <[http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php/Ricardo%20Antonio?n\\_link=revista\\_artigos\\_leitura&artigo\\_id=6880&revista\\_caderno=5](http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php/Ricardo%20Antonio?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6880&revista_caderno=5)>. Acesso 02 de Maio de 2018.

TASSI, Rutinéia et al. **“Preferências da população de diferentes estratos sociais no manejo das águas pluviais urbanas”**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 39-52, Set. 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212016000300039&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212016000300039&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 27 de Outubro de 2017.

TASSI, Rutinéia et al. **Efeito dos Microrreservatório de Lote Sobre a Macrodrenagem Urbana**. Porto Alegre, 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**: Diretrizes básicas para um projeto. 6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva, Belo Horizonte - MG, 2007.

WATER, UN. **“A disponibilidade de água no mundo e no Brasil”**; [S.l.]: 2006. Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em 09 de Setembro de 2017.

WILLIAN, Cerico T. **“Distribuição de Água no Brasil”**; [S.l.]: 2016. Disponível em: <<http://geobrmundo.blogspot.com.br/2016/03/>>. Acesso 22 de Outubro de 2017.

ZARDINI, C. S. **Aproveitamento De Água De Chuva - Estudo Da Viabilidade Em Diferentes Capitais Brasileiras.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Goiás (Engenheira Ambiental e Sanitarista). Goiânia - GO, 2014.