



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS VIII – ARARUNA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CRISTIANO WILSON FERREIRA SILVA**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA**  
**FINS DOMÉSTICOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

**ARARUNA – PB**

**2019**

**CRISTIANO WILSON FERREIRA SILVA**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA  
FINS DOMÉSTICOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Aproveitamento, conservação e preservação dos Recursos hídricos.

**Orientador:** Prof. Me. Igor Souza Ogata.

**ARARUNA – PB**

**2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Cristiano Wilson Ferreira.  
Proposta de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins domésticos no semiárido nordestino [manuscrito] / Cristiano Wilson Ferreira Silva. - 2019.  
70 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2019.  
"Orientação : Prof. Me. Igor Souza Ogata, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."  
1. Água. 2. Captação hídrica. 3. Meio Ambiente. I. Título  
21. ed. CDD 333.912

CRISTIANO WILSON FERREIRA SILVA

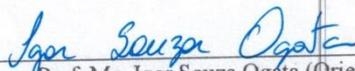
PROPOSTA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS  
DOMÉSTICOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Programa de Graduação em Engenharia  
Civil da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

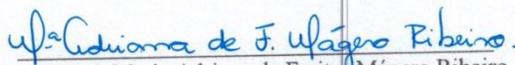
Área de concentração: Aproveitamento,  
conservação e preservação dos Recursos  
hídricos.

Aprovado em: 11/06/2019.

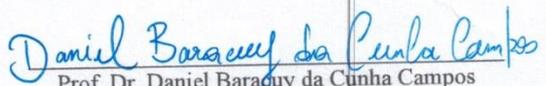
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Igor Souza Ogata (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof.ª Dr.ª Maria Adriana de Freitas Mágero Ribeiro  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. Daniel Baraúny da Cunha Campos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico esse trabalho aos meus pais, pois sem a ajuda deles essa realização não seria possível.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, que me deu força e coragem para vencer todos os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o curso, que me socorreu espiritualmente, dando-me serenidade e forças para continuar.

Aos meus pais Maria Gorete da Silva e Uilson Ferreira Matias, por todo o carinho, dedicação e esforço na concretização de um sonho que hoje podemos desfrutar juntos.

À minha noiva Claudinete Costa de Arruda, pela compreensão por minha ausência no leito familiar.

Ao professor e orientador Igor Souza Ogata, pelo apoio para a realização desse trabalho.

Aos professores do Curso de Engenharia Civil da UEPB, em especial, José Mácio Ramalho Teódulo, Valdecir Alves Dos Santos Júnior e Daniel Baracuy Da Cunha Campos, que contribuíram ao longo de 5 anos, por meio das disciplinas e debates, para meu desenvolvimento acadêmico.

A toda minha família e colegas de sala que, de alguma maneira, ajudaram-me ao longo desses anos.

Finalmente, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta pesquisa.

*“De nada adianta o homem ganhar o mundo inteiro, se ele perder sua alma” (BIBLIA, MATHEUS, 16, 26)*

## RESUMO

A captação de água de chuva é uma técnica milenar, usada em diversos países, podendo ser uma importante estratégia para promover a economia de água e contornar problemas de escassez. A região semiárida do Nordeste brasileiro sofre com esse problema de escassez hídrica e uma alternativa para aproveitar a água das chuvas é através da captação de água dos telhados das residências. Esse reuso é uma forma de reduzir ou até substituir a demanda de água necessária para usos básicos como beber, tomar banho, cozinhar, lavar louça, limpeza, lavar roupa e jardinagem. Para reusar essa água se faz necessário um sistema que capte, reserve e dê condições para que possa ser usada no dia a dia em uma residência, vendo essa situação um sistema que retenha as partículas das maiores até as menores contidas na água e posteriormente armazene essa água filtrada de modo que garanta o uso durante o período de escassez seria uma solução para o semiárido nordestino. Mas para implantação desse sistema de captação se faz necessária algumas verificações, tais como: intensidade de precipitações média da região, área de captação, custos financeiros para implantação do sistema e retornos com relação a diminuição da escassez hídrica. Para implantação desse sistema deve-se não só olhar os retornos diretos como os financeiros, mas também os retornos indiretos que são os de solucionar o problema da falta de água na região semiárida sem agredir tanto o meio ambiente. Existem outras alternativas para se ter acesso à água, mas muitos deles são agressivos ao meio ambiente e caros, a perfuração de poços é uma alternativa, mas gera alguns problemas como rebaixamento do lençol freático e não é em todo lugar que se tem água. Em resumo o sistema de captação de água dos telhados é uma ótima alternativa, pois capta à água de forma direta e próxima ao local de uso, nessa alternativa o armazenamento da água se dá também próximo ao local de uso, a desvantagem dessa alternativa é para reservar à água, pois exige um espaço relativamente grande para as dimensões dos terrenos das residências e os custos para construir esses reservatórios são relativamente altos, por isso se faz necessário uma análise dos custos e benefícios que o sistema na sua totalidade pode produzir. Esse trabalho vem analisar situações e condições para implantação de um sistema que capte à água, filtre e armazene para que possa ser usada para suprir as necessidades básicas de consumo das residências no semiárido nordestino. Com as características socioeconômica da região e os dados espaciais observados percebe-se que o sistema no ponto de vista de suprir ou amenizar as necessidades de água no semiárido nordestino é viável, pois soluciona parcial ou total a problemática da falta de água e olhando do ponto de vista econômico é viável a médio-longo prazo.

**Palavras-Chave:** Água. Captação hídrica. Meio Ambiente.

## ABSTRACT

Rainwater harvesting is an age-old technique used in many countries and can be an important strategy to promote water savings and to overcome problems of scarcity. The semi-arid region of the Brazilian Northeast suffers from this problem of water scarcity and an alternative to take advantage of rainwater is through the abstraction of water from the roofs of the residences. This reuse is a way of reducing or even replacing the water demand for basic uses like drinking, bathing, cooking, dishwashing, cleaning, washing and gardening. In order to reuse this water, a system is necessary that captures, reserves and conditions so that it can be used in the day to day in a residence, seeing this situation a system that retains the particles of the majors until the smaller ones contained in the water and later store this one filtered water so as to guarantee use during the period of scarcity would be a solution for the northeastern semi-arid region. However, for the implementation of this catchment system some checks are necessary, such as: average precipitation intensity of the region, catchment area, financial costs for the implementation of the system and returns in relation to the reduction of water scarcity. In order to implement this system, it is necessary not only to look at the direct returns as well as the financial returns, but also the indirect returns that are to solve the problem of lack of water in the semi-arid region without harming both the environment. There are other alternatives to having access to water, but many of them are environmentally aggressive and expensive, well drilling is an alternative, but it generates some problems like groundwater retraction and water is not everywhere. In summary, the water collection system of the roofs is a great alternative, because it captures the water directly and near the place of use, in this alternative the water storage is also close to the place of use, the disadvantage of this alternative is for reserving water because it requires a relatively large space for the dimensions of the land of the residences and the costs to build these reservoirs are relatively high, so an analysis of the costs and benefits that the whole system can produce is necessary. This work analyzes situations and conditions for the implementation of a system that captures water, filters and stores so that it can be used to supply the basic consumption needs of the residences in the northeastern semi-arid region. With the socioeconomic characteristics of the region and the observed spatial data, it can be seen that the system, from the point of view of supplying or alleviating water needs in the northeastern semi-arid region, is feasible, since it partially or totally solves the problem of lack of water and looking from point view is feasible in the medium to long term.

**Keywords:** Water. Water abstraction. Environment.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Distribuição de água no Planeta Terra .....	18
Figura 2 –	Esquema do ciclo hidrológico.....	20
Figura 3 –	Esquema de uma bacia hidrográfica.....	21
Figura 4 –	Esquema de captação para aproveitamento de água da chuva.....	23
Figura 5 –	Dimensões de uma cobertura do tipo duas águas.....	26
Figura 6 –	Dispositivo de descarte de águas iniciais.....	27
Figura 7 –	Esquema de filtro rápido de areia.....	28
Figura 8 –	Mecanismos de transporte de partículas da água aos grãos do meio filtrante.....	29
Figura 9 –	Delimitação do semiárido nordestino.....	38
Figura 10 –	Localização da área de estudo.....	39
Figura 11 –	Vista 3d da residência .....	61
Figura 12 –	Planta baixa da residência.....	61
Figura 13 –	Planta de locação da residência.....	62
Figura 14 –	Filtro auto limpante.....	43
Figura 15 –	Sistema de captação.....	63
Figura 16 –	Vista frontal do sistema de captação.....	64
Figura 17 –	Vista lateral do sistema de captação.....	65
Figura 18 –	Filtro de areia descendente.....	66
Figura 19 –	Subdivisão de Áreas do telhado.....	47
Figura 20 –	Fluxo de caixa para o sistema em estudo.....	50
Quadro 1 –	Variações da necessidade de tratamento de água da chuva, segundo o local de captação.....	24
Quadro 2 –	Características mínimas da camada de suporte.....	31
Quadro 3 –	Matérias utilizados para condução da água.....	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Coeficientes de runoff médios, segundo o material dos telhados.....	25
Tabela 2 –	Padrão de aceitação para consumo humano.....	26
Tabela 3 –	Meios filtrantes de camada simples e dupla.....	31
Tabela 4 –	Porcentagem consumida de água por atividade doméstica.....	33
Tabela 5 –	Estimativa de consumo de água diário per capita, segundo o tipo de localidade.....	33
Tabela 6 –	Valores de precipitação histórica, máximos e mínimos mensais e anuais de chuva em (mm) para Cabaceiras – PB.....	41
Tabela 7 –	Demanda de água em residência de porte médio no município de Cabaceiras – PB.....	42
Tabela 8 –	Estrutura tarifária da CAGEPA para residência.....	45
Tabela 9 –	Área de captação do telhado.....	47
Tabela 10 –	Orçamento do reservatório.....	67
Tabela 11 –	Orçamento das peças hidrosanitárias do sistema de captação.....	69
Tabela 12 –	Valores do VPL e B/C.....	51
Tabela 13 –	Precipitação média anual ideal com área de captação fixa para atender a demanda da residência.....	53
Tabela 14 –	Área de captação ideal com precipitação média anual fixa para atender a demanda da residência.....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
ONU	Organização das Nações Unidas
NBR	Norma Brasileira
PVC	Policloreto de vinila
AESA	Agencia Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
VPL	Valor Presente Líquido
TMA	Taxa Média Anual
B/C	Relação Benefício Custo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos	17
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>18</b>
3.1. A água na natureza	18
3.2 Ciclo Hidrológico	19
3.3 Bacias hidrográficas	20
3.4 A importância do reuso da água	21
3.5 Aproveitamento da água da chuva – Captação	23
3.5.1 Área de captação	25
3.6 Aproveitamento da água da chuva – Tratamento	26
3.6.1 Sistema de tratamento por filtração rápida	28
3.6.2 Mecanismos de filtração	28
3.6.3 Meios filtrantes	31
3.6.4 Camada suporte	31
3.7 Aproveitamento da água da chuva – Reservação	32
3.8 Previsão de consumo de água	33
3.9 Análise de investimento	34
3.9.1 Método do valor presente líquido	35
3.9.2 Método da relação benefício-custo	35
3.9.3 Método do prazo de retorno	35
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>37</b>
4.1 Caracterização da região e do objeto do estudo	37
4.1.1 Situação do abastecimento de água	39
4.1.2 Características de uma residência de porte médio	40

<b>4.2 Dados pluviométricos usados para obter a oferta de chuvas a ser captada</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Estimativa da demanda</b>	<b>41</b>
<b>4.4 Cálculo da área de coleta de água de chuva</b>	<b>42</b>
<b>4.5 Modelo do sistema de captação de água pluvial</b>	<b>42</b>
<b>4.6 Dimensionamento do reservatório</b>	<b>44</b>
<b>4.7 Tarifas da concessionária de água</b>	<b>45</b>
<b>4.8 Considerações para orçamentação</b>	<b>45</b>
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>47</b>
<b>5.1 O sistema de captação</b>	<b>47</b>
<b>5.2 Cálculo do volume de água captado</b>	<b>47</b>
<b>5.3 Cálculo do reservatório</b>	<b>48</b>
<b>5.4 Análise da oferta de chuva para atender a residência</b>	<b>48</b>
<b>5.5 Orçamento do sistema de aproveitamento de água pluvial</b>	<b>49</b>
<i>5.5.1 Custos de operação e manutenção do sistema</i>	<i>49</i>
<b>5.6 Avaliação de investimento</b>	<b>49</b>
<i>5.6.1 Prazo de retorno do capital</i>	<i>51</i>
<b>6 DISCUSSÃO</b>	<b>53</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE A – MODELO DA RESIDÊNCIA</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B – MODELO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE C - ORÇAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL</b>	<b>67</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a escassez de água potável para consumo humano é uma realidade, principalmente em regiões como o semiárido no Nordeste brasileiro. Este cenário revela uma crise hídrica e ambiental preocupante que é resultante de mudanças climáticas, diminuição dos recursos naturais, poluição das águas e do consumo irracional de água potável (LEMOS, 2009). Tendo em vista essa situação, existem preocupações no que se diz respeito à água existente em nosso planeta, cuja disponibilidade e o crescente consumo pela sociedade, associado à diversidade de usos e condições regionais apontam projeções preocupantes quanto à escassez relativa de água doce, principalmente quanto aos aspectos de qualidade adequada para consumo, o que aumenta a dependência e necessidade de reservação de água.

Com crescimento econômico desordenado, a ocupação não apropriada do solo, a expansão industrial e as atividades agrícolas também tem contribuído para tornar a disponibilidade de água, em algumas bacias hidrográficas, incompatível com as demandas. Associado a isso, essas atividades ainda degradam a qualidade da água, o que impede o uso desta para fins mais exigentes (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002). Analisando todos esses agravantes deve-se observar e ter em mente que a renovação natural da água para consumo é lenta, frágil e limitada, logo, se faz necessário que o uso desse recurso seja racional, havendo uma preocupação com o futuro, uma vez que vem se tornando um bem cada vez mais escasso (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

Vendo essa realidade, percebe-se a urgente necessidade de desenvolvimento de sistemas que possibilitem ao usuário utilizar fontes alternativas de água, principalmente no que diz respeito à sua utilização para fins potáveis (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002). Entre essas alternativas, tem-se o reuso da água, água de poço artesianos, a dessalinização e o aproveitamento de água de chuva, que promovem a gestão da oferta de água, buscando a sustentabilidade dos recursos hídricos disponíveis. Para o uso residencial, principalmente de regiões mais carecidas de água como o semiárido nordestino, pode-se suprir ou complementar a demanda da população tanto urbana como rural utilizando o método de captação e aproveitamento de água da chuva pelos telhados das residências. Assim a água coletada da chuva pode ser usada desde fins menos exigentes como jardinagem, harmonia paisagística, lazer, lavagem de pisos, descargas sanitárias e lavagem de utensílios doméstico, até usos mais exigentes como dessedentação, cozimento e higiene pessoal, dependendo do nível de tratamento realizado (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

A captação e o aproveitamento de água de chuva, sejam para fins potáveis ou não, adaptados a características físicas e socioeconômicas de diferentes regiões, seja no mundo e também no Brasil, configura uma realidade que vem produzindo resultados imediatos, concorrendo para melhorar as condições de acesso à água em muitas cidades (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

Contudo, é necessário verificar se em um regime escasso de chuva como o do Nordeste brasileiro e mais especificamente em Cabaceiras-PB no semiárido é viável o abastecimento doméstico de uma residência de porte médio apenas com águas meteóricas.

Portanto, neste trabalho será desenvolvido uma proposta de sistema para coleta, tratamento e armazenamento de água de chuva para fins de uso doméstico, para consumo humano e a verificação da viabilidade de recursos naturais, espaciais e econômicos para abastecer residências localizadas no semiárido nordestino apenas com a água coletada.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Propor um sistema de captação, tratamento e armazenamento de água da chuva para fins de uso doméstico em residências de porte médio no semiárido nordestino.

### **2.2 Objetivos específicos**

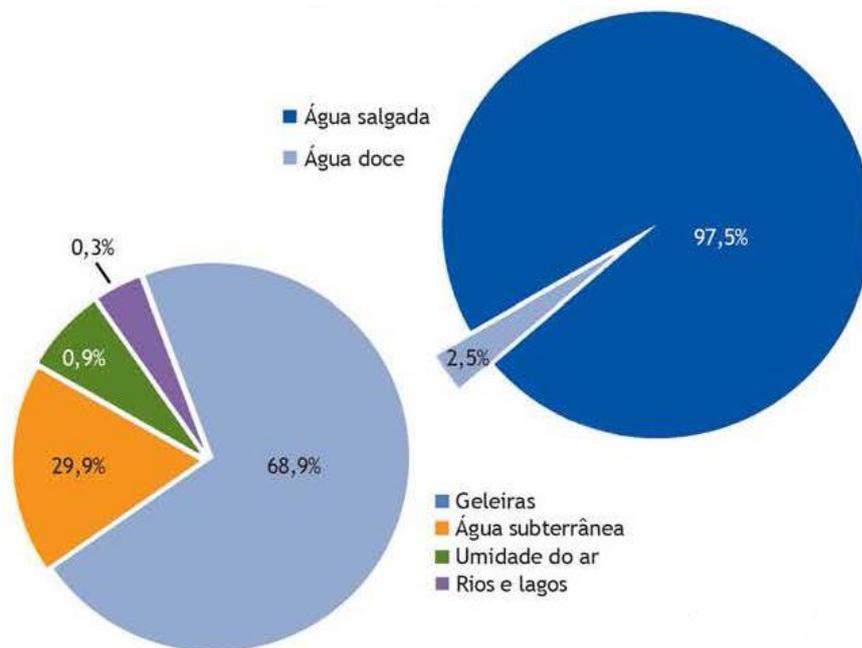
- Analisar as precipitações de chuvas para a implantação do sistema no Sertão paraibano.
- Analisar as características de residências de porte médio no semiárido nordestino.
- Propor um sistema de filtragem capaz de garantir um tratamento básico a água da chuva captada para consumo em uma residência.
- Propor sistema de armazenamento capaz de abastecer as necessidades das residências no semiárido nordestino ao longo do período de escassez.
- Avaliar a viabilidade econômica da implantação do sistema de captação, tratamento e armazenamento proposto a área de estudo.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1. A água na natureza

Para preservar é importante conhecer os recursos que se tem, só assim ter-se-á a noção da dimensão da quantidade de água disponível. Quase toda a superfície do planeta Terra está coberta por água: água dos oceanos, água dos rios e lagos, arroios e sangas. Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são dominados pelos oceanos. O volume total de água na Terra é estimado em torno de 1,35 milhões de quilômetros cúbicos, sendo que 97,5% deste volume é de água salgada, encontrada em mares e oceanos. Já 2,5% é de água doce, porém localizada em regiões de difícil acesso, como aquíferos (águas subterrâneas) e geleiras. Apenas 0,007% da água doce encontra-se em locais de fácil acesso para o consumo humano, como lagos, rios e na atmosfera (UNIÁGUA, 2006). A Figura 1 resume a quantidade de água existente no Planeta.

**Figura 1 – Distribuição de água no Planeta Terra**



Fonte: Sabesp (2013).

A ONU - Organização das Nações Unidas - considera que o volume de água suficiente para a vida em comunidade e exercício das atividades humanas, sociais e econômicas, é de 2.500 metros cúbicos de água/habitante/ano. Em regiões onde a disponibilidade de

água/habitante/ano está abaixo de 1.500 metros cúbicos, a situação é considerada crítica (KELMANN, 2004).

### 3.2 Ciclo Hidrológico

O Ciclo hidrológico é um fenômeno natural a nível global da circulação da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 1997). Esse processo permeia todos os lugares da Terra, sendo melhor explicado por (GONÇALVES, 2006).

O ciclo hidrológico não tem início ou fim. De uma forma ou de outra, a água ocorre praticamente em toda parte. Considera-se que grande parte da água contida no ciclo hidrológico tem sido virtualmente constante durante a história da humanidade. É um processo natural de dessalinização e purificação. A água que se evapora dos oceanos e o vapor tornam-se parte da atmosfera. O vapor de água é também transportado para a atmosfera através da evaporação dos corpos d'água como lagos, rios e também de todas as superfícies terrestres úmidas (permanentemente ou ocasionalmente), a partir da precipitação e da transpiração das plantas. Por meio do processo de condensação, a água da atmosfera final retorna para a terra como precipitação sobre os oceanos e os continentes (GONÇALVES, 2006, p.73).

Esse fenômeno pode ser compreendido em duas fases, sendo uma atmosférica e outra terrestre, cada uma delas contendo as etapas de armazenamento temporário de água, transporte e mudança de estado. Essas etapas ocorrem através de fenômenos denominados de precipitação, infiltração, escoamento, evaporação, transpiração, evapotranspiração e condensação (GARCEZ, ALVAREZ, 1988), apresentados na Figura 2 e melhor explicados nas marcações a seguir segundo AHRENS (2014).

**Precipitação:** É o fenômeno em que o vapor condensado cai sobre a superfície do planeta, por meio de garoa, chuva, granizo, orvalho, neve e geada. Em alguns casos, pode retornar à atmosfera mesmo antes de alcançar a superfície terrestre.

**Infiltração:** É o fenômeno em que a água precipitada escoar pelo solo e entre as rochas preenchendo os espaços vazios. A partir daí, movimenta-se horizontalmente rumo as áreas mais baixas.

**Escoamento:** Uma vez que o solo satura, devido à infiltração, o fenômeno de escoamento ocorre sobre e sob a superfície da terra em direção aos mares, depois de alimentar os riachos, rios e lagos.

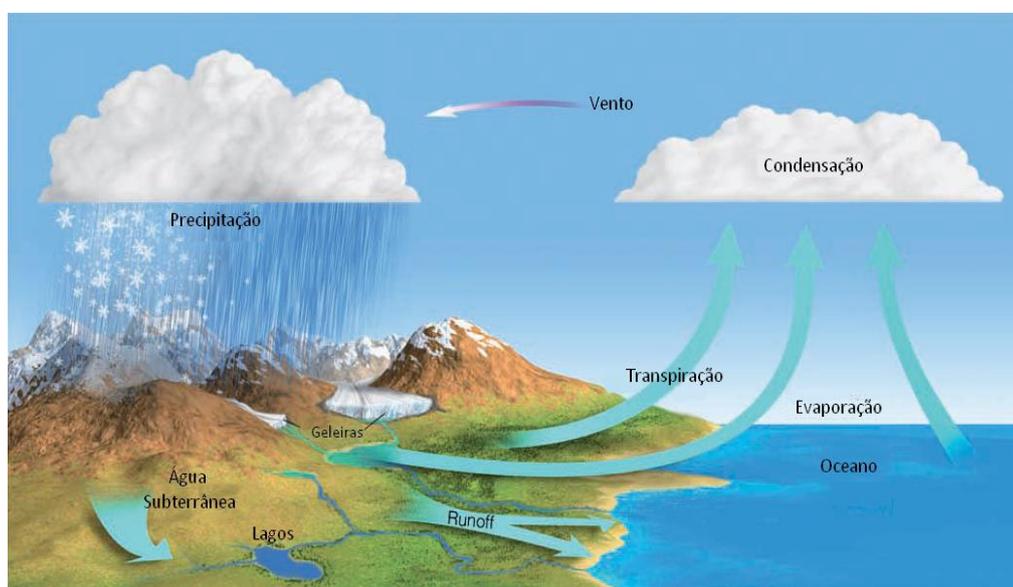
**Evaporação:** É o fenômeno de transformação da água em seu estado líquido para o estado gasoso, deslocando a água da superfície para a atmosfera.

**Transpiração:** É um fenômeno semelhante a transpiração em que a água vai da superfície para a atmosfera, através da evaporação da água por meio dos seres vivos, sendo das plantas a maior parcela dessa água.

**Evapotranspiração:** É o processo que uni os fenômenos de transpiração e evaporação.

**Condensação:** É o fenômeno de transformação da água em estado gasoso para o estado líquido, criando nuvens e nevoeiro e posteriormente a precipitação.

**Figura 2 – Esquema do ciclo hidrológico**



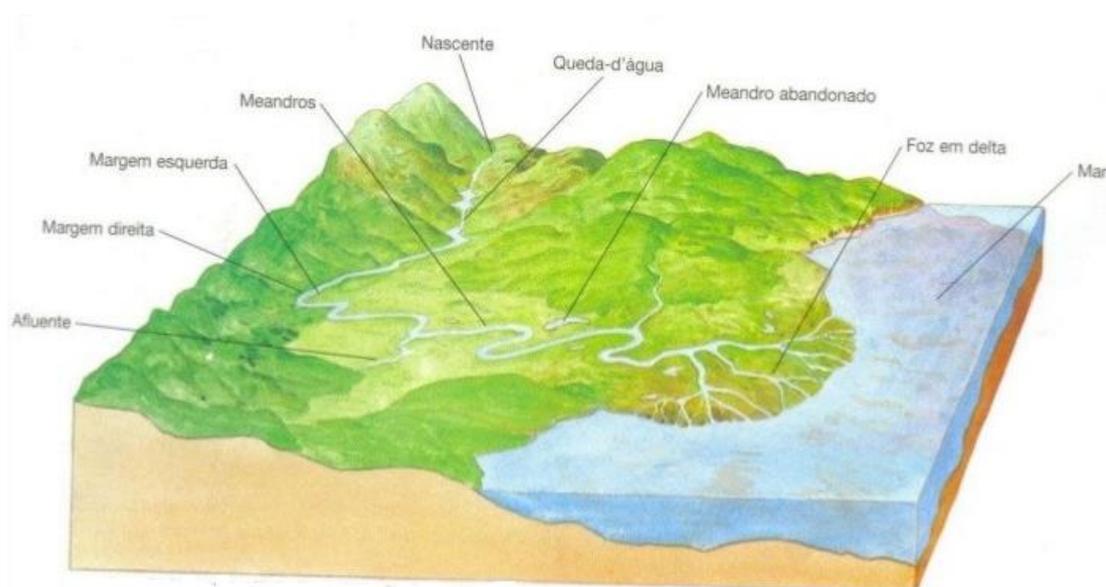
Fonte: Ahrens (2014).

### 3.3 Bacias hidrográficas

Para a gestão dos recursos hídricos o ciclo hidrológico deve ser estudado numa área delimitada e denominada de bacia hidrográfica. Esse território é compreendido como uma área de captação natural, que drena para um curso d'água principal, incluindo a área entre o divisor topográfico e a saída da bacia denominada de exutório ou foz (TUCCI, 2004). Garcez e Alvarez (1988) e Viessman et al. (1972) definem bacia hidrográfica como sendo uma área definida e fechada topograficamente num ponto do curso de água, de forma que toda a vazão afluyente possa ser medida ou descarregada através de um ponto, essa configuração é apresentada na Figura 3.

Sobre o território definido como bacia hidrográfica é que se desenvolvem todas atividades humanas relacionadas ao uso da água, compreendendo todas as áreas urbanas, industriais, agrícolas ou de preservação que necessitam de água. Sendo assim, pode-se dizer que no exutório estão representados todos os fenômenos que ocorrem na bacia, com todas as consequências das formas de ocupação do território e uso das águas. Portanto, a bacia hidrográfica pode ser considerada um ente sistêmico, onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos.

**Figura 3 – Esquema de uma bacia hidrográfica**



Fonte: The great world atlas, New York, American Map Corporation (1989).

### **3.4 A importância do reuso da água**

Uma vez que a bacia hidrográfica é um sistema complexo, em que se desenvolve todos os fenômenos do ciclo hidrológico e todas as atividades produtivas humanas, é possível deduzir que há uma necessidade de equilibrar a oferta – representada pelos fenômenos do ciclo hidrológico – com a demanda – representada pelas atividades produtivas humanas. De maneira que haja água em quantidade e qualidade suficiente para suprir as necessidades da comunidade, a avaliação da disponibilidade de água pode ser realizada a partir do método do balanço hídrico climatológico proposto por Ministério do Meio Ambiente (2005), o qual permite obter informações sobre deficiência e excedente hídrico, áreas de retirada de água do solo, reposição de água no solo e variação do armazenamento ao longo do ano (TUCCI, 2004).

Nesta perspectiva, muitas vezes, em uma bacia hidrográfica, a demanda supera a oferta, induzindo os seres humanos a aplicarem técnicas que proporcionem maior eficiência do uso da água e entre estas técnicas, existe o reuso de água (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim (LORENO, 2005). Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não.

Segundo Silva (2000) a classificação e os tipos de reuso são mostrados a seguir:

**Reúso indireto não planejado:** o efluente é descarregado no meio ambiente, ficando sujeito às ações do meio ambiente e reutilizado à jusante de forma diluída, não intencional e não controlada.

**Reúso indireto planejado:** o efluente é descarregado no meio ambiente após sofrer tratamento, isto é, de forma planejada, e reutilizado à jusante de maneira controlada, no atendimento de algum uso. Existe um controle sobre as descargas eventuais, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes e atendendo aos requisitos de qualidade do reúso objetivado.

**Reúso direto planejado:** o efluente após o tratamento é encaminhado diretamente ao ponto de reutilização, não sendo descarregado no meio ambiente.

**Reciclagem:** é um caso particular do reúso direto. Antes da descarga do efluente em um sistema de tratamento é usado como fonte suplementar de abastecimento do uso geral.

Ainda segundo Silva (2000) essas águas podem ser utilizadas em irrigação paisagística, usos industriais, recarga de aquíferos, usos urbanos não-potáveis e usos diversos como aquicultura, construções, controle de poeira, dessedentação de animais.

Além do reuso, tem-se o aproveitamento direto de água através dos telhados que podemos definir como um sistema de aproveitamento da água de chuva descentralizado para suprimento de água em residências, visando reduzir o consumo de água potável (ANNECCHINI, 2005).

Dentre as formas de reuso da água, o aproveitamento de água da chuva se destaca pela qualidade que em geral é atribuída a esta, podendo ser utilizada para o consumo doméstico com pouca necessidade de tratamento, ou até ao uso para fins não potáveis como limpeza da residência e irrigação de jardim (MARIS; CHRISTAN, 2010).

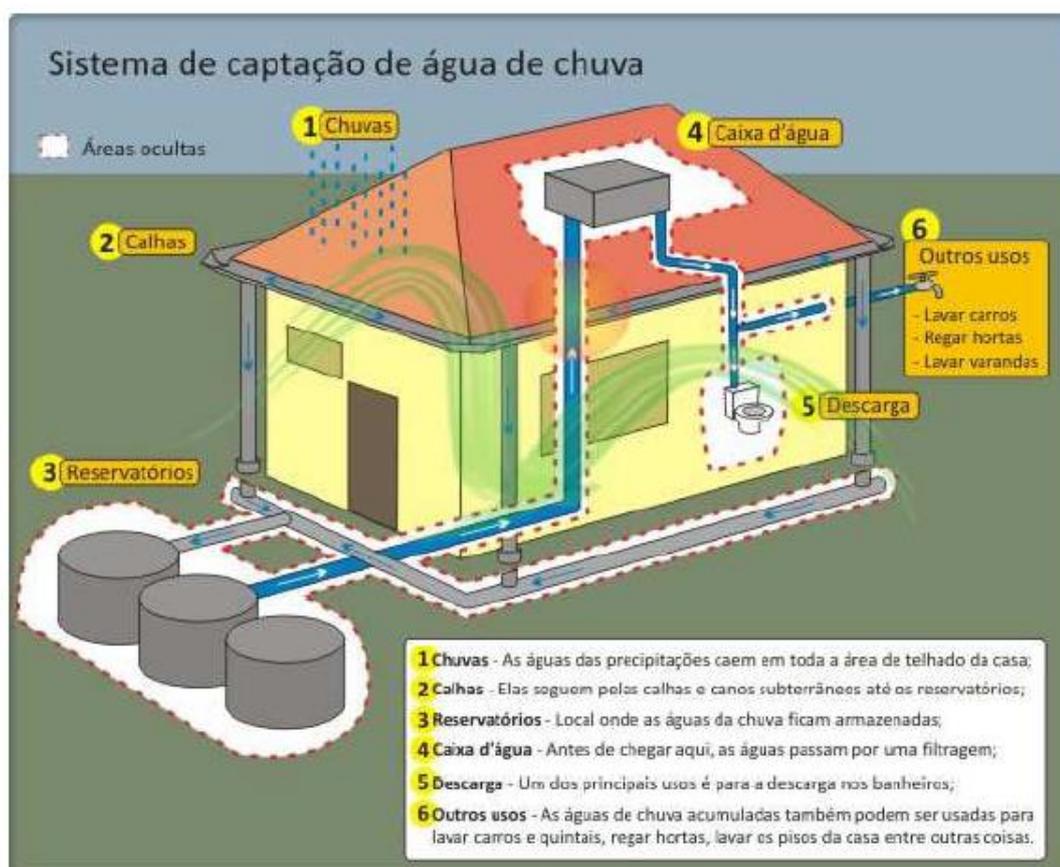
Segundo Lima (2011), o aproveitamento da água pluvial tem várias vantagens relacionadas a diminuição do consumo de água da rede pública de abastecimento, contribuição na preservação do meio ambiente, redução de custo da distribuição pública de água e diminuição das enchentes, sendo que a água captada deixa de ir para os rios e lagos. Com

exceção do reservatório que é a parte mais onerosa o retorno desse investimento para implementação de sistema de captação é rápido (em média dois anos e meio), por ser um recurso disponível e relativamente abundante que é disponibilizado no semiárido nordestino.

### 3.5 Aproveitamento da água da chuva – Captação

Para realização do aproveitamento da água da chuva, uma das principais infraestruturas a serem desenvolvidas é a captação, que segundo Lee et al. (2000), geralmente são feitas por meio da superfície de telhados ou por meio de superfícies no solo, sendo que o sistema de coleta de chuva por meio da superfície de telhados é considerado mais simples e, na maioria das vezes, produz uma água de melhor qualidade, se comparado aos sistemas que coletam água de superfícies no solo. Ainda segundo Cooza (2019), a captação por superfície de telhado é composto pelas unidade de captação, condução, reservatórios e tratamento, assim como ilustrado na Figura 4.

**Figura 4 – Esquema de captação para aproveitamento de água da chuva**



Fonte: Cooza (2019).

No processo de captação da água da chuva por meio de telhados, a água cai sobre a superfície de cobertura do empreendimento e com o auxílio de sua inclinação é conduzida até as calhas, vale a pena ressaltar que a quantidade de água depende da área do telhado, ou captação, enquanto que a qualidade depende da manutenção e operação do sistema de aproveitamento de água (FERNANDES, NETO E MATTOS, 2007).

A condução é realizada por meio de calhas e tubulações verticais e horizontais, geralmente de Policloreto de vinila (PVC) ou zinco galvanizado, as calhas horizontais se localizam ao redor dos telhados e captam a água que escoar pelo mesmo e que são conduzidas pelas calhas verticais.

A fim de garantir qualidade para uso da água conduzida é necessário instalar uma infraestrutura de tratamento, pois a água pode se contaminar com poluentes presentes no telhado e nas calhas, como poeira, fezes de animais e folhas. O nível desse tratamento depende da qualidade da água captada e do uso a qual será destinada (OLIVEIRA, 2004).

Oliveira (2004), recomenda que as águas da chuva que caem nos primeiros cinco minutos, devem ser descartadas, para que a sujeira acumulada no telhado não entre no sistema.

A coleta de água para fins não potáveis não requer grandes cuidados para tratamento, mas para fins de consumo humano geralmente é necessário um tratamento simples com operações unitárias de sedimentação, filtração simples e cloração. Como a qualidade da água depende muito de onde é captada, o Quadro 1 apresenta a necessidade de tratamento que deve ser empregada, para cada local de captação de água da chuva.

**Quadro 1 – Variações da necessidade de tratamento de água da chuva, segundo o local de captação**

<b>GRAU DE PURIFICAÇÃO</b>	<b>ÁREA DE COLETA DE CHUVA</b>	<b>OBSERVAÇÕES</b>
A	Telhado (lugares não frequentados por pessoas ou animais)	Se a água for purificada, é potável
B	Telhado (lugares frequentados por pessoas ou animais)	Apenas usos não potáveis
C	Pisos e estacionamentos	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis
D	Estradas	Necessita de tratamento mesmo para usos não potáveis

Fonte: Group Raindrops (2002).

### 3.5.1 Área de captação

Assim como supracitado, a quantidade de água da chuva captada depende da área de captação, essa relação é explicada por Gould-Petersen (1999) pela Equação 1.

$$S = A \times R \times C_r \quad (1)$$

Sendo:

S = Volume potencial de captação anual, em metros cúbicos m<sup>3</sup>;

A = Área de captação do telhado, em metros quadrados (m<sup>2</sup>);

R = Chuva média anual para o local, em milímetros (mm);

C<sub>r</sub> = Coeficiente de runoff.

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado, pois segundo Tomaz (2003), uma parte da água de chuva que cai sobre a superfície de captação perde-se por evaporação, retenção e limpeza do telhado. Portanto, no cálculo do volume de água que pode ser aproveitado, usa-se o coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de runoff (C<sub>r</sub>), que representa o quociente entre a água que esco superficialmente pela área de captação pelo total de água precipitada. Esse coeficiente é função do material do qual é feito o telhado, assim como apresentado em Tomaz (2003) e mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Coeficientes de runoff médios, segundo o material dos telhados**

<b>Material</b>	<b>C</b>
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas metálicas	0,7 a 0,9

Fonte: Tomaz (2003).

Conforme a Norma Brasileira NBR 10844/89, a área de captação para um telhado tradicional de duas águas (Figura 5) é definida pela Equação 2 (NBR/10844, 1989):

$$A = (a+h/2) \times b \quad (2)$$

Onde:

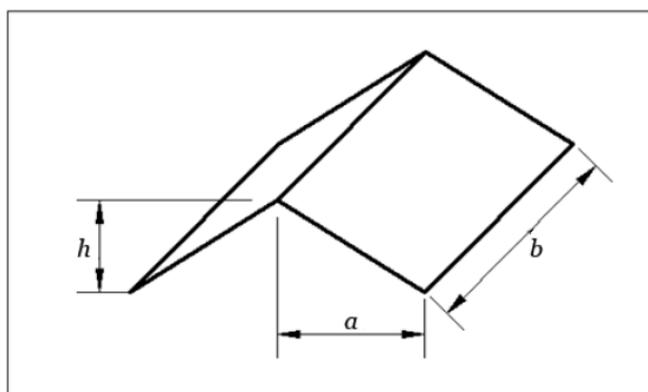
$A$  = Área de captação;

$a$  = Largura da água da cobertura;

$h$  = Altura da cobertura;

$b$  = Comprimento da cobertura.

**Figura 5 – Dimensões de uma cobertura do tipo duas águas**



Fonte: ABNT (1989).

### 3.6 Aproveitamento da água da chuva – Tratamento

A qualidade da água e seus respectivos padrões de aceitação são definidos por características físicas, químicas e biológicas como mostrados na Tabela 2, esses valores demonstram os resultados médios das análises para determinação das concentrações de potencial hidrogeniônico pH, turbidez, cloreto, amônia e nitrato e os valores permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº. 2.914 de 2011.

**Tabela 2 – Padrão de aceitação para consumo humano**

(continua)

Parâmetros	Valor médio	Portaria ms nº 2914/2011
PH	$7,18 \pm 0,2$	6,0 a 9,5
Turbidez UT	$0,55 \pm 0,23$	Até 1 UT
Cloreto mg/L	$125,83 \pm 5,95$	250 mg/L
Nitrato mg/L	$9,04 \pm 2,59$	10 mg/L
Amônia mg/L	$0,91 \pm 0,64$	1,5 mg/L

Tabela 2 – Padrão de aceitação para consumo humano

(conclusão)

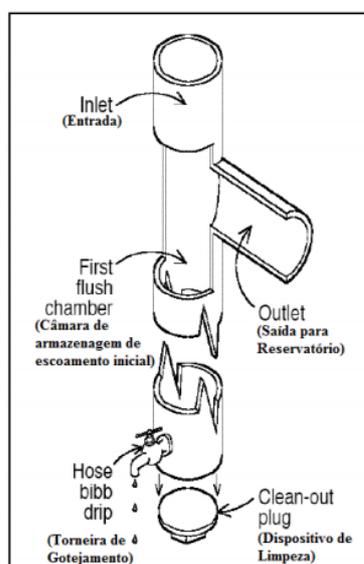
Parâmetros	Valor médio	Portaria ms n° 2914/2011
<b>Coliforme Totais NMP/100 mL</b>	Ausente	Ausente
<b>Coliformes Termotolerantes NMP/100 mL</b>	Ausente	Ausente

Fonte: Portaria do Ministério da Saúde nº. 2.914 (2011).

Devido as águas iniciais carregarem sólidos grosseiros (folhas e fezes de animais) e particulados (poeiras) nos períodos em que não ocorreram chuvas, além dos dispositivos de tratamento é necessário que haja um sistema de descarte de águas iniciais, para que este escoamento inicial não vá diretamente para o reservatório, com todas as impurezas associado a este (TEXAS, 1997).

Um modelo de dispositivo para descarte inicial das águas captadas é apresentado na Figura 6, que consiste de um tubo vertical com câmara de armazenagem, um desvio mais acima para alimentar o reservatório e uma torneira na parte baixa do fundo. Neste formato o dispositivo retém o volume inicial de água da chuva captada, quando a câmara enche, a água começa a escoar pelo desvio para o reservatório, após esse processo, as águas sujas das primeiras chuvas podem ser retiradas do dispositivo através da torneira (TEXAS, 1997).

Figura 6 – Dispositivo de descarte de águas iniciais



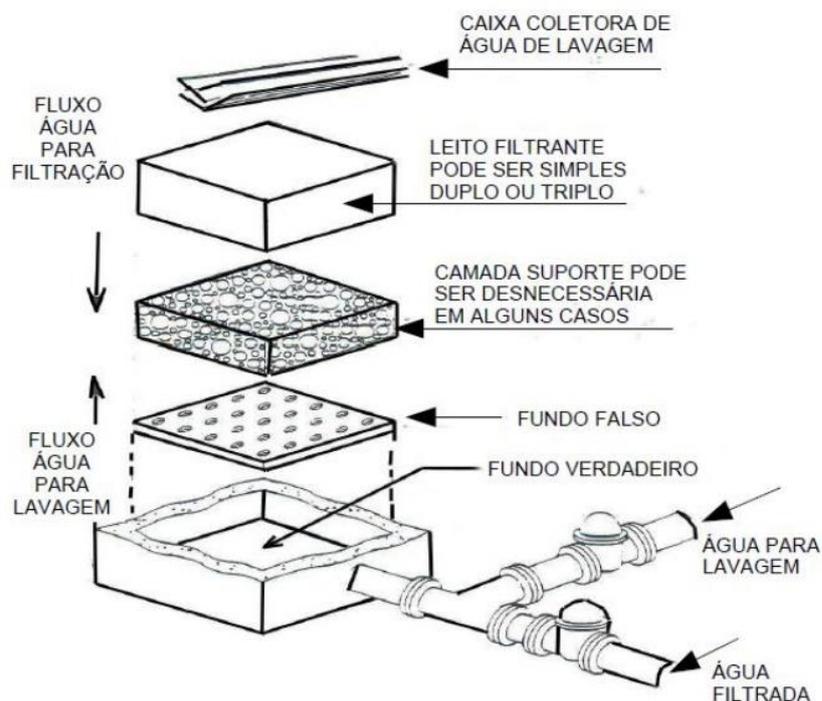
Fonte: Texas (1997).

### 3.6.1 Sistema de tratamento por filtração rápida

Segundo Di Bernardo e Dantas (2005), a filtração rápida em meio granular objetiva a remoção de partículas e microrganismos indesejáveis, não retidos no pré-tratamento, usualmente realizado por coagulação, floculação e sedimentação ou flotação por ar dissolvido.

A Figura 7 ilustra um filtro rápido de areia sustentado por uma camada de suporte formada com seixos rolados ou pedregulhos, enquanto que abaixo da camada de suporte existe um fundo falso para coleta da água filtrada. As partículas trazidas com a água são retidas no leito filtrante, resultando em um aumento da perda de carga, até que um valor limite seja alcançado, indicando a necessidade de lavagem, a torneira de água filtrada é fechada e no sentido contrário do escoamento água em abundância é inserida, para remoção das partículas retidas logo em seguida descarta essa água pelo tubo destinado a lavagem.

**Figura 7 – Esquema de filtro rápido de areia**



Fonte: Di Bernardo e Dantas (2005).

### 3.6.2 Mecanismos de filtração

De acordo com Di Bernardo e Dantas (2005), a remoção de partículas presentes na água pelo filtro, ocorre através de duas etapas complementares, o transporte e a aderência de

partículas. No transporte de partículas, ocorrem cinco fenômenos, denominados de retenção, sedimentação, intercepção, impacto inercial e difusão (Figura 8), enquanto que na aderência ocorrem três fenômenos, denominados de forças de Van der Waals, forças eletrostáticas e pontes químicas.

Mecanismo de transporte:

**Retenção:** Ocorre quando a partícula é maior do que o tamanho do poro do meio filtrante.

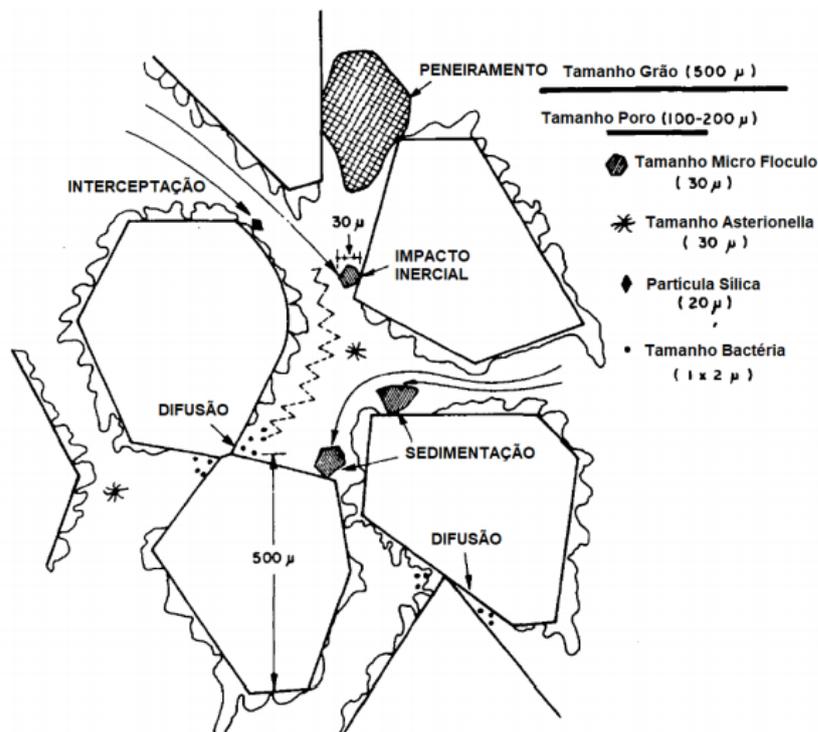
**Sedimentação:** Ocorre quando os grãos do meio filtrante possuem uma grande área superficial na qual as partículas podem entrar em contato por sedimentação.

**Intercepção:** Ocorre quando partículas se deslocam em linhas de corrente diferentes se encontram ou entram em contato com os grãos devido a um estreitamento forçado do fluxo.

**Impacto inercial:** ocorre quando uma partícula se deslocando com uma linha de corrente adquire uma trajetória diferente quando esta faz uma mudança de direção.

**Difusão:** Ocorre devido ao movimento browniano, em que as partículas pequenas se movimentam de áreas de maior para outras de menor concentração. Este mecanismo faz com que partículas de 1 a 2  $\mu\text{m}$  possam ser removidas em filtros com tamanho de poros de 100 a 200  $\mu\text{m}$ .

**Figura 8 Mecanismos de transporte de partículas da água aos grãos do meio filtrante**



Mecanismo de aderência:

**Forças de Van de Waals:** Estas forças constituem-se em forças de atração, podendo existir entre partículas de mesma carga, neutras ou de cargas opostas, sendo, porém, seu campo de ação limitado a distâncias muito curtas. A grandeza das forças de van der Waals e, por conseguinte, a adesão das partículas ao meio filtrante são também governadas pela dimensão e densidade das 26 partículas afluentes à unidade filtrante, tendendo a aumentar com a redução da distância entre as mesmas e os grãos. No entanto, tais forças exercem relativa importância no processo de adsorção entre partículas (LIBÂNIO, 2008).

**Forças eletroquímicas:** Considerando este mecanismo como o responsável pela adesão do material suspenso para o meio filtrante três casos podem ser considerados de acordo com Valencia (1973).

(a) Os grãos médios do filtro são negativos e coágulos de flocos são positivos. Neste caso há uma força atrativa entre o meio e das partículas, que faz a única aproximação destes aos grãos do leito, pode produzir atração e adesão.

(b) Os grãos do meio filtrante são negativos enquanto que coágulos ou partículas são neutros. Neste caso, a barreira energética desapareceu e todo o contato pode ser esperado para terminar em aderência.

(c) Os grãos do meio filtrante são negativos e os coágulos também são negativos. Neste caso há uma repulsão entre si, mas as forças hidrodinâmicas podem ocasionalmente superar a barreira da energia e aproximar bastante coágulos aos grãos, de modo que as forças atrativas de Van Der Waals possam atuar. A probabilidade de adesão das partículas neste caso é menor do que nas anteriores. Esta hipótese é bastante consistente com os resultados práticos, e ajuda a explicar por que a dosagem mais alta ou menor de coagulantes influencia tão estreitamente o comportamento dos filtros.

**Ponte química:** As partículas com seus segmentos poliméricos aderidos, ao cruzar as constrições do meio filtrante, se ligam com os segmentos soltos adsorvidos pelos grãos ou por partículas já aderidas ao leito filtrante e permanecem nesta forma retidas. Uma vez que a partícula esteja aderida ao meio filtrante elas podem realizar pontes químicas entre elas, ou seja, as partículas já aderidas nos grãos podem atrair outras partículas dos fluxos, aderindo umas nas outras (VALENCIA, 1973).

### 3.6.3 Meios filtrantes

Os meios filtrantes são geralmente de camada simples ou dupla, no primeiro modelo o meio é constituído apenas por areia e no segundo de areia e antracito. A NBR 12.216/1992 estabelece as características desses meios filtrantes, segundo Tabela 3.

**Tabela 3 – Meios filtrantes de camada simples e dupla**

<b>Filtro de camada simples de areia</b>	<b>Filtro de camada dupla de areia e antracito:</b>	
	<b>Camada de areia</b>	<b>Camada de antracito</b>
Espessura mínima: 45 cm	Espessura mínima: 25 cm	Espessura mínima: 45 cm
Tamanho efetivo (T.E.): 0,45 a 0,50 mm	Tamanho efetivo (T.E.): 0,40 a 0,45 mm	Tamanho efetivo (T.E.): 0,80 a 1,0 mm
Coefficiente de uniformidade: 1,4 a 1,6	Coefficiente de uniformidade: 1,4 a 1,6	Coefficiente de uniformidade: menor que 1,4

Fonte: NBR 12.216 (1992).

### 3.6.4 Camada suporte

A camada suporte é quem da base ao meio filtrante e é formada com seixos rolados ou pedregulhos, a espessura da camada suporte depende do tipo de leito filtrante e do sistema de coleta de água filtrada. Contudo, a NBR 12216/1992 estabelece características mínimas para a camada de suporte, apresentadas no Quadro 2.

**Quadro 2 – Características mínimas da camada de suporte**

(continua)

<b>1</b>	Devem ser de seixos rolados
<b>2</b>	A espessura deve ser maior ou igual ao dobro da distância entre bocais do sistema de coleta, mas nunca inferior a 25 cm
<b>3</b>	A granulometria deve ser decrescente no sentido ascendente;
<b>4</b>	A espessura de cada estrato deve ser igual ou superior a duas vezes e meia a dimensão característica dos seixos maiores que constituem o estrato, mas não inferior a 5 cm
<b>5</b>	Cada estrato deve ser formado por seixos de tamanho máximo superior ou igual ao dobro do tamanho dos menores
<b>6</b>	Os seixos maiores de um estrato devem ser iguais ou inferiores aos menores do estrato situado imediatamente abaixo

### Quadro 2 – Características mínimas da camada de suporte

(conclusão)

<b>7</b>	O estrato situado diretamente sobre os bocais deve ser constituído de material cujos seixos menores tenham o tamanho pelo menos igual ao dobro dos orifícios dos bocais e dimensão mínima de 1 cm
<b>8</b>	O estrato em contato direto com a camada filtrante deve ter material de tamanho mínimo igual ou inferior ao tamanho máximo do material da camada filtrante adjacente

Fonte: NBR 12216 (1992).

### 3.7 Aproveitamento da água da chuva – Reservação

Os reservatórios para armazenamento de água da chuva possuem diferentes características, podendo ser enterrados, semi-apoiados e apoiados e de diversos materiais como poliuretano, concreto, alvenaria ou placas pré-moldadas, tanto na forma de cisterna quanto na forma de caixa d'água (TOMAZ, 2003).

Um reservatório destinado à captação de água pluvial, não pode permanecer por um longo período ocioso. O dimensionamento pode variar de região para região, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos (AMORIM E PEREIRA, 2008).

De acordo com o volume obtido no dimensionamento, a tecnologia pode ser utilizada para atender à demanda local por alguns dias, alguns meses ou por todo o ano. Geralmente, o cálculo é realizado na tentativa de atender a toda a demanda pelo maior período possível e com o menor custo de implantação (AMORIM E PEREIRA, 2008).

Segundo a NBR 15527/2007, os reservatórios devem atender à NBR 12217 e devem ser considerados no projeto: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Também a NBR 15527/2007 determina que para o dimensionamento do reservatório devem ser adotados critérios técnicos e econômicos, boas práticas de engenharia e, a critério do projetista, podem ser utilizados os métodos contidos em seu Anexo A ou outro desde que devidamente justificado.

O reservatório representa o item mais oneroso do sistema de captação e utilização de água pluvial devendo, portanto, ser dimensionado de forma bastante criteriosa. O custo do reservatório pode variar de 50% a 85% do custo total de um sistema de aproveitamento de água de chuva (ANNECCHINI, 2005). Assim sua escolha influencia diretamente na viabilidade financeira deste (COHIM, 2008).

### 3.8 Previsão de consumo de água

Estudos da Organização das Nações Unidas (ONU), apontam que cada pessoa necessita de 3,3 m<sup>3</sup>/mês de água - cerca de 110 litros por dia - para atender suas necessidades básicas de consumo e higiene. Por sua vez, Oliveira (2004), o consumo diário de água em uma habitação é de aproximadamente 200 litros por habitante, sendo consumido nas atividades domésticas indicadas na Tabela 4.

**Tabela 4 – Porcentagem consumida de água por atividade doméstica**

<b>Aparelhos</b>	<b>Consumo (%)</b>
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	5
Lavação de roupa	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de Jardins	3
Lavação de carros	1

Fonte: Oliveira (2004).

Em edificações residenciais, essa água é utilizada para diversos fins, como para beber, preparo de comida, higiene pessoal, limpeza domiciliar, limpeza do vestuário e entre outras funções que variam conforme o clima, a cultura, o poder aquisitivo e os hábitos alimentares (PEREIRA JÚNIOR, 2004).

O consumo predial é estimado, de forma geral, a partir de valores diários específicos ou consumo per capita, que é a quantidade de água necessária para suprir todas as necessidades de um empreendimento, de maneira que ao multiplicar esse valor pelo número de habitantes, é possível verificar o volume necessário de água para um dia. Valores médios de consumo per capita são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 – Estimativa de consumo de água diário per capita, segundo o tipo de localidade**

(continua)

<b>Prédio</b>	<b>Consumo (litros)</b>
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (s/cozinha e x/ lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito

**Tabela 5 – Estimativa de consumo de água diário per capita, segundo o tipo de localidade**

(conclusão)

<b>Prédio</b>	<b>Consumo (litros)</b>
Escolas – internatos	150 per capita
Escolas – externatos	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel
Lavanderias	30 por kg de roupas
Mercados	5 por m <sup>2</sup> de área
Matadouros – animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros – animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviço p/automóveis	150 por veículo
Cavaliarias	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m <sup>2</sup>

Fonte: Creder (2008).

### 3.9 Análise de investimento

A análise de investimento é entendida como uma operação intelectual que permite medir o valor de um projeto com base na comparação dos benefícios gerados, em relação ao capital investido e custos decorrentes no horizonte de planejamento ou vida útil do mesmo (MONTANHINI, 2008). Essa análise pode ser observada levando em conta a fonte de financiamento do capital aplicado, a avaliação econômica, objetivos do projeto e avaliação socioambiental, podendo ser realizada uma avaliação financeira, econômica e socioambiental.

Nesse sentido, a análise de investimento consiste, basicamente, em aplicar critérios que permitam identificar a escolha da alternativa mais interessante, assim como definir se é ou não justificável investir recursos financeiros na implementação do projeto (MONTANHINI, 2008), utilizando-se dos mais diversos métodos, denominados de métodos do Valor Anual Líquido, Custo Anual Uniforme, Taxa interna de Retorno, Valor Presente Líquido, Relação Benefício-custo e Prazo de Retorno (Pay-back), nas próximas seções esses três últimos métodos serão melhor discutidos, devido a ambos serem muito utilizados na análise de investimento, pelos quais se busca, entre outros princípios, definir uma alternativa que demonstre um adequado retorno financeiro e que seja economicamente atrativa.

### 3.9.1 Método do valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) consiste em transformar todos os custos e benefícios envolvidos no projeto em valores presentes (instante zero). A alternativa que possuir o maior VPL (benefícios menos custos envolvidos) será a mais atrativa economicamente (SAMANEZ, 2009). A Equação 3 expressa o cálculo do VPL.

$$\text{VPL} = \text{benefícios (valor presente)} - (\text{investimentos} + \text{custos atuais}) \quad (3)$$

### 3.9.2 Método da relação benefício-custo

Nesse método o projeto deverá ter a relação benefício/custo (B/C) maior ou igual a 1, a alternativa que tenha maior relação B/C será a selecionada, o intuito é que o benefício seja após a implantação do projeto maior que os custos do mesmo (MONTANHINI, 2008).

Segundo Montanhini (2008), a relação (B/C) deve ser interpretada da seguinte forma:  $B/C < 1$  inviável (benefícios menores que os custos),  $B/C = 1$  indiferente (benefícios iguais aos custos);  $B/C > 1$  viável (benefícios maiores que os custos).

Os custos de implantação do sistema estão inseridos gastos como: compra e instalação dos equipamentos e acessórios utilizados na captação, armazenamento e distribuição da água de chuva, tais como tubulações, calhas, filtros e construção do reservatório, além de custos de operação e manutenção do sistema ao longo da sua vida útil.

No caso da implantação do sistema de coleta, armazenamento e uso de água de chuva, o principal benefício tangível que pode ser observado é a não-necessidade de aquisição de água da rede pública, com consequente economia de água potável, uma vez que a água pluvial pode ser usada para fins menos nobres (ou não-potáveis).

Os benefícios pode-se definir como o que já não se gasta para obter a água que se precisa na residência e a relação B/C é a diferença entre o custo total para implantação e o custo que resta depois do passar do tempo dividido pelo custo total de implantação.

### 3.9.3 Método do prazo de retorno

O tempo de retorno de capital, o *pay-back*, indica quanto tempo é necessário para que os benefícios do projeto se igualem ao custo de investimento de implantação do sistema (SAMANEZ, 2009).

Esse prazo de retorno é determinado pela divisão entre o custo de implantação do sistema pelo benefício esperado (Equação 4).

Podemos dizer que o benefício seria a eliminação dos gastos com a conta de água proveniente do sistema da rede de abastecimento, portanto podemos chamar esse método de pay-back simples.

$$\text{Pay - back} = \text{custo de implantação/benefício esperado} \quad (4)$$

## **4 METODOLOGIA**

A pesquisa realizada para a elaboração desse trabalho é do tipo descritiva. Ela tem como objetivo analisar, observar, registrar e relacionar aspectos que envolvem fatos ou fenômenos, sem manipulá-los. Os fenômenos humanos ou naturais são investigados sem a interferência do pesquisador que apenas “procura descobrir, com a precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características (CERVO; BERVIAN, 2002).

Para a realização dessa pesquisa, foi necessário realizar uma ampla revisão bibliográfica, onde foram analisados temas como estudos hídricos, climáticos, cálculo do volume de água captável, balanço hídrico, oferta x demanda, verificação de normas aplicáveis ao dimensionamento hidráulico do sistema de captação, distribuição e armazenamento de água de chuva.

Para isso, foi feito o levantamento de projetos residenciais, dados cartográficos, hidroclimatológicos, fisiográficos e socioeconômicos da área de estudo. Esses dados foram tratados e posteriormente analisaram-se as alternativas de armazenamento e de distribuição da água de chuva para observar a aplicabilidade do sistema de captação. Em termos de custos foi feita uma análise econômico-financeira dos investimentos, levando em consideração condições técnicas, valor atual do investimento, tempo de retorno e análise custo-benefício das possíveis alternativas de projeto.

### **4.1 Caracterização da região e do objeto do estudo**

O Nordeste brasileiro abrange uma área de 1,54 milhão de quilômetros quadrados, que corresponde a 18% do território nacional e abriga 44,8 milhões de habitantes, que representam 28% da população brasileira. Nessa região, está inserido o semiárido brasileiro que ocupa uma área de 969.589 km<sup>2</sup> e abriga uma população de aproximadamente 21 milhões de habitantes (BRASIL, 2006), o mesmo se estende do norte do Piauí ao norte de Minas Gerais com a maior parte da sua área situada na região Nordeste (Figura 9).

**Figura 9 – Delimitação do semiárido nordestino**



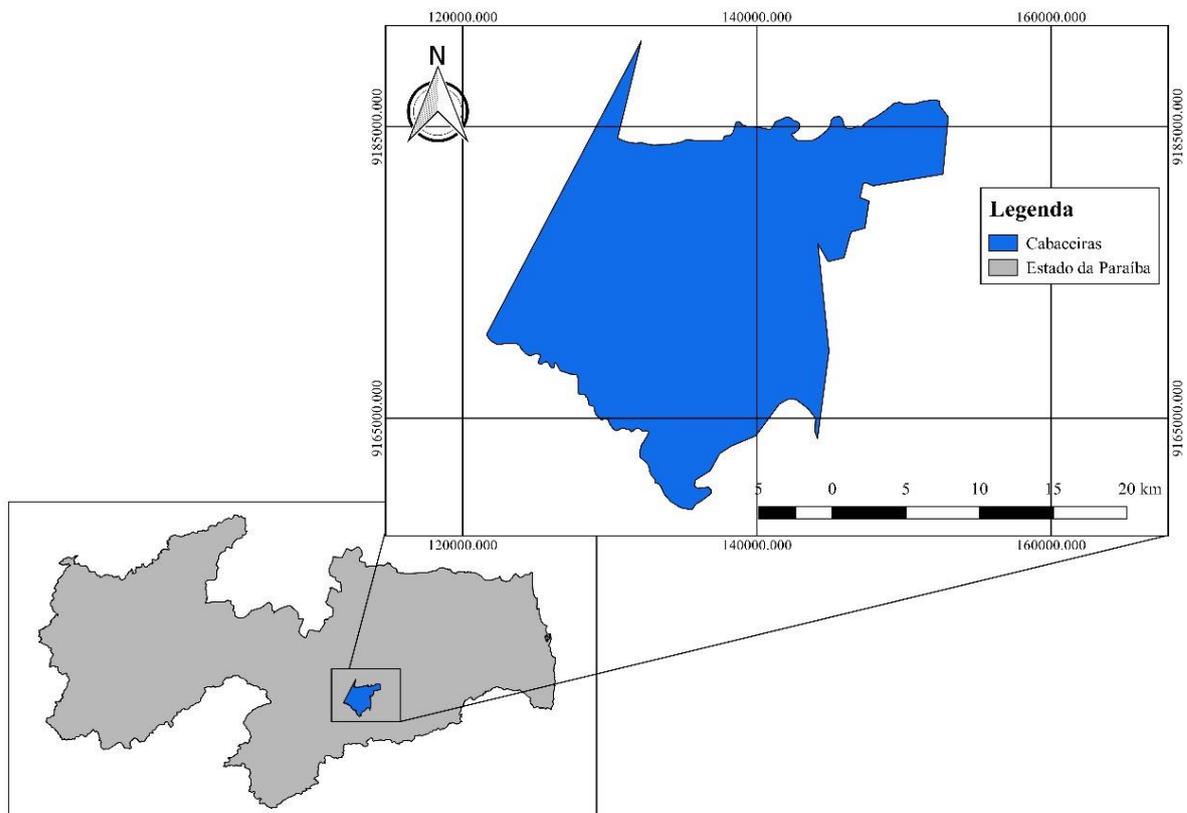
Fonte: ANA (2014).

O principal critério para delimitação física desse espaço foi estabelecido, considerando-se a isoietas de 800 mm, ou seja, todos os municípios que apresentaram, numa série histórica de pelo menos 30 anos, precipitações de até 800 mm estão incluídos no semiárido brasileiro. Com a aplicação desse critério, a região atualmente comporta 1262 municípios (SUDENE, 2017).

A região semiárida nordestina é caracterizada por clima quente e seco com temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, aridez sazonal, bem como deficiência hídrica e precipitações imprevisíveis. Possui como características ambientais singulares a distribuição irregular de chuvas e duas estações climáticas: o “inverno” e o “verão”. O verão corresponde à estação não chuvosa, com sete a nove meses de duração, enquanto que o inverno é o período chuvoso e permanece por no máximo cinco meses. As precipitações pluviométricas são, via de regra, inferiores à evapotranspiração potencial, caracterizando, então, o déficit hídrico regional (ANDRADE, PEREIRA E DANTAS, 2010). A proximidade com a linha do equador é outro contribuinte, já que as baixas latitudes condicionam elevadas temperaturas, além do número também alto de horas de insolação por ano. O clima constitui a característica mais importante do semiárido, principalmente devido à ocorrência das secas estacionais e periódicas (MENDES, 2003).

Do ponto de vista hídrico da região do semiárido a condição mais crítica se encontra no município de Cabaceiras – PB com média de chuvas anuais muito abaixo da média do semiárido, observando esse baixo índice de chuvas pode-se aplicar o sistema de captação e perceber que se der para a pior situação que é a de Cabaceiras também será aplicável para regiões onde a situação de chuvas é caracterizada como normal. O município de Cabaceiras – PB está localizado na microrregião do Cariri Oriental no estado da Paraíba, a sede municipal situa-se a 183,8 km da capital, João Pessoa Figura 10.

**Figura 10 – Localização da área de estudo**



Fonte: IBGE (2009).

#### **4.1.1 Situação do abastecimento de água**

Partindo da premissa de que Cabaceiras é do ponto de vista hídrico o pior caso de índices pluviométricos e que o abastecimento convencional de água para região semiárida se dá de forma semelhante, é possível usar o sistema de abastecimento de Cabaceiras como o pior caso e levar em consideração que se dá para o pior caso também se dará para casos considerados melhores.

A prestadora de serviços de água e esgotamento sanitário em Cabaceiras é a Empresa Paraibana de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), sociedade de economia mista de capital autorizado, tendo como acionista majoritário o Governo do Estado da Paraíba (CAGEPA, 2019).

A Empresa atende em 219 localidades no estado da Paraíba, a população urbana atendida com serviço de água é de 2.841.101 e a população urbana atendida com serviço de esgoto é de 880.253. A CAGEPA atende, prioritariamente, a população urbana de sua área de atuação, bem como uma parcela considerável da população rural localizada nas proximidades das cidades e dispersas ao longo de sistemas integrados (CAGEPA, 2019).

Segundo o SNIS (2013), 46,25% da cidade de Cabaceiras possui atendimento de água da CAGEPA o restante é abastecido por sistemas alternativos como por exemplo carros pipa, a média nacional é de 79,54% ficando o abastecimento da CAGEPA em Cabaceiras abaixo da média nacional. Também segundo o SNIS (2011) consumo médio per capita de água é de 132,5 l/hab.dia. Esse consumo médio de água pode ser complementado ou até substituído por fontes alternativas de abastecimento de água, como a captação da água de chuva.

#### ***4.1.2 Características de uma residência de porte médio***

O objeto de estudo é um modelo de residência de classe média que deve representar de forma geral as residências típicas da região do semiárido nordestino.

A residência é composta por varanda, sala de estar, hall, cozinha, um banheiro, dois quartos e uma área de serviço que é típica dessa região.

As declividades típicas dos telhados da região do semiárido são de uma ou duas águas, nesse trabalho optou-se por motivos de predominância nas residências os telhados de duas águas, onde as águas que derivam dos telhados vão alimentar o sistema.

As Figuras 11, 12 e 13 (Apêndice A) ilustram respectivamente uma vista 3d, planta baixa e planta de locação da residência.

#### **4.2 Dados pluviométricos usados para obter a oferta de chuvas a ser captada**

De acordo com a NBR 15.527, para o cálculo do volume de água de chuva aproveitável, deve-se utilizar a precipitação média anual, mensal ou diária. Desta forma, foram utilizados dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da SUDENE e AESA. Nessa região o regime pluviométrico possui uma distribuição

irregular espacial e temporal, que é uma característica do Nordeste brasileiro, em função disto a sua sazonalidade de precipitação concentra quase todo o seu volume durante os cinco meses no período chuvoso conforme os autores Silva (2004) e Medeiros (2015).

A Tabela 6 mostra os valores da precipitação histórica; os máximos e mínimos valores das precipitações observadas para o município de Cabaceiras no período de 1926 a 2015.

**Tabela 6 – Valores de precipitação histórica, máximos e mínimos mensais e anuais de chuva em (mm) para Cabaceiras – PB**

Parâmetros/meses	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
Precipitação histórica	23,0	39,5	58,0	58,4	41,8	43,2	36,1	14,7	5,1	3,8	4,5	10,1	338,3
Valores máximos abs.	279,2	183,8	386,0	271,2	184,8	176,0	154,8	71,0	50,0	91,4	45,0	157,0	775,5
Valores mínimos abs.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,8

Fonte: Medeiros (2015).

Segundo Medeiros (2015) a distribuição histórica da precipitação para o município de Cabaceiras ocorre entre os meses de fevereiro, março e abril, e apresenta uma quantidade média anual de 338,3 mm com 90 anos de observações. No período chuvoso - de janeiro a julho - correm 93,05% das chuvas anuais e no período seco - de agosto a dezembro - 16,02% das chuvas.

### 4.3 Estimativa da demanda

Em virtude da necessidade hídrica da região verifica-se que a água da chuva captada e armazenada será utilizada para todos os usos domésticos de uma residência de porte médio como higiene pessoal, lavar louça, beber, lavar roupa, limpeza da casa, irrigação de jardins e descarga do vaso sanitário.

Utilizando os parâmetros da Tabela 4 e com base no consumo médio de 132,5 l/h\*d para o município de Cabaceiras – PB pode-se estimar uma demanda de água mensal, considerando que na residência moram 4 pessoas (pais e dois filhos) como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 – Demanda de água em residência de porte médio no município de Cabaceiras – PB

USO	CONSUMO (%)	CONSUMO (L/d)	CONSUMO 4 PESSOAS (L/d)	CONSUMO 4 PESSOAS (L/mês)
Chuveiro	37	49,025	196,1	5883,0
Lavação de louça	6	7,95	31,8	954,0
Beber	5	6,625	26,5	795,0
Lavação de roupa	4	5,3	21,2	636,0
Limpeza da casa	3	3,975	15,9	477,0
Irrigação de Jardins	3	3,975	15,9	477,0
Descarga do vaso sanitário	41	54,325	217,3	6519,0
<b>Total =</b>			<b>524,7</b>	<b>15741,0</b>

Fonte: Próprio autor.

#### 4.4 Cálculo da área de coleta de água de chuva

Para fazer o cálculo da chuva captável pelo telhado, é necessário saber a área da cobertura da residência de porte médio, que foi dividido em duas águas. Com base nos elementos do projeto de arquitetura da residência e usando a Equação 2 – apresentada no capítulo de fundamentação teórica – é possível obter a área total de captação do telhado.

#### 4.5 Modelo do sistema de captação de água pluvial

Para criar o modelo de captação de água pluvial foram empregados equipamentos e materiais facilmente encontrados no semiárido nordestino, utilizando materiais em PVC da linha hidrossanitária, segundo a lista apresentada no Quadro 3.

**Quadro 3 – Materiais utilizados para condução da água**

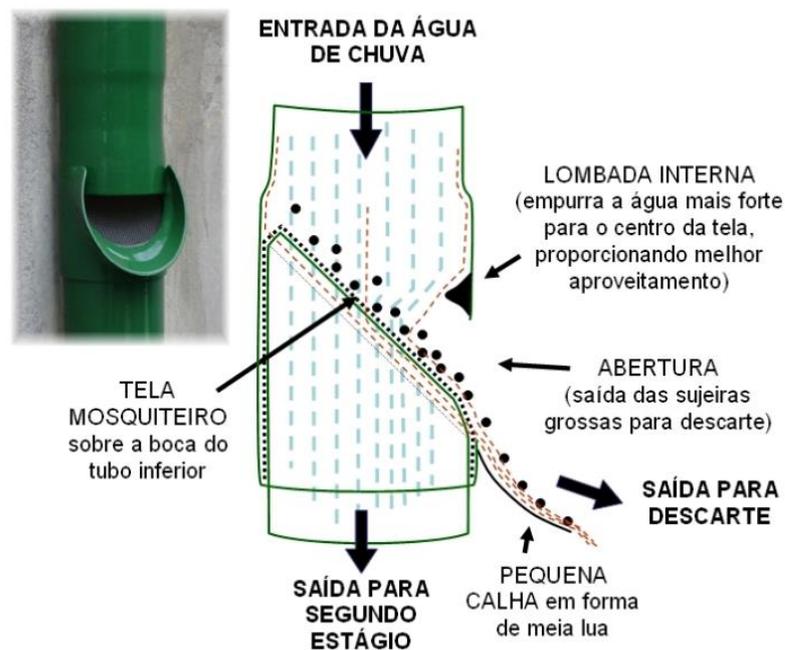
Filtro Auto Limpante	Joelho 90° 100mm
Tampão de 200mm	Joelho 90° 32mm
Bombona Plástico 200 litros	Registro globo
Geotêxtil	Redução de 200 para 100mm
Tubos de 100mm	Filtro Auto Limpante
Tubo de 200mm	Tampão de 200mm
Tubo 50mm	Bombona Plástico 200 litros
Tubos de 32mm	Geotêxtil
Tê de 100mm	Manta geotêxtil

Fonte: Próprio autor.

O sistema de captação difere um pouco dos sistemas comumente implantados na região pois o mesmo possui elementos para eliminar sólidos contidos na água captada e até microrganismos através de um mecanismo automatizado de remoção de sólidos, essa eliminação é de fundamental importância para posteriormente armazenar essa água por um período de tempo relativamente grande, para assim atender as necessidades de consumo durante a escassez.

O mecanismo do sistema é simples, o sistema inicia com a captação de água nas calhas horizontais que passa através de tubos de PVC até uma derivação chegando a pré-filtragem. No pré-filtro, ou filtro auto limpante (Figura 14), todas as partículas grosseiras são descartadas de forma automática para fora do sistema, a água e outras partículas menores que passam pelo pré-filtro são encaminhados para um reservatório de sedimentação vertical também chamado de *first flush*, a medida que vai entrando água, o nível desta vai subindo e as partículas sólidas menores vão se depositando no fundo desse reservatório de sedimentação vertical feito de um tubo de 200 mm, quando o nível de água alcançar uma certa derivação mais acima, esta água passará por um tubo horizontal de 100 mm escoando para um filtro de areia descendente para reter os microrganismos e outras partículas sólidas menores que não foram retidas no processo anterior, depois disso, a água fica armazenada em um reservatório.

**Figura 14 – Filtro auto limpante**



Fonte: Sempre Sustentável (2019).

Com o uso, na etapa de sedimentação as partículas vão se acumulando no fundo do tubo, necessitando assim de limpezas, essas limpezas se dão pela abertura de um registro.

Para produção do filtro foi utilizado um tambor/bombona de 200 litros, com o dimensionamento mínimos de camadas, para a camada de suporte foram utilizado britas comerciais tipo 1 ou 2, para camada de areia utilizado areia média, para proteger a camada de areia contra os choques causados pela água e auxiliar na filtragem foi sobreposto um geotêxtil filtrante.

A Tabela 3 e o Quadro 2 mostram as características e dimensões mínimas para o dimensionamento do filtro.

#### **4.6 Dimensionamento do reservatório**

O dimensionamento do reservatório depende principalmente da quantidade de água distribuída pela rede que será substituída por água pluvial. Contudo, além disso outras variáveis são limitantes para o cálculo do volume do reservatório, como a precipitação pluviométrica local, a área de captação, a demandas de água, os coeficientes de perdas que consideram o desperdício no descarte para limpeza, filtragem, captação e o volume de água que deve ser descartado no início de cada precipitação, para captação de uma água de melhor qualidade.

De acordo com o volume obtido no dimensionamento, o sistema pode ser utilizado para atender à demanda local por alguns dias, meses ou até por todo um ciclo hidrológico. Vale a pena destacar que um reservatório para esse sistema não pode permanecer por um longo período ocioso e seu dimensionamento pode variar de região para região, em função dos objetivos finais de implantação do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos (TOMAZ, 2003).

Para o dimensionamento do reservatório optou-se por um reservatório que armazenasse a água durante todo período de escassez, ou seja, toda água que será utilizada no período de estiagem será captada e armazenada no período chuvoso.

Esse modelo apesar de não estar contemplado na NBR 15.527, pode ser utilizado, pois a mesma indica que reservatórios podem ser instalados conforme as especificidades locais, desde que seja justificado. Assim foram considerados alguns critérios no dimensionamento.

Considerações para o dimensionamento do reservatório:

- O coeficiente de escoamento de 0,8 foi determinado de acordo com o Tabela 1, pois as edificações possuem telha cerâmica como cobertura.

- 2 mm da chuva captável será descarregada num reservatório separado, será a água do *first flush*, conforme determina a NBR 15.527.
- Nos períodos de chuva, toda água captada destinada para consumo será armazenada, tendo em vista que nesse período existirá água disponibilizada pela concessionária de água local.
- Para o cálculo do volume será utilizada a Equação 1.

#### 4.7 Tarifas da concessionária de água

Para o cálculo do valor da economia de água proporcionada pelo sistema de aproveitamento de água de chuva, utilizou-se a tarifa de água cobrada pela CAGEPA para faixas de consumo residencial, como mostra a Tabela 8.

É importante ressaltar que, para esse trabalho, não foi considerado o aumento no valor da cobrança de água devido a inflação ou outros fatores que provoquem esse aumento, porém, a cada ano, essa diferença traria mais benefícios, pois a cada ano o valor gasto com as contas pagas à concessionária seria maior.

**Tabela 8 – Estrutura tarifária da CAGEPA para residência**

FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	TARIFA NORMAL			
	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m <sup>3</sup>	37,91	30,33	68,24	80%
11 à 20 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	4,89	3,91		80%
21 à 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> ) 6,	6,45	5,81		90%
acima de 30 m <sup>3</sup> (p/m <sup>3</sup> )	8,76	8,76		100%

Fonte: CAGEPA (2018).

#### 4.8 Considerações para orçamentação

Será desconsiderada a Taxa Média Anual (TMA) e a inflação, a TMA atualmente é pequena e o valor com a conta de água é pequeno, outro motivo para a desconsideração da TMA é que o custo para implantação do sistema não irá render juros e sim amortecer a conta de água por um certo período ou até elimina-la. O TMA é uma taxa de juros usualmente aplicada no mercado financeiro para captação de recursos. Um exemplo desse tipo de taxa é a taxa “SELIC”,

também conhecida como taxa básica de juros da economia brasileira, definida pelo Comitê de Política Monetária do Banco Central do Brasil, que atualmente está no patamar de 6,5% a.a.

Para estimar o custo de execução do sistema de aproveitamento de água de chuva, é necessário levantar o quantitativo e o custo unitário dos serviços e insumos necessários a implantação do reservatório, filtro, tubulações, conexões e demais acessórios. Os custos com condutores verticais e horizontais (calhas) e a estrutura de telhado (área de captação) não são considerados, pois, comumente, estão inclusos na estrutura de instalações das residências.

Os preços indicados incluem também a mão-de-obra para a construção do reservatório e desconsidera a mão de obra para instalação dos tubos do sistema de captação visto que pode ser feito pelo próprio morador. Os custos para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e adequação das instalações hidrosanitárias foram estimados a partir de pesquisas de mercado e dos preços de referência estabelecidos pelo SINAPI/Caixa e EMLURB/Recife.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 O sistema de captação

O dimensionamento do modelo do sistema de captação (Apêndice B) está representado nas Figuras 15, 16, 17 e o dimensionamento do filtro na Figura 18.

### 5.2 Cálculo do volume de água captado

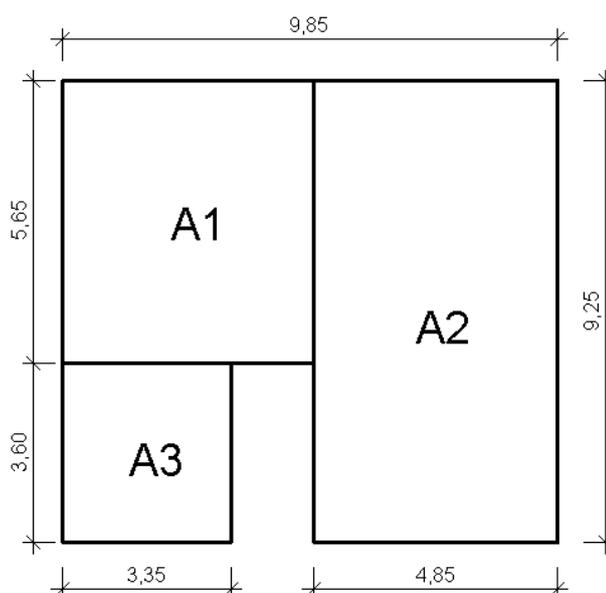
Com a finalidade de facilitar a lógica dos cálculos e usando a Equação 2, a área do telhado da residência padrão foi dividida em três, segundo a Figura 19. As áreas consideradas se encontram na Tabela 9.

**Tabela 9 – Área de captação do telhado**

ÁREAS	VALORES (m <sup>2</sup> )
Área 1	31,92
Área 2	50,88
Área 3	14,40
<b>Total</b>	<b>97,20</b>

Fonte: Próprio autor.

**Figura 19 – Subdivisão de Áreas do telhado**



Fonte: Próprio autor.

Tendo o valor da área captada e usando a Equação 1 obtém-se um volume captado de 26.306,2 litros de água ou 26 m<sup>3</sup>.

### 5.3 Cálculo do reservatório

A escolha do reservatório foi de geometria retangular observando a sua facilidade de construção em relação a um reservatório circular, em relação a profundidade procurou evitar um reservatório muito profundo, como também com uma área muito grande, tendo em vista as limitações do terreno, desta forma, para respeitar esses critérios foi adotada uma altura de 2,5 m e relações entre comprimento e largura de 1,5. De maneira que as dimensões do reservatório foram determinadas pela Equação 5.

$$V = hxA \quad (5)$$

Onde:

V = volume de água captada;

A = C x L = comprimento vezes largura = 1,5xL<sup>2</sup>;

h = altura.

Fazendo V igual a 26 m<sup>3</sup> e adotando a altura de 2,5 m obtem-se C igual a 5,4 m e L igual a 2,7 m.

### 5.4 Análise da oferta de chuva para atender a residência

A partir dos dados da Tabela 7 pode-se afirmar que, por mês, a residência necessita de 15.741,0 L de água, ou seja, aproximadamente 15,74 m<sup>3</sup> para atender a demanda mensal da mesma. Como mostrado, a região do semiárido tem período de 5 meses chuvosos logo nesse período não necessita de uso de água da reservação do sistema já que se pode usar a água do sistema de abastecimento convencional, tendo em vista que os mananciais estarão com volume de água para esse período. Para os 7 meses de escassez o volume de água a ser reservado é de 110 m<sup>3</sup> de água, ou seja, 7\*15,74 m<sup>3</sup>.

Tendo em vista que a demanda de uma família com quatro pessoas em uma residência de porte médio no período de escassez é de 110 m<sup>3</sup> e que o volume médio de chuva captado no município de Cabaceiras é de 26 m<sup>3</sup>, então neste local só é possível suprir 23,64% dessa

demanda, olhando as porcentagens de consumo na Tabela 4 pode-se estimar o consumo utilizados apenas para usos nobres como beber, lavar louça, tomar banho e cozinhar, com essa estimativa é possível abastecer 48,67% da demanda.

Sendo assim, o sistema de aproveitamento de água da chuva nesta localidade substitui parcialmente o abastecimento de água residencial, devido à baixa pluviosidade local. Contudo, o valor médio de pluviosidade anual no semiárido nordestino é de 800 mm, usando essa precipitação a quantidade de água será capaz de suprir 56,54% da demanda total da residência e 116,43% da demanda para usos nobres.

## **5.5 Orçamento do sistema de aproveitamento de água pluvial**

Os itens necessários para estimativa de custo do sistema, bem como suas unidades e medidas estão listados na Tabela 10 e Tabela 11 (Apêndice C).

Desse modo o orçamento para execução do reservatório de água pluvial do sistema de captação e de R\$ 13.128,17 (treze mil, cento e vinte e oito reais e dezessete centavos). Observando as Tabelas 10 e 11 percebe-se que o valor mais significativo foi o do reservatório, custando R\$ 12.574,81 (doze mil, quinhentos e setenta e quatro reais e oitenta e um centavos), já o valor das peças hidrosanitárias foi de R\$ 553,36 (quinhentos e cinquenta e três reais e trinta e seis centavos), ou seja, o reservatório foi responsável por 95,78% do valor gasto para implantação do sistema.

### ***5.5.1 Custos de operação e manutenção do sistema***

O horizonte do projeto é de 10 anos visto que a partir desse período podem aparecer alguns serviços de manutenção como reposição de peças e limpeza do reservatório. Foram desconsiderados os custos com operação e manutenção do sistema, pois a manutenção e operação se resume a controlar os registros e fazer as limpezas periódicas, além de ser barato isso pode ser feito pelos próprios moradores não incorrendo a custos.

## **5.6 Avaliação de investimento**

Antes de iniciar os cálculos deve-se lembrar que a precipitação para atender o sistema é de 338,3 mm e atende 23,64% da necessidade de consumo básico e 48,67% para consumo nobre. Para se estivar para todo semiárido com 100% da demanda atendida pode-se usar como

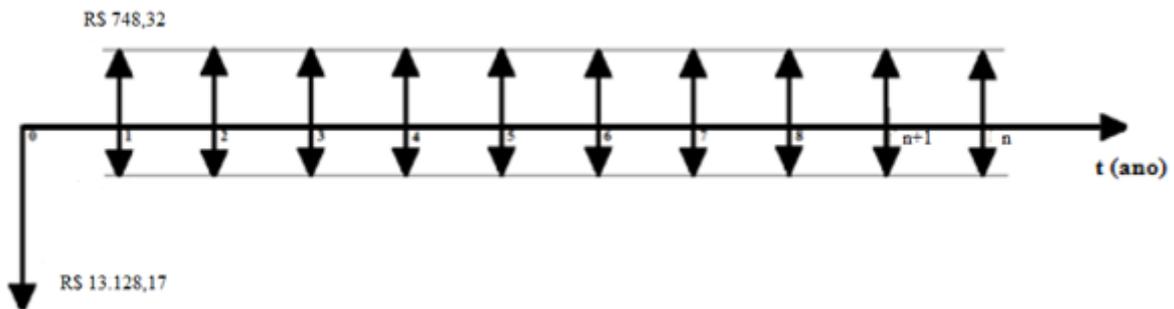
referência os custos por m<sup>3</sup> tomando como base o custo do reservatório para atender as situações menos favoráveis.

O principal benefício tangível é a não necessidade de aquisição de água da rede pública, uma vez que é utilizada a água pluvial para as atividades específicas já apresentadas.

Logo, para o consumo médio da residência de 15 m<sup>3</sup>/mês de água proveniente da CAGEPA, os valores cobrados pela concessionária é de R\$ 37,91 (trinta e sete reais e noventa e um centavos), para até 10m<sup>3</sup>, acrescentando R\$ 4,89 (quatro reais e oitenta e nove centavos) por m<sup>3</sup> de água consumida acima do volume mínimo, como tem-se 5 m<sup>3</sup> a mais que o volume mínimo considerado, se terá então em média uma conta mensal de R\$ 62,36 (sessenta e dois reais e trinta e seis centavos) totalizando uma despesa anual de R\$ 748,32 (setecentos e quarenta e oito reais e trinta e dois centavos).

Para o entendimento simplificado do fluxo de benefícios e custos do projeto ao longo do tempo, este é representado graficamente por um fluxo de caixa conforme a Figura 20, as receitas (benefícios do projeto) são representadas por setas (vetores) orientadas para cima e as despesas (investimento, custos de manutenção e operação) são representadas por setas (vetores) orientadas para baixo. Por convenção, o investimento (inicial) incide no instante 0, enquanto os benefícios e os custos ocorrem nos finais dos períodos considerados de 10 anos.

**Figura 20 – Fluxo de caixa para o sistema em estudo**



Fonte: Próprio autor.

A Tabela 12 apresenta resultados das análises de VPL e B/C, na coluna “investimento” foi considerado o valor do sistema. Para benefício anual, foram consideradas a não aquisição da água potável a partir daí determinou-se o VPL e B/C, o VPL se refere a diferença do benefício e os valores restantes anuais dos custos do investimento.

Para ser atrativo, o VPL deve ser positivo, portanto, conclui-se que o sistema é atrativo economicamente para um médio- longo prazo, o VPL é positivo em aproximadamente 18 anos.

Para a determinação do índice B/C, foi considerada a relação entre benefício e os custos da implantação do sistema. Pode-se verificar que a relação ao final do tempo de projeto foi maior que 1, o que conclui que o sistema é viável economicamente, isso como já foi mencionado, para um médio-longo prazo.

**Tabela 12 – Valores do VPL e B/C**

<b>INVESTIMENTO(R\$)</b>	<b>BENEFÍCIOS (R\$)</b>	<b>n (ano)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>B/C</b>
13.128,17	748,32	1	-12379,85	0,06
13.128,17	748,32	2	-11631,53	0,11
13.128,17	748,32	3	-10883,21	0,17
13.128,17	748,32	4	-10134,89	0,23
13.128,17	748,32	5	-9386,57	0,29
13.128,17	748,32	6	-8638,25	0,34
13.128,17	748,32	7	-7889,93	0,40
13.128,17	748,32	8	-7141,61	0,46
13.128,17	748,32	9	-6393,29	0,51
13.128,17	748,32	10	-5644,97	0,57
13.128,17	748,32	11	-4896,65	0,63
13.128,17	748,32	12	-4148,33	0,68
13.128,17	748,32	13	-3400,01	0,74
13.128,17	748,32	14	-2651,69	0,80
13.128,17	748,32	15	-1903,37	0,86
13.128,17	748,32	16	-1155,05	0,91
13.128,17	748,32	17	-406,73	0,97
13.128,17	748,32	18	341,59	1,03
13.128,17	748,32	19	1089,91	1,08
13.128,17	748,32	20	1838,23	1,14

Nota:

VPL – Valor Presente Líquido

B/C – Razão benefício custo

Fonte: Próprio autor.

### **5.6.1 Prazo de retorno do capital**

Como ao longo do trabalho não foi considerada a taxa de juros visto que as taxas são pequenas e o investimento para instalação não estará rendendo juros e sim amortecendo a quantia gasta com água da concessionária durante período, para cálculo do tempo de retorno

utilizou-se o tempo de retorno não descontado, ou seja, foram considerados apenas o custo de implantação e o benefício líquido periódico esperado:

$$TR = (\text{custo de implantação})/(\text{benefícios}) = 17,54$$

Ou seja, em 17 anos e 5 meses aproximadamente a residência já terá o retorno do capital investido na implantação do sistema, pois o capital que foi investido para implantação do reservatório já terá sido recuperado no aspecto econômico.

## 6 DISCUSSÃO

O sistema de captação de água pluvial como uma opção de abastecimento pode suprir ou substituir as necessidades de consumo básico de uma residência e se torna uma boa alternativa, pois não afeta agressivamente o meio ambiente como outras alternativas de acesso à água, como por exemplo, poços e grandes reservatórios, isto porque podem-se usar os telhados das residências. Os poços quando usados de forma demasiada rebaixa o lençol freático causando recalques na região e afetando possíveis biomas, já os grandes reservatórios têm impacto ambiental enorme, pois necessita de um grande volume de água, resultando assim em grandes áreas submersas e conseqüentemente matando animais e vegetações.

Para que o sistema de captação funcione na sua forma plena, isto é, que atenda a demanda de consumo básico durante todo o período de estiagem recomenda-se que se tenha uma área suficiente ou uma precipitação suficiente como já mencionado, as Tabelas 13 e 14 mostra duas condições para obter um volume de água suficiente para atender a demanda, na primeira tem uma área de captação fixa e precipitação variando e na segunda se tem uma precipitação média anual para o semiárido fixa e a área de captação variando.

**Tabela 13 – Precipitação média anual ideal com área de captação fixa para atender a demanda da residência**

(continua)

ÁREA m <sup>2</sup>	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME CAPTÁVEL (m <sup>3</sup> )	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	PORCENTAGEM (%)
97,2	350	27,22	110	25
97,2	400	31,1	110	28
97,2	450	34,99	110	32
97,2	500	38,88	110	35
97,2	550	42,77	110	39
97,2	600	46,66	110	42
97,2	650	50,54	110	46
97,2	700	54,43	110	49
97,2	750	58,32	110	53
97,2	800	62,21	110	57
97,2	850	66,1	110	60
97,2	900	69,98	110	64
97,2	950	73,87	110	67
97,2	1000	77,76	110	71
97,2	1050	81,65	110	74

**Tabela 13 – Precipitação média anual ideal com área de captação fixa para atender a demanda da residência**

(conclusão)

ÁREA m <sup>2</sup>	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME CAPTÁVEL (m <sup>3</sup> )	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	PORCENTAGEM (%)
97,2	1100	85,54	110	78
97,2	1150	89,42	110	81
97,2	1200	93,31	110	85
97,2	1250	97,2	110	88
97,2	1300	101,09	110	92
97,2	1350	104,98	110	95
97,2	1400	108,86	110	99
97,2	1450	112,75	110	103

Fonte: Próprio autor.

Analisando os dados das Tabelas 13 se conclui que uma precipitação ideal seria de aproximadamente 1400 mm anuais para uma área captável de 97,2 m<sup>2</sup>, Consequentemente, isso é impossível para a região semiárida, pois não se chega a essa precipitação, já analisando a Tabela 14 conclui-se que uma área ideal considerando a precipitação média anual de 800 mm seria de aproximadamente de 170 m<sup>2</sup>, isso significa que para casas de maior porte é mais viável esse tipo de sistema e para casas de menor porte menos viável.

**Tabela 14 – Área de captação ideal com precipitação média anual fixa para atender a demanda da residência**

(continua)

ÁREA m <sup>2</sup>	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME CAPTÁVEL (m <sup>3</sup> )	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	PORCENTAGEM (%)
100	800	64	110	58
110	800	70,4	110	64
120	800	76,8	110	70
130	800	83,2	110	76
140	800	89,6	110	81
150	800	96	110	87
160	800	102,4	110	93
170	800	108,8	110	99
180	800	115,2	110	105
190	800	121,6	110	111
200	800	128	110	116

**Tabela 14 – Área de captação ideal com precipitação média anual fixa para atender a demanda da residência**

(conclusão)

ÁREA m <sup>2</sup>	PRECIPITAÇÃO (mm)	VOLUME CAPTÁVEL (m <sup>3</sup> )	DEMANDA (m <sup>3</sup> )	PORCENTAGEM (%)
<b>210</b>	800	134,4	110	122
<b>220</b>	800	140,8	110	128
<b>230</b>	800	147,2	110	134
<b>240</b>	800	153,6	110	140
<b>250</b>	800	160	110	145

Fonte: Próprio autor.

Vale lembrar que na maioria das residências esses telhados já se encontram com áreas fixas, ou seja, já construídos, exceto em novas residências que se deseja instalar o sistema, para os casos em que se apresentam já com os telhados fixos uma alternativa para aumentar a área de captação seria aproveitar os recuos da residência e destinar essa água para fins não potáveis, ou seja, destinar essa água para descargas de sanitários, jardinagens, limpeza da casa, etc.

## 7 CONCLUSÃO

O sistema é economicamente viável a médio-longo prazo, não só observando os benefícios diretos, mas levando em consideração os benefícios indiretos, associados a melhoria ambiental, segurança hídrica, a possibilidade de usar a água poupada para outros fins, o cenário pode mudar drasticamente, podendo ser uma boa alternativa de combate ou auxílio aos longos períodos de seca na região semiárida.

É possível verificar que mesmo para um volume de captação que atenda toda a demanda da residência ainda não será economicamente viável a curto prazo, pois os custos para abastecer a residência com 4 pessoas com água da concessionária será o mesmo para essa situação, isto é, R\$ 748,32 (setecentos e quarenta e oito reais e trinta e dois centavos) anuais, portanto analisando os dados o sistema fica viável a curto prazo quando se tem em conjunto uma grande demanda e um grande volume de água captável, que depende como foi dito, da área de captação e da precipitação local.

Em relação a uma alta demanda o sistema será viável a curto prazo pelo fato de se ter um maior benefício, já um maior volume captável atenderá todas as necessidades da residência.

Com as características socioeconômica da região e os dados espaciais observados percebe-se que o sistema no ponto de vista de suprir ou amenizar as necessidades de água no semiárido nordestino é viável, pois soluciona parcial ou total a problemática da falta de água e olhando do ponto de vista econômico é viável a médio-longo prazo.

Em resumo o sistema seria apropriado para residências maiores, na região de Cabaceiras para casas pequenas o sistema substitui em parte a demanda visto que Cabaceiras tem o pior índices de chuvas da região semiárida.

## REFERÊNCIAS

- AGENCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Disponível em:  
<<http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=76&currTab=simple>>.  
Acessado em 04 de jun. de 2019
- ANDRADE, E.; PEREIRA, O.; DANTAS, E. **Semiárido e o manejo dos recursos naturais**. Fortaleza: Imprensa Universitária-UFC, 2010.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**, Vitória, 2005.
- AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007. 12 4p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro, 1992. 18 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. COORDENAÇÃO-GERAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL. **Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**, Coordenação Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- CAGEPA – COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTOS DA PARAÍBA. **Estrutura tarifária cagepa**. João pessoa, 2018. Disponível em: <[http://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/ESTRUTURA-TARIF%C3%81RIA-2018\\_PUBLICADA.pdf](http://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2015/01/ESTRUTURA-TARIF%C3%81RIA-2018_PUBLICADA.pdf)>  
Acesse em: 4 jun. 2019.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CONAMA (Brasil). **Resolução nº 357**, de 17 Março de 2005.

COOZA, A. **Soluções Ecológicas: Sistema para captação de água da chuva**. Disponível em <<http://www.clareando.com.br/interno.asp?conteudo=solucoes>>. Acesso em: 04 de jun. de 2019.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6. ed. LTC, 2006.

DI BERNARDO L. & DANTAS, A. D. (2005) **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2 ed. São Carlos: RIMA. 1566 p.

EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, 1989.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1988.

GONÇALVES, R. F. **Uso Racional da Água em Edificações**. 1 ed. Vitória, ES: ABES, 2006.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água da chuva**. Makoto Murase (Org.). Tradução: Massato Kobiyama; Cláudio Tsuyoshi Ushiwata; Manoela dos Anjos Afonso. Tradução de: Yatte Miyo Amamizu Riyo. Curitiba: Organic Trading, 2002, 196p.

Gould, J; Nissen-Peterson, E. **Sistemas de Captação de Água da Chuva para o Fornecimento Interno: Projeto, Construção e Implementação**. Intermediate Technology Publications, Londres, 335, 1999.

KELMAN, J. **Água. Memórias do Fórum Natureza e Sociedade nos Semi-áridos / Francisco de Assis Souza Filho e Antonio Divino Moura (Orgs.)**. - Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil; Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2006.

LEE, K. T. et al. **Probabilistic design of storage capacity for rainwater cisterna systems**. J. agric. Engng Res, v. 3, n. 77, p. 343-348, 2000.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2 ed. Campinas: Editora ÁTOMO, 2008.

LIMA, J. A. **Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia**. Eng Sanit Ambient, v. 16, n. 65, p. 291–298, 2011.

LORENO, Â. **Água com Consciência**. Disponível em: <[www.ecopress.org.br](http://www.ecopress.org.br)> Acesso em: 22 de abr. de 2019.

MARIS, S.; CHRISTAN, P. **Sizing rainwater harvesting reservoirs: a comparison between methods of ABNT NBR 15527:2007 and of Municipal Decree 293/2006 from the city of Curitiba, PR**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 10, n. 519, p. 219–231, 2010.

MEDEIROS, R. M. **Estudo Agrometeorológico para o Estado da Paraíba**. Divulgação avulsa p.123. 2015.

MEDEIROS, R. M.; SOUSA, E. P.; GOMES FILHO, M. F. **Ocorrência de eventos extremos de precipitação em Campina Grande – Paraíba, Brasil. Multidimensão e territórios de risco**. presented at the 2014. Coimbra, P.437-440. Disponível em: <<https://digitalis.uc.pt/pt-pt/content/livro?page=1&id=34789>> Acesso

MENDES, M. R. A. **Florística e fitossociologia de um fragmento de caatinga arbórea, São José do Piauí, Piauí**. 2003. 110f. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - **Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Ministério do meio ambiente, Brasília, 2005.

MONTANHINI, L. R. A. **Economia de engenharia**. 2008 – Material didático. Disponível em: <[www.dtt.ufpr.br](http://www.dtt.ufpr.br)>. Acesso em: 04 jun. de 2019.

OLIVEIRA, Y. M. **Uso do balanço hídrico seriado para dimensionamento de estrutura de armazenamento de água das chuvas: estudos de casos**. 2004. 73f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Até 2030 planeta pode enfrentar déficit de água de até 40%, alerta relatório da ONU**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/ate-2030-planeta-pode-enfrentar-deficit-de-agua-de-ate-40-alerta-relatorio-da-onu/>> Acesso: 21 de janeiro 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J. S. P. **Recursos Hídricos – Conceituação, disponibilidade e usos.** [S.l.]: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2004.

**Revista Eletrônica da associação dos Geógrafos Brasileiros** seção Três Lagoas nº 12 Ano 7, novembro 2010/ISSN 1808-2653  
TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **Plano de águas do Estado 1997.** Disponível em: < <http://www.twdb.texas.gov/waterplanning/swp/1997/index.asp>>. Acesso em: 04 jun. de 2019

SAMANEZ, C. P. **Matemática Financeira: uma aplicação à análise de investimentos.** Editora Pearson/Prentice Hall, 2008.

SILVA, M. C. C.; MARTINS, J. R. S. **Reuso de Águas Servidas: Sistemas de Abastecimento de Água em Condomínios Residenciais Verticais e Horizontais,** 2000.

SILVA, M. C. L.; BRITO, J. I. B.; COSTA, A. M. N. PROPOSTA DE MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NO ESTADO DA PARAÍBA UTILIZANDO A TÉCNICA DOS QUANTIS. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII,** Fortaleza - CE. Anais... SBMET.2004.

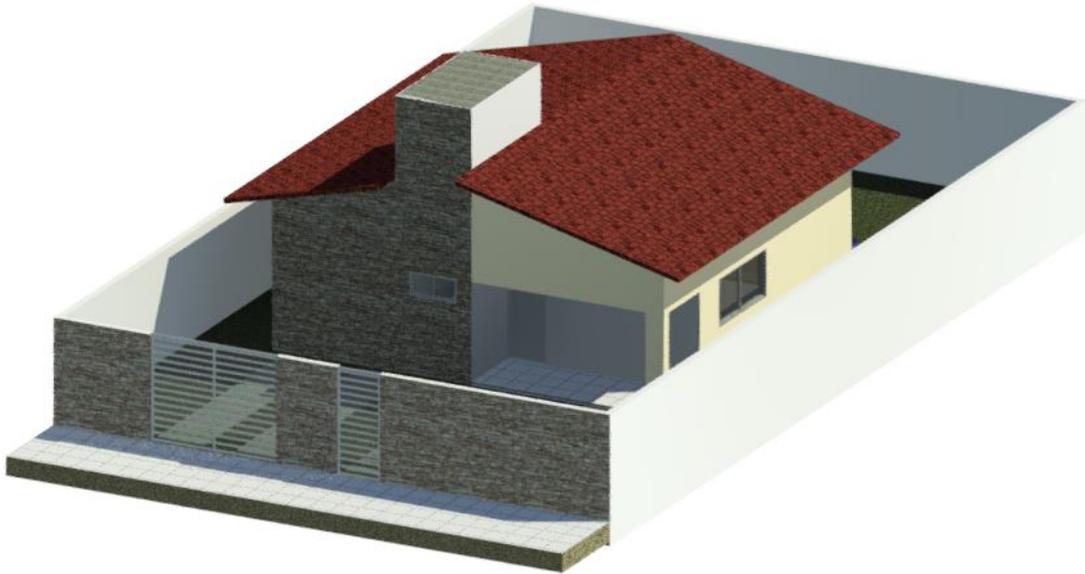
TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 2ª Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3.ed. Porto Alegre: ABRH, 2004.

VALENCIA, J. A. **Teoría, diseño y control de los procesos de clarificación del agua.** Lima: CEPIS, 1973.

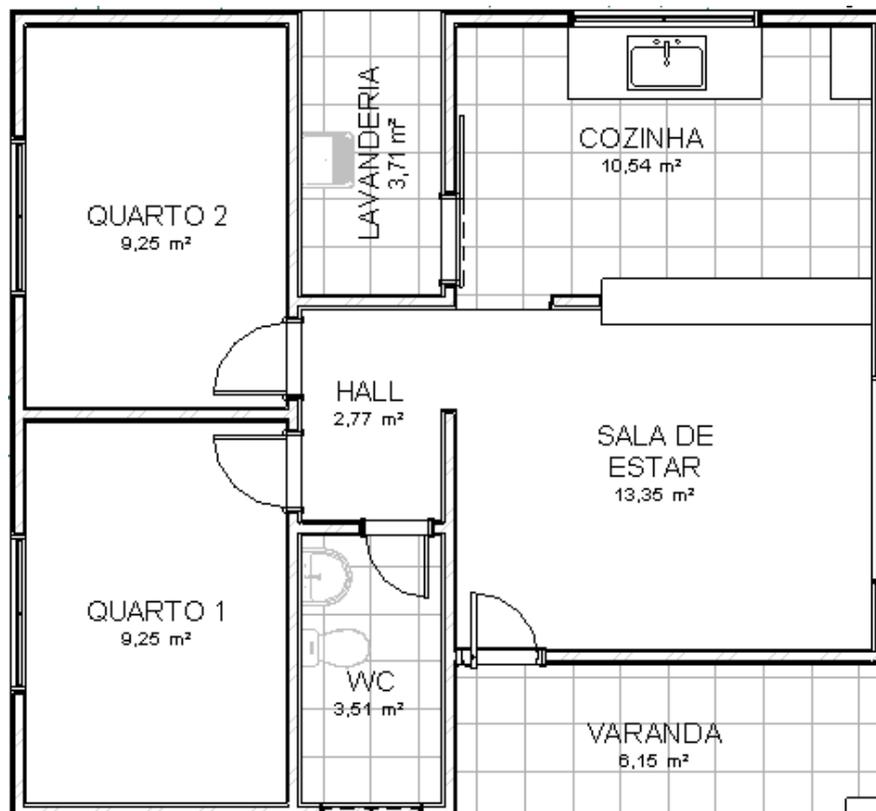
## APÊNDICE A – MODELO DA RESIDÊNCIA

Figura 11 – Vista 3d da residência

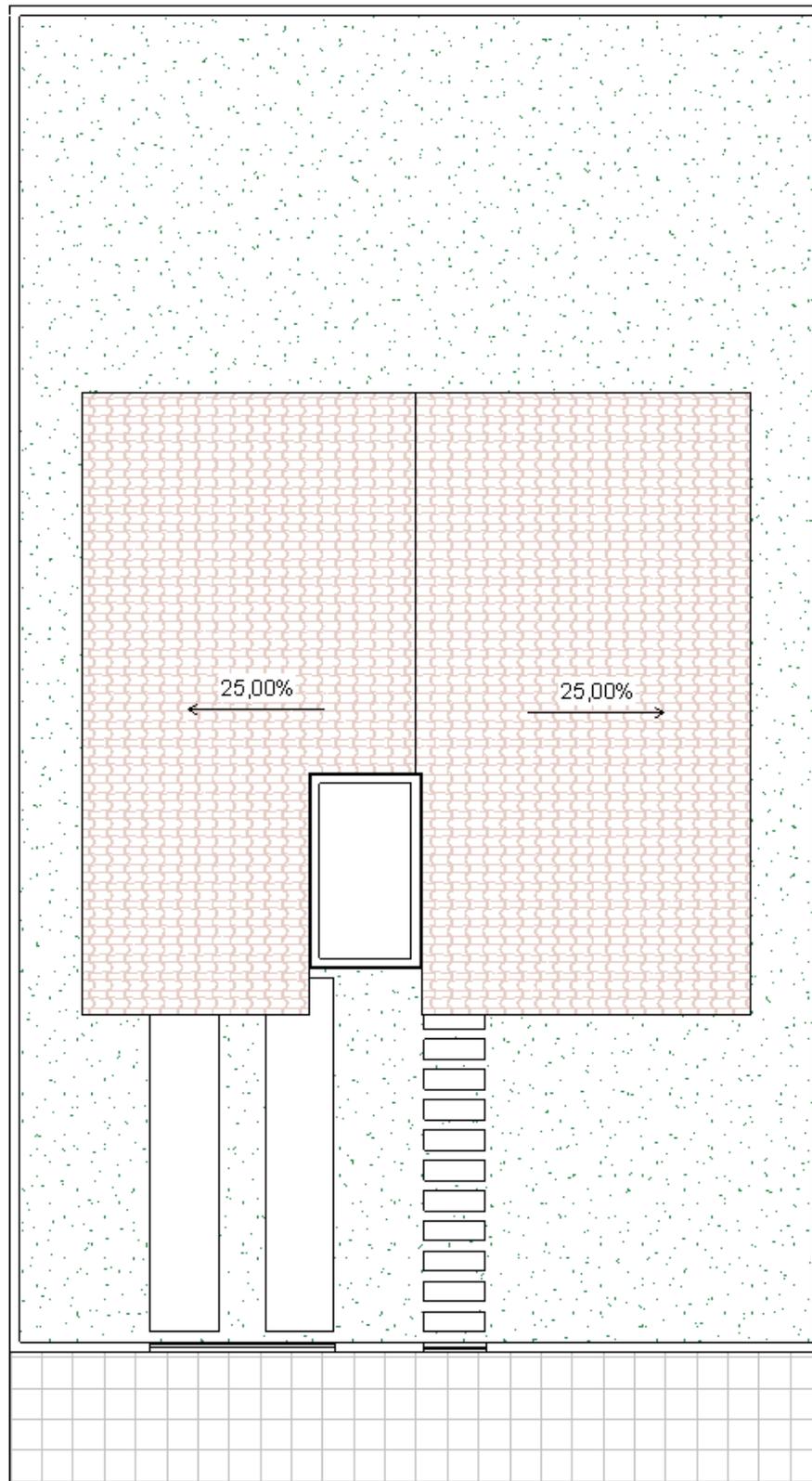


Fonte: Próprio autor.

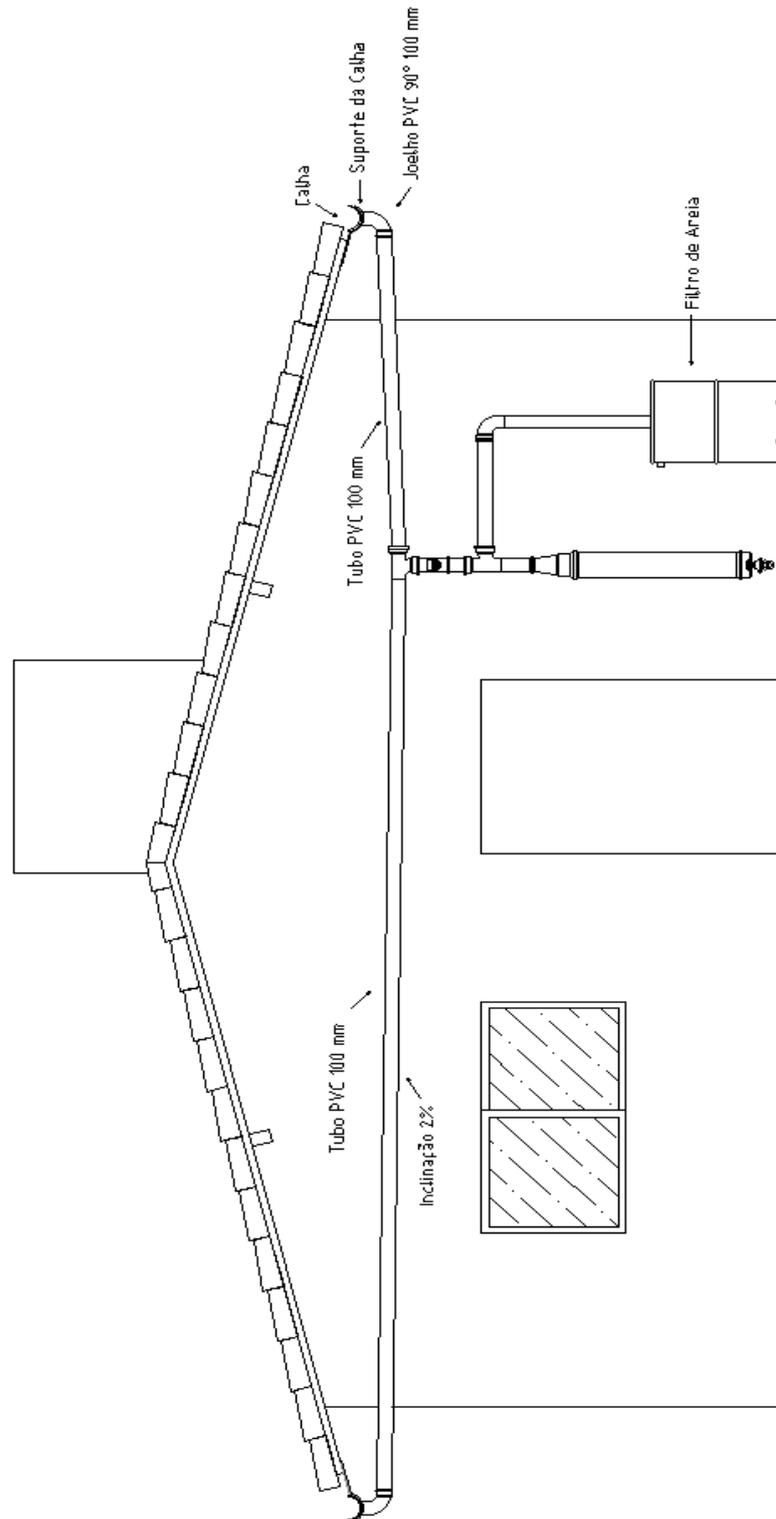
Figura 12 – Planta baixa da residência



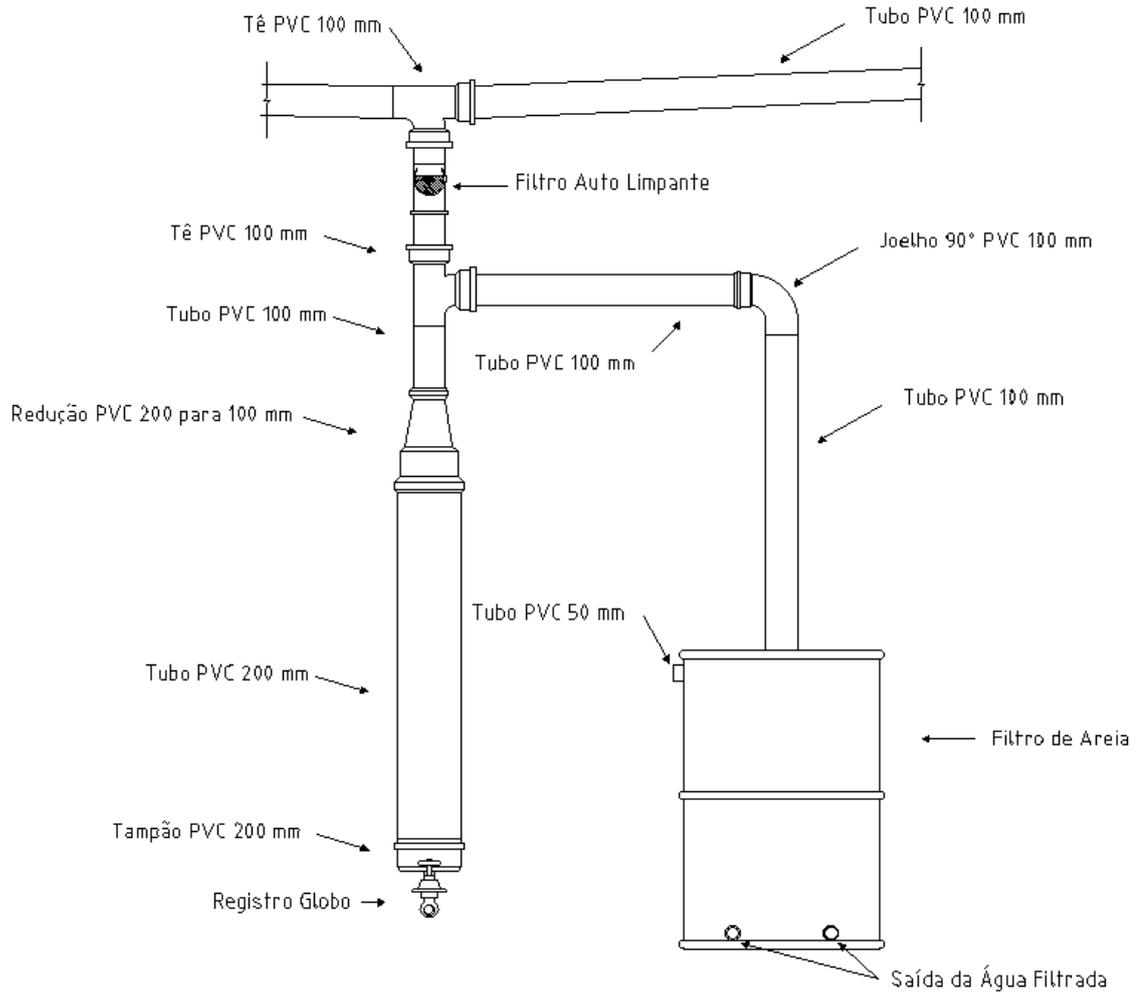
Fonte: Próprio autor.

**Figura 13 – Planta de locação da residência**

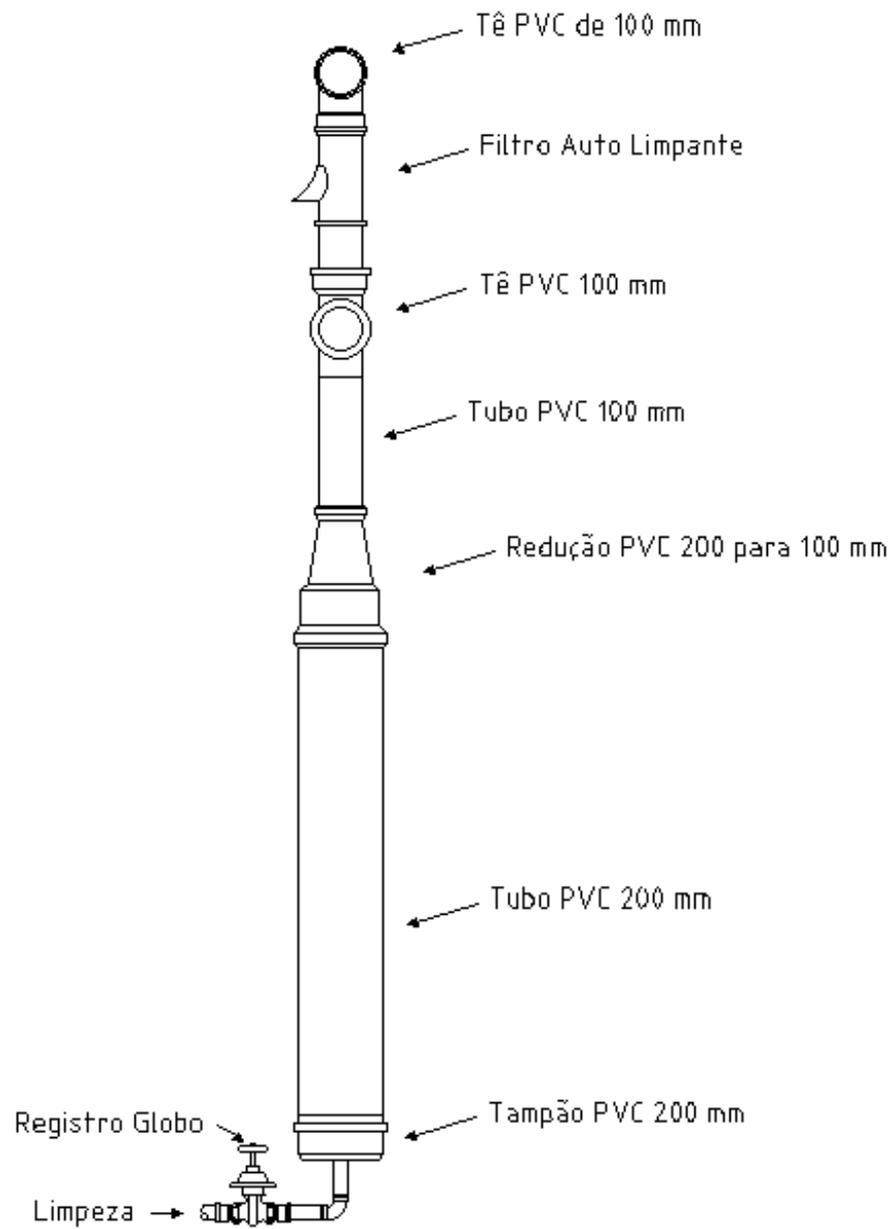
Fonte: Próprio autor

**APÊNDICE B – MODELO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO****Figura 15 – Sistema de captação**

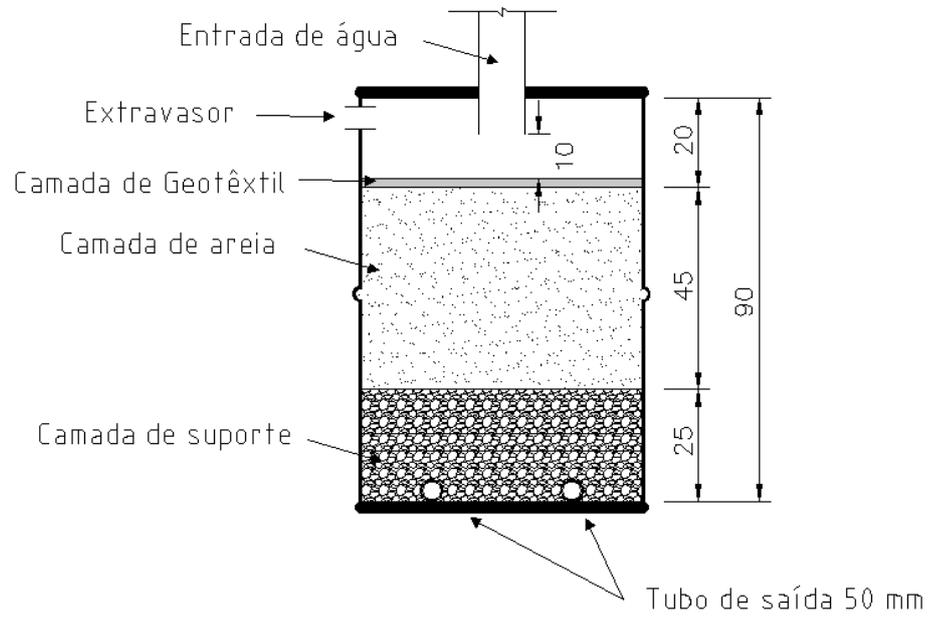
Fonte: Próprio autor.

**Figura 16 – Vista frontal do sistema de captação**

Fonte: Próprio autor.

**Figura 17 – Vista lateral do sistema de captação**

Fonte: Próprio Autor.

**Figura 18 – Filtro de areia descendente**

Fonte: Próprio autor.

**APENDICE C - ORÇAMENTO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL**

**Tabela 10 – Orçamento do reservatório**

(continua)

<b>FONTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>QUANT.</b>	<b>P UNIT (R\$)</b>	<b>P TOTAL (R\$)</b>
<b>05.01.030 (EMLURB)</b>	ESCAVAÇÃO MANUAL EM TERRA ENTRE 1,5 M E 3,0 M, SEM ESCORAMENTO	<b>m<sup>3</sup></b>	26,00	30,17	784,42
<b>10279/003 SINAPI</b>	APILOAMENTO MANUAL DE VALAS EM CAMADAS DE 20 CM DE ESPESSURA	<b>m<sup>3</sup></b>	2,92	20,95	61,17
<b>83534 (SINAPI)</b>	LASTRO DE CONCRETO, PREPARO MECÂNICO, INCLUSO ADITIVO IMPERMEABILIZA NTE, LANÇAMENTO E ADENSAMENTO	<b>m<sup>3</sup></b>	0,73	421,26	307,52
<b>06.01.055 (EMLURB)</b>	FORMAS PARA CONCRETO ARMADO EM QUALQUER TIPO DE ESTRUTURA, COM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA TIPO RESINADA DE 12 MM, INCLUSIVE ESCORAMENTO	<b>m<sup>2</sup></b>	40,50	77,87	3.153,74
<b>06.03.092 (EMLURB)</b>	CONCRETO ESTRUTURAL, FCK 25 MPA, CONDIÇÃO A, LANÇADO EM ESTRUTURAS E ADENSADO	<b>m<sup>3</sup></b>	9,28	496,55	4.607,98

Tabela 10 – Orçamento do reservatório

(conclusão)

<b>FONTE</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UND</b>	<b>QUANT.</b>	<b>P UNIT (R\$)</b>	<b>P TOTAL (R\$)</b>
<b>06.02.030 (EMLURB)</b>	FERRO CORTADO, DOBRADO E COLOCADO NA FORMA, EM INFRAESTRUTURA (CA-60)	<b>Kg</b>	383,64	9,31	3.571,69
<b>74073/001 (SINAPI)</b>	ALÇAPÃO DE FERRO 60X60CM, INCLUSO FERRAGENS	<b>Um</b>	1,00	88,29	88,29
				<b>TOTAL</b>	<b>12.574,81</b>

Fonte: Próprio autor.

Tabela 11 – Orçamento das peças hidrosanitárias do sistema de captação

(continua)

FONTE	DESCRIÇÃO	UND.	QUANT. INICIAL	P UNIT (R\$)	P TOTAL (R\$)
<b>X</b>	<b>INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS</b>				
<b>00003520 (SINAPI)</b>	JOELHO PVC, SOLDABEL, PB, 90 GRAUS, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	<b>un</b>	3,00	4,91	14,73
<b>00009836 (SINAPI)</b>	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 100 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	<b>m</b>	12,50	8,65	108,13
<b>(Orçado)</b>	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 200 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	<b>m</b>	1,10	45,00	49,50
<b>00007091 (SINAPI)</b>	TE SANITARIO, PVC, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	<b>un</b>	2,00	9,44	18,88
<b>00006017 (SINAPI)</b>	REGISTRO GAVETA BRUTO EM LATAO FORJADO, BITOLA 1 1/4 " (REF 1509)	<b>un</b>	1,00	48,05	48,05
<b>00003536 (SINAPI)</b>	JOELHO PVC, SOLDABEL, 90 GRAUS, 32 MM, PARA ÁGUA FRIA PREDIAL	<b>un</b>	1,00	1,47	1,47
<b>00003526 (SINAPI)</b>	JOELHO PVC, SOLDABEL, PB, 90 GRAUS, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL	<b>un</b>	2,00	1,48	2,96
<b>(orçado)</b>	REDUÇÃO EXCÊNTRICA ESGOTO 150X100MM	<b>un</b>	1,00	27,99	27,99
<b>00042705 (SINAPI)</b>	TAMPAO COMPLETO PARA TIL, EM PVC, OCRE, DN 200 MM, PARA REDE COLETORA DE ESGOTO	<b>un</b>	1,00	49,79	49,79

Tabela 11 – Orçamento das peças hidrosanitárias do sistema de captação

					(conclusão)
(orçado)	<b>TAMBOR 200 LITROS PLÁSTICO + AGREGADOS</b>	un	<b>1,00</b>	<b>200,00</b>	<b>200,00</b>
<b>00009838</b>	TUBO PVC SERIE NORMAL, DN 50 MM, PARA ESGOTO PREDIAL (NBR 5688)	<b>m</b>	6,00	5,31	31,86
				<b>TOTAL</b>	<b>553,36</b>

Fonte: Próprio autor.