



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

CARLOS EDUARDO DA SILVA

**ANÁLISE DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO DE
INVESTIMENTO EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA
CHUVA PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES COM FINS
NÃO POTÁVEIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

**Florianópolis
2017**

Carlos Eduardo da Silva

**ANÁLISE DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO DE
INVESTIMENTO EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA
CHUVA PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES COM FINS
NÃO POTÁVEIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Engenharia de
Produção Civil da Universidade
Federal de Santa Catarina, como parte
dos requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel
Christian Henrique.

Florianópolis
2017

Carlos Eduardo da Silva

**ANÁLISE DO TEMPO DE RECUPERAÇÃO DE
INVESTIMENTO EM SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE
CHUVA PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES COM FINS
NÃO POTÁVEIS NO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido e julgado adequado
para obtenção do Título de “Engenheiro Civil”

Florianópolis, 21 de novembro de 2017.

Prof.^a. Dr.^a. Marina Bouzon
Coordenadora do Curso

Prof. Dr. Daniel Christian Henrique
Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Antonio Cezar Bornia

Prof. Dr. Eduardo Ferreira da Silva

Este trabalho é dedicado à todas as
pessoas que desejam fazer deste
planeta um lugar melhor para se viver
no futuro.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo tempo que privaram da minha convivência durante o curso e a confecção desse trabalho.

Ao Professor Daniel Christian Henrique pela paciência e atenção que teve comigo durante o longo período de orientação.

Aos Professores membros da banca examinadora, por terem aceitado o convite.

Aos Professores e colegas com quem troquei ideia sobre este tema, enquanto fazíamos trabalhos de aula onde o mesmo era discutido.

Os recursos hídricos são renováveis, mas as quantidades disponíveis em qualquer tempo ou lugar refletirão os limites do seu ciclo natural. Quando gerenciados dentro desses limites, eles estabelecem uma base sustentável para o desenvolvimento. Ir além desses limites, ou utilizar mal o recurso por meio de padrões não sustentáveis de crescimento, pode enfraquecer o desenvolvimento, comprometer a saúde de ecossistemas e empobrecer comunidades vulneráveis.
(UNESCO, 2015).

RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo analisar o tempo de recuperação de investimento em sistemas de captação de água de chuva, para utilização em residências unifamiliares no Estado de Santa Catarina. Foram analisadas residências localizadas em cinco cidades do Estado, para verificar o comportamento com diferentes níveis de pluviosidade e com número de habitantes variando de três a cinco pessoas e ainda com vários tamanhos de telhados, de modo a ser possível a análise de várias configurações residenciais. Foi desenvolvido um sistema computacional para determinar o volume ótimo do reservatório para cada configuração. A análise financeira, foi feita utilizando o método do período de recuperação de capital. Por meio de uma pesquisa de preços, levantou-se o custo da implantação do sistema em cada residência, obtendo-se o investimento inicial e, levando em conta a economia de água proporcionada pela utilização do sistema, calculou-se o número de meses necessários para a recuperação do investimento. Constatou-se que de maneira geral é um investimento economicamente viável, principalmente para famílias que tenham um grande consumo de água e em cidades que tenham um maior custo da água. Cidades com um índice pluviométrico maior também são mais favorecidas, pois necessitam uma infraestrutura que exija um investimento inicial menor.

Palavras-chave: Água de Chuva. Água - Consumo per capita. Água não potável. Tarifa de água. Análise de Investimento.

ABSTRACT

This work aims to analyze the capital recovery time in rainwater harvesting systems for use in single family homes in the state of Santa Catarina. Residences located in five cities of the state were analyzed in order to verify the results with different levels of rainfall, considering a population of three to five people and several sizes of roofs, in order to allow the analysis of several residential configurations. A computational system was developed to determine the optimal reservoir volume for each configuration. The financial analysis was made using the capital recovery method. Through a price survey, the cost of installing the system in each residence was calculated, obtaining the initial investment and, considering the water saving provided by the use of the system, the number of months required for the recovery of the investment was calculated. It has been found that in general it is an investment that is economically viable, especially for families that have a high consumption of water and in cities that have a higher cost of water. Cities with a higher rainfall index are also more favored because they require an infrastructure that needs a lower initial investment.

Keywords: Rain water. Water - Per capita consumption. Non-potable water. Water Price. Investment Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema Instalação do Sistema de Coleta de Água de Chuva..	41
Figura 2 - Precipitação Média Mensal.....	50
Figura 3 - Tela entrada dados do dimensionamento reservatórios.....	51
Figura 4 – PayBack cidade Florianópolis.....	64
Figura 5 – PayBack cidade Chapecó	65
Figura 6 - PayBack cidade Içara.....	66
Figura 7 - PayBack cidade Joinville	67
Figura 8 - PayBack Cidade Lages	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade Hídrica por Bacia Hidrográfica.....	31
Tabela 2 - Consumo de Água por Habitante.....	33
Tabela 3 - Consumo de água nas cidades de Malvern e Mansfield.....	34
Tabela 4 - Perfil do Consumo Doméstico de Água	35
Tabela 5 - Usos Finais de Água por Aparelho.....	36
Tabela 6 - Padrão Microbiológico de água para consumo humano.....	40
Tabela 7 - Padrão de Turbidez para Água Pós-Filtração.....	40
Tabela 8 - Frequência de Manutenção dos Componentes do Sistema...	43
Tabela 9 - Precipitação Média Anual.....	49
Tabela 10 - Demanda diária de água das famílias	51
Tabela 11 - Dimensionamento Reservatório utilizando Método de Rippl Local – Florianópolis, ano – 2016, telhado - 100m ² , 3 - habitantes.....	53
Tabela 12 - Dados Considerados Para a Simulação.....	54
Tabela 13 - Análise Para Vários Tamanhos de Cisterna Local Florianópolis, Telhado 100m ² , 3 Habitantes.....	54
Tabela 14 - Balanço Hídrico Para Cisterna 5.000 Litros Local Florianópolis, Telhado 100m ² , 3 Habitantes.....	55
Tabela 15 - Custos de Reservatórios.....	56
Tabela 16 - Custo de Calhas e Condutores	57
Tabela 17 - Tarifa Energia Elétrica.....	58
Tabela 18 - Tributo de ICMS Energia Elétrica.....	58
Tabela 19 - Custo e Consumo de Energia Elétrica	59
Tabela 20 - Tarifa Água Concessionária.....	59
Tabela 21 - Custo e Consumo de Água.....	60
Tabela 22 - Custo e Consumo e Água.....	60
Tabela 23 - Custo e Consumo de Água.....	60
Tabela 24 - Período de Recuperação de Capital	62
Tabela 25 - Demonstrativo econômico para a cidade de Florianópolis	63
Tabela 26 - Demonstrativo econômico para a cidade de Chapecó.....	64
Tabela 27 - Demonstrativo econômico para a cidade de Içara.....	65
Tabela 28 - Demonstrativo econômico para a cidade de Joinville	66
Tabela 29 - Demonstrativo econômico para a cidade de Lages	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
BDMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CELESC	Centrais Elétricas de Santa Catarina SA
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
FAO	Food and Agriculture Organization of United Nations
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBC	Índice Benefício / Custo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Ministério de Estado da Saúde
NBR	Norma Brasileira
PVC	Policloreto de Polivinila
ROI	Retorno sobre o Investimento
SAVEH	Sistema de Auto avaliação da Eficiência Hídrica
SES/SP	Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
TIR	Taxa Interna de Retorno
TMA	Taxa mínima de atratividade
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1.	Introdução.....	23
2.	Objetivos	25
2.1	Objetivo Geral.....	25
2.2	Objetivos Específicos.....	25
3.	Revisão Bibliográfica	27
3.1	Importância da água.....	27
3.2	Ciclo Hidrológico.....	28
3.3	Precipitações	29
3.4	Disponibilidade Hídrica	30
3.5	Disponibilidade Hídrica no Brasil.	30
3.6	Disponibilidade Hídrica no Mundo	32
3.7	O consumo de água potável	33
3.8	Perfil do consumo residencial e usos finais da água	34
3.9	Qualidade da Água.....	36
3.10	Padrão Microbiológico da Água para Consumo Humano.....	39
3.11	Padrão de Turbidez para Água Pós-Filtração.	40
3.12	Instalação do Sistema de Coleta de Água de Chuva.	40
3.13	Manutenção do sistema.....	43
4.	Metodologia utilizada	45
4.1	Dimensionamento dos Reservatórios	45
4.2	Método de Rippl.....	45
4.3	Método da Simulação	46
4.4	Indicadores Financeiros para análise de investimentos.....	47
5.	Resultados	49
5.1	A escolha das cidades	49
5.2	Índices Pluviométricos.....	49
5.3	Demanda de água pluvial.....	50
5.4	Reservatório Ideal	51

5.5	Outros Reservatórios.....	55
5.6	Custos envolvidos no processo.....	55
5.6.1	Custos de implantação do sistema.....	56
5.6.2	Custos de Operação do sistema	57
5.7	Benefício Econômico.....	59
5.8	Período de recuperação do capital.....	60
6.	Conclusões	69

1. Introdução

A superfície da terra é coberta por 70% de água. Apesar da abundância de água, apenas 3% são de água doce. Destes 3%, mais da metade, 1,75% são de água congelada, localizada nos polos e outra parte, 1,243% do total é de água subterrânea, a qual tem um custo elevado para a sua utilização. Dessa forma, a parcela de água que tem um custo mais acessível e facilidade de utilização, representa apenas 0,007% da água existente na terra (CPRM, 2016). Essa é a água que pode ser utilizada para os mais diversos fins, desde a irrigação até o consumo in natura, pelo ser humano. Portanto, é de grande valia ter-se em mente a importância que isto representa e o cuidado que se faz necessário, com preservação desse bem precioso que é a água.

Além de ser um recurso limitado, a água é distribuída de forma muito desigual, ao redor do mundo. Enquanto países como o Brasil ainda tem água com abundancia, existem países que sofrem com a sua falta. Ou seja, existe água, mas ela não está disponível para todos e disponibilizar água de qualidade é uma tarefa com alto custo. Ressalta-se ainda, que em lugares onde, apesar dos recursos hídricos abundantes, pode haver escassez em virtude de efeitos climáticos ou mesmo por problemas logísticos de distribuição da água. Tais problemas foram observados na crise hídrica de 2016, no Estado de São Paulo (SAVEH, 2016?).

A crescente poluição dos mananciais de água faz com que fontes até então julgadas inesgotáveis, se tornem cada vez mais escassas. Santa Catarina, que ainda apresenta uma oferta abundante de água, faz com que a sua utilização não se dê de forma racional. O aumento crescente da população, industrialização e urbanização, está propiciando um forte incremento da demanda de água potável, que se não for utilizada de forma racional, terá como resultado a escassez já sentida em outras regiões.

Com precipitações médias anual variando entre 1.822 mm a 3.427 mm conforme a região (INMET, 2017). Santa Catarina sofre outro problema, que é o problema de enchentes. Desabrigados e pessoas que podem vir a óbito são uma consequência inevitável desse problema.

É mais que necessário a conscientização da população, que a preservação e a utilização racional da água são de vital importância para o desenvolvimento humano. Diante desse cenário, a adoção de novas tecnologias, como a captação de água de chuva, se mostra como uma solução viável para fazer parte da solução desse problema,

proporcionando à população uma maior oferta de água a um custo atrativo (GHISI et al., 2013).

Segundo Fendrich (2002), com o desvio da água da chuva das zonas urbanas, para cisternas de armazenamento de água, além do aumento da oferta de água, reduz-se a vazão superficial nos solos impermeabilizados, evitando que esta água chegue com rapidez aos rios e canais, sendo possível, dessa forma, minimizar os danos causados pelas enchentes.

O presente estudo visa avaliar o potencial de economia de água fornecida pela concessionária, em residências unifamiliar, com a adoção de um sistema de captação e tratamento da água de chuva. Serão analisadas várias situações, variando-se o número de usuários na residência, área do telhado utilizado para a captação da água de chuva, além de analisar para várias cidades do estado, com índices pluviométricos diferentes. Para cada caso, será dimensionado todo o Sistema de Captação de Água de Chuva e analisado o tempo de retorno do investimento, pois um grande atrativo da adoção dessa tecnologia é o fator econômico.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Analisar o tempo de retorno do investimento da implantação de um Sistema de Captação de água da chuva em residências unifamiliar com 3, 4 e 5 ocupantes e diferentes áreas de captação de chuva, em diferentes regiões do Estado com variação de Índice Pluviométrico entre cada uma.

2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, teremos:

- a) Estimar o consumo de água de cada uma das residências;
- b) Calcular o volume de cada reservatório, em função do consumo de água e da área de captação de cada residência;
- c) Analisar um sistema de tratamento da água de chuva através de filtração e desinfecção através da luz ultravioleta;
- d) Desenvolver uma ferramenta computacional para o dimensionamento de reservatórios em instalações de captação de água de chuva, e outra para o cálculo do tempo de retorno do investimento.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Importância da água

A água é um recurso natural essencial, com grande valor econômico, social e ambiental, ocupando uma posição de destaque pela importância, na manutenção da vida no planeta.

Segundo a UNESCO (2016), a água é um componente essencial para criar e manter empregos em todos os setores da economia. Oito são os setores da economia dependente dos recursos hídricos, responsáveis por ocupar metade da força de trabalho mundial. Os setores que mais dependem dos recursos hídricos são: agricultura, silvicultura, pesca, energia, manufatura com uso intensivo de recursos, reciclagem, construção e transporte.

O intenso uso da água pela população de maneira geral, provoca impactos que excedem a capacidade dos mecanismos naturais de purificar a água. Por sua importância, a água deveria ser mantida nas melhores condições de uso. Em consequência da exploração não sustentável dos recursos hídricos, vem ocorrendo uma perda na sua qualidade, com o aumento de sua utilização. Este fato vem acontecendo a nível mundial, de modo que a água de boa qualidade está se tornando a cada dia, um recurso mais escasso.

Para tentar evitar problemas dessa natureza, a partir de 1997, a utilização da água é regulamentada pela Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criando a estrutura necessária para uma gestão integrada das águas.

De acordo com (Brasil, 1997):

Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Segundo a CASAN (201-?), se o consumo fosse feito de forma racional, 40 litros por dia seriam necessários para uma pessoa viver bem, mas segundo as estatísticas, são consumidos 200 litros de água por pessoa. Este aumento de forma significativa se deve à falta de racionalidade na utilização, através dos desperdícios e também em grande parte pelas perdas ocorridas na distribuição.

Além da importância da oferta de água em quantidade suficiente, a qualidade da água do ponto de vista sanitário é um fator de suma importância, já que o consumo de água de baixa qualidade pode disseminar uma série de doenças de veiculação hídrica. Dessa forma, o correto tratamento da água para consumo humano, não importando qual a sua origem é necessária, para que a mesma não se torne uma fonte de disseminação de doenças.

Para evitar o problema de escassez de água, muitos países incluindo o Brasil, estão lançando programas de incentivo ao combate do desperdício de água, ao reuso de águas servidas, bem como, o incentivo ao uso de fontes alternativas, como a água da chuva. Essa última, tem-se constituído uma fonte relativamente barata e pela possibilidade de tratamento de baixo custo, torná-la potável.

De acordo com a FIESP (2005), a água pluvial como fonte alternativa de abastecimento pode ser aproveitada, desde que, sejam realizados a gestão da qualidade e da quantidade da água a ser consumida. Um eficiente e rigoroso controle de qualidade da água, indica ao gestor do processo, qual a necessidade de tratamento para essa água, tanto do ponto de vista de prevenção da saúde das pessoas que fazem uso dessa água, como também, da vida útil dos equipamentos envolvidos. O tratamento, se utilizado de forma incorreta, ou a utilização negligente de sistemas alternativos, de forma que não forneçam a qualidade necessária à água, colocam em risco, não apenas a saúde do usuário, mas também, as atividades que fizerem uso dessa água.

3.2 Ciclo Hidrológico

Ciclo Hidrológico, também conhecido como ciclo das águas, é o movimento contínuo da água entre os oceanos, continentes, tanto na sua superfície, como no solo ou em rochas e a atmosfera (MMA, 201-?). É alimentado pela gravidade e pela energia do sol que provoca a evaporação das águas.

Esse contínuo movimento, se dá sob a forma de três fenômenos que são: a evaporação, a precipitação e o escoamento superficial.

Esse sistema, alimentado pela energia do sol, utiliza a atmosfera como elo de união entre os reservatórios oceânico e terrestre. A água evaporada dos oceanos e em menor quantidade dos continentes formam as nuvens, que se deslocam através dos ventos, para todos os lugares, caindo sobre os oceanos e os continentes. A água que cai nos oceanos encerra seu ciclo, pronta para recomençar novamente. Quanto a água que cai sobre os continentes, parte dela se infiltra no solo, e como água subterrânea acaba desaguando em rios e lagos ou no próprio oceano. Outra parte dela escorre pela superfície terrestre, também desaguando em rios, lagos e finalmente nos oceanos. Tal fato ocorre, quando a taxa de absorção do solo é menor que a precipitação. Parte da água infiltrada no solo retorna à superfície sob a forma de nascentes, enquanto parte dela evapora através da raiz e folhas das plantas. A evapotranspiração é a passagem para o estado de vapor de toda a água infiltrada que evapora através das plantas, bem como, a água que evapora proveniente dos animais.

A água sob a forma de vapor fica armazenada na atmosfera. Com a condensação desse vapor de água na atmosfera, ocorrerá a precipitação, com a água condensada caindo diretamente sobre a superfície da terra ou do mar. A água que evapora dos oceanos é menor do que aquela que retorna a ele sob a forma de chuva. O restante retorna à terra, infiltrando-se no solo, promovendo a recarga dos aquíferos ou escoando para rios, lagos e oceano, retornando ao ciclo novamente.

3.3 Precipitações

A precipitação atmosférica é o mais importante componente do ciclo hidrológico, formando elo de ligação entre as águas da atmosfera e do solo. Ela representa o retorno à superfície terrestre, da água que passou da fase líquida à fase gasosa. Para esse estudo, a forma mais importante de precipitação é a que se apresenta sob a forma de chuva, pois esta é a forma que ela vai ser coletada e armazenando para posterior consumo.

As precipitações estão classificadas em precipitação convectiva, precipitação orográfica e precipitação ciclônica (SANTOS, 20--?).

Precipitação Convectiva: quando ocorre um aquecimento de maneira não uniforme, nas camadas de ar, teremos como resultado uma estratificação das mesmas. A medida que for rompido o equilíbrio desse sistema, por um motivo externo qualquer, como uma rajada de vento, ocorrerá uma ascensão rápida dessa camada. Com esta ascensão, teremos um resfriamento dessa camada, o que poderá provocar uma

condensação, causando chuva. Esta chuva poderá ser de grande intensidade, curta duração e abrangência. Esta chuva, normalmente é conhecida como chuva de verão (SANTOS, 20--?).

Precipitação Orográfica: quando uma massa de ar úmido, proveniente do oceano encontra uma cadeia de montanhas, sendo obrigado desviar, ganhando altitude, ela vai sofrer um resfriamento e posterior condensação, precipitando-se sob a forma de chuva e atingindo áreas maiores que as chuvas de convecção. Em cadeias de montanhas, onde é comum este fato ocorrer, normalmente do outro lado das montanhas formam-se áreas secas ou semiáridas (SANTOS, 20--?).

Precipitação Ciclônica: o aquecimento, tanto sobre a terra, como sobre o mar de forma desigual, originando zonas de temperaturas diferentes, formam zonas de alta e de baixa pressão. A movimentação do ar das áreas de alta pressão, para as zonas de baixa pressão irão causar precipitação, as quais podem ser classificadas como frontais ou não frontais. Quando a precipitação for causada pela ascensão de uma massa de ar quente sob uma massa de ar fria, ela será frontal. Quando a precipitação for causada pela ascensão de duas massas de ar quente que convergem para a mesma região de baixa pressão, e temos a ascensão de ambas as frentes, no ponto de convergência das mesmas, temos então uma precipitação não frontal (SANTOS, 20--?).

3.4 Disponibilidade Hídrica.

Segundo a UNESCO (2015):

Os recursos hídricos são renováveis, mas as quantidades disponíveis em qualquer tempo ou lugar refletirão os limites do seu ciclo natural. Quando gerenciados dentro desses limites, eles estabelecem uma base sustentável para o desenvolvimento. Ir além desses limites, ou utilizar mal o recurso por meio de padrões não sustentáveis de crescimento, pode enfraquecer o desenvolvimento, comprometer a saúde de ecossistemas e empobrecer comunidades vulneráveis.

3.5 Disponibilidade Hídrica no Brasil.

Em termos globais, o Brasil possui uma grande oferta de água, mas distribuída de uma forma muito heterogênea. Analisando em termos

fluviais, passam pelo Brasil, em média 180.000 m³/s de água, dos quais 132.000 m³/s estão na bacia do Rio Amazonas e os outros 47.000 m³/s nas demais bacias (ANA, 2010).

Tabela 1 - Disponibilidade Hídrica por Bacia Hidrográfica

Região Hidrográfica	Vazão Média m³/s	%
Amazônica	132.145	73,6
Tocantins-Araguaia	13.799	7,7
Atlântico Nordeste Ocidental	2.608	1,5
Parnaíba	767	0,4
Atlântico Nordeste Oriental	774	0,4
São Francisco	2.846	1,6
Atlântico Leste	1.484	0,8
Atlântico Sudoeste	3.162	1,8
Atlântico Sul	4.055	2,3
Paraná	11.414	6,4
Uruguai	4.103	2,3
Paraguai	2.359	1,3
BRASIL	179.516	100,0

Fonte: Adaptado de ANA (2010).

Além da questão geográfica, deverá ser observado também o regime de chuvas, que no Brasil é bem definido, uma vez que é frequente chegar-se ao final do período das secas, com os rios apresentando uma vazão muito baixa, ou ausência total de água. Para garantir a existência de água ao longo do tempo, é necessária a utilização de reservatórios e açudes onde será feito o armazenamento da água durante o período chuvoso.

Segundo a ANA (2010), a disponibilidade hídrica, pode ser entendida como uma vazão de alta garantia no tempo, mesmo em períodos secos. Estima-se que a disponibilidade hídrica, com garantia de 95%, é em torno de 91.000 m³/s ou 50% da vazão média.

Além da análise em termos fluviais, deve-se fazer uma análise em termos pluviométricos. O Brasil apresentou segundo a FAO (2016), entre os anos de 1961 e 2007 um índice pluviométrico médio de 1.761 mm. Como o Brasil apresenta uma área territorial de 8.515.759,090 Km² temos uma precipitação de 14.996 km³/ano (IBGE, 2017).

Segundo a FAO (2016), o Brasil apresenta uma fonte de recursos hídricos renováveis na casa dos 276.085 m³/s, o que representa para uma população estimada de 206.081.432 habitantes uma disponibilidade de 41.959 m³/ano/pessoa (IBGE, 2016).

3.6 Disponibilidade Hídrica no Mundo

De acordo com a FAO (2014), a precipitação média anual em terra é de cerca de 810 mm, o que nos dá um volume de aproximadamente 110.000 km³, dos quais 56% evapotranspirados por florestas e outras paisagens naturais e 5% pela agricultura não irrigadas. Os 39% restantes, 42.920 km³, são os recursos renováveis de água doce, tanto superficiais como subterrâneas, disponíveis. Essa disponibilidade representa 5.800 m³ por pessoa por ano ou 16.000 litros por pessoa por dia. Embora isso pareça uma quantidade enorme, infelizmente, a água doce é distribuída de forma muito desigual geograficamente e uma grande parte não é facilmente acessível.

Existe uma grande diferença de precipitação, entre regiões e continentes. O continente americano é o continente mais úmido com uma precipitação de 1.104 mm/ano. Em grande parte, isso acontece em virtude da América Latina e do Caribe estar aí inserida. Essas duas regiões têm uma precipitação média anual de mais de 1.600 mm, enquanto a América do Norte tem uma precipitação média anual de apenas 637 mm (FAO, 2014).

O continente europeu tem uma precipitação média anual de 545 mm, menor que continente africano, que é de 678 mm. Isto se deve principalmente a falta de chuva nas grandes áreas áridas da Rússia. A precipitação na região da África do Norte é de 96 mm. As regiões da Europa Ocidental e Central e da África recebem mais ou menos a mesma quantidade de precipitação, cerca de 800 mm, no entanto, o clima moderado da Europa, não apresenta uma evaporação tão intensa como as temperaturas extremamente altas da África (FAO, 2014).

O continente asiático é o que apresenta maiores diferenças nas médias pluviométricas. Enquanto na região da Ásia Meridional e Oriental, que é mais úmida, a média anual é de 1.139 mm, na região do Oriente Médio, que está entre as regiões mais secas do mundo, a média pluviométrica não passa de 85 mm (FAO, 2014).

O Egito, com uma precipitação média de apenas 51 mm, é o país com menor precipitação em todo o mundo, seguido pela Líbia com 56 mm e Arábia Saudita com 59mm. No entanto, graças ao rio Nilo que fornece uma grande quantidade de água doce, o Egito apresenta recursos

de água doce renováveis na ordem de 1.900 litros por pessoa por dia, enquanto a Líbia, 300 litros por dia e Arábia Saudita 230 litros por dia, uma vez que, não se beneficiam da presença de rios (FAO, 2014).

Países com altas taxas de precipitação são geralmente ilhas, como São Tomé e Príncipe na África, com 3.200 mm, Papua Nova Guiné na Ásia, com 3.142 mm e as Ilhas Salomão na Oceania com 3028 mm. Costa Rica na região da América Central é com uma precipitação média de 2.926 mm, o país continental com a maior precipitação (FAO, 2014).

Para a maior parte da Índia, a precipitação ocorre sob a influência das monções, entre junho e setembro, representando 70 a 95% da precipitação anual. Enquanto a precipitação anual média do país é de 1.170 mm, ela varia de 150 mm no deserto noroeste de Rajasthan para mais de 10.000 mm nas colinas de Khasi (FAO, 2014).

3.7 O consumo de água potável

De acordo com o SNIS (2017), O consumo médio per capita de água é definido, como o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela média aritmética da população atendida com abastecimento de água de 2014 e 2015. Ou seja, consumo médio per capita de água é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial.

Tabela 2 - Consumo de Água por Habitante

Região	Consumo (l/hab.dia)
Norte	154,3
Nordeste	116,1
Sudeste	176,0
Sul	148,7
Centro Oeste	148,8
Brasil	154,0

Fonte: Adaptado de SNIS (2017).

Ainda de acordo com o SNIS (2017), o consumo médio per capita no Brasil é 154,0 litros por habitante dia, enquanto no Estado de Santa Catarina é de 148,7 litros/hab.dia, e varia nas regiões brasileiras conforme tabela acima.

3.8 Perfil do consumo residencial e usos finais da água

Com a utilização de água da chuva, não potável, mas desinfectada, que será utilizada em bacias sanitárias, limpeza de roupas, pisos, veículos e irrigação, e a utilização de água potável, para beber e cozinhar. Na mesma residência é necessário ter um conhecimento mais aprofundado do perfil de consumo, para uma melhor separação entre os pontos de água potável e o não potável, o que se dará de acordo com o perfil de utilização de água do consumidor brasileiro. Dessa forma, o dimensionamento do volume dos reservatórios tanto de água potável como de água de chuva poderá ser feito com uma maior precisão.

No Brasil, ainda não temos estudos aprofundados sobre o perfil de consumo e usos finais da água nas residências brasileiras. A falta dessa informação torna mais impreciso os estudos que se façam neste sentido.

Tabela 3 - Consumo de água nas cidades de Malvern e Mansfield

Usos de água	Malvern		Mansfield	
	(L/hab.dia)	%	(L/hab.dia)	%
Lavagem de carro com mangueira	<0,05	<0,05	0,1	0,1
Lavagem de carro com balde	0,3	0,3	0,4	0,4
Rega de Jardim	3,8	3,9	2,1	2,1
Irrigação de Gramado	0,3	0,3	0,1	0,1
Banho de Banheira	14,7	15	14,8	15
Banho de Chuveiro	1,6	1,6	1,1	1,1
Descarga na Bacia	30	30,7	33	34
Triturador de Lixo	0,3	0,3		
Lavadora de Roupa	7,5	7,7	9,7	9,9
Lagem de Roupas (tanque)	2,7	2,8	4	4,1
Lavadora de Louça	0,3	0,3	0,3	0,3
Uso Básico	36,3	37,1	32,6	33
Total	97,8	100	98,2	100

Fonte: Adaptado de Thackray, Cocker e Archibald (1978).

A determinação do perfil de consumo residencial de água é uma preocupação que já se tem há muito tempo. Nos meses de maio a junho de 1976 iniciou-se a um estudo, nas cidades de Malvern e Mansfield para determinar-se o perfil do consumo e usos finais da água em residências. Thackray, Cocker e Archibald (1978), publicaram seu trabalho cujos resultados, apresentaram o consumo doméstico de água em seus usos característicos, apresentados na Tabela 03.

Sabendo-se que o “uso básico” se refere à quantidade utilizada regularmente para lavagem de louça a mão, para cocção, para outras higiênes pessoais, e outros, identifica-se, nessa tabela, que 46 % da água consumida nas residências de Malvern e 50,3 % nas de Mansfield poderiam ser não potáveis.

Segundo Rocha (1999), os únicos trabalhos disponíveis sobre perfil de consumo de água eram os efetuados no hemisfério norte e por falta de outros dados, eram utilizados por técnicos brasileiros. Por razões não só climáticas, como também, culturais, fazia-se necessário estudar o consumidor brasileiro, para determinar-se seu perfil de consumo. Nos anos de 1997 e 1998, um estudo foi realizado na cidade de São Paulo, tendo como resultado apresentado em (ROCHA, 1999). Esses resultados encontram-se na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 - Perfil do Consumo Doméstico de Água

Pontos de utilização de água	Consumo percentual (%)
Bacia sanitária	5
Chuveiro	55
Lavadora de roupas	11
Lavatório	8
Pia	18
Tanque	3
Consumo total	100

Fonte: Adaptado de Rocha (1999)

No estudo de Marinoski (2014), foi caracterizado o consumo e estimado os usos finais de água, de uma amostra de 48 habitações de interesse social, localizadas na região de Florianópolis-SC, para três classes de renda, sendo a Classe de Renda 1, até três salários mínimos, Classe de Renda 2, entre três e cinco salários mínimos e Classe de Renda 3, acima de cinco salários mínimos. A Tabela 5 mostra os usos

finais para cada aparelho e os limites do intervalo de confiança, onde LI é o limite inferior da média, com 90% de confiabilidade e LS é o limite superior da média, com 90% de confiabilidade.

Tabela 5 - Usos Finais de Água por Aparelho

Equipamento	Renda 1 (L/hab.dia)			Renda 2 (L/hab.dia)			Renda 3 (L/hab.dia)		
	LI 90%	Média	LS 90%	LI 90%	Média	LS 90%	LI 90%	Média	LS 90%
Chuveiro	26	30	35	24	34	45	24	36	49
Bacia Sanitária	17	20	23	15	18	22	11	20	29
Pia	16	20	24	10	15	20	13	16	18
Lavadora Roupas	9	13	16	6	16	26	4	9	14
Lavatório	3	6	9	3	6	9	1	2	3
Tanque	3	4	6	3	5	7	0	4	8
Outros	2	4	6	2	5	7	6	12	18
Torneira Externa	1	2	3	0	0	1	1	2	3

Fonte: Adaptado de Marinowski (2014).

Nesse estudo adotaremos o consumo de água per capita como sendo 148,8 litros/hab.dia. Conforme SNIS (2017), a média para santa Catarina e os usos finais de água conforme Marinowski (2014), para uma a Classe de Renda 3, onde o consumo de água potável é de 65,3% e o de água de chuva poderá ser até 34,7% do consumo total.

3.9 Qualidade da Água

O conceito de qualidade de água é determinado em função da utilização que vai se dar para essa água (FUNASA, 2014). Uma água utilizada para uso industrial, pode ter uma qualidade completamente diferente da que vai ser utilizada para consumo humano. A qualidade da água é determinada pela quantidade e tipo de impurezas contida na mesma. Estas características qualitativas determinam quais os usos que podem dar para essa água, determinando seu parâmetro de qualidade, os quais podem ser quantificados em três grupos de parâmetros. Os parâmetros físicos, parâmetros químicos e parâmetros microbiológicos, os quais são expressos em valores de: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, cor verdadeira e aparente, turbidez, sólidos, nitrogênio,

fósforo, sulfeto, demanda bioquímica de oxigênio, metais pesados e coliformes fecais.

Temperatura: a temperatura da água produz grandes variações nas propriedades da água, entre elas podem ser citadas a tensão superficial e a viscosidade. Além desses parâmetros, ela também influencia a velocidade das reações químicas, o metabolismo dos seres vivos e a solubilidade de certas substâncias (ANA, 20--?) e (FUNASA, 2014).

PH: potencial hidrogênionico – o PH influencia o metabolismo de várias espécies aquáticas e também contribui para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias na água. Em águas de abastecimento, baixos valores de pH, podem contribuir para sua corrosividade e agressividade, enquanto que, valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações (ANA, 20--?) e (FUNASA, 2014).

Oxigênio dissolvido: a quantidade de oxigênio dissolvido indica a pureza da água. Quanto maior for a quantidade de oxigênio dissolvido, maior é a pureza da água. Águas poluídas apresentam uma quantidade baixa de oxigênio dissolvido (ANA, 20??).

Cor verdadeira e aparente: a cor é determinada pelos sólidos dissolvidos na água. Na cor aparente, consideram-se os sólidos em suspensão, enquanto a cor verdadeira é medida após a centrifugação da amostra, eliminando-se os sólidos em suspensão (FUNASA, 2014).

Turbidez: o índice de turbidez informa o quanto um feixe de luz perde em intensidade ao passar pela água. É causada pela atenuação ao espelhamento de sólidos em suspensão na água. A turbidez normalmente é alta em local de solos erosivos (ANA, 20--?) e (FUNASA, 2014).

Sólidos: os sólidos são todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos. De acordo com seu tamanho, podem ser classificados em suspensos ou dissolvidos. Sólidos em suspensão podem ser definidos como as partículas que podem ser retidas por processos de filtração. Sólidos dissolvidos são constituídos por partículas com um diâmetro muito pequeno, que permanecem em solução mesmo após a filtração (FUNASA, 2014).

Nitrogênio: nitrogênio é encontrado na água sob a forma de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causam uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças. (FUNASA, 2014).

Fósforo: o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos. Na água, ele pode ser encontrado sob a forma orgânica (solúvel ou particulado) e inorgânica (solúvel). A sua presença pode ser devido a processos naturais, como dissolução de rocha, ou denota contaminação por esgoto doméstico (FUNASA, 2014).

Sulfatos: normalmente os sulfatos estão presentes em águas subterrâneas e a sua retirada da água pode ter um custo elevado (FUNASA, 2014).

Demanda bioquímica de oxigênio: A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a consumo de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica presente na água. Esta redução faz com que o nível de oxigênio na água seja reduzido, causando a morte de seres vivos presentes na água (ANA, 20--?).

Metais pesados: Esses metais são provenientes de atividades como a mineração, de indústrias de galvanoplastia e do despejo de efluentes domésticos. Os principais são: mercúrio, cádmio e chumbo (FUNASA, 2014).

Coliformes termotolerantes: as bactérias coliformes termotolerantes estão presentes no intestino de animais de sangue quente. Denotam a presença de fezes na água. A principal bactéria do grupo é a *Escherichia Coli*. Os coliformes termotolerantes não são patogênicos, mas podem indicar a presença de outros microrganismos portadores de doenças de veiculação hídrica, como diarreias, cólera e febre tifoide (ANA, 20--?).

Existem vários tipos de doenças que podem ser causados pela água (SES/SP, 2009). Essas doenças tanto podem ser causadas por microrganismos, como outros agentes contaminantes presentes na água. A maioria das doenças de origem microbiana é causada devido à ingestão direta da água contaminada, podendo ser citada, diarreia, cólera e febre tifoide. Ainda segundo a SES/SP (2009), outra forma de transmissão de doenças é através do contato da pele ou mucosas com água contaminada por fezes ou urina de animais, podendo ser citada, algumas verminoses como: a leptospirose e a esquistossomose.

Segundo a Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011 do Ministério de Estado da Saúde, em seus artigos 3º e 4º, diz que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água ou ainda proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, estão sujeitas à vigilância da qualidade da água.

Esta mesma portaria ainda apresenta as seguintes definições:

Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem.

Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na Portaria e que não ofereça riscos à saúde.

Padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria.

Padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde.

Água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;

Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares.

3.10 Padrão Microbiológico da Água para Consumo Humano

Segundo a portaria MS2914, os padrões microbiológicos de água para consumo humano são os apresentados na tabela 6. Considerando uma solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano e como não haverá um sistema de distribuição de água. O consumo de água se dará na saída do tratamento e, portanto, não será permitido a presença tanto de *Escherichia coli* como de Coliformes totais.

Para atender esses padrões microbiológicos, será feito o tratamento da água através do processo de desinfecção por luz ultravioleta. Segundo Síntese Natural (2017), a água a ser desinfetada com luz ultravioleta deve permitir uma boa penetração pela radiação ultravioleta, devendo apresentar uma turbidez abaixo de 5 uT. A especificação da água para atender o processo de desinfecção, automaticamente atende o exigido pela portaria MS2914.

Tabela 6 - Padrão Microbiológico de água para consumo humano

Tipo de água	Parâmetro	Valor Máximo Permitido
Água para consumo humano	Escherichia coli	Ausência em 100 mL
Água tratada	Coliformes totais	Ausência em 100 mL

(Na saída do tratamento)

Fonte: Adaptado do Anexo I da Portaria 2914

No caso em estudo, pela utilização que será dada para a água, não será necessário à sua potabilidade, entretanto, como a lavagem de roupa exige um grande manuseio e contato com a água, será considerado que sob o ponto de vista microbiológico, ela deverá ser potável.

Como o processo de desinfecção será feito através de luz ultravioleta, além de atender a ausência tanto de Escherichia coli como de Coliformes totais, deve-se atender o valor de cloro residual livre de no máximo 0,5 mg/L.

3.11 Padrão de Turbidez para Água Pós-Filtração.

A Portaria MS2914 preconiza que os padrões de turbidez para águas potáveis devem ser os da tabela 7, apresentada a seguir.

Tabela 7 - Padrão de Turbidez para Água Pós-Filtração

Turbidez - Valor Máximo Permitido	
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 uT em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 uT em 95% das amostras

Fonte: Adaptado do Anexo I da Portaria 2914

3.12 Instalação do Sistema de Coleta de Água de Chuva.

Para que se obter uma boa qualidade da água coletada, o sistema deve ser confeccionado seguindo certas regras e sofrer manutenção regular. Segundo Zanela (2015), a água de chuva proveniente de áreas urbanas, entra em contato com os poluentes existentes na atmosfera, arrastando-os consigo. Além dos poluentes, a água carrega consigo também folhas, galhos de árvores, fezes de pequenos animais, ou mesmo animais mortos, existentes nas superfícies dos telhados.

O sistema de captação de água de chuva proposto, procura minimizar os efeitos desses poluentes na água final obtida.

Área de Coleta: a área de coleta de chuva deve ser uma área impermeabilizada, que pode ser uma calçada da edificação, pátios, estacionamentos ou o telhado da edificação, dependendo da utilização que vai ser dada para esta água. Normalmente, em unidades residenciais, utiliza-se somente o telhado, para obter-se uma água de melhor qualidade. O tamanho da área utilizado na coleta de água é o principal fator na quantidade de água a ser coletada, uma vez que, ela é diretamente proporcional ao tamanho da área de coleta. O coeficiente de runoff, definido como o quociente entre a água que escoa superficialmente pelo total da água precipitada é outro fator que influencia no total de água captada, é função do material com que é feito o telhado (TOMAZ, 2009).

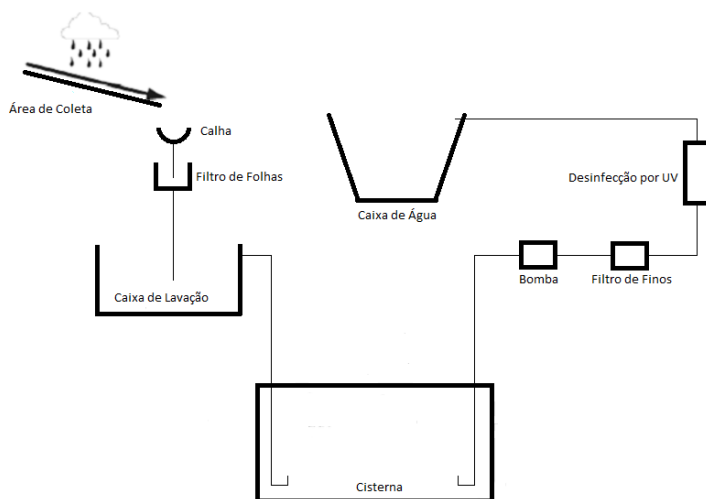


Figura 1 – Esquema Instalação do Sistema de Coleta de Água de Chuva

Calhas: a água que escorre pelo telhado, é coletada pelas calhas que estão nas suas bordas. Estas calhas direcionam a água captada pelo telhado até os dutos que a conduzirão através do sistema de captação.

Filtro: após a passagem da água pelas calhas, a água deve ser filtrada para retirar os objetos maiores, como folhas e galhos, para evitar o entupimento dos condutos e que este material venha a se deteriorar dentro da cisterna.

Condutores: os condutores, que podem ser verticais ou horizontais, servem para direcionar a água desde o telhado, até a cisterna onde a mesma será armazenada. O dimensionamento desses condutores devem seguir a ABNT NBR 10844/89. A filtragem de materiais de maior tamanho deve ser feita, para evitar que a água, ao passar por estes dutos venha a entupir os mesmos, causando sérios prejuízos ao sistema de coleta.

Dispositivo de Descarte Lavação: apesar da filtragem do material maior existente na água coletada, a água carrega consigo o material que estava depositado sobre o telhado, tais como: poeira, sais e até fezes de pássaros ou pequenos animais. Para descartar esta água mais suja, que serviu para lavar o telhado, utilizaremos a caixa de descarte. Esse dispositivo de descarte separa a primeira água da chuva, que serviu para lavar o telhado, utilizando somente o que transbordará. Segundo Zanela (2015), o volume da caixa de descarte deverá ser de aproximadamente 2L/m² de telhado.

Considera-se que, durante os dois primeiros dias sem chuva, o telhado ainda estará limpo, necessitando ser lavado somente após este período sem chuvas. Quando completar o segundo dia sem chuva, faz-se o esgotamento completo da caixa de descarte. Quando voltar a chover, uma quantidade equivalente a dois 2L/m² de telhado será retida na caixa de limpeza, até que a mesma venha a transbordar a água que será armazenada no sistema.

Cisterna: a cisterna é o local onde será armazenada a água coletada, antes de ir para a caixa de água e entrar na rede de distribuição da residência, para ser consumida. Normalmente é o item com maior custo na instalação. Por isso, deve ser analisada com cuidado para não inviabilizar a instalação.

Bomba de Recalque: até a cisterna, que é o ponto mais baixo do sistema, toda a movimentação da água coletada é feita utilizando-se a gravidade. A partir da cisterna, a movimentação da água será feita utilizando-se uma bomba de recalque, que transportará a água até a caixa de água. Ela será dimensionada conforme o consumo de água na residência.

Filtro de Finos: apesar da filtragem de galhos e folhas e da lavação do telhado ainda ocorre o carregamento de partículas de sujeira para dentro da cisterna. Com o objetivo de filtrar estas partículas, usa-se um filtro, que além de reter os sedimentos como: lodo, limo, grãos de areia e resíduos de encanamentos, reduz turbidez e o óxido de ferro contido na água. Esse filtro, propositadamente deixa passar o cloro para

a proteção da água que permanecerá na caixa, reservatórios e encanamentos, filtrando partículas maiores que 50 µm.

Sistema de desinfecção por Luz UV: a água, ao ser transportada da cisterna até o reservatório superior, passará pelo sistema de desinfecção por luz UV, sendo inativado todos os seres vivos que a mesma possa conter.

3.13 Manutenção do sistema

Para um funcionamento adequado do sistema de captação de coleta de água da chuva, devemos ter um esquema de manutenção para cada um dos componentes do sistema, conforme a ABNT NBR 15527:2007. Os equipamentos não previstos nesta norma, terão sua manutenção conforme especificação do fabricante.

Área de coleta, calhas e condutores horizontais e verticais, deverão ser inspecionadas semestralmente, para limpeza e verificação de continuidade e vazamentos. O dispositivo de descarte da água de limpeza do telhado, deverá ter sua limpeza efetuada mensalmente. Os filtros de folhas e galhos, deverão ser inspecionados mensalmente e sua limpeza deve ser efetuada trimestralmente. A bomba deverá ter verificação mensal. A cisterna e a caixa de água deverão ter sua água esgotada anualmente e efetuada a limpeza e desinfecção. O sistema de desinfecção UV deverá sofrer uma inspeção semestral e anualmente deverá ser efetuada a troca da lâmpada.

Tabela 8 - Frequência de Manutenção dos Componentes do Sistema

Componente	Frequência de Manutenção
Filtro	Inspeção Mensal Limpeza Trimestral
Dispositivo de Descarte	Limpeza Mensal
Área de Coleta	Inspeção Semestral
Área de Coleta, Calhas e Condutores	Inspeção Semestral Limpeza e Desinfecção
Cisterna e Caixa de Água	Anual
Bomba de Recalque	Inspeção Mensal
Filtro de Finos	Retrolavagem Quinzenal
Desinfecção UV	Manutenção Semestral Troca de Lâmpada Anual

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527:2007

4. Metodologia utilizada

4.1 Dimensionamento dos Reservatórios

Além do cuidado com a qualidade da água, outro fator importante do processo de implantação de um sistema de captação de água de chuva em telhados residenciais, é o dimensionamento da capacidade do reservatório, pois o seu sub ou superdimensionamento terá grande influência no tempo de retorno do capital investido.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 15527 de 2007, apresenta vários métodos para o cálculo de reservatórios. Serão analisados o Método Rippl e o Método da Simulação, uma vez que, estes dois serão os utilizados no software, para o dimensionamento dos reservatórios nesse trabalho. O Método Rippl será utilizado para calcular o volume do primeiro do reservatório, a ser utilizado no método da Simulação, que será utilizado para o dimensionamento final dos reservatórios.

4.2 Método de Rippl

Nesse método podem-se usar as séries históricas mensais ou diárias de chuva.

$$A_{(t)} = Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (1)$$

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

$V_A = \Sigma A_{(t)}$ somente para valores $A_{(t)} > 0$

Sendo que: $\Sigma D_{(t)} < \Sigma Q_{(t)}$

Onde:

$A_{(t)}$ é o volume de água acumulado no reservatório no tempo t;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t;

V_A é o volume de água de chuva acumulado no reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

O volume $A_{(t)}$ representa quanto a demanda de água é menor que a água de chuva captada, ou seja, representa o volume de água que será

armazenada. O somatório, para $A_{(t)} > 0$, representa o quanto de água será armazenada durante o período. Quando temos uma demanda menor que o volume de água aproveitável teremos um $A(t)$ maior que zero, não sendo considerado para o somatório que definirá o volume do reservatório. Dessa forma, este método mostra-se ineficiente para baixas demandas de água. Outra deficiência do método é que se torna difícil levar-se em consideração o volume de água de lavagem do telhado, uma vez que é um dado variável em função do número de dias sem chuva.

4.3 Método da Simulação

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} \quad (2)$$

$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$

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

Onde:

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

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

$Q(t)$ é o volume de chuva no tempo t ;

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

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Nesse trabalho, será utilizado o Método da Simulação, alterado para considerar a água descartada pelo sistema de lavagem do telhado. A equação (2) passa então a ser escrita como:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)} - L_{(t)} \quad (3)$$

Onde:

$L_{(t)}$ é o volume de água utilizado para lavagem do telhado no tempo t .

Além do método de Rippl e do método da Simulação, a Norma Brasileira prevê a utilização de outros métodos, que não serão comentados, uma vez que, não serão utilizados nesse trabalho. São eles:

Método Prático Brasileiro (Método Azevedo Neto), Método do maior período de estígio, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

4.4 Indicadores Financeiros para análise de investimentos.

Um investimento é um aporte de capital que se faz antecipadamente, no presente, visando benefícios que serão gerados no futuro (TREASY, 201-?). A lógica da análise de investimentos é que só se justificam sacrifícios presentes, esperando compensações e benefícios financeiros no futuro. Para um investimento ter atratividade, o somatório do Fluxo Esperado de Benefícios deverá ser maior que o valor inicialmente aportado no projeto. Os mais importantes indicadores financeiros para análise de investimentos são Valor Presente Líquido (VPL), Índice Benefício / Custo (IBC), Retorno Sobre o Investimento (ROI), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Recuperação de Investimento (Payback).

Valor Presente Líquido (VPL): este método é utilizado quando se deseja comparar vários investimentos e selecionar qual o melhor deles. Todo o Fluxo Financeiro, de cada um dos projetos em análise deve ser transformado em Valor Presente, sendo o melhor deles aquele que tiver uma maior VPL. Avaliação, exclusivamente econômica, do VPL é dada por:

- $VPL > 0$ - o projeto é atrativo;
- $VPL = 0$ - o projeto é indiferente;
- $VPL < 0$ - o projeto não é atrativo.

Índice Benefício/Custo (IBC): o Índice Benefício/Custo é a relação direta entre os benefícios (valor presente do fluxo de benefícios) e o custo (valor presente do fluxo de investimentos ou aporte inicial). Avaliação, exclusivamente econômica, do IBC é dado por:

- $IBC > 1$ - o projeto é atrativo;
- $IBC = 1$ - o projeto é indiferente;
- $IBC < 1$ - o projeto não é atrativo;

Retorno Sobre o Investimento (ROI): segundo Treasy (201-?):

O Retorno Sobre o Investimento é a melhor estimativa de rentabilidade que um projeto de investimento pode oferecer. Ele representa em termos percentuais a riqueza gerada pelo projeto.

Deve-se analisar quanto o Retorno Sobre o Investimento é maior que a TMA e analisar se vale a pena investir no projeto, assumindo os riscos do investimento.

Taxa Interna de Retorno (TIR): Segundo Casarotto Filho (2010), Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que zera o Fluxo de Caixa dos Investimentos. Avaliação, exclusivamente econômica, da TIR é dado por

- $TIR > TMA$ – o projeto é atrativo
- $TIR = TMA$ – o projeto é indiferente
- $TIR < TMA$ – o projeto não é atrativo

Tempo de Recuperação de Investimento (Payback): O Payback representa o número de meses necessários para um investimento pagar o seu aporte inicial.

Quanto menor for o payback, melhor será o investimento.

5. Resultados

Para analisar a viabilidade econômica da implantação de um Sistema de Captação de água de chuva em residências unifamiliar, de uma forma mais geral, foram analisadas instalações que possam ser ocupadas por 3, 4 ou 5 pessoas e áreas de captação de chuva de 100 m², 150 m², 200m² e 300 m², em diferentes regiões do estado, procurando contemplar na análise regiões com índices pluviométricos distintos, uma vez que a distribuição de chuvas em nosso estado, não acontece de forma regular.

5.1 A escolha das cidades

Foram escolhidas cinco cidades de forma a ser possível analisar as variações de índices pluviométricos mais representativos do Estado de Santa Catarina. Além dessa característica, utilizaram-se cidades que fornecessem um conjunto de dados de chuva tecnicamente em boas condições, sem a falta de dados de algum período.

As cidades escolhidas foram Chapecó, no oeste do Estado, Florianópolis, na costa leste, Joinville no norte, Içara no sul do Estado e Lages no planalto serrano.

5.2 Índices Pluviométricos

Os dados referentes à precipitação são segundo ANA (2017), para Joinville e Içara e INMET (2017), para Chapecó, Lages e Florianópolis, sendo considerado o período de estudo o intervalo entre os dias 01/01/2011 e 31/12/2016. Nesse intervalo de tempo, a precipitação se comportou, conforme os dados da Tabela 9 e Figura 2.

Tabela 9 - Precipitação Média Anual

Cidade	Precipitação Média Anual [mm]
Chapecó	2.231
Florianópolis	1.841
Joinville	3.427
Içara	1.822
Lages	1.927

Fonte: Adaptado de ANA (2017) e INMET (2017)

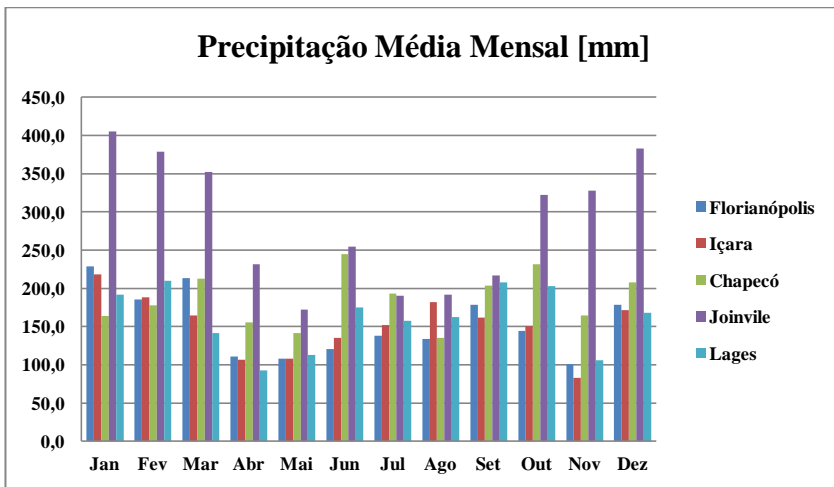


Figura 2 - Precipitação Média Mensal

Uma breve análise dos índices pluviométricos, indica que Joinville, Chapecó e Lages que possuem os maiores índices pluviométricos são as localidades mais beneficiadas com o sistema de coleta de água pluvial, uma vez que, exigirão menores reservatórios, tornando o custo de infraestrutura mais atraentes. Por outro lado, vê-se que de maneira geral, que o período de inverno é um período com maiores secas, exigindo-se a utilização de maiores reservas de água.

5.3 Demanda de água pluvial

A demanda de água pluvial será adotada conforme Marinoski (2014), sendo os usos finais de água os adotados para uma família de Classe de Renda 3, onde o consumo de água potável é de 65,3% e o de água não potável de 34,7%. Será também considerado o consumo média de 148,8 litros por dia, para santa Catarina (SNIS, 2017). Na tabela 10 a seguir, é apresentado o consumo de água para cada família. A água potável será a água substituída pela água de chuva.

Tabela 10 - Demanda diária de água das famílias

	Número Pessoas		
	3	4	5
Consumo Total [L]	446	595	744
Consumo água potável [L]	291	388	486
Consumo água não potável [L]	155	207	259

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

5.4 Reservatório Ideal

O reservatório inferior é a parte mais crítica em todo o sistema de coleta de água da chuva, uma vez que é o item mais oneroso do processo. O seu correto dimensionamento, proporcionará economia, tanto na confecção da infraestrutura, uma vez que, não será necessário superdimensionar o sistema, como na operação, pois proporcionará economia na utilização de água da concessionária, uma vez que, não haverá falta de água de chuva, para suprir as necessidades de consumo.

Para o dimensionamento do reservatório foi desenvolvido um software para auxiliar nesta tarefa (SILVA, 2017). Existem softwares que executam este cálculo, mas, por não se ter conhecimento dos detalhes de funcionamento dos mesmos foi optado por se desenvolver outro, para esse trabalho.

A figura a seguir, mostra a tela onde são informados os dados.

Dimnsonamento Reservatórios Água Chuva

Consumo Diário [L]:

Área do Telhado [m²]:

Volume Caixa Lavação Telhado [L]:

Localidade mais Próxima:

Figura 3 - Tela entrada dados do dimensionamento reservatórios

Os dados a serem fornecidos são consumo diário de água não potável a ser substituída, área do telhado onde será feito a captação da

água de chuva, volume da caixa de água de lavação do telhado, que nesse trabalho será utilizada como duas vezes a área do telhado e ainda deverá ser escolhida a localidade a ser estudada. Essa escolha servirá para selecionar no banco de dados, os dados do histórico diário de precipitação daquela localidade, entre as datas de 01/01/2011 a 31/12/2016, período de abrangência desse estudo.

Para utilização do método da simulação, adota-se um reservatório com um volume inicial e através do balanço hídrico verifica-se qual a confiança alcançada com o reservatório que está sendo estudado. Como confiança, entende-se a relação ente o número de dias que o reservatório atende a demanda de água, sem precisar ser abastecido por uma fonte externa e o período estudado, que neste caso são 6 anos (2.192 dias).

O volume do reservatório a ser adotado como parâmetro inicial para o método da simulação é calculado utilizando-se o Método de Rippl. Com base nos dados pluviais, com a área do telhado e considerando-se o coeficiente de runoff é calculado o volume de chuva mensal coletada, ou seja, a água que abastecerá o reservatório. A diferença entre a demanda necessária e o volume de água de chuva, quando negativa, indicará a quantidade máxima de água que poderá ser armazenada naquele mês e se positiva, nos indicará o quanto será necessário utilizar de água, proveniente do reservatório. A soma dos números positivos indicará qual o tamanho necessário do reservatório para suprir as necessidades daquele ano. Como o estudo abrange uma faixa de seis anos, será determinado um tamanho de reservatório para cada ano e, será adotado o de maior capacidade.

A tabela 11 mostra este estudo para a cidade de Florianópolis, família com três pessoas, área de telhado de 100 m^2 , ano 2016. Para esta configuração e ano, o método de Rippl nos indica um reservatório com capacidade de $2,1 \text{ m}^3$. Efetuam-se os mesmos cálculos para os outros cinco anos e chega-se ao volume do reservatório a ser utilizado.

De posse do volume do reservatório obtido pelo Método de Rippl, processa-se o cálculo pelo método da simulação. A partir do reservatório cheio, para cada dia diminui-se o volume de água consumido, e soma-se o volume de água coletado. O volume de água de lavação do telhado é obtido pelo preenchimento de um reservatório com capacidade, em litros, de duas vezes a área em m^2 do telhado. Com o reservatório de lavação do telhado vazio e o telhado sujo, após o início da chuva coleta-se a água suficiente para o preenchimento do reservatório. Após isso, desvia-se a água para o reservatório principal, mantendo-se o reservatório de lavação cheio. Após dois dias da interrupção da chuva, esgota-se o reservatório de lavação para então, reiniciar-se o processo quando começar a chover novamente. Espera-se

dois dias para esvaziar o reservatório, uma vez que, o telhado é considerado limpo, até dois dias após o término da chuva.

Tabela 11 - Dimensionamento Reservatório utilizando Método de Rippl Local – Florianópolis, ano – 2016, telhado - 100m², 3 - habitantes

Mês	Chuva Mensal [mm]	Demanda Mensal [m³]	Área Telhado [m²]	Volume Chuva Mensal [m³]	Diferença Demanda e Volume Chuva [m³]
Janeiro	242,9	4,65	100	19,4	-14,8
Fevereiro	229,4	4,65	100	18,4	-13,7
Março	281,3	4,65	100	22,5	-17,9
Abril	104,9	4,65	100	8,4	-3,7
Mai	73,5	4,65	100	5,9	-1,2
Junho	42,9	4,65	100	3,4	1,2
Julho	117,5	4,65	100	9,4	-4,8
Agosto	77,6	4,65	100	6,2	-1,6
Setembro	112,9	4,65	100	9,0	-4,4
Outubro	177,9	4,65	100	14,2	-9,6
Novembro	47,4	4,65	100	3,8	0,9
Dezembro	252,8	4,65	100	20,2	-15,6

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

O objetivo do Método da Simulação é verificar qual a confiança do sistema, para diversos volumes de reservatório, ou seja, durante quantos dias a residência é abastecida por água do reservatório e durante quantos dias o reservatório ficará desabastecido, sendo necessário o suprimento de água pela concessionária. Será considerado como reservatório ideal, aquele de menor volume, que proporcione uma confiança de 100%.

O resultado é apresentado sob a forma de tabelas, como exposto a seguir. Inicialmente são apresentados os dados considerados para fazer a simulação, conforme a tabela 12.

Na segunda tabela, é apresentado para vários volumes de cisterna, o número de dias que o sistema permanecerá desabastecido, o total de água descartado, o total de água de chuva consumida, o total de água fornecida pela concessionária e a confiança do sistema, como mostrado na tabela 13, abaixo.

Tabela 12 - Dados Considerados Para a Simulação
Local Florianópolis, Telhado 100m², 3 Habitantes

Consumo Diário [L]	155
Área do Telhado [M2]	100
Volume Caixa de Lavação [L]	200
Número Dias Considerados no Estudo	2.192
Total de Chuva no Período [mm]	11.045,20
Total de Chuva Coletado no Período [L]	883.616
Total Consumido no Período [L]	339.760
Local	Florianópolis
Vol. Cisterna Método Rippl [L]	2.000

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017)

Tabela 13 - Análise Para Vários Tamanhos de Cisterna
Local Florianópolis, Telhado 100m², 3 Habitantes

Vol Cisterna [L]	Dias Cisterna Vazia	Total Descartado [L]	Total Consumo Chuva [L]	Total Consumo Rede [L]	Confiança [%]
1.500	317	585.466	290.625	49.135	85,54
2.000	191	567.976	310.155	29.605	91,29
2.500	97	556.339	324.725	15.035	95,57
3.000	53	550.564	331.545	8.215	97,58
3.500	25	546.862	335.885	3.875	98,86
4.000	7	544.411	338.675	1.085	99,68
4.500	1	543.710	339.605	155	99,95
5.000	0	543.656	339.760	0	100

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

A partir do resultado do volume ideal da cisterna, deve-se fazer a análise se realmente vale a pena termos uma confiança de 100%, pois muitas vezes para um pequeno número de dias desabastecido, pode-se ter uma cisterna com uma diferença grande de volume, o que pode proporcionar uma diferença grande de preço.

Na sequência, na tabela 14, para o tamanho de cisterna selecionada como ideal, é apresentado, para cada dia considerado no estudo, a data, a precipitação, a quantidade de chuva aproveitável, a quantidade de chuva utilizada para a lavação do telhado, a quantidade de chuva realmente captada, a quantidade de chuva armazenada na cisterna, a quantidade de chuva descartada na cisterna por overflow e a quantidade descartada na caixa de lavação. A tabela 14, apresentada a seguir, mostra para os primeiros trinta dias esse estudo. O estudo completo pode ser visto em (SILVA, 2017).

Tabela 14 - Balanço Hídrico Para Cisterna 5.000 Litros Local Florianópolis, Telhado 100m², 3 Habitantes

Data	Precipitação [mm]	Aproveitável [L]	Armazena do		Armazenado		Descartado Cisterna [L]	Descartado Lavação [L]
			Lavação [L]	Captado [L]	Cisterna [L]			
01/01/2011					4.845			
02/01/2011					4.690			
03/01/2011	6,1	488	200	288	4.823			
04/01/2011			200		4.668			
05/01/2011					4.513			200
06/01/2011	4,0	320	200	120	4.478			
07/01/2011	5,6	448	200	448	4.771			
08/01/2011			200		4.616			
09/01/2011					4.461			200
10/01/2011					4.306			
11/01/2011	5,2	416	200	216	4.367			
12/01/2011	3,5	280	200	280	4.492			
13/01/2011	15,9	1.272	200	1.272	5.000	609		
14/01/2011	9,1	728	200	728	5.000	573		
15/01/2011	5,2	416	200	416	5.000	261		
16/01/2011	34,8	2.784	200	2.784	5.000	2.629		
17/01/2011	0,5	40	200	40	4.885			
18/01/2011			200		4.730			
19/01/2011	48,2	3.856	200	3.856	5.000	3.431		
20/01/2011			32		4.877			
21/01/2011	1,6	128	200	128	4.850			
22/01/2011	144,4	11.552	200	11.552	5.000	11.247		
23/01/2011	4,2	336	200	336	5.000	181		
24/01/2011	4,3	344	200	344	5.000	189		
25/01/2011			200		4.845			
26/01/2011	1,8	144	200	144	4.834			
27/01/2011			200		4.679			
28/01/2011	0,3	24	200	24	4.548			
29/01/2011			200		4.393			
30/01/2011	1,3	104	200	104	4.342			
31/01/2011			200		4.187			

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

5.5 Outros Reservatórios

Além do reservatório principal, será utilizado o reservatório de lavação do telhado, o qual terá capacidade de 2 litros para cada m² de telhado e o reservatório, responsável pelo abastecimento da residência que ficará localizado na parte superior e abastecerá de água de chuva, os pontos que se utilizarão dessa água.

5.6 Custos envolvidos no processo

Entre os custos que farão partes do processo, o principal será o custo da infraestrutura, que envolverá a aquisição dos reservatórios, tubulação de água, calhas e condutores, filtros, bomba e sistema de desinfecção ultravioleta e a mão de obra para instalação desses equipamentos, os quais farão parte do investimento inicial. Esses custos sofrerão variação conforme o tamanho do telhado e o número de pessoas residentes no local, que farão utilização dessa água. Além desse custo

inicial, mensalmente haverá um custo relativo ao fornecimento de energia elétrica para o bombeamento de água e para a lâmpada de desinfecção ultravioleta. Em contrapartida, haverá um benefício financeiro, com a economia de água que o sistema proporcionará. Este benefício financeiro será de duas vezes a economia de água, uma vez que, a concessionária cobra pela utilização do esgoto, o mesmo custo da água.

5.6.1 Custos de implantação do sistema

Foi levantado um custo para implantação e manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial, para cada instalação. Para os materiais padronizados, adquiridos no comércio e que possam ser adquiridos através de Ecommerce, via internet, será dado preferência para esta modalidade de aquisição, não havendo variação de custo conforme o local onde o mesmo será utilizado, uma vez que, o custo de transporte pode ser considerado igual para todo o estado.

Os custos a serem considerados para a implantação do sistema são os seguintes:

Reservatórios inferior, superior e dispositivo de descarte de água de lavagem do telhado: para os reservatórios inferior e superior e dispositivo de descarte e lavagem do telhado serão utilizados caixas de água de polietileno que podem variar de 150 a 15.000 litros. O reservatório inferior ficará abaixo do nível do solo, a caixa de lavagem ficará no nível do solo, e sobre a laje da residência, o reservatório superior. O custo dos reservatórios, levantados no mês de setembro de 2017, foram os constantes na tabela 15.

Tabela 15 - Custos de Reservatórios

Volume [L]	Custo [R\$]
15.000	4.807,70
10.000	3.141,86
6.000	2.930,90
5.000	1.778,25
1.000	285,49
500	139,90
300	121,99
150	107,90

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Conjunto motor bomba centrífuga: Será utilizado uma motobomba de superfície, com potência de 0,25 kW, com um rendimento variando na faixa de 0,3 a 0,4 conforme a faixa de vazão que

a mesma venha a trabalhar, conforme as curvas características da bomba (SCHNEIDER, 2017). O conjunto motor bomba a ser utilizado, será o mesmo para todas as instalações, variando apenas o tempo que o mesmo permanecerá ligado, para fornecer a quantidade de água necessária, uma vez que o menor conjunto atende a todas as instalações. O custo do conjunto motor bomba centrífuga levantado em setembro de 2017 é de R\$ 317,90.

Calhas, condutores: serão utilizadas calhas, condutores e acessórios em PVC variando a quantidade conforme o tamanho da residência. O custo para cada residência é o apresentado na tabela 16. Nesse custo, já está computado a mão de obra para instalação do sistema.

Tabela 16 - Custo de Calhas e Condutores

Área Telhado [m ²]	Custo [R\$]
100	2.475,81
150	2.751,69
200	3.024,57
300	3.472,77

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Filtro de finos: será utilizado um filtro onde seja permitido a retrolavagem, por facilidade de operação e custo de manutenção. O mesmo modelo de filtro será utilizado para todas as residências, pois o de menor capacidade atende a todos os requisitos de vazão. Da mesma forma que o conjunto motor bomba centrífuga, será utilizado apenas um modelo de filtro, uma vez que, o de menor capacidade atende a todas as demandas necessárias. O custo do filtro levantado em setembro de 2017 foi de R\$ 139,99.

5.6.2 Custos de Operação do sistema

Para manter o sistema em funcionamento, será necessário o acionamento da bomba e da luz ultravioleta, por energia elétrica, a qual será fornecida pela concessionária.

Consumo de energia elétrica para bombeamento de água: o consumo de energia elétrica para o bombeamento de água é calculado pela equação 12.

$$C_{\text{Energia}} = E.P \quad (12)$$

Onde :

E = Custo unitário da energia elétrica em R\$/kWh

P = Potência consumida pela bomba em kWh

(13) A potência de bombeamento por sua vez, é dado pela equação

$$P = \frac{whd}{1000} \quad (13)$$

Onde:

w = Potência do equipamento em W

h = Número de horas de utilização por dia

d = Número de dias utilizado no mês

Consumo de energia elétrica para sistema de desinfecção por UV: da mesma forma que para a bomba centrífuga, o consumo de energia elétrica do sistema de desinfecção será dado pelas equações (12) e (13), onde w será a potência gasta pela lâmpada UV.

O custo unitário de energia elétrica será calculado conforme tabela da concessionária, mostrado na tabela 17, para a classe na qual a residência se enquadra, Tarifa Convencional, Grupo B, sub grupo B1, Residencial Normal.

Tabela 17 - Tarifa Energia Elétrica

Sub Grupo	Classificação	Energia R\$/kWh
B1	Residência Normal	0,43142

Fonte: Adaptado de CELESC (2017).

Ao valor da energia elétrica será acrescido o valor do tributo de ICMS, Conforme a tabela 18.

Tabela 18 - Tributo de ICMS Energia Elétrica

Classe	ICMS
Classe Residencial: Primeiros 150 kWh	12%

Fonte: Adaptado de CELESC (2017).

O consumo e o custo da energia elétrica demandada pela bomba e pela lâmpada do sistema de desinfecção estão mostrados na Tabela 19, em função do consumo de água não potável que deverá ser bombeada e desinfetada, para cada caso.

Tabela 19 - Custo e Consumo de Energia Elétrica

	Número Pessoas		
	3	4	5
Demanda água não potável [L/Dia]	155	207	259
Tempo uso bomba e desinfecção [Horas/mês]	1,1	1,5	1,9
Consumo Bomba [kWh/mês]	0,28	0,37	0,46
Custo Bomba [R\$/mês]	0,13	0,18	0,22
Consumo lâmpada desinfecção [w/mês]	10,21	13,63	17,06
Custo lâmpada desinfecção [R\$/mês]	0,00	0,01	0,01
Custo Total Energia Elétrica [R\$/mês]	0,14	0,19	0,23

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

5.7 Benefício Econômico

O benefício econômico considerado será igual ao dobro do valor da água substituída, pois o mesmo valor que a concessionária cobra de consumo de água, ela cobra também de taxa de esgoto. Exceção é feita à cidade de Joinville, onde o valor do esgoto é 80% do valor cobrado pela água. A Tabela 20 contém as tarifas consideradas para cada cidade analisada.

Tabela 20 - Tarifa Água Concessionária

Faixa	Consumo	R\$/m ³				
		Florianópolis	Içara	Chapecó	Joinville	Lages
1	Mensal Até 10 m ³	42,19	42,19	42,19	32,91	28,27
2	11 a 25	7,7314	7,7314	7,7314	5,81	4,81
3	26 a 50	10,847	10,847	10,847	7,97	6,55
4	Maior 50	12,9982	12,998	12,9982	7,97	6,55

Fonte: Adaptado de CASAN (2017) e Águas de Joinville (2017).

As tarifas para as cidades de Lages e Joinville são menores que a para as cidades de Florianópolis, Içara e Chapecó, indicando que para as cidades com menores tarifas, o período de recuperação de capital deva ser maior que as demais.

Os valores da demanda total de água, demanda de água potável e demanda de água não potável, a qual será substituída pela água da chuva, bem como seus custos, encontram-se a seguir, nas tabelas 21, 22 e 23.

Tabela 21 - Custo e Consumo de Água
Cidades de Florianópolis, Içara e Chapecó

	Número de Pessoas		
	3	4	5
Demanda total de água [L/Mês]	13.392	17.856	22.320
Custo total de água [R\$/Mês]	136,83	205,86	274,88
Demanda de água potável [L/Mês]	8.745	11.660	14.575
Custo água potável [R\$]	84,38	110,05	155,12
Demanda água não potável [L]	4.658	6.210	7.763
Custo água não potável (água substituída) [R\$]	52,45	95,81	119,76

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Tabela 22 - Custo e Consumo e Água
Cidade de Joinville

	Número de Pessoas		
	3	4	5
Demanda total de água [L/Mês]	13.392	17.856	22.320
Custo total de água [R\$/Mês]	94,71	141,40	188,08
Demanda de água potável [L/Mês]	8.745	11.660	14.575
Custo água potável [R\$]	59,24	76,60	107,08
Demanda água não potável [L]	4.658	6.210	7.763
Custo água não potável [R\$] (água substituída)	35,47	64,80	81,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Tabela 23 - Custo e Consumo de Água
Cidade de Lages

	Número de Pessoas		
	3	4	5
Demanda total de água [L/Mês]	13.392	17.856	22.320
Custo total de água [R\$/Mês]	89,17	132,11	175,06
Demanda de água potável [L/Mês]	8.745	11.660	14.575
Custo água potável [R\$]	56,54	72,51	100,55
Demanda água não potável [L]	4.658	6.210	7.763
Custo água não potável [R\$] (água substituída)	32,63	59,61	74,51

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

5.8 Período de recuperação do capital

O método de tempo de recuperação de investimento foi o selecionado, uma vez que, fica mais fácil analisar e comparar os resultados obtidos. De posse do investimento inicial e do benefício econômico obtido com o sistema de recuperação de água de chuva, saberemos quantos meses levaremos para recuperar o capital.

O investimento terá sido recuperado no período, em que o Fluxo de Caixa passar a ser positivo, ou seja, quando o somatório dos benefícios econômicos descontados os custos, no valor presente, for maior que o investimento feito inicialmente.

Para executar os cálculos, foi implementado um software, o qual nos informa para cada período, a partir dos dados do investimento inicial, benefícios econômicos, despesas mensais de manutenção e a TMA, o Fluxo de Caixa e o Valor Presente de cada parcela mensal (SILVA, 2017a).

A TMA adotada neste trabalho é de 0,655 %, 97% do CDI, que nesta data é 8,14% ao ano.

A análise de uma residência com 300 m² de telhado, 5 habitantes e localizada em Florianópolis está mostrada na tabela 24, podendo-se observar que o Fluxo de caixa se torna positivo no octogésimo quinto mês. Esta análise é feita para todas as residências, localidades e número de habitantes das residências.

Tabela 24 - Período de Recuperação de Capital

Período	Fluxo de Caixa		Valor Presente	Período	Fluxo de Caixa		Valor Presente
	Acumulado	Benefício			Acumulado	Benefício	
0	-7.762,82	0	0	43	-3.296,07	119,53	90,27
1	-7.644,07	119,53	118,75	44	-3.206,38	119,53	89,69
2	-7.526,09	119,53	117,98	45	-3.117,28	119,53	89,1
3	-7.408,88	119,53	117,21	46	-3.028,76	119,53	88,52
4	-7.292,43	119,53	116,45	47	-2.940,81	119,53	87,95
5	-7.176,74	119,53	115,69	48	-2.853,44	119,53	87,37
6	-7.061,80	119,53	114,94	49	-2.766,63	119,53	86,8
7	-6.947,61	119,53	114,19	50	-2.680,39	119,53	86,24
8	-6.834,16	119,53	113,45	51	-2.594,71	119,53	85,68
9	-6.721,45	119,53	112,71	52	-2.509,59	119,53	85,12
10	-6.609,48	119,53	111,98	53	-2.425,03	119,53	84,57
11	-6.498,23	119,53	111,25	54	-2.341,01	119,53	84,02
12	-6.387,71	119,53	110,52	55	-2.257,54	119,53	83,47
13	-6.277,90	119,53	109,8	56	-2.174,61	119,53	82,93
14	-6.168,81	119,53	109,09	57	-2.092,22	119,53	82,39
15	-6.060,43	119,53	108,38	58	-2.010,37	119,53	81,85
16	-5.952,76	119,53	107,67	59	-1.929,05	119,53	81,32
17	-5.845,79	119,53	106,97	60	-1.848,26	119,53	80,79
18	-5.739,51	119,53	106,28	61	-1.768,00	119,53	80,26
19	-5.633,92	119,53	105,59	62	-1.688,26	119,53	79,74
20	-5.529,02	119,53	104,9	63	-1.609,03	119,53	79,22
21	-5.424,81	119,53	104,22	64	-1.530,33	119,53	78,71
22	-5.321,27	119,53	103,54	65	-1.452,13	119,53	78,19
23	-5.218,41	119,53	102,86	66	-1.374,45	119,53	77,69
24	-5.116,21	119,53	102,19	67	-1.297,27	119,53	77,18
25	-5.014,68	119,53	101,53	68	-1.220,59	119,53	76,68
26	-4.913,81	119,53	100,87	69	-1.144,41	119,53	76,18
27	-4.813,60	119,53	100,21	70	-1.068,72	119,53	75,68
28	-4.714,04	119,53	99,56	71	-993,53	119,53	75,19
29	-4.615,13	119,53	98,91	72	-918,83	119,53	74,7
30	-4.516,86	119,53	98,27	73	-844,62	119,53	74,22
31	-4.419,23	119,53	97,63	74	-770,88	119,53	73,73
32	-4.322,23	119,53	96,99	75	-697,63	119,53	73,25
33	-4.225,87	119,53	96,36	76	-624,85	119,53	72,78
34	-4.130,14	119,53	95,74	77	-552,55	119,53	72,3
35	-4.035,02	119,53	95,11	78	-480,72	119,53	71,83
36	-3.940,53	119,53	94,49	79	-409,35	119,53	71,36
37	-3.846,65	119,53	93,88	80	-338,45	119,53	70,9
38	-3.753,38	119,53	93,27	81	-268,01	119,53	70,44
39	-3.660,72	119,53	92,66	82	-198,03	119,53	69,98
40	-3.568,66	119,53	92,06	83	-128,51	119,53	69,53
41	-3.477,20	119,53	91,46	84	-59,44	119,53	69,07
42	-3.386,34	119,53	90,86	85	9,19	119,53	68,62

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

Um resumo dos resultados pode ser encontrado nas tabelas 25, 26, 27, 28 e 29, e gráficos a seguir.

A cidade de Florianópolis foi a que apresentou um menor tempo de retorno do investimento, 73 meses, aproximadamente 6 anos para um telhado de 150 m², cinco pessoas.

Inicialmente, era de esperar que Chapecó tivesse um tempo de retorno de investimento menor que o de Florianópolis, uma vez que, o custo da água é o mesmo nas duas cidades e Chapecó apresenta um índice pluviométrico mais elevado. Mas na realidade não é isto que se verifica. Uma explicação é que apesar de Chapecó ter uma média anual de chuvas acima da de Florianópolis, ela apresenta um regime de chuvas com grandes volumes em pouco tempo e períodos de estiagem maiores, o que torna o custo da infraestrutura maior que o de Florianópolis.

Tabela 25 - Demonstrativo econômico para a cidade de Florianópolis

Pessoas		Área Telhado [m ²]			
		100	150	200	300
3	Economia Água [R\$]	52,45	52,45	52,45	52,45
	Consumo Luz [R\$]	0,14	0,14	0,14	0,14
	Benefício Econômico [R\$]	52,31	52,31	52,31	52,31
	Investimento Inicial [R\$]	5.238,75	5.514,63	5.808,42	6.399,21
	Payback [meses]	164	180	199	248
4	Economia Água [R\$]	95,81	95,81	95,81	95,81
	Consumo Luz [R\$]	0,19	0,19	0,19	0,19
	Benefício Econômico [R\$]	95,63	95,63	95,63	95,63
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.667,28	6.961,07	7.551,86
	Payback [meses]	93	94	100	112
5	Economia Água [R\$]	119,76	119,76	119,76	119,76
	Consumo Luz [R\$]	0,23	0,23	0,23	0,23
	Benefício Econômico [R\$]	119,53	119,53	119,53	119,53
	Investimento Inicial [R\$]	8.268,20	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	93	73	77	85

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

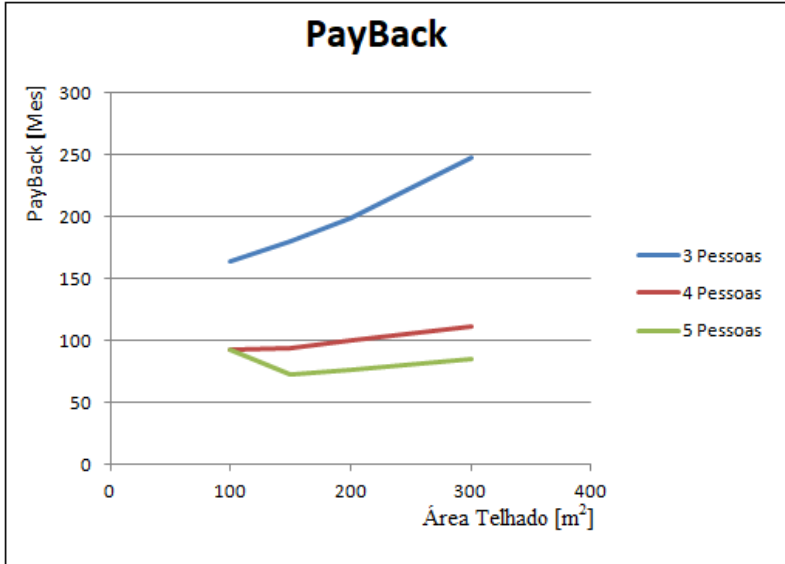


Figura 4 – PayBack cidade Florianópolis

Tabela 26 - Demonstrativo econômico para a cidade de Chapecó

Pessoas	Área Telhado [m ²]				
	100	150	200	300	
3	Economia Água [R\$]	52,45	52,45	52,45	52,45
	Consumo Luz [R\$]	0,14	0,14	0,14	0,14
	Benefício Econômico [R\$]	52,31	52,31	52,31	52,31
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	269	303	350	547
4	Economia Água [R\$]	95,81	95,81	95,81	95,81
	Consumo Luz [R\$]	0,19	0,19	0,19	0,19
	Benefício Econômico [R\$]	95,63	95,63	95,63	95,63
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	93	98	104	177
5	Economia Água [R\$]	119,76	119,76	119,76	119,76
	Consumo Luz [R\$]	0,23	0,23	0,23	0,23
	Benefício Econômico [R\$]	119,53	119,53	119,53	119,53
	Investimento Inicial [R\$]	8.268,20	8.544,08	8.837,87	9.428,66
	Payback [meses]	93	97	102	112

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

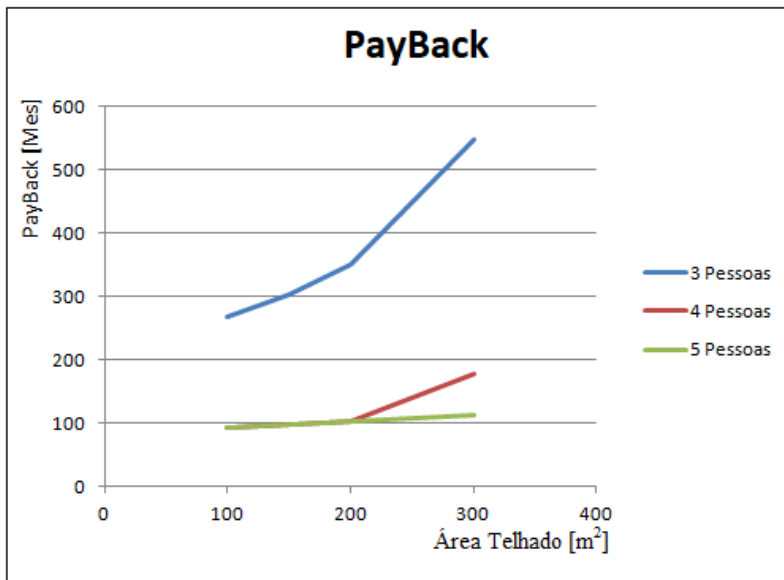


Figura 5 – PayBack cidade Chapecó

Tabela 27 - Demonstrativo econômico para a cidade de Içara

Pessoas	Área Telhado [m²]				
	100	150	200	300	
3	Economia Água [R\$]	52,45	52,45	52,45	52,45
	Consumo Luz [R\$]	0,14	0,14	0,14	0,14
	Benefício Econômico [R\$]	52,31	52,31	52,31	52,31
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.878,24	6.961,07	6.399,21
	Payback [meses]	269	303	315	248
4	Economia Água [R\$]	95,81	95,81	95,81	95,81
	Consumo Luz [R\$]	0,19	0,19	0,19	0,19
	Benefício Econômico [R\$]	95,63	95,63	95,63	95,63
	Investimento Inicial [R\$]	8.268,20	6.878,24	7.171,93	7.762,72
	Payback [meses]	128	98	104	117
5	Economia Água [R\$]	119,76	119,76	119,76	119,76
	Consumo Luz [R\$]	0,23	0,23	0,23	0,23
	Benefício Econômico [R\$]	119,53	119,53	119,53	119,53
	Investimento Inicial [R\$]	13.075,90	8.544,08	8.837,87	9.428,66
	Payback [meses]	194	97	102	115

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

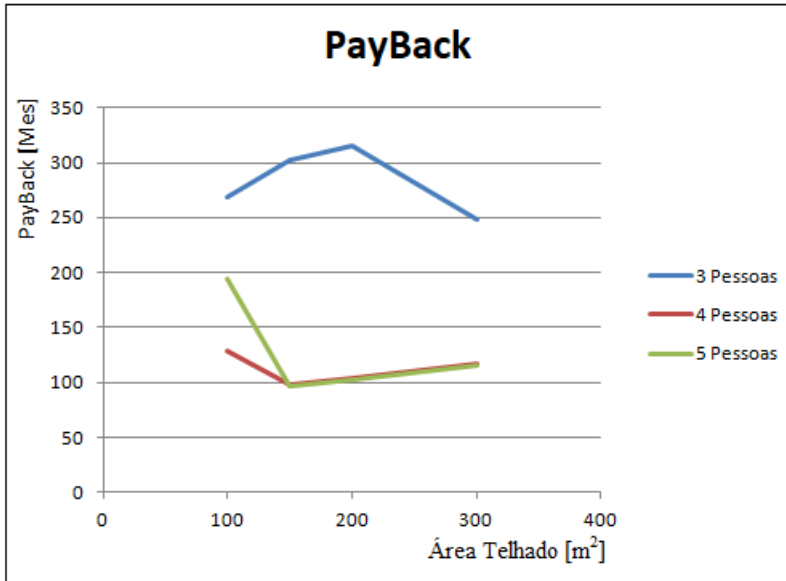


Figura 6 - PayBack cidade Içara

Tabela 28 - Demonstrativo econômico para a cidade de Joinville

Pessoas	Área Telhado [m²]				
	100	150	200	300	
3	Economia Água [R\$]	39,42	39,42	39,42	39,42
	Consumo Luz [R\$]	0,14	0,14	0,14	0,14
	Benefício Econômico [R\$]	35,47	35,47	35,47	35,47
	Investimento Inicial [R\$]	5.238,75	5.514,63	5.808,42	6.399,21
	Payback [meses]	525	-	-	-
4	Economia Água [R\$]	72,00	72,00	72,00	72,00
	Consumo Luz [R\$]	0,19	0,19	0,19	0,19
	Benefício Econômico [R\$]	64,80	64,80	64,80	64,80
	Investimento Inicial [R\$]	6.391,40	6.667,28	6.961,07	7.551,86
	Payback [meses]	160	172	187	221
5	Economia Água [R\$]	90,00	90,00	90,00	90,00
	Consumo Luz [R\$]	0,23	0,23	0,23	0,23
	Benefício Econômico [R\$]	81,00	81,00	81,00	81,00
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	117	125	133	152

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

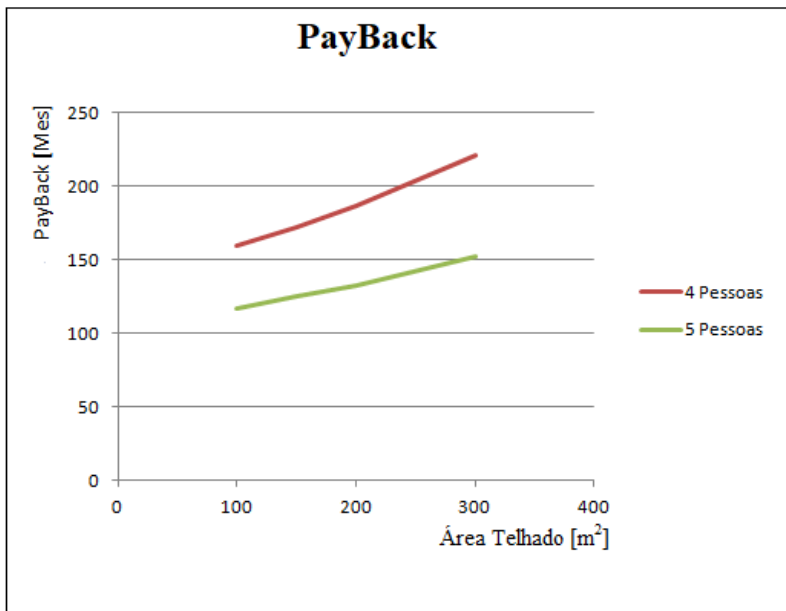


Figura 7 - PayBack cidade Joinville

Tabela 29 - Demonstrativo econômico para a cidade de Lages

Pessoas		Área Telhado [m²]			
		100	150	200	300
3	Economia Água [R\$]	32,63	32,63	32,63	32,63
	Consumo Luz [R\$]	0,14	0,14	0,14	0,14
	Benefício Econômico [R\$]	32,49	32,49	32,49	32,49
	Investimento Inicial [R\$]	6.391,40	6.667,28	6.961,07	7.551,86
	Payback [meses]	-	-	-	-
4	Economia Água [R\$]	59,61	59,61	59,61	59,61
	Consumo Luz [R\$]	0,19	0,19	0,19	0,19
	Benefício Econômico [R\$]	59,42	59,42	59,42	59,42
	Investimento Inicial [R\$]	6.602,36	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	200	218	240	197
5	Economia Água [R\$]	74,51	74,51	74,51	74,51
	Consumo Luz [R\$]	0,23	0,23	0,23	0,23
	Benefício Econômico [R\$]	74,28	74,28	74,28	74,28
	Investimento Inicial [R\$]	12.188,34	6.878,24	7.172,03	7.762,82
	Payback [meses]	-	143	154	177

Fonte: Elaborado pelo Autor (2017).

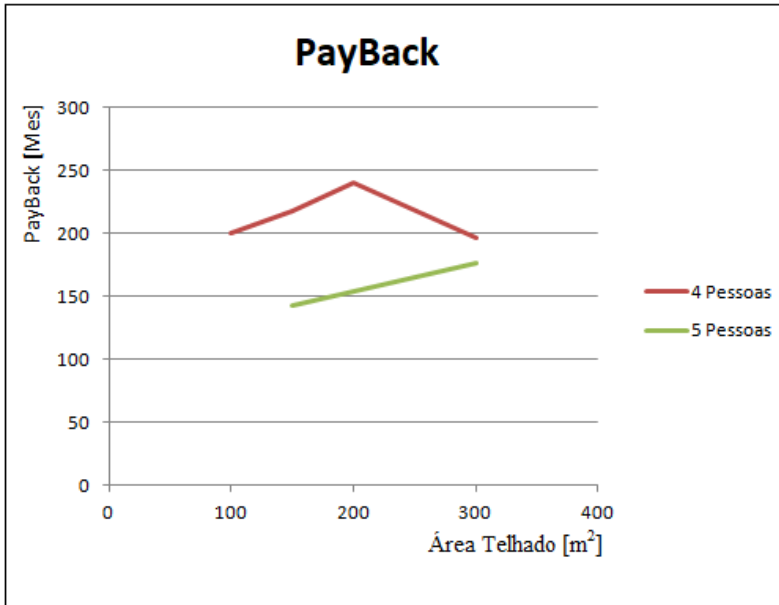


Figura 8 - PayBack Cidade Lages

6. Conclusões

Através do presente estudo, conclui-se que o aproveitamento de água da chuva coletada através de telhados e submetida a um tratamento para desinfecção de bactérias, é plenamente viável, dentro de certos limites, tanto pelo aspecto econômico, quanto pelo aspecto social.

Pelo aspecto social, onde se visa apenas a preservação da água para gerações futuras, já seria um grande atrativo para sua utilização.

Pelo aspecto econômico, vários fatores devem ser analisados.

Para famílias com três pessoas, o consumo é de 13.392 litros de água por mês, sendo 8.745 de água potável e 4.658 de água não potável que pode ser substituído por água da chuva. Verifica-se que o volume de água consumido está muito próximo ao volume de 10.000 litros, que é o volume de taxa mínima, oferecido pelas concessionárias. Dessa forma, o melhor tempo de retorno do investimento para uma família de três pessoas seria, para a cidade de Florianópolis, com 164 meses, o que daria aproximadamente 14 anos.

Para uma família de quatro pessoas, o período mínimo para recuperação do capital é de 93 meses (Florianópolis e Chapecó), podendo chegar até a 297 em Lages. Nesse ponto, duas variáveis devem ser analisadas. Na cidade que apresenta o menor índice pluviométrico entre as analisadas, Içara, temos um período de recuperação de capital de 128 meses. Menores índices pluviométricos, indicam que devem ser utilizados equipamentos com maior capacidade de armazenamento, o que representaria maior custo de investimento. No entanto, cidades como Joinville e Lages que apresentam um maior índice pluviométrico, apresentam um maior período de recuperação de capital, uma vez que, a tarifa de água praticada pelas concessionárias que atuam nestas cidades é menor que as praticadas nas outras cidades.

Para família de cinco pessoas, o menor período para a recuperação do capital seria 73 meses, para a cidade de Florianópolis, o que representa 6 anos e um mês.

De maneira geral, sob o aspecto econômico, podemos proceder à seguinte análise: consumo de água próximo à taxa mínima, não vale a pena substituir. Residências com uma área de captação maior e poucas pessoas ocupando a mesma, a viabilidade se torna menor, uma vez que, a quantidade de calhas encarece o projeto, tornando o investimento maior. Aumentando-se a densidade populacional por habitação, o atrativo para a substituição aumenta. Quanto maior for a precipitação média, uma vez que, os reservatórios se tornam menores e mais baratos, o sistema se tornará mais atrativo.

Considerando o aspecto social, qualquer benefício que possa ser feito levando em consideração a preservação do meio ambiente será um grande investimento para as futuras gerações.

De acordo com o nível atual de potabilidade da água, no sistema proposto e considerando a Portaria MS Nº 2914 DE 12/12/2011, a água obtida na saída do sistema de captação, só não pode ser considerada potável, por falta de análise das propriedades organolépticas e radioativas da água. Uma proposta de trabalho para dar sequência ao estudo é a verificação possibilidades de utilização dessa água para banho, o que aumentaria em muito a viabilidade econômica de sua utilização.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional 2010**. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 8 jul. 2017.

_____. Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA), [20??]. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

BRASIL. **Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997, Política Nacional de Recursos Hídricos**, Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 16 set. 2017.

_____. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015, SNIS**, Disponível em <<http://www.cidades.gov.br/serieHistorica>>, Acesso em 20/08/2017.

_____. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FUNASA, **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. 2014, Disponível em <http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf>, Acesso em: 21 ago. 2017.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica tomada de decisão, estratégica empresarial**, 11. ed. São Pulo: Atlas, 2010.

COMPANHIA ÁGUAS DE JOINVILLE – Águas de Joinville. **Tabela tarifária** – tarifas de água e esgoto. Disponível em: <http://www.aguasdejoinville.com.br/site/?page_id=2>. Acesso em: 04 set. 2017.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO, (CASAN). **Importância da água.** Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/importancia-da-agua#0>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

_____. **Tabela tarifária de 2017.** 2017. Disponível em: <<http://www.casan.com.br/noticia/index/url/tabela-tarifaria-de-2017#1700>>. Acesso em: 04 set. 2017.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Conservação e reuso da água em edificações.** 2005. MMA/ANA/SINDUSCON/COMASP/FIESP/SESI/SENAI/IRS, São Paulo, Volume único, p. 61. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

FENDRICH, R.; OLIYNIK, R. **Manual de utilização das águas pluviais (100 Maneiras Práticas).** 1. ed. Curitiba: Livraria do Chain Editora, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Did you know...? Facts and figures about, Dezembro 2014, Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/didyouknow/index.stm>>, Acesso em: 30 jul. 2017.

FRANKLIN ELECTRIC INDÚSTRIA DE MOTOBOMBAS S. A. Schneider Motobombas. **Catálogo de Produtos, 2017.** Disponível em: <<http://www.schneider.ind.br/media/203185/Curvas-BC-98.pdf>> Acesso em: 24 ago. 2017.

GHISI, E.; SCHONDERMARK, P. N. **investment feasibility analysis of rainwater use in residences, water resources management.** 2013. v.27 n. 7, p. 2555-2576. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-013-0303-6>>. Acesso em: 6 maio 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Área territorial brasileira.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_ar ea.shtm>. Acesso em: 30 jul. 2017.

_____. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2016.** Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2016/estimativa_dou_2016_20160913.pdf>, Acesso em: 30 jul. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **BDMEP - Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**, Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

MARINOSKI, Ana Kelly. et al. Usos finais de água em habitações de interesse social no sul do Brasil, In: ENTAC ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – 2014 – Maceió Brasil. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_86.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2017.

ROCHA, A. L.; Perfil de consumo de água de uma habitação unifamiliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20, 1999. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 1999.

SANTOS, Alexandre Rosa dos. Precipitação atmosférica, [20--?] Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br/CL/ApostilaTeoricaCL/Capitulo4-PrecipitacaoAtmosferica.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2017.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo – SES/SP, **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica** - perguntas e respostas e dados estatísticos – 2009. Disponível em: <ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/hidrica/doc/dta09_pergresp.pdf>, Acesso em: 21 AGO. 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Coisas que você deve saber sobre a água.** 2016. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SILVA, Carlos Eduardo da. **Dimensionamento reservatórios água chuva.** 2017. Disponível em: <<http://ceduardosilva.com.br/Chuva2017/chuva.html>>. Acesso em: 9 ago. 2017.

SILVA, Carlos Eduardo da. **Cálculo payback investimento.** 2017. Disponível em: <<http://ceduardosilva.com.br/Chuva2017/PayBack.html>>. Acesso em: 8 out. 2017.

SÍNTESE NATURAL. **Desinfecção de água potável por radiação ultravioleta.** Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/desinfeccao-de-agua-radiacao-ultravioleta/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

_____. Ultravioleta – tratamento de água. Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/teoria/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

SISTEMA DE AUTOAVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA – SAVEH. **A disponibilidade de água no mundo e no Brasil.** Disponível em: <<https://saveh.com.br/artigos/a-disponibilidade-de-agua-no-mundo-e-no-brasil/>>. Acesso em: 30 jul. 2017.

THACKRAY, J. E.; COCKER, V; ARCHIBALD, G. **The malvern and mansfield studies of domestic water usage.** Proceedings of the institution of civil engineers: part 1-design and construction. v. 64, p. 37-61. London: Institution of Civil Engineers, fev. 1978.

TOMAZ P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** Cap. 5- Coeficiente de runoff, 2009. Disponível em <http://pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechua/Capitulo%2005.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2017.

TREASY PLANEJAMENTO E CONTROLADORIA. **Ebook - Indicadores financeiros para análise de investimentos.** [201?]. Disponível em: <<http://materiais.treasy.com.br/indicadores-financeiros-para-analise-de-investimentos>>. Acesso em: 2 set. 2017.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. **Água e emprego** - Resumo Executivo, p. 2, disponível em:

<<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002440/244040por.pdf>>, Acesso em: 30 jul. 2017.

WISBECKI, E.; SANDRI, E. K.; SOARES, A.L.M.; SANDRA, S.H.W. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro v.16 n.4 oct./dec. 2011, Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000400004&lang=pt>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva [livro eletrônico]**. 2015. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Disponível em:<http://www.ipt.br/download.php?filename=1200-Manual_para_captacao_emergencial_e_uso_domestico_de_AGUA_DA_CHUVA.pdf>. Acesso em: 6 ago. 2017