

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS OLIVEIRA DE SOUZA
THAYSE OLIVIA DILL ARAUJO**

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS
NÃO POTÁVEIS NA INSTITUIÇÃO LAR INFANTIL SOL AMIGO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2016

LUCAS OLIVEIRA DE SOUZA
THAYSE OLIVIA DILL ARAUJO

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS
NÃO POTÁVEIS NA INSTITUIÇÃO LAR INFANTIL SOL AMIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado á disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dra. Celimar Azambuja
Teixeira

Coorientador: Prof. Dr. Flavio Bentes
Freire

CURITIBA

2016

FOLHA DE APROVAÇÃO

ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA USOS NÃO POTÁVEIS NA INSTITUIÇÃO LAR INFANTIL SOL AMIGO

LUCAS OLIVEIRA DE SOUZA

THAYSE OLIVIA DILL ARAUJO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 21 de novembro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

Profa. Orientador – Celimar Azambuja Teixeira, Dra.
UTFPR

Profa. Orientador. Flávio Bentes Freire, Dr.
UTFPR

Prof. Fernando Oliveira Andrade, Dr.
UTFPR

Gustavo Macioski
UTFPR

RESUMO

O gradativo aumento da população mundial vem desencadeando diversos problemas em relação à preservação e disponibilidade dos recursos hídricos. Portanto é de suma importância que sejam adotadas e difundidas práticas de utilização e fornecimento sustentável dos recursos hídricos para que sua disponibilidade seja garantida nesta geração e nas próximas. O presente trabalho tem por objetivo adotar práticas para o uso racional e sustentável da água, implementando um sistema de aproveitamento de água da chuva na instituição Lar Infantil Sol Amigo, de Curitiba. A instituição objeto deste estudo conta com 34 habitantes e conseqüentemente altos custos nas tarifas de água e esgoto, havendo maior otimização e incentivo para instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Portanto, neste estudo foram realizados levantamentos de dados do número de habitantes, das faturas de consumo de água e levantamentos de projetos para obtenção das instalações já existentes nas edificações. Também foi realizada a comunicação com os representantes da instituição a fim de realizar o projeto de acordo com seus interesses e limitações. Através dos valores de oferta e de demanda de água foram determinados os parâmetros de projeto com auxílio do programa computacional "Netuno". O programa gerou a capacidade em litros dos reservatórios a serem utilizados, o percentual de substituição da água potável por água da chuva e o percentual de dias que a demanda de água é atendida. Depois de realizada uma pesquisa de mercado, o software também gerou a análise econômica do sistema, a qual determina o tempo de retorno do projeto. Portanto, foram apresentados dois cenários diferentes, o primeiro com substituição parcial da água dos vasos sanitários e o segundo cenário apenas para lavagem de pisos e veículos. No entanto, o cenário 1 foi o mais vantajoso financeiramente, com tempo de retorno de 6 anos e 9 meses comprovando que a sua adoção, além de ser uma prática sustentável, tem potencial de contribuição na redução das futuras despesas da instituição com o consumo de água.

Palavras chave: Aproveitamento de água da chuva. Dimensionamento de reservatórios. Uso racional da água em edificações.

ABSTRACT

The gradual increase of the world population has triggered several problems related to the preservation and availability of water resources. Given this, it is of great importance that sustainable water use and supply practices be adopted and disseminated to guarantee the water availability of this generation and the next. The aim of this work is to adopt one of these practices for the rational and sustainable use of water, implementing a rainwater harvesting system at the Lar Infantil Sol Amigo institution, in Curitiba. The institution object of this study counts with 34 inhabitants and consequently with high costs in the water and sewage tariffs, thus, this fact presents a great incentive to the implementation of a rainwater harvesting system. Therefore, in this study, data were collected on the number of inhabitants, bills for water consumption and surveys of projects to obtain the existing facilities in the buildings. The institution's representatives were interviewed in order to carry out the project according to their interests and limitations. According to the supply and demand values of water, the design parameters were determined using the software "Netuno". The program generated the capacity in liters of the reservoirs to be used, the percentage of replacement of drinking water by rainwater, the percentage of days that the water demand is served. After a research of Market, the software generated the economic analysis of the system, which determines the time of return of the project. Therefore, two different scenarios were presented, the first with partial replacement of toilet water and the second scenario only for washing floors and vehicles. However, the scenario 1 was the most advantageous, with a return time of 6 years and 9 months per house, proving that its adoption, in addition to being a sustainable practice, has the potential to contribute to reducing the institution's future expenditures with water consumption.

Key words: Rainwater harvesting. Reservoirs sizing. Rational use of water in buildings.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Contribuição das vazões médias nas bacias hidrográficas em porcentagem	14
Figura 2 - Vazões de consumo para os diferentes usos no país.....	14
Figura 3 - Representação de um sistema de captação de água de chuva (linhas verdes)	16
Figura 4 - Sistema de captação de água de chuva com tanque vertical e seus componentes.....	19
Figura 5 - Aparelho Pluviógrafo “ <i>in loco</i> ”	25
Figura 6 - Aparelho Pluviômetro Instalado “ <i>in loco</i> ”	25
Figura 7 - Imagem de Satélite do terreno da instituição	37
Figura 8 - Casa de habitação	38
Figura 9 - Capela e Área de recreação	38
Figura 10 - Disposição arquitetônica casas de habitação	39
Figura 11 - Dispositivo de descarte de primeira chuva.....	41
Figura 12 - Ligação do dispositivo de descarte de primeira chuva na tubulação de captação de água de chuva.	41
Figura 13 - Interface de entrada de dados do software Netuno	45
Figura 14 - Janela de entrada de dados para “Reservatório superior”	46
Figura 15 - Procedimento de análise econômica do software Netuno	49
Figura 16 - Projeto arquitetônico tipo das casas de habitação Lar Infantil Sol Amigo	51
Figura 17 - Caixa d’água presente na cobertura das habitações	52
Figura 18 - Ligação entre as caixas d’água.....	52
Figura 19 - Tubulações de abastecimento	53
Figura 20 - Descarga válvula hydra.....	53
Figura 21 - Desenho padrão da cobertura das residências.....	69
Figura 22 - Vista frontal de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1	63
Figura 23 - Vista lateral de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1	63
Figura 24 - Vista dos fundos de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1	64
Figura 25 - Vista superior de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1	64
Figura 26 - Instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 2.....	65
Figura 27 - Instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 2.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos	21
Quadro 2 - Frequência de manutenção.....	22
Quadro 3 - Ocupação da Instituição LISA	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica e demandas por região no Brasil.....	13
Tabela 2 – Valores de coeficiente de escoamento para diversos Materiais	26
Tabela 3 - Consumo litros (per capita) x Tipologia edificação	29
Tabela 4 - Distribuição de consumo de água residencial por equipamento hidráulico	30
Tabela 5 – Dados de entrada no software Netuno de acordo com cenários de substituição	47
Tabela 6: Tarifas da SANEPAR para residência padrão - Decreto Fevereiro 2016 ..	48
Tabela 7: Tarifas diferenciadas da SANEPAR para entidades assistenciais sem fins lucrativos	48
Tabela 8 – Média de precipitações para determinados períodos	54
Tabela 9 – Volumes de água da chuva aproveitável.....	54
Tabela 10 – Média de valores de consumo de água (L/hab.dia) em casas populares	55
Tabela 11- Valores de consumo mensais em m ³ da instituição LISA.....	56
Tabela 12 – Consumo de bacias sanitárias	57
Tabela 13 – Volume potencial de substituição de água potável por água de chuva .	59
Tabela 14 – Volume potencial de substituição de água potável por água de chuva .	59
Tabela 15 – Valores de reservatórios pelos métodos da NBR15527 de acordo com os cenários de substituição de água potável pela água de chuva.....	60
Tabela 16 – Potenciais de utilização de água pluvial e atendimento da demanda de acordo com cenários de substituição	61
Tabela 17 - Dados de entrada no software Netuno de acordo com cenários de substituição (Mudança de reservatório)	61
Tabela 18 - Potenciais de utilização de água pluvial e atendimento da demanda de acordo com cenários de substituição	62
Tabela 19- Consumo em Reais (R\$) de água e esgoto da Instituição LISA (2015/2016)	66
Tabela 20 – Estimativa do consumo total em Reais (R\$) proveniente da utilização de vasos sanitários da Instituição LISA (2015/2016).....	67
Tabela 21 – Estimativa de consumo total em Reais (R\$) proveniente da lavagem de pisos e veículos da Instituição LISA (2015/2016).....	67
Tabela 22 – Planilha orçamentária cenário de substituição de água nas descargas sanitárias.....	69
Tabela 23 - Planilha orçamentária cenário de substituição de água na lavagem de pisos e carros.....	70
Tabela 24 – Economia Mensal por Casa em R\$ para substituição de água nas descargas sanitárias	72
Tabela 25 - Economia Mensal por Casa em R\$ para substituição de água na lavagem de calçadas e carros.....	73
Tabela 26 – Resumo Investimento e Custos por cenário e por casa	74

Tabela 27 – Investimentos iniciais e de operação por cenário e por casa	74
Tabela 28 – Resultados análise financeira para cenário de substituição de água das descargas sanitárias	74

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BMEP	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LISA	Lar Infantil Sol Amigo
NBR	Norma Brasileira de Referência
ONG	Organização Não Governamental
SABESP	Companhia de saneamento básico do estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná

SUMÁRIO

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	15
1 INTRODUÇÃO	9
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A ESCASSEZ DE ÁGUA NO PLANETA.....	13
2.2 O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	15
2.2.1 Cuidados a Serem Considerados no Sistema e Aproveitamento de Águas de Chuva.....	17
2.2.2 Representação do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva e Materiais	18
2.3 REQUISITOS PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA DE ACORDO COM NORMAS TÉCNICAS.....	20
2.4 OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA DE CHUVA.....	22
2.4.1 Estimativa De Água Potável – Oferta.....	22
2.4.1.1 Precipitação	23
2.4.1.2 Área de Captação	25
2.4.1.3 Coeficiente de Escoamento	26
2.4.1.4 Descarte da primeira chuva (<i>first flush</i>).....	27
2.4.1.5 Tratamento.....	27
2.4.2 Estimativa de Consumo - Demanda	28
2.5 MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE VOLUME DE RESERVATÓRIOS.....	31
2.5.1 Método de Rippl.....	31
2.5.2 Método da Simulação	32
2.5.3 Método Azevedo Neto	32
2.5.4 Método Prático Alemão.....	33
2.5.5 Método Prático Inglês	33
2.5.6 Método Prático Australiano.....	33
2.5.7 Software Netuno	34
2.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	37
3.1.1 USO DE ÁGUA NÃO POTÁVEL	38
3.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS	40
3.3 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS	43
3.4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	51
4.2 OFERTA	54
4.2.1 Volume Aproveitável	54
4.2.2 Dispositivo de Descarte de Primeira Chuva.....	55
4.3 DEMANDA	55
4.3.1 VALORES DE CONSUMO DIÁRIO POR HABITANTE	55
4.3.2 VALORES DE SUBSTITUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL DE ACORDO COM O CENÁRIO.....	57
4.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS.....	59
4.4.1 MÉTODOS DA NORMA	59
4.4.2 SOFTWARE NETUNO	60
4.5 PROJETOS DAS INSTALAÇÕES REFERENTES AO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA	62
4.6 VIABILIDADE FINANCEIRA.....	66
4.6.1 Levantamento de Custos	66
4.6.2 Viabilidade Cenários – Análise Econômica.....	71
5 CONCLUSÃO	76

1 INTRODUÇÃO

A água é um fator vital para todos os seres vivos e isto faz com que seja o recurso mais precioso do planeta terra. E por ser um recurso com risco de escassez, é preciso ter consciência em relação ao seu uso. O progressivo aumento da população e as conseqüentes variações climáticas vêm desencadeando problemas de insuficiência de água em diversas regiões do planeta, e tal fato vem despertando cada vez mais questões sobre alternativas de conservação e preservação dos recursos hídricos.

Conforme estudo feito pela ONG Tearfund (GUTIERREZ, 2003), nos últimos cinquenta anos a população mundial triplicou, e o consumo de água aumentou em seis vezes e continua a crescer. Este aumento se justifica, pois paralelamente ao crescimento da população mundial, houve um maior crescimento nos setores agrícolas e industriais, os quais são responsáveis por maior parte de consumo da água. Atualmente já existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas de escassez de água (MANCUSO E SANTOS, 2003). Um exemplo deste cenário foi a crise hídrica de São Paulo, nos anos de 2013 e 2014.

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, (SABESP) no período de Outubro de 2013 a Fevereiro de 2014 ocorreram 444 mm de precipitação na região da Cantareira, reservatório que abastece São Paulo. A média deste mesmo período é de 995 mm, ou seja, houve um déficit de -55% de chuvas. Este déficit imergiu a cidade de São Paulo na maior crise hídrica dos últimos 80 anos, em consequência de a cidade não estar preparada para períodos de estiagem tão fortes.

O crescimento do meio urbano, tanto no Brasil como no mundo, teve uma grande progressão nos últimos anos devido ao modelo socioeconômico baseado na industrialização e prestação de serviços. Caso o crescimento urbano não seja acompanhado de um planejamento, grandes impactos de ordem ambiental e social podem ocorrer. Analisando pela ótica dos recursos hídricos, além do impacto da escassez de água, os impactos na drenagem urbana também são consideráveis. O aumento gradativo de edificações e pavimentações diminui a permeabilidade do solo, e por consequência podem trazer problemas muito graves, como as enchentes.

Analisando toda a problemática da água, seja de mananciais ou de precipitações, é constatada a importância do gerenciamento ordenado e consciente dos recursos hídricos. Para garantir o crescimento da economia e o acesso deste recurso para toda a população, o governo e a sociedade devem estabelecer novas medidas para mitigar e reparar este cenário. Estas medidas devem promover o desenvolvimento sustentável, que tem como premissa o fornecimento dos recursos hídricos para a geração atual e garantir sua disponibilidade para as gerações futuras.

O uso de águas pluviais captadas nos telhados das edificações se encaixa na premissa de reutilização na eficiência hídrica das edificações. A água da chuva, de acordo com a NBR15527 (ABNT, 2007), pode ser utilizada para fins não potáveis, como uso em vasos sanitários, irrigação e máquinas de lavar roupa. Além da redução de gastos com o consumo de água potável, o aproveitamento de água de chuva reduz o escoamento superficial do terreno, descarregando o sistema público de drenagem urbana e assim diminuindo a ocorrência de enchentes.

A adoção do uso de águas pluviais não é somente empregada em residências e instituições privadas. Instituições públicas ou não governamentais também estão em busca de diminuir seus gastos e adotar ações sustentáveis em suas instalações. Apesar de no Brasil o custo da água ser relativamente baixo (PEREIRA, 2015), o alto consumo de água potável acarreta um grande impacto no orçamento das instituições, que tem muitos gastos e muitas vezes poucos recursos financeiros.

De acordo com o banco de dados do INMET, nos últimos 15 anos (de janeiro de 2006 à dezembro de 2015), a cidade de Curitiba apresentou valores de índices pluviométricos médios anuais de 1633 mm e médios mensais de 136 mm, caracterizando grande potencial de captação de chuva. Devido a este potencial e à necessidade da redução de custos da entidade, o estudo do aproveitamento de águas pluviais neste ambiente foi desenvolvido no trabalho.

Esta situação ocorre na entidade Lar infantil Sol Amigo, na cidade de Curitiba, Paraná, que abriga crianças órfãs ou em situação de risco social. Devido ao grande gasto referente às contas de água, a administração do local teve a iniciativa de buscar alternativas para reduzir o consumo de água potável, por meio do aproveitamento de água de chuva.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver o projeto de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis na entidade Lar Infantil Sol Amigo (LISA).

1.1.2 Objetivos Específicos

Conforme definição do objetivo geral foram definidos os objetivos específicos apresentados abaixo:

- Verificar o consumo de água potável atual na entidade;
- Analisar a capacidade de captação de águas pluviais das edificações existentes;
- Propor um modelo de captação de águas pluviais;
- Verificar a viabilidade técnica e econômica de sistemas;
- Calcular os reservatórios de armazenamento e distribuição da água para consumo através de diferentes métodos;
- Comparar os resultados obtidos através dos diferentes métodos e adotar o procedimento com melhor viabilidade econômica.

1.2 JUSTIFICATIVA

A água é um fator essencial para todos os seres vivos e é indispensável para a execução de todas as atividades desenvolvidas pelos seres humanos. No entanto, é um recurso finito e deve ser preservado. Para que se possa garantir seu uso nesta e nas próximas gerações, sua utilização deve ser feita de forma consciente e planejada.

Devido à poluição, ao crescimento desordenado das cidades e a falta de planejamento dos recursos hídricos, a disponibilidade de água doce em alguns centros urbanos já se encontra em estado de ameaça. Tendo isto em vista, deve-se buscar a criação e o desenvolvimento de novos meios e tecnologias que possibilitem o uso da água de forma sustentável e consciente.

Por conseguinte, justifica-se o desenvolvimento deste trabalho em apresentar uma forma de uso sustentável dos recursos hídricos através da captação de águas pluviais e incentivar a população de que aproveitar a água da chuva é uma maneira inteligente e sustentável de utilizar a água de forma consciente. Com o estudo de caso para a entidade Lar Infantil Sol Amigo (LISA), esta pesquisa irá proporcionar uma economia financeira à instituição, e com isto proporcionar outros benefícios à entidade, além de ajudar na preservação dos recursos hídricos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ESCASSEZ DE ÁGUA NO PLANETA

De acordo com Tomaz (2001), o Brasil possui 12% da água doce de todo o mundo. Entretanto, há uma má distribuição deste recurso no país, pois 68,5% dos recursos hídricos estão concentrados apenas na região Norte, enquanto a região sudeste, que apresenta maior densidade demográfica, detém de apenas 6%. Na Tabela 1 verifica-se a disponibilidade hídrica e as demandas de água para cada região no Brasil.

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica e demandas por região no Brasil

Regiões do Brasil	Vazão (Km³/ano)	Porcentagem (%)
Norte	3845,50	68,50
Nordeste	186,20	3,30
Sudeste	334,20	6,00
Sul	365,40	6,50
Centro-Oeste	878,70	15,70
Total	5.610,00	100%

Fonte: Plínio Tomaz (2011).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2005), o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões. Algumas bacias contêm baixa disponibilidade hídrica e grande utilização de seus recursos, passando assim por situações de escassez e estresse hídrico, como é o caso das bacias hidrográficas Paraná, São Francisco, Atlântico Leste, Parnaíba, entre outras. Não obstante, a bacia hidrográfica Amazonas oferece alta disponibilidade hídrica, porém baixa utilização de seus recursos. Na Figura 1 é apresentada a contribuição das vazões médias em porcentagem para cada bacia hidrográfica.

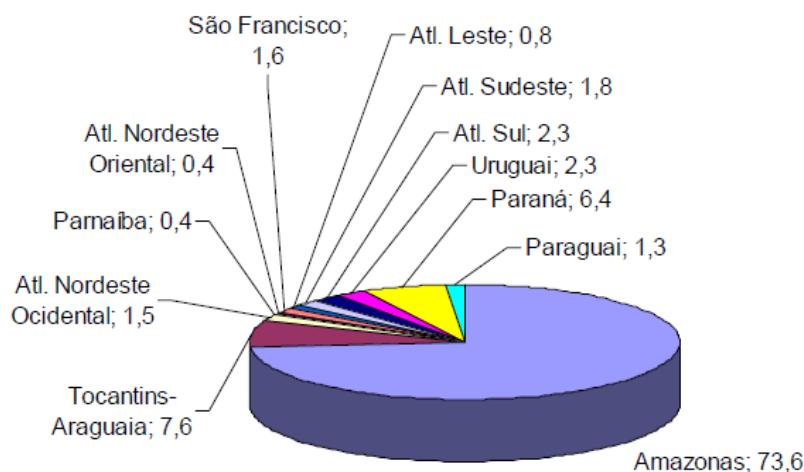


Figura 1 - Contribuição das vazões médias nas bacias hidrográficas em porcentagem

Fonte: ANA (2005).

O crescimento populacional aumenta o consumo para abastecimento humano e conseqüentemente a demanda no setor agrícola e no setor industrial. De acordo com a Conjuntura de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2013), o consumo de água apenas para irrigação representa 72% do uso da água no país, enquanto o setor industrial, o abastecimento humano urbano e rural e o abastecimento de animais representam juntos 28% do consumo da água. A situação das vazões de consumo para diferentes usos está representada na Figura 2.

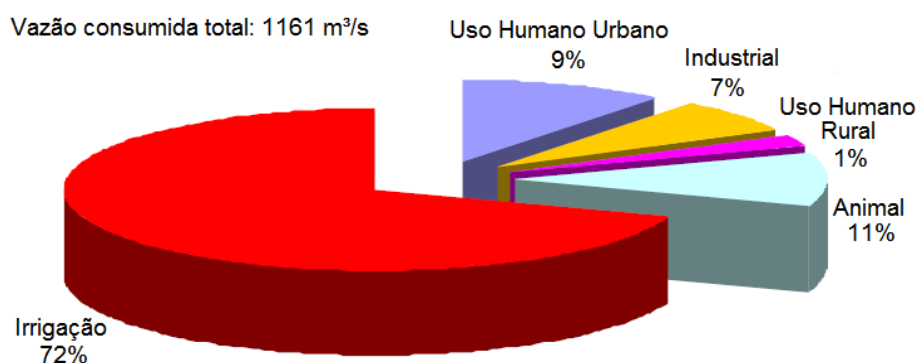


Figura 2 - Vazões de consumo para os diferentes usos no país

Fonte: Adaptado da ANA (2013).

Em face ao crescimento acelerado da população, é evidente a necessidade de avaliar a oferta de água disponível e promover seu uso de forma consciente, sustentável e equilibrada. De acordo com a World Water Council (2015), assume-se que a nível global, 884 milhões de pessoas não tem acesso à água potável e mais

de 1 bilhão de pessoas já enfrentam situações de escassez de água, e esta insuficiência pode triplicar até 2025. Tais condições apontam a relevância do uso racional da água para sua preservação.

Tendo em vista todos estes problemas, o uso de fontes alternativas para consumo de água é a solução para a minimização dos problemas com recursos hídricos e ambientais. Dentre estas fontes, destaca-se o aproveitamento de água da chuva, uma solução simples e economicamente viável em relação às outras fontes alternativas, o qual aproveita os recursos naturais existentes de forma sustentável e assim dispõe benefícios ecológicos e econômicos.

2.2 O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O recolhimento de águas de chuva é uma prática milenar. Segundo Tomaz (2001), na região do Oriente Médio existem cisternas escavadas em rochas anteriores a 3000 a.C as quais faziam aproveitamento de água da chuva para consumo humano. Várias civilizações antigas, como os Astecas, Maias e Incas já recolhiam a água da chuva para diferentes fins, aponta Bertolo (2006). No Brasil, o primeiro relato de aproveitamento de águas pluviais foi de uma cisterna construída em Fernando de Noronha pelo exército americano em 1943 (GUANAYEM, 2001).

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais consiste na captação, desvio e armazenamento da água da chuva para posterior utilização. A captação é geralmente feita nas superfícies impermeáveis das edificações (geralmente telhados e lajes). O armazenamento é feito em cisternas, que devem ser separadas do dispositivo de armazenamento de água potável. O principal objetivo deste sistema é a substituição da água de uso doméstico sem exigência de potabilidade pela água pluvial recolhida.

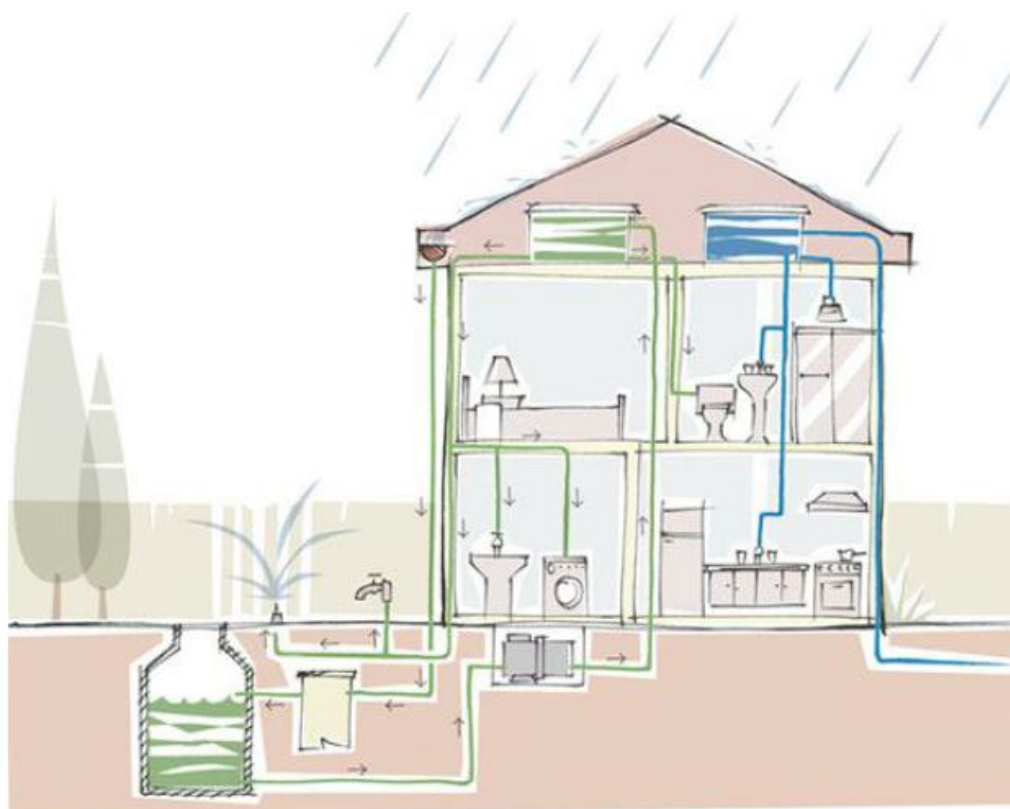


Figura 3: Representação de um sistema de captação de água de chuva (linhas verdes)

Fonte: RODRIGUES (2010).

O aproveitamento de águas pluviais para fins potáveis deve passar por etapas de tratamento. De acordo com a NBR15527 (ABNT, 2007), a utilização da água da chuva sem tratamento convencional pode ser feita em indústrias, limpeza de calçadas e ruas, limpezas de veículos, espelhos d'água e também nas edificações residenciais, podendo substituir a água das descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza doméstica. O consumo de água destinado a usos não potáveis em uma residência varia entre 30% e 40% do total de água consumida (KÖNIG, 2001). Tal fato permite a visualização da viabilidade econômica a qual um sistema de captação de águas pluviais proporciona.

A utilização de água de chuva traz várias vantagens como a diminuição do risco de inundações urbanas, a conservação de lençóis freáticos e o favorecimento da economia de água potável, pois evita sua utilização onde não há necessidade, como na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos, dentre outras (KITA *et AL*, 1999). Além destas vantagens, o aproveitamento de água da chuva reduz o consumo de água da rede pública e do custo de fornecimento, e

incentiva a postura de conservação de água e de uso sustentável dos recursos naturais.

As desvantagens são as variações na intensidade pluviométrica, pois o sistema depende da pluviosidade; a necessidade de manutenção regular do sistema de coleta da água da chuva, caso contrário podem surgir riscos sanitários; risco de acidentes para crianças quando não é projetado adequadamente; falta de normatização e informações no código de obras e falta de leis e decretos federais para a utilização da água da chuva (BERTOLO, 2006; NASCIMENTO E DOMINGOS, 2007).

O município de Curitiba foi pioneiro, em nível nacional, no incentivo do aproveitamento da água da chuva. Em Setembro de 2003 foi implantado o PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional de Água nas Edificações, através da LEI 10785/03, a qual tem como objetivo instituir medidas que induzam a conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações, bem como a conscientização dos usuários sobre a importância da conservação da água. No artigo 6º da lei 10785 é citada a captação, armazenamento e utilização de águas pluviais como forma de fonte alternativa de consumo.

2.2.1 Cuidados a Serem Considerados No Sistema e Aproveitamento De Águas De Chuva

Segundo a ANA (2005), a água de chuva pode ser aproveitada desde que sejam realizados o controle de qualidade e a verificação da necessidade de tratamento específico, visando a prevenção de danos à saúde de seus usuários e à vida útil dos sistemas envolvidos.

No que diz respeito à qualidade da água da chuva dentro do reservatório, alguns cuidados especiais devem ser tomados. De acordo com Tomaz (2003), deve-se evitar a entrada da luz do sol no reservatório a fim de evitar a proliferação de microorganismos, a tampa de inspeção deverá ser completamente fechada e a saída do extravasor (ladrão) deverá comportar uma grade para que não entrem detritos, insetos e animais pequenos.

A limpeza do reservatório deve ser feita ao menos uma vez por ano. Nesta limpeza deve-se remover todo o lodo existente no fundo, e havendo suspeita de que

a água do reservatório está contaminada, é preciso adicionar hipoclorito de sódio a 10% ou água sanitária (TOMAZ, 2003).

Além disto, para oferecer maior segurança aos usuários, deve-se verificar a não ocorrência de conexões cruzadas no sistema de distribuição. A NBR15527 (ABNT, 2007) especifica que é preciso diferenciar notadamente as tubulações e os sistemas de distribuição de água potável e de água de chuva, assim como os reservatórios de água potável e de água de chuva devem ser separados. Os pontos de consumo de água de chuva devem possuir identificação gráfica com a inscrição de “água não potável”.

É importante ressaltar que, segundo May (2009), o reservatório de águas pluviais deverá conter uma pequena declividade no fundo, com o intuito de facilitar a limpeza na retirada do lodo. Outro fator citado pela autora é que deve ser verificada a necessidade de tratamento da água pluvial mesmo que para fins não potáveis, assim como verificar qual o tipo de tratamento mais adequado.

2.2.2 Representação Do Sistema De Aproveitamento De Água De Chuva E Materiais

Segundo a NBR15527(ABNT, 2007), para a coleta da água da chuva é necessária a instalação de condutores horizontais, condutores verticais, dispositivos para filtragem, descarte da água de limpeza do telhado e materiais grosseiros, e reservatório de armazenamento da água. Na Figura 4 é apresentado um exemplo de sistema de captação de água de chuva feito com tanque vertical e seus componentes.

Os materiais dos dispositivos estão referenciados na NBR 10844 (ABNT, 1989). De acordo com esta norma, as calhas podem ser feitas de chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria.

Os tubos e conexões dos condutores verticais podem ser feitos de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapas de aço galvanizado, folhas-de-flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro.

Os tubos e conexões dos condutores horizontais podem ser feitos de ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cerâmica vidrada, concreto, cobre, canais de concreto ou alvenaria.



- 1- Entrada de água (100mm) pela calha;
- 2- Filtro eliminador de folhas;
- 3- Tela antimosquito;
- 4- Dreno água suja (descarte de primeira chuva);
- 5- Tampa de inspeção;
- 6- Tanque de armazenamento de 1000 litros;
- 7- Saída de 3/4" para torneira ou registro.

Figura 4 - Sistema de captação de água de chuva com tanque vertical e seus componentes

Fonte: Adaptado de Flow Sustentável (2016).

2.3 REQUISITOS PARA A INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS DE CHUVA DE ACORDO COM NORMAS TÉCNICAS

De acordo com a NBR15527 (ABNT, 2007), em qualquer estudo de aproveitamento de água de chuva de coberturas deve-se apresentar o alcance do projeto, o número de pessoas que irão utilizar a água de chuva, e a demanda, que conseqüentemente exige estudos de séries históricas da pluviometria da região onde será implantado o projeto de captação de água de chuva.

Referente às coberturas horizontais de lajes, a NBR 10844 (ABNT, 1989) notifica que estas devem ser projetadas para evitar empoçamento e ter declividade mínima de 0,5%, de modo que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem. A drenagem neste caso deve ser feita por mais de uma saída, a não ser que no projeto não haja risco de obstrução. Caso a cobertura horizontal da laje seja muito grande, esta deve ser subdividida em áreas menores com caimentos de orientações diferentes, a fim de evitar grandes percursos de água. Caso na cobertura existam trechos abertos (escadas, claribóias, etc), estes devem ser dotados de platibanda ou calha.

De acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), as calhas de beiral e platibanda devem ser fixadas o mais próximo possível da cobertura, centralmente sob a extremidade e ter inclinação uniforme, com valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento das calhas pode ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicado na equação 1:

$$Q = K \frac{S}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (1)$$

Na qual:

Q= Vazão de Projeto em L/min

K = 60000

S = Área da seção molhada, em m²

n= Coeficiente de Rugosidade (tabela 02 NBR 10844/1984)

Rh= Raio hidráulico, em m

I = Declividade da calha, em m/m

No que se refere aos reservatórios, a NBR15527 (ABNT, 2007) indica que itens como extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura e procedimentos como inspeção, ventilação e segurança devem constar no projeto.

Os padrões de qualidade da água são especificados pelo projetista de acordo com as finalidades do uso da água pluvial. Para casos mais restritos, é preciso seguir os padrões de qualidade constados no Quadro 1, retirada da NBR15527:

Quadro 1 - Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos restritivos

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização).	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos do cloro para desinfecção		
^b uT é a unidade de turbidez		
^c uH é a unidade Hazen		

Fonte: NBR15527 (2007).

Segundo a NBR15527 (ABNT, 2007), a etapa de desinfecção pode ser feita através de derivados do cloro, radiação ultravioleta, ozônio e outros procedimentos. Para casos os quais são necessários um residual desinfetante, deve ser utilizado derivado clorado.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais deve receber manutenção periódica, conforme especificado na NBR15527. No Quadro 2 a seguir é apresentada a frequência de manutenção de cada componente do sistema.

Quadro 2 - Frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: NBR15527 (2007).

Caso a instalação de captação de água de chuva necessite de bombeamento, este deve ser realizado de acordo com a NBR 12214 (ABNT, 1992). Antes de proceder com a instalação do bombeamento, devem ser estudadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, as velocidades mínimas de sucção e a seleção do conjunto motor-bomba.

2.4 OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA DE CHUVA

Segundo Athayde, Dias e Gadelha (2008), um sistema de aproveitamento de água de chuvas depende de fatores como a viabilidade técnica, econômica e também a aceitação social. Mesmo que o aproveitamento de águas pluviais nas edificações seja uma metodologia sustentável e com aplicabilidade crescente, é necessário fazer o levantamento de seus condicionantes antes de sua adoção para que se garanta a viabilidade da aplicação deste sistema.

Em relação a viabilidade técnica e a estimativa do potencial de volumes (gerados, produzidos e utilizados) devem ser corretamente realizados de forma que não haja sub ou superdimensionamento do sistema, o que impactará também na viabilidade econômica do projeto.

A seguir, serão abordados itens que contribuem para a determinação da oferta e da demanda de águas pluviais nas edificações.

2.4.1 Estimativa De Água Potável – Oferta

“Para efeito de cálculo, o volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado” (TOMAZ, 2003). A partir dessa

citação é possível aplicar conceitos apresentados na NBR15527 (ABNT, 2007) que determina o volume de água de chuva a ser aproveitado através de fatores como coeficiente de escoamento superficial e eficiência de sistema de descarte do escoamento inicial (*first flush*). Este volume é determinado na equação 2:

$$V = P \times A \times C \times N_{fator} \quad (2)$$

Na qual:

V: Volume anual, mensal, diário de água de chuva aproveitável (m³);

P: precipitação média anual, mensal ou diária (mm);

A: Área de coleta (m²);

C: Coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

Nfator: Fator de captação. É a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Todos os fatores possuem suas particularidades e relevâncias de igual importância nesta determinação. Mesmo que uma região tenha condições favoráveis devido a sua condição pluviométrica, após a determinação da quantidade gerada é necessária a análise do local que a água atingiu a superfície. Áreas impermeáveis como coberturas, pátios e áreas de estacionamento são exemplos de superfícies selecionadas para a coleta da água da chuva, que por terem contato inicial com esta água, influenciarão no volume final tanto em relação à quantidade quanto na qualidade desta água.

Nos subitens a seguir serão detalhados todos estes fatores, além dos tratamentos usuais para captação de água de chuva que também influencia no volume final ofertado.

2.4.1.1 Precipitação

A quantidade de água de chuva que é demandada por uma edificação deve ser confrontada com a quantidade de água ofertada pelas precipitações da região a qual se localiza.

No caderno “Disponibilidades e Demandas dos Recursos Hídricos no Brasil” (ANA, 2005) a diferença do impacto da geração de água de chuva em relação às condições climáticas de uma determinada região é exemplificada. Pelo estudo do

período dos anos de 1961 a 1990 no Brasil a precipitação média anual foi de 1797 mm, com grande variação entre a região com maior índice pluviométrico (a Amazônia com 2500 mm), e a região de menor índice pluviométrico (o semiárido Nordeste com 800 mm). A partir dessa comparação é verificada a singularidade que cada projeto apresenta e a importância da análise da precipitação em função da localidade que o projeto se encontra.

A própria NBR15527 (ABNT, 2007) ressalta a necessidade da análise de séries históricas de precipitação da região na qual o projeto se localiza. A partir desta análise é possível determinar um padrão de precipitações para cada época do ano, determinando períodos de abundância e de escassez das chuvas.

Estes valores podem ser obtidos por dados observados, coletados e registrados por estações meteorológicas de superfície. No Brasil através do BDMEP, é possível consultar dados meteorológicos diários de séries históricas de várias estações meteorológicas. A partir dessa ferramenta é possível acessar médias pluviométricas fornecidas em milímetros, para determinados períodos (dias, meses, anos) e localidades de acordo com a disponibilidade dos dados, todos estes dados são disponibilizados pelo site do INMET.

Com o acesso a informação é possível aplicar estes dados para o sistema de aproveitamento de água, o qual influencia o dimensionamento de calhas, reservatórios e outros dispositivos na determinação de áreas de captação.

Existem formas empíricas de obtenção de dados pluviométricos através do uso de aparelhos registradores como Pluviógrafo e o Pluviômetro. De acordo com a disponibilidade de recursos e expectativas de confiabilidade dos dados adota-se para a medição o aparelho que se adequa melhor ao objetivo da medição. Abaixo são citadas as características de cada aparelho (ANJOS e NERY, 2001):

- Pluviógrafo: Constituído de um gráfico substituído diariamente, que indica a duração de cada precipitação, assim como seu início, fim permitindo o cálculo da intensidade. Ilustrado através da Figura 5.
- Pluviômetro: Coleta a água da chuva através de uma proveta graduada em milímetros em um determinado período de tempo, menos preciso devido à evaporação. Ilustrado através da Figura 6.



Figura 5 – Aparelho Pluviógrafo “in loco”

Fonte: Tutiempo (2016).



Figura 6 – Aparelho Pluviômetro Instalado “in loco”

Fonte: Site cchla (2016).

2.4.1.2 Área de Captação

Uma maior quantidade de água é coletada em função de uma maior área de captação. A área de captação está limitada pelas condicionantes da área do terreno e das características do projeto. Terrenos maiores e projetos que maximizam a utilização de áreas de coberturas possuem grandes potenciais de volumes captados de chuva.

As áreas de captação caracterizam-se por coberturas que possuam sistema de calhas e condutores verticais. Áreas de pavimentos impermeabilizados que possuam ralos e condutores também podem ser utilizados para a captação. Nas

duas alternativas é possível dimensionar os sistemas de captação conforme diretrizes da NBR 10.844 (ABNT, 1989).

As águas coletadas através de superfícies de solos também podem ser aproveitadas desde que tomadas algumas precauções. Segundo Anecchini (2005) estas áreas devem possuir para o escoamento da água pequenas inclinações, utilizando-se geralmente canais de direcionamento da água pluvial para reservatórios. Outra precaução em relação a manter um nível de qualidade é a não utilização de águas provenientes de estacionamentos e vias que circulam carros devido aos resíduos de pneus e possíveis contaminações por óleos e combustíveis.

2.4.1.3 Coeficiente de Escoamento

Outro fator importante definido em projeto é a escolha dos materiais utilizados nas superfícies de captação. Todos os materiais possuem coeficientes de escoamento superficial, que determinam a quantidade de água que escoar em relação à água precipitada. Este coeficiente se apresenta na literatura como coeficiente de runoff e depende, como dito anteriormente, do material da superfície e também da inclinação.

Na Tabela 2, Anecchini (2005) relacionou valores de coeficiente de escoamento para materiais usais nas edificações, adotados por diversos autores.

Tabela 2 – Valores de coeficiente de escoamento para diversos Materiais

Material	Coeficiente de Escoamento	Autores
Telha cerâmica	0,80 a 0,90	Hofkes(1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0,75 a 0,90	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telha esmaltada	0,90 a 0,95	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telha metálica	0,70 a 0,90	Hofkes(1981) e Frasier (1975) apud May (2004)
	0,85	Khan(2001)
Plástico	0,94	Khan(2001)
Betume	0,80 a 0,95	Van den Bossche (1997) apud Vaes e Berlamont (1999)
Telhados Verdes	0,27	Khan(2001)
Pavimentos	0,40 A 0,90	Wilken (1978) apud Tomaz(2003)
	0,68	Khan(2001)

Fonte: Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES) - Anecchini (2005).

É possível verificar que o coeficiente de escoamento superficial minora a quantidade final, logo ao realizar a escolha dos materiais utilizados nas superfícies

de captação deve-se considerar estes valores. Para a maior coleta de água devem-se escolher materiais de coeficiente de *Runoff* próximo ao número um.

2.4.1.4 Descarte da primeira chuva (*first flush*)

Como dito anteriormente o *Nfactor* é a eficiência do sistema de captação, que leva em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial. O “*First Flush*” é o dispositivo mais usual para este descarte de água.

First Flush é um termo em inglês que significa literalmente “primeira descarga”. No contexto de aproveitamento de águas pluviais essa primeira descarga relaciona-se com o volume inicial de água de chuva de um evento de precipitação inicial. De acordo com Tomaz (2003), caracteriza-se *first flush* a água de chuva que cai em coberturas num período mínimo de três dias.

A água de descarte da primeira chuva é considerada contaminada por diversos fatores. Nakada e Moruzzi (2014) explicam que a chuva inicial apresenta água de menor qualidade, visto que “lava” a atmosfera, que contém poluentes, e lava também a superfície de captação e, deste modo, incorpora elementos capazes de interferir na qualidade da água. No entanto, o descarte deste volume de água auxilia na garantia de níveis de qualidade destas águas.

Apesar de a própria norma deixar a critério do projetista o uso ou não deste mecanismo, ela recomenda o descarte dos 2 milímetros iniciais de chuva. Conforme a *American Rainwater Catchment* (2009, apud TOMAZ 2011) o valor de 2 mm de chuva inicial para descarte é considerado um valor médio de contaminação. Locais com chuvas frequentes podem considerar contaminação baixa de 0,5 mm de precipitação inicial e locais com detritos orgânicos e de animais, com árvores adjacentes ou ar contaminados devem considerar contaminação alta com descarte de 8 mm.

2.4.1.5 Tratamento

O dispositivo de descarte de primeira chuva contribui para a melhora da qualidade da água como explicado no item anterior, porém geralmente por si só não garante parâmetros de qualidade de água requerida pela NBR15527 (ABNT, 2007)

para usos restritos não potáveis. Esses padrões, apresentados no item 2.3 deste trabalho, são facilmente obtidos por processos filtração simples e desinfecção.

Rodrigues (2010) determina os objetivos de cada processo de tratamento. Conforme o autor, a filtração tem como objetivo a remoção das partículas sólidas e a desinfecção se torna necessária para eliminar microrganismos e bactérias nocivas.

A filtração serve para conter detritos como folhas e pequenas pedras e pode ser feita através de grelhas, malhas ou filtros de areia. Segundo Rodrigues (2010) os filtros podem ser instalados nos tubos de queda, antes do reservatório, no próprio reservatório e depois. No caso de utilizar a água de chuva para lavagem de roupas ou piscina, a água de chuva deve passar por filtros lentos de areia ou filtros de piscina para remoção de parasitas (TOMAZ, 2003).

A própria norma cita três processos de desinfecção: adição de cloro, aplicação de raio ultravioleta ou pela aplicação de ozônio. Tomaz (2003) explica cada processo apresentando suas vantagens e desvantagens. Segundo o autor, o cloro é um gás oxidante poderoso que altera a característica química da água controlando bactérias e algas, devendo apresentar residual.

O cloro pode ser aplicado por bombas dosadoras ou pastilhas de cloro. Em relação ao ozônio o autor pondera o fato do processo não formar residual, logo, a água deve ser consumida de imediato ou então ter sistema de recirculação, além de depender de baixa quantidade de matéria orgânica na água e depender da temperatura que ao crescer diminui a ação do ozônio.

Por último, Tomaz (2003) discorre sobre a irradiação ultravioleta que apresenta vantagens de facilidade de uso, baixa manutenção, não alteração de cor e sabor da água e inativa bactérias com tempo de contato rápido. No entanto tal procedimento necessita de eletricidade e alguns micro-organismos podem ser reativados e reproduzidos por foto-reação, entre outros.

2.4.2 Estimativa de Consumo - Demanda

Para o cálculo de consumo de um projeto é necessário determinar e ponderar fatores como o tipo da edificação (residencial, comercial, industrial, pública), número de ocupantes, horas ocupadas e a cultura da localidade.

Na cartilha “Conservação e Reuso da Água em Edificações” (ANA, 2005) são diferenciados os usos entre as tipologias de edificações. Para residências, os

usos de água relacionam-se principalmente às atividades de limpeza, higiene, lavagem de veículos, piscinas e irrigação. Edificações comerciais concentram os usos para fins domésticos (principalmente ambientes sanitários), sistemas de resfriamento de ar condicionado e irrigação. Já em ambientes públicos os usos são similares aos comerciais, porém com uso de ambientes sanitários maiores.

Analisando detalhadamente o consumo de acordo com as tipologias das edificações pode-se chegar a valores per capita como demonstrado na Tabela 3. Obtêm-se então a relação entre tipologias e as características e tempo desta ocupação (CREDER, 2009). Consequentemente para se obter um valor total multiplica-se ao número de ocupantes e o período desejado (mês ou ano).

Tabela 3 - Consumo litros (per capita) x Tipologia edificação

Prédio	Consumo (litros)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (s/ cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas – internatos	150 per capita
Escolas – externatos	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição
Garagens	50 por automóvel por kg de roupa
Lavanderias	30 seca
Mercados	5 por m ² de área
Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 por operário
Postos de serviço p/ automóvel	150 por veículo
Cavalariças	100 por cavalo
Jardins	1,5 por m ² de área

Fonte: Creder (2009).

Athayde, Dias e Gadelha (2008), através da compilação de dados de diversos autores, definiram especificamente para residências valores de acordo com seus padrões socioeconômicos:

- Residência de padrão popular: com população de 4 habitantes, consumo per capita de 130,0 L/hab.dia;
- Residência de padrão médio: com população de 5 habitantes, consumo per capita de 162,0 L/hab.dia;
- Residência de padrão alto: com população de 6 habitantes, consumo per capita de 192,8 L/hab.dia.

Na literatura existem muitas divergências entre as porcentagens apresentadas entre o consumo dos equipamentos em uma residência (HAFNER, 2007). Estas divergências são confirmadas pelos valores apresentados na tabela 4, na qual Hafner apresenta dados de consumo de equipamentos realizados por diversos estudos.

Tabela 4 - Distribuição de consumo de água residencial por equipamento hidráulico

	DECA	USP	D	DTA	Mieli	CH
Bacia sanitária	14%	29%	30%	5%	35%	33%
Lavatório	12%	6%	4%	8%	6%	6%
Chuveiro	46%	28%	35%	55%	27%	32%
Pia cozinha	15%	17%	4%	18%	18%	3%
Maq. Lavar roupa	8%	9%	13%	11%	7%	10%
Tanque	5%	6%	-	3%	4%	-
Maq. Lavar louça	-	5%	7%	-	-	6%
Jardim/lav. carros	-	-	7%	-	3%	5%

Fonte: Hafner (2007).

É possível constatar através da análise e interpretação das porcentagens da tabela que os equipamentos hidráulicos de maior representatividade de consumo são o chuveiro e a bacia sanitária. Conseqüentemente, a redução do consumo de água potável destes equipamentos irá gerar maior impacto financeiro e ambiental no sistema de abastecimento de uma edificação.

A água de chuva “não serve, geralmente, para consumo humano, qualificando-se como água de segunda qualidade” (RODRIGUES, 2010). Sem que se realize um processo de tratamento mais complexo, a água de chuva não é aconselhável para o uso em chuveiros, torneiras e usos nobres, sendo indicada para usos domésticos e não nobres. Por conseguinte, a substituição de água potável por água de chuva nas bacias sanitárias representaria uma considerável economia de água para uma residência.

2.5 MÉTODOS DE ESTIMATIVAS DE VOLUME DE RESERVATÓRIOS

Determinar volumes de reservatórios de água de chuva para aproveitamento nas edificações depende de fatores como a oferta e a demanda desta água. Além de reservar a água suficiente para abastecer a edificação por determinados períodos estabelecidos pelo projetista, de acordo com Rodrigues (2010) os reservatórios devem garantir condições estruturais, não serem porosos e não permitirem reações químicas com a água. Para tanto existem reservatórios de diversos materiais como polietileno, fibra de vidro, aço galvanizado e de concreto, que de acordo com suas respectivas características podem ser locados na superfície ou então aterrados.

Focando na determinação do volume dos reservatórios, além das condições apresentadas e consideradas na equação (1) a NBR15527 (ABNT, 2007) apresenta no Anexo A os respectivos métodos de cálculos para dimensionamento dos reservatórios. Abaixo nos subitens serão apresentados os métodos como também algumas considerações.

2.5.1 Método de Rippl

Conforme Amorim e Pereira (2008) este método também é denominado como Método do diagrama de massas, foi desenvolvido originalmente no final do século XIX e é um dos mais utilizados na atualidade.

Apesar de considerar que este método superdimensiona o reservatório, Tomas(2003) destaca a vantagem de usá-lo para a verificação de um limite superior de volume do reservatório.

É um método citado pela a NBR15527 (ABNT, 2007) no qual se pode usar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (3)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (4)$$

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores } S(t) > 0 \quad (5)$$

Sendo que :

$$\sum D(t) < \sum Q(t) \quad (6)$$

No qual:

S(t) é o volume de água 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 é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Campos (2004) ressalta que para uma maior precisão no dimensionamento através deste método é recomendável um menor intervalo de dados pluviométricos.

2.5.2 Método da Simulação

Além de fixar um valor de volume de reservatório para Amorim e Pereira (2008) este método também consiste em verificar o percentual de consumo atendido.

Presente na NBR15527 (ABNT, 2007), neste método não deve ser considerado a evaporação e para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t) \quad (7)$$

$$Q(t) = C \times \text{precipitação da chuva}(t) \times \text{área de captação} \quad (8)$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S(t) \leq V \quad (9)$$

No qual:

$S(t)$ 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.

Segundo Tomas (2003) neste método devem-se considerar duas hipóteses: a primeira que o reservatório está cheio no início da contagem do tempo e a segunda que os dados históricos são representativos para as condições futuras.

2.5.3 Método Azevedo Neto

Também descrito na literatura como método prático brasileiro é apresentado pela NBR15527 (ABNT, 2007):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (10)$$

No qual:

P é a precipitação média anual em milímetros (mm);

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

2.5.4 Método Prático Alemão

É um método empírico apresentado na NBR15527 (ABNT, 2007) que considera o menor valor de volume do reservatório entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável. Determinado pela fórmula abaixo:

$$\text{Vadotado} = \text{mínimo entre (V e D)} \times 0,06 \text{ (6\%)} \quad (11)$$

No qual:

V = volume anual de precipitação aproveitável (L);

D = demanda anual de água não potável (L).

Vadotado = valor numérico do colume do reservatório (L)

2.5.5 Método Prático Inglês

É um método empírico citado na NBR15527 (ABNT, 2007) e expresso pela fórmula abaixo:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (12)$$

No qual:

P = precipitação média anual (mm);

A = área de coleta em projeção (m²);

V = volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L).

2.5.6 Método Prático Australiano

Apresentado pela NBR15527 (ABNT, 2007) como:

$$Q = (A \times C \times (P - I))/1000 \quad (13)$$

No qual:

C = coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,8;

P = precipitação média mensal (mm);

I = interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2 mm;

A = área de coleta (m^2);

Q = volume mensal produzido pela chuva (m^3).

Através de tentativas é realizado o cálculo do volume do reservatório até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (14)$$

No qual:

Q_t = volume mensal produzido pela chuva no mês t (m^3);

V_t = volume de água que está no tanque no fim do mês t (m^3);

V_{t-1} = volume de água que está no tanque no início do mês t (m^3);

D_t = demanda mensal (m^3).

Segundo Amorim e Pereira (2008) “Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio. Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$.”

Ainda pela norma, o volume do tanque escolhido será T , em metros cúbicos.

Para o cálculo da confiança utilizam-se as seguintes equações:

$$Pr = N_r / N \quad (15)$$

No qual:

Pr = falha;

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

N = número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$\text{Confiança} = (1 - Pr) \quad (16)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

2.5.7 Software Netuno

O software Netuno é um programa computacional aberto para simulação de captação de água de chuva que foi desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no ano de 2004.

Conforme Ghisi e Cordova (2014) o software apresenta uma relação entre potencial de economia de água potável pelo uso de água pluvial e a capacidade de reservatório, volume extravasado dentre outros. Portanto, pode-se relacionar a maior

economia, com o menor custo para diversos volumes de reservatórios (OLIVEIRA, 2005).

2.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

O aproveitamento de água de chuva é uma alternativa para diminuir o consumo de água potável nas edificações, porém sua implantação requer investimentos que não são usualmente considerados nos projetos comuns. No entanto, diminuição de consumo nem sempre está atribuído à vantagem financeira em curto prazo.

Considerando que cada projeto tem especificidades, necessidades, condições e investimentos disponíveis diferentes, é imprescindível a análise financeira dos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Nos estudos realizados por Athayde, Dias e Gadelha (2007), concluiu-se que para residências na cidade de João Pessoa, somente as de alto padrão socioeconômico obtiveram economias que cobriram custos de implantação, operação e manutenção dos sistemas. A adoção de sistema de aproveitamento seria inviável para residências com padrões socioeconômicos populares a médios. Isto se explica pelo fato de que atualmente as tarifas de abastecimento de água são relativamente baixas no Brasil. No mesmo estudo, considerando projeções de futuras tarifas, o sistema de aproveitamento de água de chuvas acabou se mostrando viável para todos os padrões socioeconômicos. Contudo é necessário ressaltar que o estudo de Athayde, Dias e Gadelha (2007) apresenta um padrão pluviométrico inferior ao de Curitiba, região do presente trabalho, logo a conclusão elaborada para este estudo é válida somente para esta região. Curitiba apresenta altos índices pluviométricos, situação que pode influenciar na viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água de chuva.

Através da análise de viabilidade econômica é possível determinar períodos de retorno de gastos realizados com a implantação do sistema. Este período de retorno do investimento é determinado através da contabilização dos custos de implantação, material e custos com despesas de operação e manutenção do sistema (ANNECCHINI, 2005).

Outros indicadores econômicos também auxiliam a análise de viabilidade da implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva, como, por exemplo, o valor presente líquido e a relação de benefícios por custos. Segundo Motta e Calôba (2002) o valor presente líquido é uma soma algébrica de fluxos de caixa descontados para o instante presente, a uma taxa de juros “i”. O valor presente líquido é utilizado na comparação de alternativas de projeto e a relação benefício custo analisa os custos e benefícios ao longo da vida útil do projeto (ATHAYDE, DIAS E GADELHA, 2007).

O dimensionamento do sistema como um todo também impacta no montante final de investimento que se deve realizar para sua implantação. Mierzwa, Hespanhol, Silva e Rodrigues (2007) criticaram os métodos atuais de cálculo de reservatórios pois estes métodos exigem que os reservatórios tenham grande capacidade de armazenagem para acumular água para dias de seca, o que pode inviabilizar a construção dos mesmos em situações específicas. Por isto o correto dimensionamento de reservatórios deve ter como premissa a maximização do aproveitamento da água de chuva, otimizando o valor de investimento realizado no sistema.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Após embasamento teórico adquirido, levantou-se a metodologia empregada para atender os objetivos gerais e específicos do trabalho presente. Neste item foram descritos os métodos e materiais utilizados e realizados, de forma que se compreenda a execução do trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O Lar Infantil Sol Amigo (LISA) é uma instituição de cunho social que abriga crianças órfãs ou em risco social até os 7 anos de idade, com objetivo de auxiliá-las na integração à sociedade e desenvolvimento de diversas habilidades. A instituição foi criada por Antonio Augusto Ortiz e Marta Ortiz no segundo semestre de 2007 e conta com auxílio, tanto para manutenção como para ampliação, da comunidade, de empresários e do apoio da prefeitura de Curitiba (LISA, 2016).

A entidade localiza-se no bairro São Bráz na Rua João Obrzut, no município de Curitiba e conta com três casas para habitação, uma casa utilizada para a administração e atendimento das crianças, uma para almoxarifado e uma capela ecumênica. Na Figura 7 é possível localizar as três casas localizadas à direita da área destacada em vermelho e as demais instalações à esquerda.

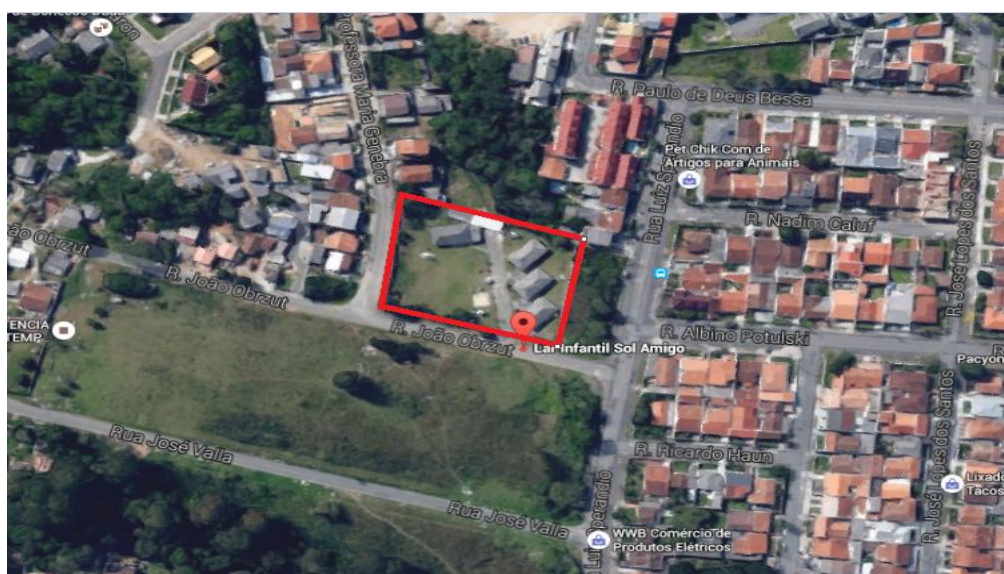


Figura 7 – Imagem de Satélite do terreno da instituição

Fonte: Google Maps (2016).

As Figuras 8 e 9 foram realizadas no local e exemplificam a situação atual da instituição.



Figura 8 - Casa de habitação

Fonte: Autoria própria.



Figura 9 - Capela e Área de recreação

Fonte: Autoria própria.

3.1.1 Uso de água não potável

Devido aos gastos mensais excessivos com uso de água, a entidade solicitou a Universidade Tecnológica Federal do Paraná a desenvolver um projeto para reduzir tais custos. Foi então proposto a utilização da água de chuva para usos não potáveis nas edificações de habitação. Estas casas são compostas por 3

quartos, cozinha, área de serviço, sala de refeições, sala de estar, dois banheiros e um abrigo, conforme exposto na Figura 10.



Figura 10 – Disposição arquitetônica casas de habitação
Fonte: LISA (2016)

3.1.2 Levantamentos Arquitetônicos e Hidrossanitários

Devido ao extravio dos projetos, foram feitos os levantamentos dos projetos arquitetônicos *as built* nas casas de habitação. Os levantamentos foram executados através do uso de trenas e fotografias e em seguida elaborados em arquivo .dwg e .pln através dos softwares AutoCAD e ArchiCAD contendo o desenho com as dimensões reais das casas.

As instalações hidrossanitárias também foram averiguadas para verificação da capacidade dos reservatórios já existentes, conhecimento do percurso de abastecimento das tubulações e verificação das instalações que poderão ser substituídas para adequar o abastecimento da água de chuva.

Por meio do levantamento arquitetônico e hidrossanitário das casas foi possível determinar a área de captação do projeto e quais serão as devidas alterações nas instalações hidráulicas e sanitárias para a execução dos possíveis cenários do sistema de aproveitamento de água de chuva.

3.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS

Alguns parâmetros foram determinados para a definição do potencial de captação de água de chuva no local do estudo de caso. A seguir serão descritas as metodologias que foram empregadas para a determinação deste potencial.

3.2.1 Parâmetros de Oferta

Conforme o item 2.4.1, parâmetros como a precipitação, área de captação, coeficiente de escoamento e dispositivos de descarte de primeira chuva devem ser considerados para uma correta estimativa da captação de água de chuva.

Os dados pluviométricos foram obtidos através de valores mensais de precipitação extraídos do BDMEP, em um período de 10 anos (janeiro de 2005 a dezembro de 2015) no município de Curitiba e através destes valores, foram feitos os cálculos através da Equação (2), presente no item 4.3.4 da NBR15527 (ABNT, 2007). Estes dados também foram utilizados no dimensionamento dos reservatórios, realizados através dos métodos da norma.

A área de captação foi determinada através do projeto arquitetônico da cobertura elaborado pelos autores do presente trabalho, exposta na Figura 27.

O coeficiente de escoamento da superfície de captação foi obtido a partir da identificação *in-loco* do material presente nas superfícies de captação, no caso cobertura em telha de fibrocimento, e consulta de estudos que determinam o coeficiente de escoamento para este tipo de material, apresentados anteriormente no item 2.4.1.3 do presente trabalho.

Os dispositivos de descarte da primeira chuva (*first flush*) foram dimensionados em função do valor de 2 mm (NBR15527, 2007) e da área de captação. Após determinação do volume de descarte, projetou-se a estrutura que será composta de tubos de PVC de série de esgoto, com uma torneira de uso restrito para esvaziar após os eventos de precipitações. A estrutura deste dispositivo será semelhante às Figuras 11 e 12.

Adotou-se então área de captação, determinada via medição *in-loco* e projeto, de 154,10 m². O coeficiente de escoamento para telhas de fibrocimento de acordo com Tomaz (2003) tem valores entre 0,8 e 0,9, considerando neste trabalho

0,8. E o Nfator foi determinado como 0,85 devido ao dispositivo de primeiro descarte de chuvas (first-flush) e as perdas por evaporação.

Definiu-se como sistema de tratamento de água a desinfecção da água com adição de pastilhas de cloro por ser o método mais simples e econômico financeiramente.



Figura 11 – Dispositivo de descarte de primeira chuva.
Fonte: Aatoria própria (2016).



Figura 12 – Ligação do dispositivo de descarte de primeira chuva na tubulação de captação de água de chuva.
Fonte: Aatoria própria (2016).

3.2.2 Parâmetros de Demanda

Para estimar a demanda de água do local, a presidente da instituição disponibilizou a conta de água referente ao mês de Julho de 2016 a qual informa o volume consumido em metros cúbicos pela entidade em um período de doze meses. Além das informações sobre o consumo, a presidente da instituição informou a situação de ocupação das casas de habitações, como o número de habitantes presentes em cada casa e a quantidade de horas que cada pessoa permanece na edificação. A partir destes dados foi possível determinar a média de consumo diário de cada habitante.

Além disso, estimou-se o consumo de água utilizando dados dos estudos de habitações populares para equiparar com os valores de consumo obtidos pelas contas de água.

Com a determinação da demanda de L/hab.dia consumidos por duas metodologias, foi verificado se havia coerência entre os resultados. A primeira estimativa de consumo diário de água por habitante foi realizada através da média simples entre valores de casas populares do estudo realizado por Creder (2009) e de valores de casas populares do estudo realizado por Athayde, Dias e Gadelha (2008). Ambos os valores utilizados encontram-se no item 2.4.2 do presente trabalho. A segunda estimativa se baseou no consumo das contas de água dividido pela quantidade de ocupantes.

Dado que nas dependências da instituição existe um prédio administrativo, que não será incluso no sistema de aproveitamento de água de chuva, foi então subtraído o valor de consumo correspondente a esta edificação do valor de consumo total presente na conta de água. O valor de consumo referente a esta edificação foi obtido através da característica da ocupação, que nos estudos de Creder (2009) é compatível ao consumo de uma ocupação de escritório, multiplicado pela ocupação deste prédio fornecida pela instituição.

A partir dos valores de consumo determinados e da comunicação com a presidente da instituição para o entendimento das necessidades da entidade, definiu-se inicialmente dois cenários de substituição de água potável pela água captada de chuva.

As diferenças entre os cenários consistem em diferentes usos desta água, em valores de porcentagem de substituição e também nos valores dos investimentos, conseqüentemente gerando diferentes tempos de retorno dos investimentos. Desta forma, a partir da apresentação dos resultados de todos os cenários, a instituição terá opções de escolha de investimentos condizentes com suas expectativas e suas condições financeiras.

O primeiro cenário trata-se da substituição de toda a demanda da água potável utilizada nos vasos sanitários pela água de chuva. É a opção mais completa, no entanto, com maior custo. O segundo cenário, a opção mais simples, dispõe apenas de um ponto de consumo externo à edificação destinado à lavagem de pisos e veículos.

Para a demanda de água utilizada nas descargas dos vasos sanitários realizou-se uma média simples entre os valores de consumo destes dispositivos encontrados no estudo do item 2.4.2, presentes na Tabela 2, do presente trabalho. Este valor médio, apresentado em forma de porcentagem, foi multiplicado pelo consumo de água potável dos ocupantes e seu resultado representa o volume médio de consumo dos dispositivos de descargas, que serão considerados no primeiro cenário de análise.

Para lavagem de pisos utilizou-se valores encontrados em estudos de Tomaz (1997) que determina 2L/hab.dia.m². A área de calçadas foi medida através do projeto elaborado pelos autores. Para lavagem de carros determinou-se que esta atividade seria realizada somente uma vez ao mês e o seu consumo 150L/lavagem foi extraído do estudo de Tomaz (2003).

3.3 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

3.3.1 Análise de Valores de Reservatórios

Nesta etapa do trabalho foi feita a relação entre a capacidade de oferta de água de chuva com a demanda de volume de substituição. Essa análise foi realizada por meio de planilhas do Excel, que através dos métodos apresentados na NBR15527 (ABNT, 2007), forneceram valores de reservatórios para cada simulação de cenário.

Nestas planilhas calculou-se a capacidade dos reservatórios para cada cenário através de seis métodos diferentes de acordo com as fórmulas apresentadas no item 2.5: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano. Em uma planilha resumo todos os valores obtidos para cada cenário foram comparados.

Para uma melhor compatibilidade entre os resultados, os valores dos métodos que super dimensionam os volumes dos reservatórios foram desconsiderados. Portanto, somente os valores do Método de Rippl, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão e Método Prático Inglês foram considerados para servirem como base das simulações realizadas pelo software Netuno. Além disso, verificou-se que o Método prático Alemão correspondia a valores de reservatórios mais compatíveis com os investimentos que poderão ser realizados pela instituição. Portanto foi feita uma comparação da média dos métodos com o valor de volume de reservatório obtido pelo método prático alemão e escolheu-se o menor valor entre eles para a simulação no software Netuno.

3.3.2 Simulação dos Valores de Reservatórios pelo Software Netuno

O software Netuno apresenta a interface de entradas de dados, representadas na Figura 13. No campo “Carregar dados de precipitação” deve-se fazer o *upload* de um arquivo climático, de formato “.cvs” disponibilizado pelas instituições de meteorologia. No presente trabalho foi utilizado arquivo do site do INMET, obtido pelo BMEP.

The screenshot shows the Netuno 4 software interface. At the top, there is a menu bar with options: Simulação, Ajuda, Citação, Validação, and Sobre. Below the menu, there are two main panels. The left panel contains a 'Carregar simulação previamente salva' button, a table for loading precipitation data, and several input fields for simulation parameters. The right panel is titled 'Reservatório superior' and contains options for reservoir simulation and a 'Simular' button.

Carregar dados de precipitação	
Número de registros	
Data inicial (dd/MM/yyyy)	
Descarte escoamento inicial (mm)	

Área de captação (m²)

 Demanda total de água (litros per capita/dia)
 Variável...
 Número de moradores
 Variável...
 Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial

 Coeficiente de escoamento superficial

 Observações

Reservatório superior
 Reservatório inferior
 Simulação para reservatório com volume conhecido
 Simulação para reservatórios com diversos volumes
 Simulação
 Volume do Reservatório inferior (litros):

Figura 13 – Interface de entrada de dados do software Netuno
Fonte: Software Netuno (Versão 4, 2014).

O “número de registros” é a quantidade de dados presentes no arquivo climático, a “data inicial” é a data que se deseja iniciar a análise a partir do arquivo climático e o “descarte de escoamento inicial (mm)” é o valor sugerido por norma, de 2mm. No campo “área de captação” inseriu-se o valor em m² das coberturas das casas e no campo “demanda total de água” foi inserido o valor determinado pelas análises descritas no item 3.2.2. O “número de ocupantes” foi informado pela instituição. O valor do “percentual de demanda a ser substituída por água pluvial” deve estar de acordo com o valor para cada cenário estudado e o campo de “coeficiente de escoamento superficial” corresponde ao valor de acordo com o tipo de material empregado na superfície e as perdas por evaporações.

Para as simulações realizadas neste trabalho, no campo “Reservatório Inferior” selecionou-se as simulações para reservatórios com volumes conhecidos. A

partir disso inseriram-se os valores determinados pelos métodos da norma, calculados nas planilhas do Excel no campo “Volume do reservatório inferior (litros)”.

No botão “Reservatório Superior” abre-se uma nova janela, indicada na Figura 14, na qual é possível determinar a utilização de reservatório superior ou não. A adoção de reservatórios superiores é realizada em função da necessidade de cada cenário. Cenários de uso da água de chuva em descargas necessitam de reservatórios superiores para a distribuição da água, que teve seu valor definido em 1000L devido a existência de duas caixas d’água desta capacidade na cobertura de cada residência. Cenários de uso da água de chuva para lavagem de calçadas e carros não têm necessidade de reservatórios superiores.

Reservatório superior

Reservatório superior

Volume igual à demanda diária média de água pluvial

Entrar com volume desejado

Não utilizar reservatório superior

Volume do reservatório superior (litros)

0

Volume no reservatório superior abaixo do qual há recalque (litros)

0

Percentual do volume do reservatório superior abaixo do qual há recalque

0

Figura 14 – Janela de entrada de dados para “Reservatório superior”
Fonte: Software Netuno (Versão 4, 2014).

A partir da entrada de todos os dados é iniciada a simulação através do acionamento do botão “simular”. Na Tabela 16 estão relacionados os valores de entrada de dados para a simulação dos cenários de substituição de água potável pela água de chuva. Como indicado no item anterior, os cálculos realizados no software foram realizados considerando somente uma habitação.

Tabela 5 – Dados de entrada no software Netuno de acordo com cenários de substituição

Dados entradas no software	Descargas Sanitárias	Lavagem de calçadas e de carros
Descarte escoamento inicial (mm)	2	2
Área de captação (m ²)	154,10	154,10
Demanda total de água (Litros per capita/dia)*	125	8
Número de moradores	12	12
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial	30	10
Coeficiente de escoamento superficial	0,8	0,8
Volume do reservatório superior(litros)	1000	-
Volume do reservatório inferior(litros)	6780	210

*Devido ao software não permitir a seleção de “percentual de demanda total a ser substituída” ser menos de 10%, houve a necessidade de ponderar os valores de demanda total de água para obter valor compatíveis de “Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água é atendida”

Fonte: Aatoria Própria (2016).

Após este processo o software disponibiliza os resultados em outra aba, fornecendo tabelas e gráficos de consumo de água pluvial, atendimento de água pluvial, volume extravasado e planilha de dados.

Para o presente trabalho foram simulados cenários descritos no item 3.2.2, porém verificou-se que os valores de reservatórios obtidos não atenderiam a valores de reservatórios pré-fabricados encontrados no mercado. Como não era de interesse da instituição grandes investimentos e execução de obras de médio porte para construção de reservatórios de alvenaria e concreto, simularam-se reservatórios de capacidades comercializadas no mercado para os cenários propostos.

3.4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA

Segundo o PROSAB (2006), a análise técnico-financeira tem como objetivo determinar o tempo de retorno da implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva, e para este estudo, determinar qual dos cenários será a solução mais vantajosa em termos financeiros para a instituição.

Para que isto possa ser realizado é preciso contabilizar os custos da implantação do sistema através da cotação de materiais e mão de obra, e também os custos com despesas de operações e manutenção do sistema, que incluem o gasto energético para o bombeamento da água e possíveis tratamentos de

desinfecção. Feito isto, contabiliza-se o benefício gerado pela economia de água potável na edificação (PROSAB, 2006).

Para o cálculo do valor da economia de água proporcionada pelo sistema de aproveitamento de água de chuva utilizou-se as tarifas de entidade assistencial sem fins lucrativos da SANEPAR, a qual recebe desconto nas tarifas de água e esgoto. Nas Tabelas 5 e 6 é possível notar a diferença nas tarifas de água e esgoto para consumo padrão e para consumo em entidade assistencial sem fins lucrativos.

Tabela 6: Tarifas da SANEPAR para residência padrão - Decreto Fevereiro 2016

Tarifas SANEPAR para residência padrão- Decreto Fev 2016		
mínimo água	10m ³	60,66
Excedente		6,84
mínimo esgoto		51,56
Excedente		5,81

Fonte: SANEPAR (2016)

Tabela 7: Tarifas diferenciadas da SANEPAR para entidades assistenciais sem fins lucrativos

Tarifas SANEPAR para entidades assistenciais sem fins lucrativos - Referência Julho 2016		
mínimo água	10m ³	60,66
Excedente		3,42
mínimo esgoto		51,56
Excedente		2,91

Fonte: SANEPAR (2016)

No entanto, dado que a instituição paga R\$ 3,42 por m³ excedente de água e R\$ 2,91 por m³ excedente de esgoto, o custo total economizado por metro cúbico de água é de R\$ 6,33.

Para obter a estimativa de custo do sistema de aproveitamento de água de chuva, foi realizada pesquisa de preço de material no mês de novembro de 2016 em três casas de materiais de construção em Curitiba e estimou-se o valor da mão de obra através de profissionais com experiência na execução de projetos de aproveitamento de água da chuva. O Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) não foi utilizado para a cotação de materiais e serviços pois se trata de um projeto autônomo sem encargos trabalhistas.

Para se obter a análise financeira do sistema, foi utilizado o software Netuno. Desta forma é possível comparar os valores obtidos entre os cenários e otimizar a viabilidade financeira do projeto.

O material considerado para o sistema compreende desde a captação da água nos telhados até seu armazenamento no reservatório. Logo, será contabilizado os condutores horizontais e verticais (calhas e tubulações), seus acessórios (CAP, junções, joelhos, têes), torneiras, reservatório e, além disto, no primeiro cenário será contabilizado duas bombas de recalque, válvulas solenoides e vasos sanitários com caixa acoplada.

O procedimento no software Netuno é feito através da opção “Análise financeira” disponível no programa. Nesta janela deve-se informar as tarifas de água e esgoto, o percentual de inflação ao mês, o reajuste da tarifa de água e da energia elétrica em meses, o período de análise em anos, o percentual de taxa mínima de atratividade ao mês e o mês de instalação do sistema. O software também inclui valores dos custos iniciais (reservatórios, tubulações e mão de obra) e custos operacionais (bomba, manutenção, tratamento de água, etc). O procedimento de análise financeira do software Netuno é exposto na Figura 15 a seguir.

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: 100 litros Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais
Jan

∨ Custos iniciais
Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

∨ Custos operacionais
Motobomba
Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular

Figura 15 - Procedimento de análise econômica do software Netuno
Fonte: Software Netuno (Versão 4, 2014)

Após a entrada de todos os dados, o software fornece o valor líquido presente, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno. Além disso, fornece uma tabela com a economia e os custos em Reais (R\$) mês a mês.

Foi utilizada neste trabalho a taxa de juros do Banco Central do Brasil de 2016 de 14,25% ao ano e para taxa de atratividade mínima utilizou-se uma taxa de 1% ao ano.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O local de estudo é composto por três casas de habitação de 125 m² cada uma. Foi considerada área de captação nos telhados, obtendo-se 154,10 m². Todas as casas possuem as mesmas dimensões, assim como as mesmas disposições de cômodos. Em média em cada casa há uma ocupação de 12 pessoas. O projeto arquitetônico tipo das casas está representado na Figura 16 a seguir.

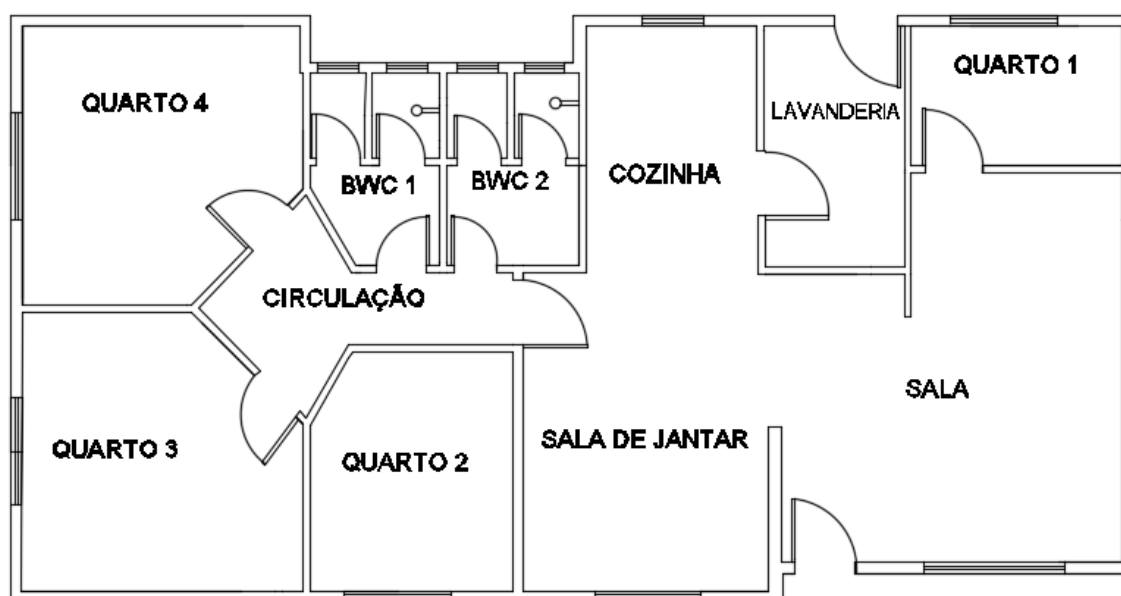


Figura 16 - Projeto arquitetônico tipo das casas de habitação Lar Infantil Sol Amigo
Fonte: Autoria Própria (2016).

As instalações hidráulicas existentes nas casas são abastecidas por duas caixas d'água de 1000 litros, da marca Fibratec. Os reservatórios são interligados entre si. As caixas d'água e o barrilete das instalações hidráulicas estão visíveis nas Figuras 17, 18 e 19.



Figura 17 – caixa d'água presente na cobertura das habitações
Fonte: Autoria própria (2016).



Figura 18 – Ligação entre as caixas d'água
Fonte: Autoria própria (2016).



Figura 19 – Tubulações de abastecimento

Fonte: Autoria própria (2016).

Os vasos sanitários são dispostos por descargas de válvula hydra. Cada casa conta com dois banheiros, com um vaso sanitário em cada banheiro conforme se pode visualizar na Figura 20.



Figura 20 – Descarga válvula hydra.

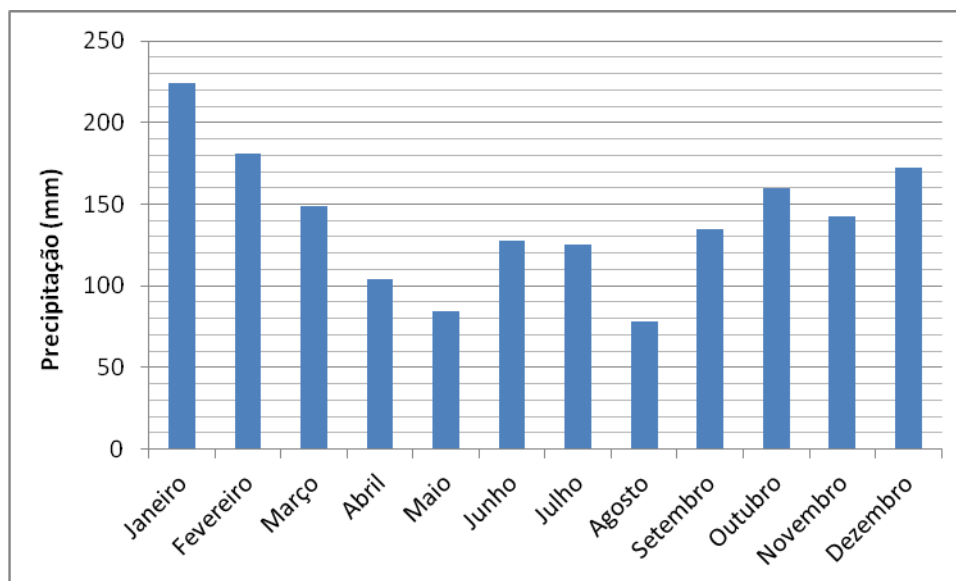
Fonte: Autoria própria (2016).

4.2 OFERTA

4.2.1 Volume Aproveitável

A precipitação foi determinada através dos dados do BDMEP. Os valores médios mensais encontram-se no gráfico abaixo.

Gráfico 1 – Precipitação média em Curitiba no período entre 2005-2015



Fonte: BDMEP (2016).

Através dos valores de precipitação foi possível obter valores médios presentes na Tabela 8.

Tabela 8 – Média de precipitações para determinados períodos

Total Anual(mm)	Total Mensal(mm)	Total Diário(mm)
1682,95	140,25	4,61

Fonte: Autoria própria (2016).

Com os valores médios anuais, mensais e diários foi possível determinar através da Equação 2, presente no item 2.4.1, os volumes aproveitáveis de chuva. obtendo então:

Tabela 9 – Volumes de água da chuva aproveitável

Oferta- Norma	m ³	L
Volume Anual	198,40	198.397,09
Volume Mensal	16,53	16.533,09
Volume Diário	0,54	543,55

Fonte: Autoria Própria (2016).

4.2.2 Dispositivo de Descarte de Primeira Chuva

O cálculo de volume do descarte de primeira chuva consiste em multiplicar a área de captação pelo valor em mm considerado pelo descarte. A área, apresentada no item anterior é de 154,10 m² e o valor de descarte considerado é de 2mm, totalizando 308,20L ou 0,308 m³.

O dispositivo de descarte de primeira chuva será constituído por tubulações de esgoto de diâmetro de 100mm e a descarga da água é realizada pela abertura de um torneira, que no caso da instituição será de acesso restrito. Para o valor de 308,20L será necessária quatro tubulações de 100mm de diâmetro, cada uma com 1 metro de comprimento.

4.3 DEMANDA

4.3.1 Valores de Consumo Diário por Habitante

A determinação do consumo diário de água por habitante foi realizada de duas maneiras. A primeira através de média simples de valores de dois estudos consultados e referenciados na revisão bibliográfica do presente trabalho, resultando em um valor de 125 L/hab.dia. Na Tabela 10 é possível verificar as fontes e valores utilizados na determinação deste valor.

Tabela 10 – Média de valores de consumo de água (L/hab.dia) em casas populares

Referência	Consumo(L/hab.dia)
CREDER (2009)	120
ATHAYDE, DIAS E GADELHA (2008)	130
Média (L/hab.dia)	125

Fonte: Autoria própria (2016).

A segunda maneira para determinação do consumo diário consistiu em utilizar valores de consumo reais de uma conta fornecida pela instituição, onde se dividiu o consumo total pelo número total de ocupantes da instituição. A conta é referente ao mês de julho de 2016 e contém os valores de consumo de água potável, em m³, dos 12 meses anteriores a data de emissão da conta. Os valores presentes na conta constam na Tabela 11.

Tabela 11- Valores de consumo mensais em m³ da instituição LISA

Mês/ano	2015					2016						
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Consumo m ³	145	133	143	136	139	134	103	119	129	132	120	141
TOTAL (m³/ano)	1574											
Média (m³/mês)	131,17											

Fonte: Conta de água e esgoto Instituição (LISA, 2016).

De acordo com a instituição existem 22 crianças acolhidas, além das famílias sociais e funcionários. A relação de ocupação está descrita a seguir, no Quadro 3.

Quadro 3 – Ocupação da Instituição LISA

Categoria de Ocupação	Quantidade pessoas por categoria	Período do dia Ocupação
Criança acolhidas	22	Tarde ou Manhã e Noite
Mãe Social	3	Dia inteiro
Pai Social	3	Noite
Filhos Biológicos dos Pais sociais	6	Tarde ou Manhã e Noite
Auxiliar	3	Manhã e Tarde
Administração	6	Manhã e Tarde

Fonte: Instituição LISA (2016).

De acordo com Creder (2009), uma pessoa consome em um ambiente de trabalho (escritório) cerca de 50L de água por dia. Como o estudo considerou somente o consumo de água nas casas de acolhimento, determinou-se a quantidade consumida pelos ocupantes da administração em um mês, considerando que este grupo só está presente na instituição durante os dias úteis do mês, que são 22 dias. Na Equação 3 é detalhado o cálculo de consumo deste grupo:

$$\text{Consumo mensal administração} = \text{Consumos L/dia.hab} \times \text{dias úteis} \quad (3)$$

$$\text{Consumo mensal administração}$$

$$\text{Consumo mensal administração} = 300 \text{ L/mês.hab ou } 0,3 \text{ m}^3/\text{mês.hab}$$

O consumo médio mensal da instituição é de 131,17 m³, valor extraído da Tabela 11. Portanto ao se subtrair do consumo médio mensal o valor de consumo dos ocupantes do prédio de administração obtém-se o valor consumido pelas casas de acolhimento.

$$\text{Consumo casas de acolhimento} = 131,17 \text{ m}^3 - (0,3 \text{ m}^3 \times 6 \text{ ocupantes adm}) \quad (4)$$

$$\text{Consumo casas de acolhimento} = 129,37\text{m}^3$$

A partir dos dados de consumo da conta de água e das informações da ocupação chegou-se em um valor diário de consumo de 126L/hab.dia do grupo de pessoas . Essa conta é explicada a seguir, pela Equação 5:

$$\text{Consumo diário habitantes por casas} = 129,37\text{m}^3 / (34 \text{ pessoas} \times 30 \text{ dias}) \quad (5)$$

$$\text{Consumo diário habitantes por casas} = 0,126 \text{ m}^3/\text{hab.dia} \text{ ou } 126 \text{ L/hab.dia}$$

Comparando os valores de consumo do primeiro método, 125L/hab.dia, com o segundo método, 126L/hab.dia, os valores de estudo e os valores reais se mostraram coerentes. Adotou-se nas simulações dos métodos da norma e no software Netuno o valor do primeiro método, 125L/hab.dia.

4.3.2 Valores de Substituição de Água Potável de Acordo com o Cenário

Para o cenário que utilizam a água captada da chuva para a substituição de água potável utilizada nas descargas dos vasos sanitários, foi necessário determinar, dentre o consumo diário por habitante, a porcentagem deste valor destinado à esta ação. Para isso foram utilizados valores obtidos em demais estudos para encontrar o valor médio correspondente de consumo de água das descargas nas habitações. O valor médio obtido foi de 22,67%, como demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Consumo de bacias sanitárias

Referência	Valor (%)
DECA	14
USP	29
D	30
DTA	5
Mieli	35
CH	23
Média	22,67
Média*	26,20

*Valor médio excluindo-se a referência DTA pelo valor em % diferir muito dos demais.

Fonte: Hafner (2007).

Multiplicando esta porcentagem pelo valor encontrado de demanda do primeiro método, obtêm-se um valor diário consumido pelas descargas de 32,75 litros por habitante. Tal valor é demonstrado na Equação 6:

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = \text{Consumo(L/hab.dia)} \times \text{porcentagem de consumo de bacias sanitárias em residências} \quad (6)$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = 125 \times 26,20\%$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = 32,75\text{L/hab.dia}$$

Utilizando os consumos reais obtidos pela conta de água, obtêm-se um consumo diário pelas descargas por habitante de 31L/hab.dia, conforme demonstrados pelas Equações 7 e 8:

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/mês} = \text{Consumo médio mensal casas de acolhimento} \times \text{porcentagem de consumo de bacias sanitárias em residências} \quad (7)$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/mês} = 124,57\text{m}^3 \times 26,20\%$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/mês} = 32,63\text{m}^3$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = \text{Consumo Bacia Sanitária/mês} / (\text{dias} \times \text{habitantes}) \quad (8)$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = 32,63\text{m}^3 / (30 \times 34)$$

$$\text{Consumo Bacia Sanitária/Hab.dia} = 0,031 \text{ ou } 31\text{L/hab.dia}$$

Os valores dos cálculos obtidos através das Equações 6 e 8 são muito próximos, logo foi possível verificar coerência entre os dois métodos.

Para cenários de captação de água de chuva para substituição em atividades de lavagem de pisos e veículos foi tomado como base um estudo feito por Tomaz (1997), o qual mostra que o consumo de água para lavagem de calçadas é de 2L.m²/Hab.dia. Para lavagem de carros, Tomaz (2003) determina 150L/Lavagem carro de consumo de água.

A área de calçadas foi determinada por medições *in-loco*, contando com 17,20 metros quadrados por casa. Multiplicando-se o consumo de lavagem de pisos pela área obteve-se 34,40 L/dia. Considerou-se a frequência de lavagem de pisos de uma vez por semana, totalizando no mês o consumo de 137,60L.

Para lavagem de carros determinou-se a frequência de uma lavagem por mês. Totalizando os 150L de consumo para esta atividade.

Somando os valores de consumo de lavagem de pisos e de carro no mês, foram obtidos 287,60L/mês, dividindo este valor por 30 dias o resultado é de 9,58L /dia. Dividindo o valor de consumo diário pelo número de ocupantes o consumo obtido é de 0,79L/hab.dia.

Na Tabela 13 há um resumo dos valores de volumes potenciais de substituição da água de chuva no consumo diário de cada habitante de acordo com os usos utilizados nos cenários de substituição.

Tabela 13 – Volume potencial de substituição de água potável por água de chuva

Usos	Descargas Sanitárias		Lavagem de Pisos e de carros
	Método 1*	Método 2*	
Volume Calculado (L/Habitante.dia)	32,65	31	0,79
Volume Adotado (L/Habitante.dia)	30		0,80

*Métodos de determinação de demanda explicados no item 3.2.2

Fonte: Aatoria Própria (2016).

Os volumes adotados diferem dos volumes calculados devido ao software e as tabelas trabalharem com valores inteiros.

4.4 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

4.4.1 Métodos da Norma

Nas tabelas de cálculo desenvolvidas para os métodos de dimensionamento de reservatórios, os valores de entrada de demanda foram retirados do item 4.3.2 do presente trabalho. Na Tabela 14 há um resumo dos valores de entrada e o equivalente de substituição em porcentagem.

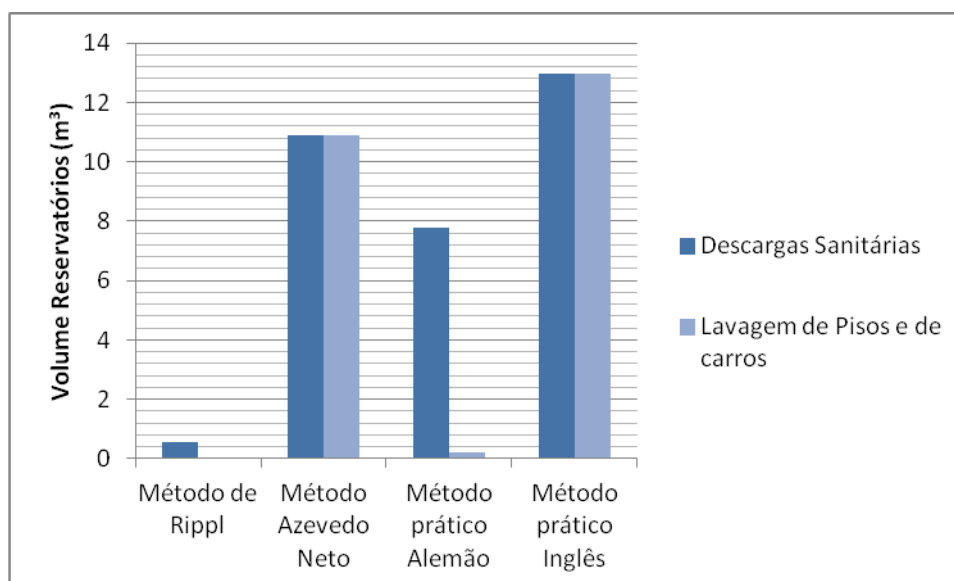
Tabela 14 – Volume potencial de substituição de água potável por água de chuva

Usos	Descargas Sanitárias	Lavagem de Pisos e de carros
Demanda de substituição (L/Habitante.dia)	30,00	0,80
Porcentagem equivalente de substituição (%)	24,00	0,65

Fonte: Aatoria Própria (2016).

Com a inserção destes valores nas tabelas do Excel realizou-se os cálculos dos métodos de acordo com a NBR15527 (ABNT, 2007). No Gráfico 2 encontram-se os valores de reservatórios dos métodos considerados nesse trabalho e Tabela 15 na média entre eles para os cenários de substituição. É válido ressaltar que estes valores representam somente cálculos relativos a uma habitação.

Gráfico 2 - Valores de reservatórios pelos métodos da NBR15527 de acordo com os cenários de substituição de água potável pela água de chuva



Fonte: Autoria própria (2016).

Tabela 15 – Valores de reservatórios pelos métodos da NBR15527 de acordo com os cenários de substituição de água potável pela água de chuva

Cenários	Reservatórios (m³) por cenário de substituição	
	Descargas Sanitárias	Lavagem de Pisos e de carros
Média	8,05	6,02

Fonte: Autoria própria (2016).

Como muitos métodos não utilizam os valores de demanda em seus cálculos assumiu-se que o método prático alemão estaria mais próximo da realidade, visto que há uma grande oferta de chuva para uma demanda relativamente pequena e o método é o único que utiliza estes valores para determinação do reservatório. Logo os valores de reservatório adotados na análise pelo software Netuno foram 7,78 e 0,21 m³.

4.4.2 Software Netuno

A partir da entrada de dados, relacionadas na Tabela 5 verificou-se o potencial de utilização real de água da chuva e o percentual de demanda atendida em função do período analisado pelo software para cada cenário, demonstrados na Tabela 16.

Tabela 16 – Potenciais de utilização de água pluvial e atendimento da demanda de acordo com cenários de substituição

Resultados do software	Descargas Sanitárias	Lavagem de calçadas e de carros
Potencial de utilização de água pluvial	23,89%	0,63%
Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água é atendida:		
Completamente	77,35%	97,16%
Parcialmente	3,83%	0,40%
Não Atende	18,82%	2,44%

Fonte: Autoria Própria (2016).

Com estes valores pode-se concluir que o potencial de utilização de água da chuva tem seu valor inferior ao proposto na entrada de dados do software, justamente por ocorrer períodos que a demanda de água não é completamente atendida.

Realizando uma pré-análise verificou-se que o cenário 1 demandaria um grande espaço de reservatório e que o mesmo não é encontrado no mercado em materiais pré-fabricados, logo seria necessário a construção de reservatório em concreto e enterrado, o qual não seria interesse da instituição. Como alternativa realizou-se uma nova simulação com reservatório de 5000L, fabricado em polietileno. Para o cenário de lavagem de calçadas e de carros realizou-se nova simulação com valores de reservatórios encontrados no mercado e de uso definido pelo fabricante compatível com o estudado. Na Tabela 17 estão representados os valores de entrada de dados em função dos novos valores de reservatórios.

Tabela 17 - Dados de entrada no software Netuno de acordo com cenários de substituição (Mudança de reservatório)

Dados entradas no software	Descargas Sanitárias	Lavagem de calçadas e de carros
Descarte escoamento inicial (mm)	2	2
Área de captação (m ²)	154,10	154,10
Demanda total de água (Litros per capita/dia)*	125	8
Número de moradores	12	12
Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial	30	10
Coefficiente de escoamento superficial	0,8	0,8
Volume do reservatório superior(litros)	1000	-
Volume do reservatório inferior(litros)	5000	600

*Devido ao software não permitir a seleção de “percentual de demanda total a ser substituída” ser menos de 10%, houve a necessidade de ponderar os valores de demanda total de água para obter valor compatíveis de “Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água é atendida”

Fonte: Autoria Própria (2016).

Na Tabela 18 são apresentados os resultados obtidos para estas novas simulações.

Tabela 18 - Potenciais de utilização de água pluvial e atendimento da demanda de acordo com cenários de substituição

Resultados do software	Descargas Sanitárias	Lavagem de pisos e veículos
Potencial de utilização de água pluvial	22,24%	0,64%
Percentual de dias no período de análise em que a demanda de água é atendida:		
Completamente	71,16%	99,93%
Parcialmente	5,06%	0,00%
Não Atende	23,78%	0,07%

Fonte: Aatoria Própria (2016).

Como esperado, para o cenário de substituição de descarga, o valor do novo reservatório diminuiu a demanda de água atendida em percentual de dias do período analisado, o que significa que o abastecimento deverá ser complementado com o uso de água potável. Já no cenário de lavagem de pisos e de veículos houve um aumento do atendimento da demanda, sendo praticamente nulo o uso de água potável para estas atividades.

4.5 PROJETOS DAS INSTALAÇÕES REFERENTES AO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Os cenários do sistema de aproveitamento de água da chuva obtiveram praticamente a mesma configuração nos projetos, no entanto, o cenário 1 conta com um reservatório maior que o do cenário 2 e com tubulações para o bombeamento da água do reservatório inferior ao reservatório superior. Os projetos expostos a seguir foram projetados através do software ArchiCAD versão 20.

O cenário 1, o qual faz a substituição da água potável pela água da chuva nos vasos sanitários está representado na Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24. O cenário 2, o qual utiliza a água da chuva para lavagem de pisos e veículos, está representado na Figura 25 e Figura 26.

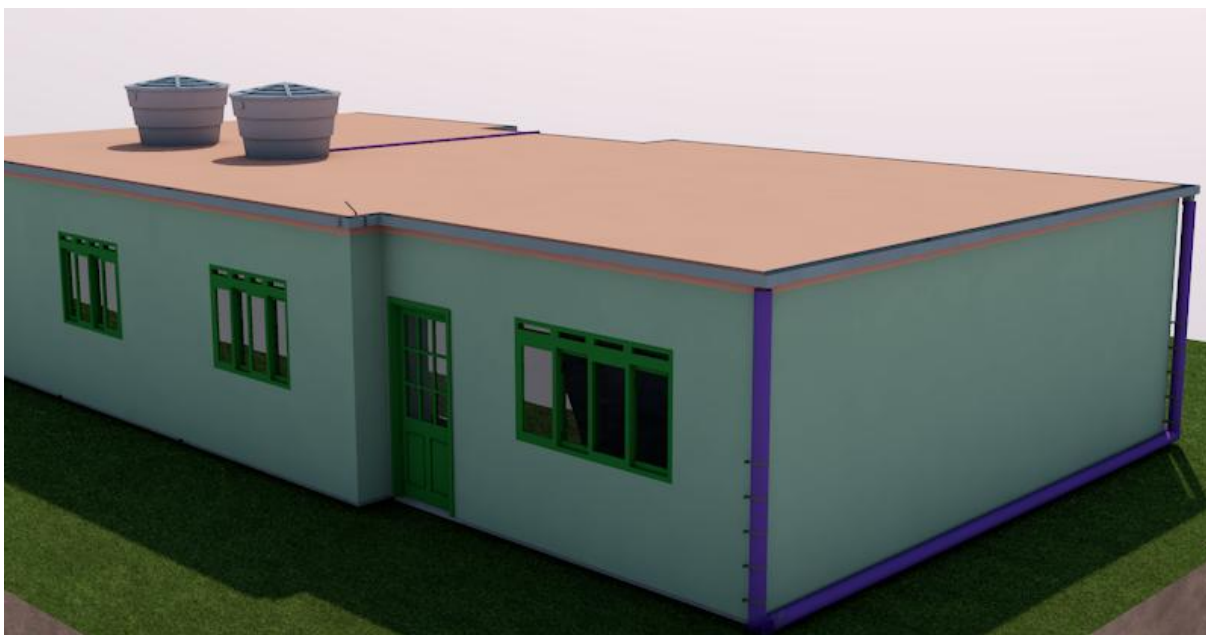


Figura 21 - Vista frontal de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1



Figura 22 - Vista lateral de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1



Figura 23 - Vista dos fundos de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1



Figura 24 - Vista superior de casa de habitação com instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 1

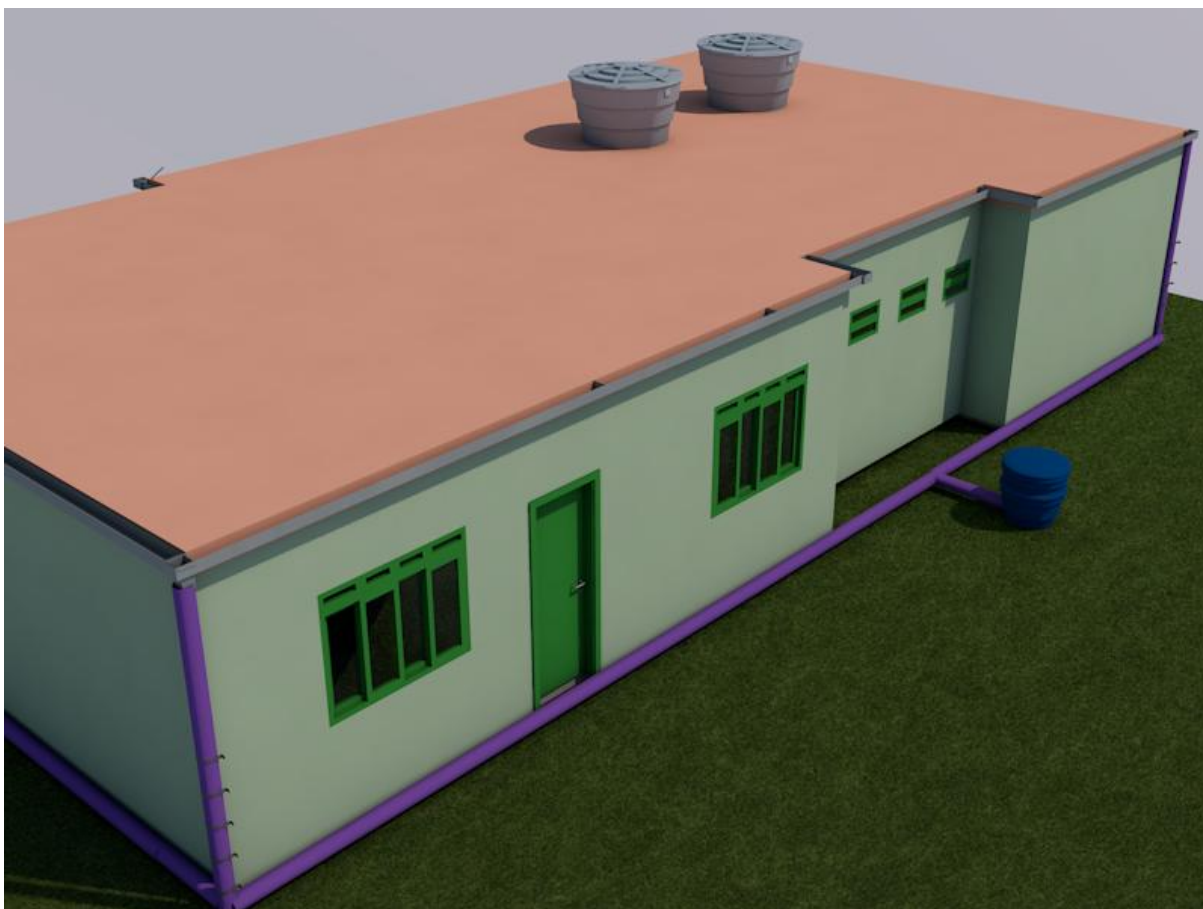


Figura 25 - Instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 2

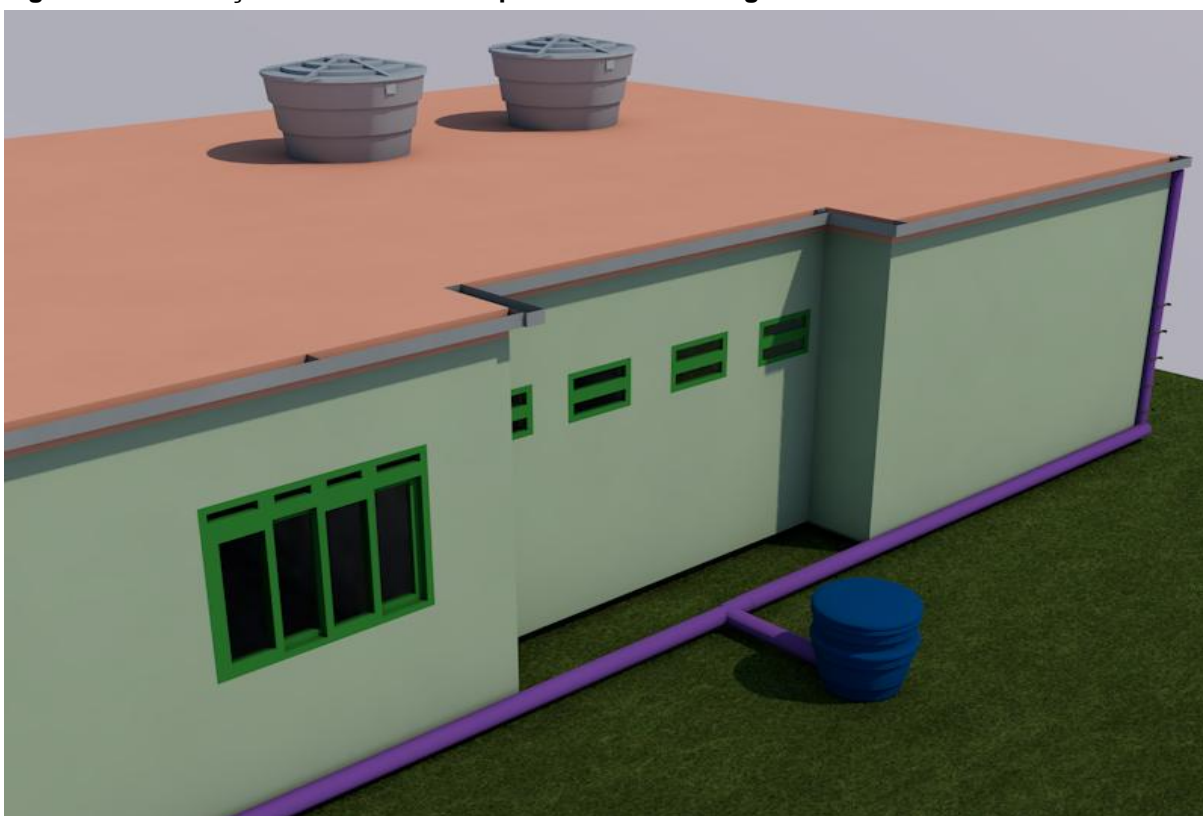


Figura 26 - Instalações do sistema de aproveitamento de água da chuva referente ao cenário 2

4.6 VIABILIDADE FINANCEIRA

4.6.1 Levantamento de Custos

4.5.1.1 Custos com água potável

Através das contas de água da instituição, foi relatado o consumo de água em Reais (R\$) mensal e anual. Apesar de a entidade ser contemplada com tarifa reduzida, denominada de “tarifa diferenciada da SANEPAR para entidades assistenciais sem fins lucrativos”, a instituição ainda possui altos gastos com o consumo de água, conforme exposto na Tabela 20:

Tabela 19- Consumo em Reais (R\$) de água e esgoto da Instituição LISA (2015/2016)

Mês/Ano de referência	Consumo de água potável em R\$
Agosto/2015	R\$ 970,91
Setembro/2015	R\$ 890,56
Outubro/2015	R\$ 957,52
Novembro/2015	R\$ 910,65
Dezembro/2015	R\$ 930,74
Janeiro/2016	R\$ 897,26
Fevereiro/2016	R\$ 689,68
Março/2016	R\$ 796,82
Abril/2016	R\$ 863,78
Mai/2016	R\$ 883,87
Junho/2016	R\$ 803,51
Julho/2016	R\$ 944,13
Total/ano	R\$ 10.539,44

Fonte: Contas de água e esgoto Instituição LISA (2016).

Portanto, como não foi considerada substituição total da água potável consumida pela água de chuva, os valores foram então simulados para os dois cenários estudados: substituição da água dos vasos sanitários das casas de acolhimento e consumo de água para lavagem de pisos e veículos.

Conforme estudo elaborado no item 4.4.2 através do software Netuno, o consumo de água oriunda dos vasos sanitários das casas de acolhimento para o Cenário 1 representaria 22,24% do consumo total de água. De acordo com este valor, foram então levantados na Tabela 21 os valores de consumo mensal proveniente das descargas de vasos sanitários das casas de acolhimento.

Tabela 20 – Estimativa do consumo total em Reais (R\$) proveniente da utilização de vasos sanitários da Instituição LISA (2015/2016)

Mês/Ano de referência	Consumo em R\$ proveniente da utilização dos vasos sanitários
Agosto/2015	215,93
Setembro/2015	198,06
Outubro/2015	212,95
Novembro/2015	215,93
Dezembro/2015	198,06
Janeiro/2016	212,95
Fevereiro/2016	215,93
Março/2016	198,06
Abril/2016	212,95
Mai/2016	215,93
Junho/2016	198,06
Julho/2016	212,95
Total/ano	2507,77

Fonte: Autoria própria (2016).

A mesma análise para o Cenário 2, de utilização da água para lavagem de pisos e veículos, foi feita a partir dos pressupostos nos itens 4.4.2, os quais informam que a lavagem de pisos e veículos representaria 0,64% do consumo total de água da instituição. De acordo com esta informação, foram levantados na Tabela 22 os valores do consumo mensal e anual em Reais (R\$) referentes a lavagem de pisos e veículos.

Tabela 21 – Estimativa de consumo total em Reais (R\$) proveniente da lavagem de pisos e veículos da Instituição LISA (2015/2016)

Mês/Ano de referência	Consumo em R\$ proveniente da lavagem de pisos e veículos
Agosto/2015	6,21
Setembro/2015	5,70
Outubro/2015	6,13
Novembro/2015	5,83
Dezembro/2015	5,96
Janeiro/2016	5,74
Fevereiro/2016	4,41
Março/2016	5,10
Abril/2016	5,53
Mai/2016	5,66
Junho/2016	5,14

Mês/Ano de referência	Consumo em R\$ proveniente da lavagem de pisos e veículos
Julho/2016	6,04
Total/ano	67,45

Fonte: Autoria própria (2016).

O consumo foi estimado de acordo com a porcentagem do consumo real devido a fatores sazonais responsáveis pela variação de consumo como, por exemplo, os meses de férias escolares.

4.5.1.2 Custos de implantação do sistema de aproveitamento da água de chuva

Foi feito o levantamento dos materiais necessários para a implementação dos sistemas de aproveitamento da água de chuva respectivos aos dois cenários possíveis, feito isto, foi elaborada uma planilha orçamentária contendo os respectivos custos.

Foram levados em consideração dois cenários diferentes para a elaboração do quantitativo dos materiais, como explicado no item 3.2.2. No entanto, ambos os cenários tiveram a mesma configuração na cobertura, como se pode visualizar na Figura 27. Devido a este fator, há uma grande similaridade na cotação de materiais dos dois cenários.

As planilhas orçamentárias foram realizadas tomando como base lojas de materiais de construção do município de Curitiba. Entre elas foram consultadas a Balaroti, Cassol e Leroy Merlin. O critério na escolha da loja para a compra dos materiais foi o estabelecimento que oferece o material por menor custo.

Consultou-se os custos relativos à mão de obra para implementação do sistema de aproveitamento da água no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI de Setembro de 2016. Os valores apresentados pelo SINAPI são relativos às horas trabalhadas e salários mensais de funcionários com carteira assinada, com encargos trabalhistas contados, não refletindo valores reais para serviços esporádicos. No entanto, foi feita uma pesquisa entre profissionais da área e, por fim, se estabeleceu diárias de serviço para encanador de R\$250,00 e para auxiliar de R\$150,00.

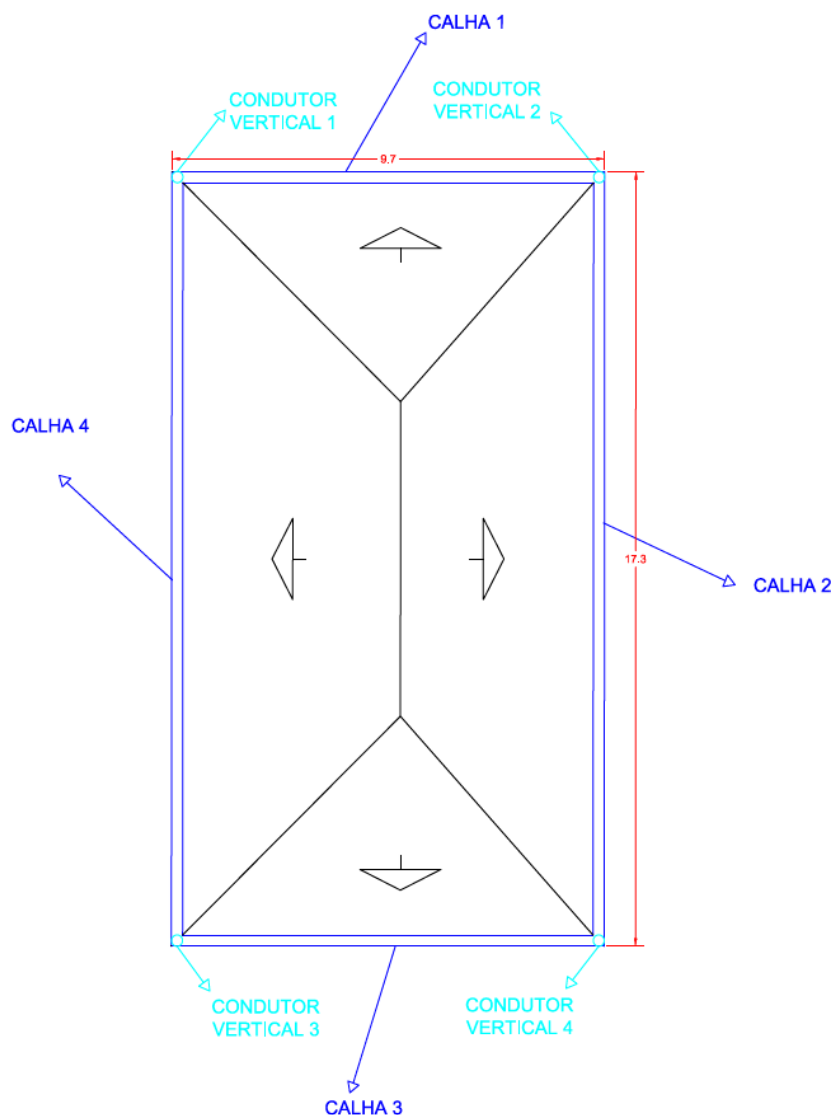


Figura 27 - Desenho padrão da cobertura das residências

Fonte: Autoria própria (2016).

As planilhas orçamentárias estão expostas na Tabela 22 e Tabela 23 a seguir, as quais informam os materiais necessários, o quantitativo, os custos dos materiais e os custos relativos à mão de obra.

Tabela 22 – Planilha orçamentária cenário de substituição de água nas descargas sanitárias

Material	Unid.	R\$ Unit.	Qtde	Custo por casa
Calha em chapa de aço galvanizado Corte 28 cm, 300 cm de comprimento, 9 cm de altura, 13 cm de largura	un	R\$ 44,90	18	R\$ 808,20
Emenda galvanizada com bocal Corte 28	un	R\$ 17,90	4	R\$ 71,60
Reservatório de polietileno Fortlev 5000 litros	un	R\$ 1.809,90	1	R\$ 1.809,90
Tubo de PVC 100mm Comprimento de 3m	un	R\$ 31,90	9	R\$ 287,10

Material	Unid.	R\$ Unit.	Qtde	Custo por casa
Tubo de PVC 75mm Comprimento de 3m	un	R\$ 30,78	52	R\$ 1.591,33
Tubo de PVC 25mm Comprimento 3m	un	R\$ 7,90	3	R\$ 23,70
Flange pvc 75mm	un	R\$ 29,51	1	R\$ 29,51
Flange pvc 25mm	un	R\$ 12,26	2	R\$ 24,52
Luva 100mm	un	R\$ 6,22	3	R\$ 18,66
Luva 75mm	un	R\$ 5,13	17	R\$ 88,92
Luva 25 mm	un	R\$ 0,62	3	R\$ 1,86
Joelho 90° 100mm	un	R\$ 6,36	2	R\$ 12,72
Joelho 90° 50mm	un	R\$ 2,08	5	R\$ 10,40
Tê 75x75mm	un	R\$ 12,26	1	R\$ 12,26
CAP 100	un	R\$ 7,75	1	R\$ 7,75
Moto-bomba 127V 300W e acessórios	un	R\$ 246,90	2	R\$ 493,80
Torneira descarte primeira chuva	un	R\$ 20,91	1	R\$ 20,91
Torneira de uso restrito	un	R\$ 33,90	1	R\$ 33,90
Vaso sanitário com caixa acoplada	un	R\$ 179,90	2	R\$ 359,80
Mão de obra	dia	R\$ 400,00	3	R\$ 1.200,00
Total por casa				R\$ 6.906,84
Total pelas 3 casas				R\$ 20.720,51

Fonte: Autoria Própria (2016)

Tabela 23 - Planilha orçamentária cenário de substituição de água na lavagem de pisos e carros

Material	Unid.	R\$ Unit.	Qtde	Custo por casa
Calha em chapa de aço galvanizado Corte 28 cm, 300 cm de comprimento, 9 cm de altura, 13 cm de largura	Um	R\$ 44,90	18	R\$ 808,20
Emenda galvanizada com bocal Corte 28	Um	R\$ 17,90	4	R\$ 71,60
Reservatório de polietileno Fortlev 600 litros	Um	R\$ 649,90	1	R\$ 649,90
Tubo de PVC 100mm Comprimento de 3m	Um	R\$ 31,90	9	R\$ 287,10
Tubo de PVC 75mm Comprimento de 3m	Um	R\$ 16,33	16	R\$ 255,84
Tubo de PVC 25mm Comprimento 3m	Um	R\$ 7,90	3	R\$ 23,70
Flange pvc 75 mm	Um	R\$ 29,51	1	R\$ 29,51
Flange pvc 25mm	Um	R\$ 12,26	2	R\$ 24,52
Luva pvc 100mm	Um	R\$ 6,22	3	R\$ 18,66
Luva pvc 75mm	Um	R\$ 5,13	17	R\$ 88,92

Material	Unid.	R\$ Unit.	Qtde	Custo por casa
Luva pvc 25mm	Um	R\$ 0,62	3	R\$ 1,86
Joelho 90° 100mm	Um	R\$ 6,36	2	R\$ 12,72
Joelho 90° 75mm	Um	R\$ 2,08	5	R\$ 10,40
Tê 75x75mm	Um	R\$ 12,26	2	R\$ 24,52
CAP 100	Um	R\$ 7,75	1	R\$ 7,75
Torneira descarte primeira chuva	Um	R\$ 20,91	1	R\$ 20,91
Torneira de uso restrito	Um	R\$ 33,90	1	R\$ 33,90
Mão de obra - SINAPI	Dia	R\$ 400,00	2	R\$ 800,00
Total por casa				R\$ 3.170,01
Total pelas 3 casas				R\$ 9.510,02

Fonte: Aatoria Própria (2016).

4.5.1.3 Custos de energia elétrica

O cenário de substituição de água nas descargas sanitárias, demanda a utilização de moto-bomba para o funcionamento do sistema dado que o reservatório será instalado no piso, devido suas grandes dimensões.

Para determinação dos custos com energia elétrica, utilizou-se os valores cobrados pela Companhia Paranaense de Energia - COPEL, em Novembro de 2016. Para as residências do LISA a tarifa adotada para o estudo foi “Tarifas vigentes para clientes do subgrupo B1 (Residencial - Baixa Renda) enquadrados na Modalidade Convencional”. O valor da tarifa em R\$/kWh é de 0,41413 e a tarifa considerando Impostos como ICMS e PIS/COFINS é de 0,630006.

Além das tarifas elétricas as características de potência e rendimento da moto-bomba interferem no cálculo dos gastos com energia elétrica. O modelo orçado para o estudo é SHP35, da marca Schulz e possui valores de potência de 1/2CV e rendimento de 75%. Os custos de energia elétrica também são gerados pelo software Netuno através da inserção destes valores.

4.6.2 Viabilidade Cenários – Análise Econômica

A análise econômica dos cenários de aproveitamento de água da chuva foi gerada pelo software Netuno, através da seleção da aba “análise financeira”, na qual

para cada cenário de substituição deve-se confirmar primeiramente o valor do reservatório a ser analisado e depois definir os valores de tarifa de água e esgoto.

Os valores de reservatórios para os cenários analisados estão de acordo com os valores apresentados na Tabela 17 e os valores utilizados de tarifa de água e esgoto estão presentes na Tabela 6. A partir disso o software calcula estimativas de consumo de água e sua economia apresentadas pelo software através da elaboração de uma tabela. Nas tabelas 24 e 25 é possível verificar os valores de economia de água, desconsiderando investimento inicial, custos de operação e manutenção e taxas de inflação, para cada cenário de substituição de água potável.

Tabela 24 – Economia Mensal por Casa em R\$ para substituição de água nas descargas sanitárias

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água da chuva (litros)	Consumo de água potável (litros)	Valor da conta sem utilização de água da chuva (R\$)	Valor da conta com utilização de água da chuva (R\$)	Economia mensal por casa (R\$)
Jan	46500	12912,65	33587,35	343,16	261,46	81,70
Fev	42000	11067,90	30932,10	314,69	244,66	70,03
Mar	46500	11886,15	34613,85	343,16	267,95	75,21
Abr	45000	8557,87	36442,13	333,67	279,52	54,15
Mai	46500	8225,22	38274,78	343,16	291,12	52,04
Jun	45000	8006,68	36993,32	333,67	283,01	50,66
Jul	46500	9676,19	36823,81	343,16	281,94	61,22
Ago	46500	6456,41	40043,59	343,16	302,31	40,85
Set	45000	10063,73	34936,27	333,67	269,99	63,68
Out	46500	12081,81	34418,19	343,16	266,71	76,45
Nov	45000	10483,04	34516,96	333,67	267,34	66,33
Dez	46500	12367,92	34132,08	343,16	264,90	78,26
Total				4051,49	3280,91	770,58

Fonte: Autoria Própria (2016).

Para o cenário de substituição de água potável por água de chuva nas descargas sanitárias é possível verificar uma economia mensal média por casa de R\$ 64,22, multiplicando este valor por três, para se obter a economia com todas as casas, o valor mensal é de R\$ 192,65. Analisando este valor é possível afirmar que existe uma vantagem financeira do uso de água da chuva para a instituição.

Tabela 25 - Economia Mensal por Casa em R\$ para substituição de água na lavagem de calçadas e carros

Mês	Consumo total mensal (litros)	Consumo de água da chuva (litros)	Consumo de água potável (litros)	Valor da conta sem utilização de água da chuva (R\$)	Valor da conta com utilização de água da chuva (R\$)	Economia mensal por casa (R\$)
Jan	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Fev	42000	268,80	41731,20	314,69	314,69	0,00
Mar	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Abr	45000	288,00	44712,00	333,67	333,67	0,00
Mai	46500	297,00	46203,00	343,16	343,16	0,00
Jun	45000	286,31	44713,69	333,67	333,67	0,00
Jul	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Ago	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Set	45000	288,00	44712,00	333,67	333,67	0,00
Out	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Nov	45000	288,00	44712,00	333,67	333,67	0,00
Dez	46500	297,60	46202,40	343,16	343,16	0,00
Total				4051,49	4051,49	0,00

Fonte: Autoria Própria (2016).

Na Tabela 26 não é verificado nenhum valor de economia em dinheiro no cenário de uso de água de chuva em lavagem de pisos e carros. Esta situação ocorre devido ao consumo de água da chuva ser muito baixo. Mesmo que este valor atingisse o volume de 1 m³ geraria uma economia de somente R\$6,33, (por mês) representando muito pouco no total da conta de água e esgoto. Apesar deste cenário não apresentar vantagem financeira, ele contém o conceito do uso racional e sustentável da água potável, portanto realizou-se a análise de custo de investimento, de operação e de manutenção para que a instituição analise se há interesse ou não.

Após a análise simplificada de economia nas contas de água e esgoto foi inserido no software a estimativa de investimentos e de custos operacionais e de manutenção. Na Tabela 26 estão apresentados de forma resumida os valores em R\$ (reais), detalhados no item 4.5.1.2 e nas tabelas 23 e 24, que foram relacionados nas entradas de dados do software para cada cenário de substituição.

Tabela 26 – Resumo Investimento e Custos por cenário e por casa

Investimentos/Custos	Cenários de substituição de água potável	
	Descargas Sanitárias	Lavagem de calçadas e pisos
Tubulações	R\$ 2.108,79	R\$ 785,50
Reservatório	R\$ 1809,90	R\$ 649,90
Mão de Obra	R\$ 1.200,00	R\$ 800,00
Acessórios	R\$ 1294,41	R\$ 934,61
Moto-bomba	R\$ 493,80	-
Manutenção (Pastilhas de Cloro)	R\$ 83,69	R\$ 83,69

Fonte: Autoria Própria (2016).

Os valores de investimento inicial e de manutenção e operação mensal estão relacionados na Tabela 27. Os custos de operação e manutenção estão relacionados com o gasto de energia pelo uso de moto-bombas e pelo sistema de tratamento de água, no caso o uso de pastilhas de cloro.

Tabela 27 – Investimentos iniciais e de operação por cenário e por casa

Descargas Sanitárias	Lavagem de calçadas e pisos
Investimento no primeiro mês por casa	
R\$ 6906,80	R\$ 2.370,01
Custos de operação e manutenção médio no primeiro ano por casa	
R\$ 7,05	R\$ 3,35

Fonte: Autoria Própria (2016).

Índices de valor presente líquido, do tempo de retorno de investimento e da taxa interna de retorno foram calculados somente para o cenário de substituição de água nas descargas sanitárias.

A partir de todas as entradas de dados, listadas nos parágrafos anteriores, o software realiza a análise econômica e os valores de viabilidade econômica, de acordo com o cenário de substituição de água nos vasos sanitários. Estes valores estão apresentados na Tabela 28 considerando-se período de análise de 10 anos.

Tabela 28 – Resultados análise financeira para cenário de substituição de água nos vasos sanitários

Resultados	Descargas Sanitárias
Valor presente líquido	R\$ 6282,01
Tempo de retorno do investimento	81 meses (6 anos e 9 meses)
Taxa interna de retorno	1,05% ao mês

Fonte: Autoria Própria (2016).

Através desses resultados verifica-se que ao comparar a economia e os investimentos iniciais houve uma economia futura, em um período de 10 anos de R\$

6282,01, mostrando-se um investimento vantajoso. Outro fato que demonstra que o investimento é economicamente atrativo é o valor da taxa de retorno interno ser maior que a taxa mínima de atratividade.

Todos os valores apresentados e inseridos no software Netuno representam o sistema de aproveitamento de água da chuva instalada em apenas uma das habitações da instituição. Para análise de valores de investimento e economia de todas as habitações presentes na instituição deve-se aplicar todos os valores encontrados acima proporcionalmente às três habitações.

5 CONCLUSÃO

O elevado crescimento da população mundial vem desencadeando vários problemas em relação ao uso irracional e à disponibilidade de recursos hídricos. Entre estes problemas podemos citar a escassez de água em determinadas regiões do planeta, falhas no planejamento e na gestão dos recursos hídricos, problemas na drenagem urbana, crescente industrialização e problemas de enchentes ocasionadas pela redução das áreas permeáveis de solo.

A fim de reparar este cenário para garantir a disponibilidade de água desta geração e das próximas, práticas de uso racional e sustentável da água devem ser cada vez mais utilizadas e difundidas. O aproveitamento de água da chuva é uma das práticas a serem adotadas que contribuem para o uso racional e sustentável dos recursos hídricos.

Portanto, com o intuito de incentivar o uso de práticas sustentáveis e proporcionar economia financeira em relação ao consumo de água, a instituição Lar Infantil Sol Amigo buscou adotar um sistema de aproveitamento de água da chuva para suas casas de habitação.

Após um período de análise de dados e de comunicação com os representantes da instituição, foram traçados dois cenários para a implementação do sistema de captação de água da chuva. O primeiro cenário consiste na substituição da água potável nas descargas sanitárias e o segundo cenário consiste na substituição da água potável apenas na lavagem de pisos e veículos.

Primeiramente, conclui-se que a substituição completa da água potável por água de chuva, mesmo que apenas para fins não potáveis, não é viável economicamente dado que demanda elevados custos para a execução do projeto. Mesmo que a oferta de água da chuva seja suficiente, isto demandaria um reservatório muito grande, enterrado e feito em concreto. A execução deste tipo de reservatório demandaria escavação do terreno e maiores custos de material e mão de obra. No entanto, buscou-se aperfeiçoar a execução do sistema utilizando-se reservatórios de polietileno existentes no mercado.

O cenário 1 foi inicialmente elaborado para substituir toda a água proveniente da utilização dos vasos sanitários. Contudo, seria necessário um reservatório de capacidade de aproximadamente 7000 litros, sendo necessária a execução de

reservatório enterrado e feito em concreto. Tal procedimento além de ser inviável economicamente, não é de interesse da instituição devido ao porte da obra.

No entanto, o cenário 1 foi adaptado para que se apresentasse a melhor viabilidade financeira possível. Para isto, foi calculado através do programa Netuno o reservatório que proporcionasse melhor porcentagem de substituição da água potável com o melhor preço, visando sempre a adoção de reservatórios pré-moldados facilmente encontrados no mercado.

O reservatório utilizado para o cenário 1 foi de capacidade de 5000 litros, representando 22,24% de potencial de economia de água potável das edificações, proporcionando uma economia mensal média de água de R\$64,22 e anual de R\$770,58. Por conseguinte, o cenário 1 apresentou custo total de R\$6.282,01 e tempo de retorno de 6 anos e 9 meses por casa, mostrando-se economicamente viável e com bom período de retorno, proporcionando benefícios financeiros à instituição em médio prazo e contribuindo para o uso racional e sustentável da água.

O reservatório utilizado para o cenário 2 foi de 600 litros, representando apenas 0,64% de potencial de economia de água potável das edificações e custo de execução de R\$3.170,01 por casa. Este cenário proporcionaria, no entanto, economia mensal de água na média de R\$5,62 e anual de R\$67,45. Devido a pouquíssima representatividade na economia financeira, o tempo de retorno deste cenário não foi calculado pelo software, mostrando-se inviável economicamente e com longo período de retorno, sendo sua implementação viável apenas para contribuição ao meio ambiente, utilizando a água de forma sustentável.

A inviabilidade financeira do cenário 2 se reflete no baixo percentual de água substituída pelo sistema de aproveitamento de água da chuva, devido a baixo consumo para lavagem de pisos e veículos.

Outra alternativa para suprir a inviabilidade financeira do cenário 2 seria implementar um sistema misto, o qual faria a substituição da água nos vasos sanitários e lavagem de pisos e veículos. Neste caso seria instalada uma torneira externa no próprio reservatório inferior.

Independente dos resultados obtidos neste estudo, o conceito mais importante ao se instalar um sistema de aproveitamento de água da chuva é a conscientização para o uso racional da água e a adoção de práticas sustentáveis as quais incentivam o equilíbrio do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: ANA, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: ANA, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Caderno de Recursos Hídricos – Disponibilidades e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2005.

ALI BELMEZITI. **Impact potentiel de l'utilisation de l'eau de pluie dans le bâtiment sur les consommations d'eau potable a l'échelle urbaine : le cas de l'agglomération parisienne**. Architecture, aménagement de l'espace. Université Paris-Est, 2012.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008.

ANJOS, I. B.; ORSINI, M. L., NERY, J. T. Estudo da Precipitação Pluviométrica e Balanço Hídrico em Maringá. **Boletim Geográfico**, v. 19, n. 1, p. 115-128, 2001.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. 2005. 150p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15527: Água de Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis** - Requisitos . Rio de Janeiro, 2007.

ATHAYDE, G. B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 85-98,

abr./jun. 2008.

BBC Brasil, Notícias. Disponível em <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2001/010322_water.shtml>. Acesso em 15 de Abril de 2016.

CAMPOS, M. A. S. **Aproveitamento de água pluvial em edifícios residenciais multifamiliares na cidade de São Carlos**. São Carlos. 2004. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Crise hídrica, estratégias e soluções da SABESP para a região metropolitana de São Paulo**. Elaborado pela SABESP. São Paulo, 2015

CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. 440 p.

CORDOVA, M. M; GHISI, E. **Netuno 4** – Manual do Usuário. 2014. 161p. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014

GOMES, H. P. (2009) **“Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômica de Projetos**. 2ª ed, João Pessoa, Brasil, Editora UFPB.

HAFNER, A. V. **Conservação e Reúso de Água em Edificações** - Experiências Nacionais e Internacionais. 2007. 161p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007.

HAGEMANN, Sabrina E. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. Disponível em <http://w3.ufsm.br/ppgec/wpcontent/uploads/Sabrina_Elicker_Hagemann_Disserta%C3%A7%C3%A3o_de_Mestra.pdf>. Acesso em 07 de março de 2014.

KITA, I. et al. **Local government's financial assistance for rainwater utilization in Japan**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA. (p. 5). Petrolina, 1999: ABRH.

KÖNIG, Klaus W. The Rainwater Technology Handbook. Dortmund: Wilo-Brain, 2001.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. dos S. (eds). **Reúso de Águas**. Barueri: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informação em Saúde Ambiental, 2003.

MARINOSKI, A. K.;GHISI, E.. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008.

MARINOSKI, A. K.;GHISI, E.. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Revista de Gestão de Água da América Latina, Porto Alegre (RS), v. 4, n. 1, p. 29-37, Jan./jun. 2007.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004, 160p. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2004

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações**. 2008, 222p. Tese de doutorado - Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2008.

MOTTA, Régis da Rocha. CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

NAKADA, L. Y. K. **Avaliação Da Qualidade De Águas Pluviais Armazenadas E Estudos De Tratabilidade Empregando Filtro De Pressão Com Diferentes Meios Filtrantes Visando ao Aproveitamento Para Fins Não Potáveis**. 2012. 161p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bauru, 2012.

NAKADA, L. Y. K.; MORUZZI, R. B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. **Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental**, Rio de Janeiro (RJ), v. 19, n. 1, p. 1-9, jan./mar. 2014.

OLIVEIRA, S. M. **Aproveitamento da água da chuva e reuso de água em residências unifamiliares: estudo de caso em Palhoça/SC**. 2005. 149 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PEREIRA, S. J. **Tarifa media de água varia até 158% entre estados, indica ranking**: Reportagem [19 de Março, 2015]. São Paulo: *Site G1 – Economia*. Entrevista concedida a Darlan Alvarenga.

Programa de Pesquisas de Saneamento Básico – PROSAB, 2006. REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando a redução do consumo de água e da infra-estrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. UFES, UFSC, UNICAMP, IPT. Vitória – ES.

RODRIGUES, J. C. M. R. **Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais: Dimensionamento e Aspectos Construtivos**. 2010. 94p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto. Porto - Portugal, 2010.

SILVEIRA, B. Q. **Reúso da água pluvial em edificações residenciais**. Monografia de especialização - Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Escola de Engenharia na UFMG, Belo Horizonte, 2008.

SITE FLOW SUSTENTÁVEL. **Sistema de Captação da Água da Chuva**. Disponível em < <http://www.flowsustentavel.com.br/produto-sistemas-de-captacao-da-agua-da-chuva.php>>. Acesso em 02 de junho de 2016.

SITE LAR INFANTIL SOL AMIGO. Disponível em <<http://www.larlisa.com.br/>>. Acesso em Maio de 2016.

SITE SANEPAR. Disponível em <<http://site.sanepar.com.br/clientes/nossas-tarifas>> Acesso em Novembro de 2016.

SITE TUTIEMPO. Pluviômetros y pluviógrafos: Um afan histórico por medir la lluvia. Disponível em <<http://www.tutiempo.net/meteorologia/articulos/pluviometro-y-pluviografo.html>>. Acesso em Maio de 2016.

SITE UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE. Estação Meteorológica da UFRN. Disponível em

<<http://www.cchla.ufrn.br/estacao/index/fotos.html>>. Acesso em Maio de 2016.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2011. 180 p.

TOMAZ, P. Economia de água. São Paulo: Navegar, 2001. 63 p.

WORLD WATER COUNCIL, Official documents and activity reports – Secure, Adapt, Sustain. 2015: Disponível em
<http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/documents/official_documents/20151201_WWC-Strategy-2016-18.pdf>. Acesso em 27 de Abril de 2016.

ANEXO A – CATÁLOGO SHULZ PARA SELEÇÃO DE MOTOBOMBAS: SHP35

MOTOBOMBAS COM ROTOR PERIFÉRICO PARA ÁGUA LIMPA



SHP-35 / SHP-50



SASP-40 - AUTOASPIRANTE



POTÊNCIA (cv)
SUCÇÃO (pol)
RECALQUE (pol)

2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 34 38 42 46 50

ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (mca)

PRESSÃO
MÁX. (mca)

MODELO				VAZÃO EM M³/H, PARA SUCÇÃO ZERO (0) MCA																PRESSÃO MÁX. (mca)				
	POTÊNCIA (cv)	SUCÇÃO (pol)	RECALQUE (pol)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	34		38	42	46	50
SHP-35	0,5	1	1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2						35
SHP-50	1,0	1	1	3,0	2,95	2,9	2,85	2,8	2,75	2,7	2,65	2,6	2,55	2,5	2,45	2,4	2,35	2,3	2,2	2,0	1,5	0,8		50
SASP-40	0,5	1	1	2,3	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	0,1				40

APLICAÇÕES

- Bombeamento de águas limpas, TOTALMENTE ISENTAS DE AREIAS E OUTROS SÓLIDOS, para abastecimento de residências urbanas e rurais em cidades, praias, sítios e chácaras.
- Pequenas irrigações e lanouras e jardins.
- Pressurizações de redes de baixa pressão em soprados e edifícios de poucos andares.

OBSERVAÇÕES TÉCNICAS

- Motores IP - 44, monofásico, dupla tensão (110/220 volts), com capacitor permanente e dispositivo térmico contra quedas e tensão.
- Tampa e corpo da bomba com inserto em Aço Inox para evitar bloqueio do rotor.
- Modelo SASP - 40 com válvula de retenção na sucção.
- Capacidade a partir de poços, cisternas e outras fontes com sucção máxima de 8 mca em instalações ao nível do mar e 7 mca em regiões serranas.