

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COMUNIDADES DE
EXTREMA POBREZA: UM ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE DO
JARDIM GRAMACHO

José Henrique Schütz Feitoza

João Pedro Santos Marques

Agosto de 2017



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COMUNIDADES DE EXTREMA POBREZA: UM ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE DO JARDIM GRAMACHO

José Henrique Schütz Feitoza

João Pedro Santos Marques

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Rio de Janeiro

Agosto de 2017

**APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COMUNIDADES DE
EXTREMA POBREZA: UM ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE DO
JARDIM GRAMACHO**

José Henrique Schütz Feitoza

João Pedro Santos Marques

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinada por:

Prof^a. Elaine Garrido Vazquez

Prof^a. Heloísa Teixeira Firmo

Prof. Theóphilo Benedicto Ottoni Filho

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

AGOSTO DE 2017

Feitoza, José Henrique Schütz

Marques, João Pedro Santos

Aproveitamento de água de chuva em comunidades de extrema pobreza: um estudo de caso na comunidade do jardim Gramacho/ José Henrique Schütz Feitoza/ João Pedro Santos Marques. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017.

XIII, 73 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2017.

Referencias Bibliográficas: p. 65-69.

1. Sistema de aproveitamento de água de chuva. 2. Jardim Gramacho. 3. Comunidades Carentes. 4. Favela.

I. Vazquez, Elaine Garrido. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Aproveitamento de água de chuva em comunidades de extrema pobreza: um estudo de caso na comunidade do Jardim Gramacho.

“As circunstâncias do nascimento de alguém são irrelevantes. É o que você faz com o dom da vida que determina quem você é.”

Mew II – Takeshi Shudo

Dedicamos este trabalho a Gustavo Barud
e a todos os sonhadores que tem a esperança
de tornar o mundo um lugar melhor.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe por me criar, me incentivar e acreditar em mim em todos esses anos, por me mostrar a importância da solidariedade e por fazer parte de quem eu sou.

Ao meu pai por todo apoio, conselhos e ensinamentos.

À minha família por ajudar a me criar e em especial a minha tia Zezé, por todo carinho e fé em mim.

À minha namorada, Lúcia Sampaio, que sempre acreditou em mim e auxiliou, sendo sempre uma grande companheira e uma parceira para todos os momentos.

À minha madrinha Geysa, Dona Assunção, Dona Áurea e Geni por ajudarem a me criar quando criança, representando cada uma, um pedaço de quem sou hoje.

À Roberta Azevedo, presidente da ONG Amparando Jardim Gramacho, por acreditar no projeto, dando total suporte, sendo sempre compreensiva e solícita.

À Prof.^a Elaine Garrido Vazquez por abraçar o projeto e dar todo o auxílio necessário para que ele se concretizasse.

Ao meu irmão, Lucas Oliveira, que sempre esteve lá para me ajudar, mesmo nas situações mais improváveis e sempre ser um amigo leal. E aos meus grandes amigos, João Paulo Siqueira e Matheus Patrício por ajudarem nos perrengues da faculdade.

Aos meus amigos “Zuantes” que conheci ainda no início da faculdade, mas que no decorrer dos anos, se tornaram grandes amigos.

Aos meus amigos de longa data que, mesmo que afastados devido aos diferentes rumos de cada um, nunca deixaram perder a amizade.

Aos meus amigos da engenharia ambiental que facilitaram esse processo tão árduo e foram motivos de muitas risadas no “BD” e que por muitas vezes ajudaram em momentos de desespero “pré-prova”.

À Enactus UFRJ e, em especial, a equipe do projeto “Canoas de pano”, que me tornaram uma pessoa melhor e que influenciaram na escolha do tema do presente trabalho.

Autor: José Henrique Schütz Feitoza

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Valéria, por estar sempre comigo, independentemente das circunstâncias.

Autor: João Pedro Santos Marques

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM COMUNIDADES DE EXTREMA POBREZA: UM ESTUDO DE CASO NA COMUNIDADE DO JARDIM GRAMACHO

José Henrique Schütz Feitoza

João Pedro Santos Marques

Agosto/2017

Orientador: Elaine Garrido Vazquez

Curso: Engenharia Ambiental

A água é um recurso natural essencial para a vida. No cenário atual, esse recurso vem tomando cada vez mais relevância, principalmente diante do crescimento da demanda. No Brasil, a recente crise hídrica levou o tema a entrar em foco. Além disso, o aumento da desigualdade social faz com que a população mais pobre tenha acesso restrito, se não, impedido ao recurso. Neste contexto, aumenta a importância da busca por fontes alternativas de água e, entre elas, destaca-se a água de chuva. O presente trabalho objetiva projetar um sistema de aproveitamento de água de chuva de viável instalação no antigo lixão do Jardim Gramacho, comunidade pobre em Duque de Caxias, Rio de Janeiro. Para tal, serão levantados os dados relevantes ao projeto do sistema e utilizados os métodos de dimensionamento de reservatório previstos na ABNT NBR 15527. Com isso, espera-se mostrar a viabilidade do aproveitamento de água de chuva na comunidade, além de fornecer subsídios para futuros estudos.

Palavras-chave: sistema de aproveitamento de água de chuva, jardim Gramacho, comunidades carentes, favela.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

**USE OF RAINWATER IN EXTREME POVERTY COMMUNITIES: A CASE STUDY
IN JARDIM GRAMACHO COMMUNITY**

José Henrique Schütz Feitoza

João Pedro Santos Marques

August/2017

Advisor: Elaine Garrido Vazquez

Course: Environmental Engineering

Water is an essential natural resource for life. In the current scenario, this resource has become increasingly relevant, especially in the face of demand growth. In Brazil, the recent water crisis has brought the issue into focus. In addition, the increase in social inequality means that the poorest population has restricted access, if not prevented the resource. In this context, the importance of the search for alternative sources of water increases and among them the rainwater stands out. The present work aims to design a rainwater harvesting system of viable installation in the old dump of Jardim Gramacho, a poor community in Duque de Caxias, Rio de Janeiro. For this, the data relevant to the system design will be collected and the tank sizing methods foreseen in ABNT NBR 15527 will be used. With this, it is hoped to show the viability of the use of rainwater in the community, besides providing subsidies for future studies.

Keywords: rainwater harvesting system, jardim gramacho, poor communities, favela.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Apresentação do Tema.....	1
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Justificativa	3
1.4	Metodologia.....	4
1.5	Descrição dos Capítulos	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Aproveitamento de Água de Chuva no Mundo	6
2.2	A Situação Brasileira	9
2.3	Crise Hídrica.....	11
2.4	Aspectos Legais do Aproveitamento da Água Pluvial	13
2.5	Qualidade da Água de Chuva	17
2.6	Caracterização dos Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial	18
2.7	Parâmetros de Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva ..	19
2.7.1	Demanda de Água de Chuva.....	20
2.7.2	Dados Pluviométricos	20
2.8	Componentes dos Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva	20
2.8.1	Superfície de Captação	20
2.8.2	Sistema de Transporte.....	21
2.8.3	Dispositivo de Filtração	22
2.8.4	Reservatório de Armazenamento.....	23
2.8.5	Tratamento	23
2.9	Métodos de Dimensionamento do Reservatório.....	26
2.9.1	Parâmetros do Dimensionamento do Reservatório.....	27
2.9.2	Método de Rippl	28
2.9.3	Método da Simulação	29

2.9.4 Método Prático Australiano	30
2.9.5 Método Azevedo Neto	31
2.9.6 Método Prático Alemão	32
2.9.7 Método Prático Inglês	32
3 ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA.....	33
3.1 Área de Estudo.....	33
3.1.1 Diagnóstico Social da Comunidade	33
3.1.2 Visita Técnica	41
3.2 Concepção do Protótipo do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva	44
3.2.1 Superfície de Captação Adaptada	45
3.2.2 Sistema de Transporte.....	45
3.2.3 Dispositivo de Filtração	45
3.2.4 Reservatório de Armazenamento Adaptado.	46
3.2.5 Tratamento Adaptado.....	46
3.3 Descrição do Protótipo do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva	46
3.3.1 Área de Captação	47
3.3.2 Tubulação de PVC	49
3.3.3 Estrutura de Suporte de Madeira.....	49
3.3.4 Reservatório	50
3.3.5 Filtro.....	50
3.4 Dados Pluviométricos.....	51
3.5 Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva.....	55
3.5.1 Dimensionamento pelo Método de Rippl	55
3.5.2 Dimensionamento pelo Método da Simulação	57
3.5.3 Dimensionamento pelo Método Azevedo Neto.....	58
3.5.4 Dimensionamento pelo Método Prático Alemão	58

3.5.5 Dimensionamento pelo Método Prático Inglês.....	59
3.5.6 Dimensionamento pelo Método Prático Australiano.....	59
3.5.7 Análise dos Resultados	60
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	65
ANEXO A.....	69

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do Tema

Com a divulgação de informações sobre o risco de escassez de água, ocorreu nos últimos anos uma maior conscientização da sociedade em relação à conservação dos recursos naturais, principalmente da água (MINIKOWSKI, M. & MAIA, A.G., 2009).

A água é considerada o recurso da natureza mais importante, já que é indispensável à vida no planeta e é fundamental à sobrevivência humana. Mas por ser um recurso limitado, já que a oferta não cresce para suprir a demanda, gera grande preocupação em decorrência do crescimento populacional (MAY, 2004).

A população mundial está crescendo e, de acordo com a ONU (2017), a estimativa é de que o tamanho populacional atual seja de 7,6 bilhões de pessoas, podendo atingir 11,2 bilhões em 2100, o que sobrecarregaria ainda mais os sistemas de abastecimento de água.

Já foi alertado pelas Nações Unidas que aproximadamente 1/3 da população mundial ficará sem água até 2050 (TOMAZ, 2001, apud FERREIRA, 2005) e, segundo o economista francês Jacques Attali, citado por Sacadura (2011), a procura por água duplicará de vinte em vinte anos e a quantidade de água existente no mundo, obviamente, não se alterará. Esta diferença entre quantidade de água e a demanda foi multiplicada por cinco num espaço de um século.

Além do crescimento da população, existem outros fatores que aumentam o risco de escassez de água, como a poluição de recursos hídricos (CAMPOS et al, 2007), uma distribuição populacional desigual em relação às reservas hídricas - justamente os locais mais populosos são os que possuem menos água (GHESI, 2006) - e o desperdício de água potável devido ao uso inadequado de sanitários, vazamentos e outros fatores (SEEGER et al, 2007).

Diante do exposto, o gerenciamento adequado da água, com melhor utilização e aproveitamento desta, torna-se fundamental inclusive para a economia de energia (COHIM et al, 2007), lembrando também que a economia gerada pela água aproveitada favorece a economia da água de uso nobre (RESENDE & PIZZO, 2007).

Os procedimentos realizados pela natureza para transformar a água impura em água potável são muito lentos, frágeis e limitados. A água deve ser manipulada com controle, paciência,

racionalidade, preocupação e moderação, para ser utilizada de forma responsável, com o intuito de garantir a sua sustentabilidade (MAY, 2004).

Essa mentalidade endossa a aplicação de sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis como uma das soluções para o problema da escassez de água. De acordo com ABNT NBR (2007), esses sistemas só devem ser feitos para uso doméstico, industrial, irrigação, criação de animais e etc. (MAY, 2004, MINIKOWSKI, M. et al, 2009).

Segundo estudos, os usos de água para fins não potáveis somam em torno de 50% da demanda total de água em uma residência (TOMAZ, 2003).

Os benefícios gerados pelo aproveitamento da água da chuva são muitos, começando pelo fato desta ser um recurso hídrico acessível a todos, ou seja, sua utilização independe das condições financeiras do usuário, sendo fonte de água doce e gratuita. A reutilização da sua água gera: aproveitamento de nova fonte de água; redução do consumo de energia; aumento da segurança hídrica descentralizada e de autossuficiência local; retenção da água de vultosas precipitações, com amortecimento de cheias; diminuição da demanda sobre os mananciais subterrâneos e superficiais para abastecimento e, por fim, a redução da emissão de efluentes líquidos (VIOLA, 2008).

A disseminação da conscientização do uso sustentável da água é uma ferramenta de grande importância nos dias atuais, tendo em vista que essa é fundamental para o combate do problema mundial de escassez de água. Além disso, a busca por novas tecnologias de aproveitamento de água é a melhor resposta perante os desafios suscitados pela demanda crescente por água e pelas economias dos países.

A favelização é um processo que vem se expandindo no decorrer das últimas décadas no Rio de Janeiro. Essas “novas comunidades”, em sua maioria, não possui acesso a serviços básicos de saneamento básico; Dentre elas se destaca a comunidade do Jardim Gramacho, antigo lixão, localizado no município de Duque de Caxias, Rio de Janeiro.

Segundo o TETO (2013), esta comunidade possui 1000 famílias, as quais 25,2% possuem água encanada de forma irregular e 74,8% não possuem água para abastecer suas casas, tendo que comprar ou conseguir através de meios irregulares. O fator alarmante é que nenhum morador possui água encanada de forma regular em sua residência, o que mostra a deficiência do serviço público em prover água potável (TETO, 2013).

1.2 Objetivos

Projetar um sistema de aproveitamento de água de chuva adaptado às necessidades da comunidade e pensando nas limitações da mesma, que possa garantir água para fins não potáveis às famílias de Jardim Gramacho de forma a proporcionar uma melhor qualidade de vida às mesmas.

1.3 Justificativa

O aumento da desigualdade social no Brasil não é um processo recente. As disparidades sociais vêm só aumentando no decorrer dos últimos anos, evidenciando, assim, a vulnerabilidade social do país.

Como resultado deste processo, há o fenômeno da favelização, que consiste na expansão das chamadas “comunidades carentes”. Estas, por sua vez, são precárias, e possuem, majoritariamente, difícil acesso, quando não inexistente, a serviços básicos como saúde, educação e saneamento básico.

Uma das principais dificuldades enfrentadas pelos moradores dessas favelas está no acesso à água, bem tão importante não só para manutenção da higiene, quanto da própria saúde. A rede de abastecimento de água nessas áreas é geralmente inexistente, ou não contempla a totalidade da comunidade.

Entre essas comunidades, Jardim Gramacho, localizada em Duque de Caxias, Rio de Janeiro, chama a atenção. A comunidade é localizada no antigo lixão, cuja desativação deixou diversas famílias sem sua fonte principal de renda: a coleta de lixo para posterior venda. Este fator, somado à negligência das autoridades públicas, que não oferecem nenhuma espécie de amparo, além das condições insalubres do local devido a este se localizar no antigo lixão, tornam a situação da comunidade preocupante.

Dentro desse contexto, originou-se a ideia do presente trabalho. Com o intuito de minimizar os problemas enfrentados pelos moradores do Jardim Gramacho com a falta de acesso à água, propõe-se a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva de forma a suprir, pelo menos parcialmente, a demanda de água para fins não potáveis. Esta proposta, além de viabilizar uma nova fonte de acesso à água, permite que os moradores melhorem não só sua qualidade de vida, como também sua própria dignidade.

1.4 Metodologia

O sistema vai ser pensado para atender às demandas para fins não potáveis da comunidade, além de considerar as peculiaridades do local, de modo que a instalação seja viável. Para tal, o estudo será dividido nas seguintes etapas:

- Levantamento dos dados socioeconômicos da comunidade do Jardim Gramacho e dos aspectos hidrológicos da região;
- Estudo dos métodos de aproveitamento de água da chuva;
- Definição da área para coleta de chuva e o índice de aproveitamento desta;
- Desenvolvimento do protótipo;
- Dimensionamento do reservatório de água de chuva;
- Análise da viabilidade técnica do projeto.

1.5 Descrição dos Capítulos

O trabalho está dividido em 4 capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Elaboração do Protótipo de Aproveitamento de Água de Chuva, Considerações Finais.

O capítulo um faz uma contextualização da realidade atual da crescente demanda por água no cenário mundial. Este atual regime de utilização dos recursos hídricos tem levado a um cenário de escassez do recurso, principalmente nas comunidades mais pobres, evidenciando, assim, a necessidade pela procura de fontes alternativas de obtenção do mesmo. Essa rápida introdução dá embasamento à motivação do trabalho. Em seguida, são apresentados os objetivos, justificativa e a metodologia utilizada.

O capítulo dois consiste em uma revisão bibliográfica relacionada ao aproveitamento de água de chuva. Nesse capítulo, é feita uma abordagem histórica dessa técnica, além de apresentar sua disseminação no mundo e no próprio Brasil. Também são mencionados os aspectos legais referentes à mesma, assim como características do sistema, seus componentes e algumas metodologias utilizadas para dimensionamento dos reservatórios do sistema.

No terceiro capítulo, desenvolve-se o sistema de aproveitamento de água de chuva. Para tal, é apresentado um levantamento dos dados do local que é objeto do presente trabalho, Jardim Gramacho. Além disso, é demonstrada a elaboração do protótipo, dando suas especificações técnicas, o levantamento dos dados pluviométricos da área e, por fim, calculado o volume do reservatório por diferentes métodos de dimensionamento e analisados os resultados.

No capítulo quatro, são feitas as considerações finais referentes ao trabalho, ressaltando os principais pontos do mesmo. Ademais, são feitas sugestões para futuros trabalhos.

Ao final, estão as referências bibliográficas e anexos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aproveitamento de Água de Chuva no Mundo

Os inventos mais antigos de coleta de água de chuva dos quais se tem registros datam de milhares de anos atrás (GNADLINGER, 2000), portanto o reconhecimento da importância do aproveitamento de água de chuva não se restringe a tempos recentes. Um exemplo disto é uma das inscrições mais antigas do mundo, a Pedra Moabita, datada de 830 a.C. Nela, o rei Meshá, dos moabitas, já preconizava que toda habitação deveria possuir um reservatório para o aproveitamento de água de chuva. (TOMAZ, 2010)

Estes sistemas de aproveitamento de água de chuva foram surgindo independentemente uns dos outros em diferentes partes do mundo e sendo usados e difundidos especialmente em regiões semiáridas, cujo clima se caracteriza pela baixa ocorrência de chuvas e pelo fato destas acontecerem em locais diferentes. (GNADLINGER, 2000)

Entre os exemplos de aproveitamento de água de chuva no decorrer da história, pode-se citar: a região da ilha de Creta, onde já existiam, antes de 3000 a.C., inúmeros reservatórios escavados em rochas para o aproveitamento da água de chuva para o consumo humano; a fortaleza de Masada, em Israel, onde existem dez reservatórios escavados em rochas que perfazem um volume total de 40 milhões de litros; existem reservatórios na península de Iucatã, no México, que embora sejam anteriores à chegada de Cristóvão Colombo, ainda estão em uso; doze reservatórios subterrâneos com entrada superior e com capacidade cada de 98,93 m³ foram descobertos em 1885 em Monturque, Roma. Esses eram utilizados para o abastecimento público; há dois reservatórios para o aproveitamento de água de chuva (um com 215 m³ e o outro com 145 m³) na grande fortaleza e convento dos templários, localizada na cidade de Tomar, em Portugal. (TOMAZ, 2010)

Conquanto o aproveitamento de água de chuva tenha se enraizado em diversas culturas ao longo da história de muitas civilizações antigas, a difusão pelo mundo em larga escala de determinadas tecnologias associadas ao uso de recursos hídricos, que não previam a utilização da água de chuva, por terem sido elaboradas nos séculos XIX e XX, em países desenvolvidos localizados em zonas climáticas moderadas e mais úmidas, onde a escassez de água, até então, não era uma preocupação, fez as técnicas de coleta e uso de água de chuva caírem em desuso. Há diversos exemplos na história da humanidade de acontecimentos que provocaram esta

obliteração do uso da água de chuva para os mais diferentes fins, tais como: implantação de práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas em zonas climáticas mais secas (fruto da colonização por parte dos países desenvolvidos sobre os subdesenvolvidos) e ênfase no aproveitamento de águas subterrâneas, na construção de barragens e em projetos de irrigação encanada. (GNADLINGER, 2000)

Entretanto, esse progresso tecnológico ocorrido nos séculos XIX e XX, associado ao acelerado crescimento populacional a partir da revolução industrial, concorreu decisivamente para o delineamento de um novo contexto mundial, no qual o elevado consumo diário de água por habitante e a exacerbada utilização dos recursos, tanto nas atividades industriais quanto na agricultura, provocam sérios problemas de abastecimento de água em todo o mundo.

Segundo Gnadlinger (2000), essa nova situação mundial, completamente diferente daquela na qual ocorreu o ocaso do aproveitamento de água de chuva, enseja o ressurgimento dos sistemas de captação de água de chuva tanto em regiões onde já eram usados quanto em localidades onde não eram conhecidos, ainda mais quando materiais modernos e tecnologias redescobertas ou novas se fazem presentes e propiciam uma nova abordagem na construção de reservatórios de armazenamento e de áreas de captação.

Dentre os países nos quais há esse resgate e recrudescimento do aproveitamento da água de chuva, destacam-se os desenvolvidos. Nos Estados Unidos, além de se desenvolver pesquisas na área do aproveitamento de água de chuva, em certos estados, como, por exemplo, no Texas e na Califórnia, são oferecidos incentivos financeiros, desde subsídios para quem economizar água da rede pública, utilizando água de chuva, até financiamentos para a aquisição de sistemas de aproveitamento de água de chuva. Neste contexto, encontram-se também o Japão e a Alemanha (desde 1980, na Alemanha, capta-se água de chuva para destiná-la à irrigação, descarga de bacias sanitárias, máquinas de lavar roupa e ao uso comercial e industrial), países seriamente empenhados em utilizar a água de chuva principalmente para fins não potáveis, o que é ilustrado pelas cidades de Hamburgo, onde se fornecem incentivos financeiros para a instalação de sistema de captação de água de chuva, e de Sumida, sendo esta um grande exemplo de que o aproveitamento de água de chuva deve ser usado até em regiões de elevada pluviosidade, pois além de contribuir para a conservação da qualidade das águas, eleva a segurança no abastecimento em casos de emergência. Ademais, no Japão, mais especificamente na cidade de Kitakyushu, foi construído em 1995 um edifício de 14 pavimentos que, por utilizar água de chuva para fins não potáveis por intermédio de um

reservatório enterrado de um milhão de litros construído com o prédio, simboliza um marco na conscientização dos japoneses para o potencial que a utilização da água de chuva tem para ajudar na conservação das águas. (TOMAZ, 2010)

Ainda, segundo Alves (2010), existe outro país asiático exemplar no contexto de aproveitamento de água de chuva: em Seul, na Coreia do Sul, há um complexo de 1.300 apartamentos denominado *Star City*, onde foram construídos três tanques capazes de reservar 3.000 m³ de água. Esta é utilizada para fins não potáveis e em casos de emergência.

Outro país desenvolvido relevante é a Austrália. Localizada numa zona climática semiárida, desde o século XIX, tem utilizado água de chuva. Atualmente, cerca de 20% da população (quatro milhões) bebe água de chuva, sendo que no estado da Austrália do Sul a quantidade de pessoas consumidoras de água de chuva chega a até dois terços da população. Por fim, vale ressaltar que se encontram nas áreas rurais tantas cisternas de todos os tipos e tamanhos a ponto dessas integrarem a paisagem (DOS SANTOS et al, 2015).

Apesar das desvantagens tecnológicas e econômicas em relação aos países desenvolvidos, diversas nações em desenvolvimento têm apresentado ao mundo empreendimentos de aproveitamento de água de chuva eficazes em dirimir problemas de abastecimento causados pelos mais diferentes motivos, desde secas até poluição de solos e recursos hídricos.

No México, a imposição, por parte dos colonizadores espanhóis, de técnicas que não aproveitavam a água de chuva (armazenamento de água fluvial em barragens e captação de água subterrânea por poços, por exemplo), sobretudo as concernentes à agricultura, fez com que a coleta e o uso da água de chuva fossem eliminados. No entanto, atualmente há um movimento no país de retomada do aproveitamento de água de chuva, desse expediente tão responsável pelo sucesso econômico dos seus antepassados maias porque sua agricultura era baseada no uso da água de chuva, captada e armazenada em cisternas chamadas de *chultuns*, nas encostas, e de *aguadas* e *aquaditas*, nos vales. Uma das iniciativas mais antigas e significativas de reintrodução da cultura do uso da água de chuva é a do Dr. Manuel Anaya Garduño. Ele e sua equipe criaram um sistema de captação de água de chuva com o intuito de acabarem com as necessidades de 150 mil comunidades rurais sem infraestrutura de saneamento. O sistema é estruturado para a água, depois de captada, ser armazenada em tanques, dos quais é conduzida para uma estação de tratamento onde é filtrada, engarrafada e embalada para venda. (DOS SANTOS et al, 2015).

No que tange o Brasil, o Programa Um Milhão de Cisternas, o P1MC, destaca-se por impactar positivamente a vida de muitas famílias no semiárido brasileiro por meio do aproveitamento da água de chuva. Desenvolvido pela ASA (Articulação Semiárido Brasileiro), esse programa, cujo objetivo é garantir o acesso à água de qualidade às famílias do semiárido brasileiro por meio da captação da água de chuva por cisternas, auxilia os próprios moradores do semiárido a construir seus reservatórios para a captação de água de chuva, financiando esses e capacitando-os para tal. Assim, além de possibilitar que as famílias tão castigadas pelas secas obtenham água potável não só para seu próprio consumo, o que era o objetivo principal, mas também para produção de alimentos e para a dessedentação de animais, o programa gera diversos outros benefícios decorrentes do acesso regular à água de qualidade, tais como o aumento da frequência escolar, a diminuição da incidência de doenças provocadas pela ingestão de água contaminada e a diminuição da sobrecarga de trabalho sobre as mulheres (com as cisternas próximas, torna-se desnecessário buscar água em lugares distantes). (Portal ASA BRASIL, 2017).

Esses exemplos relatados são só algumas entre as muitas iniciativas espalhadas pelo mundo que servem de inspiração para a adoção do aproveitamento de água de chuva como uma estratégia para se lograr uma gestão de recursos hídricos mais eficiente, o que é cada vez mais necessário perante as ameaças de mudanças nos padrões de chuva e devido aos efeitos das mudanças climáticas.

2.2 A Situação Brasileira

A Política Nacional de Recursos Hídricos (lei 9433/97) dispõe em seu artigo dois o seguinte:

“Art. 2º São objetivos:

... II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável...”

Fica implícito no disposto no inciso II que a captação de água de chuva tem uma relação indireta com os objetivos dessa Política, já que estimula o uso racional e ao mesmo tempo previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto as secas, devido à promoção da reserva, quanto as inundações, devido à diminuição do escoamento superficial.

Por mais que o Brasil detenha aproximadamente 12% da água doce do planeta, é necessária cautela na análise, pois devido ao tamanho do país, existem áreas de abundância, como as da

região norte, sendo ela a menos habitada e com o menor índice de saneamento básico, e áreas com histórico de crise hídrica, como é o caso do semiárido nordestino (BARBOSA, V., 2014), conforme pode ser observado na figura 1.

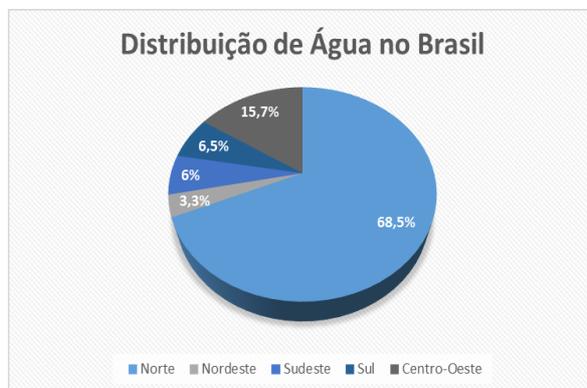


Figura 1: distribuição de água doce no Brasil

Fonte: TOMAZ, 2000

Além da distribuição desigual do recurso no território nacional, outros fatores que contribuem para a escassez de água em algumas regiões brasileiras são o desmatamento, a ocupação desordenada nas cidades, poluição dos rios, periodicidade do suprimento, falta de planejamento hídrico no país, perdas durante a transmissão e a má utilização da água (desperdício, por exemplo).

De acordo com SNIS (2014), as perdas de água tratada no Brasil têm se mantido em níveis próximos a 40% nos últimos doze anos, ainda que seja possível notar uma leve tendência de queda nos últimos anos, como mostra a figura 2.

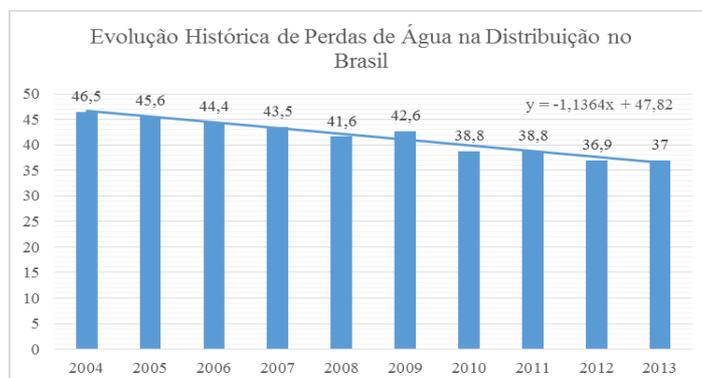


Figura 2: evolução histórica de perdas de água na distribuição no Brasil

Fonte: SNIS, 2014

Uma das consequências da escassez é o conflito pelo uso da água. Esse geralmente é deflagrado em contextos nos quais a população é muito elevada e a potencialidade hídrica baixa, como a situação da região sudeste, por exemplo. Nesta, a população corresponde a 43% do total do país, enquanto a potencialidade hídrica é estimada em apenas 6%. (GHISI, 2004, apud FERREIRA, 2005).

O Rio de Janeiro é o estado que mais consome água: 253 L/hab.dia, apresentando valor 24,1% acima da média da região Sudeste e 52,2% acima da média do país (SNSA, 2014). Além do elevado consumo per capita, segundo Viola (2008), o Rio de Janeiro apresenta uma problemática que aflige algumas cidades brasileiras, a saber: o grande crescimento da população e a contínua queda da qualidade da água da sua principal fonte, o rio Guandu, que abastece 85% da população. Em decorrência desta realidade, há uma crescente preocupação com o uso racional dos recursos hídricos no país, principalmente em São Paulo e no Rio de Janeiro devido à crise hídrica recente pela qual estes estados passaram.

2.3 Crise Hídrica

Em que pese o Brasil ser considerado uma potência hídrica mundial (BARBOSA, V., 2014), a sua distribuição hídrica é desigual, o que provoca desequilíbrio na disponibilidade de recursos hídricos entre as diferentes regiões do país. Este fato suscitou problemas econômicos e sociais no que diz respeito à relação disponibilidade/demanda, principalmente na periferia das regiões metropolitanas (TUNDISI, J.G. et al, 2008).

No começo de 2014, a região Sudeste do Brasil passou por uma intensa escassez hídrica devido à falta de chuvas e outras regiões, como o Nordeste, vivenciam até hoje a seca, que foi classificada como uma calamidade sem precedentes. Esta causou efeitos deletérios na geração de energia, no abastecimento das cidades e principalmente na agricultura (CERQUEIRA, G. A. et al, 2015; MARENGO, J.A. et al, 2015).

Muitas causas foram apontadas para justificar essa crise hídrica, como: variações climáticas naturais, desmatamento da Amazônia, mudanças climáticas globais, intensa urbanização que aumentou a demanda por recursos hídricos, entre outras (TUNDISI, J.G. et al, 2008; MARENGO, J.A. et al, 2015). Entretanto, o principal motivo da crise reside na falta de políticas adequadas de gestão de recursos hídricos, ou seja, que contemplem os princípios de governança hídrica (capacidade de planejamento, prevenção, transparência, etc.), e na falta de

educação ambiental dos cidadãos, o que fomenta o desperdício e provoca grande poluição (BARBOSA, V., 2014; MARENGO, J.A. et al, 2015).

Um estudo foi realizado com objetivo de quantificar a perda de água do Brasil durante a crise hídrica que ocorreu no período de 2012 a 2015. A perda relatada foi de 56 trilhões de litros de água, equivalente a 32 vezes o reservatório de água do Guarapiranga, enquanto o Nordeste perdeu 49 trilhões de litros de água no mesmo período. Esse estudo também revelou que essa foi a maior seca da história do Brasil (Portal Observatório de Clima, 2015).

Um dos estados que mais sofreu com a crise hídrica foi São Paulo, tendo os mais baixos acúmulos pluviométricos, o que configurou a pior estiagem em mais de oito décadas. Essa foi resultado de fenômenos meteorológicos extremos que geraram um verão atipicamente quente e seco em 2014 e, conseqüentemente, contribuíram para deixar em níveis críticos os principais reservatórios de água do estado, em particular o complexo de represas do Cantareira, que é um dos maiores sistemas de abastecimento de água potável do mundo e, na circunstância, atingiu a menor marca da sua história (MARENGO, J.A. et al, 2015).

Entretanto, essa situação climatológica adversa não foi sozinha a principal responsável pela crise hídrica. Com efeito, foi o estopim de uma crise que vinha se delineando há tempos (BARBOSA, V., 2014) e expôs, assim, um sistema ineficientemente pautado por capacidade de planejamento, prevenção, controle e análise crítica. Isto revelou que se a gestão pública tivesse sido regida com os princípios de governança hídrica adequadamente, os impactos da seca não teriam alcançado tamanha magnitude (MARENGO, J.A. et al, 2015).

No entanto, desde 2009, pelo menos, o poder público do estado de São Paulo tinha ciência dos riscos de desabastecimento de água graças ao relatório final do Plano da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê realizado pela Fundação de Apoio a Universidade de São Paulo. Este documento indicou medidas a serem tomadas pela Sabesp com o objetivo de melhorar a gestão da água diante da demanda crescente. As medidas foram: a instauração de processos de monitoramento de chuvas e vazões do reservatório e implantação de postos pluviométricos (BARBOSA, V., 2014).

Sob os efeitos de toda essa crise e perante os indícios de gestão falha do governo paulista e das concessionárias, o Ministério Público de São Paulo abriu uma investigação para apurar os responsáveis pela maior crise hídrica da história do estado. Contudo, as causas dessa crise não se restringiram somente às gestões erráticas dos recursos hídricos, mas também a problemas

estruturais, tais como a expansão urbana desenfreada rumo às periferias, a ampliação das rodovias paulistas por cima das áreas de proteção de mananciais de água, mau uso e ocupação do solo, contaminação da água, entre outros. Esses fatores somados provocaram uma crise ambiental que foi determinante para o surgimento da crise hídrica (BARBOSA, V., 2014).

Por fim, diante dos impactos da crise hídrica, torna-se necessária a maior ênfase na implementação de medidas que diminuam a vulnerabilidade da população atingida pelas secas (MALENGO, J.A. et al, 2015). Desta forma, as principais providências a serem tomadas são: a valorização de serviços de recursos hídricos, com capacidade preditiva, tendo um programa de monitoramento e um sistema adequado de governança de água com a finalidade de promover oportunidades de desenvolvimento regional e sustentável a partir da água disponível e da demanda; um gerenciamento integrado e preditivo, com alternativas e otimização de usos múltiplos, deve ser implantado no nível das bacias hidrográficas; e promover a educação da comunidade em todos os níveis e a preparação de gestores com novas abordagens para assim se ter o desenvolvimento de uma gestão de recursos hídricos que atenda as necessidades do século XXI (TUNDISI, J.G. et al, 2008).

2.4 Aspectos Legais do Aproveitamento da Água Pluvial

O consumo de água se divide em 3 tipos, de acordo com o guia de Conservação e Reuso de Água em Edificações, elaborado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2005). Isto é mostrado na tabela 1.

Tabela 1 - Uso de água conforme o tipo de edificação

Uso de água conforme o tipo de Edificação		
Edificação	Definição	Uso preponderante
Comercial	Escritórios, Lanchonetes, Lojas em geral, Hotéis, Museus.	Fins domésticos (principalmente em ambientes sanitários), irrigação e sistemas de resfriamento de ar condicionado.
Públicas	Universidades, Escolas, Terminais de Aeroporto, Hospitais.	Semelhante ao uso das edificações comerciais, porém o uso sanitário é muito mais significativo (35% a 50% do total).
Residenciais	Domicílios no Geral	Atividades de limpeza e higiene em ambientes internos, já em externos ocorrem devido irrigação, piscina e lavagem de veículos.

Fonte: autor, baseado na ANA, 2005

Segundo Mendes e Veloso (2013), no Brasil, não existe uma lei específica para determinar o uso das águas de chuva. Existem apenas leis indiretas que estabelecem alguns critérios para seu manejo, como por exemplo, a lei 11.445/2007, que estabelece como forma de viabilizar o manejo da água de chuva, a alimentação da instalação hidráulica predial ligada a rede pública de abastecimento de água com água da chuva, desde que seja devidamente autorizada pela autoridade competente. Entretanto, ainda existem muitos projetos de lei em andamento na Câmara dos Deputados, como pode ser conferido no Anexo A.

Já no Senado Federal, se destaca o PLS nº 51 de 2015, que altera vários artigos da Lei 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico) para incluir o abastecimento de água por fontes alternativas na lista de serviços de saneamento básico.

Vale ressaltar que existem somente duas normas técnicas a nível nacional voltadas diretamente ao aproveitamento de água de chuva (MENDES e VELOSO, 2013).

A primeira é a ABNT NBR 10844/1989 “Instalações prediais de água pluvial”, que fixa exigências e critérios necessários aos projetos das instalações de drenagem de águas pluviais, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia.

A segunda é a ABNT NBR 15527/2007 “Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos”, que fornece diretrizes e requisitos para o aproveitamento de água de chuva com captação por coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, como por exemplo, irrigação, descargas de bacias sanitárias, limpeza de veículos, entre outros.

No âmbito estadual, a ex-governadora do Estado do Rio de Janeiro, Rosinha Garotinho, decretou a Lei 4.393, de 16 de setembro de 2004, que dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil em prover os imóveis residenciais, que abriguem mais de cinquenta famílias, e comerciais, com mais de cinquenta metros quadrados de área construída, de dispositivos para captação de águas de chuva, tais como coletores, caixa de armazenamento e distribuidores para água de chuva, além de dar outras providências.

No âmbito municipal, a Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro promulgou o Decreto nº 23940, de 30/01/2004, que obriga empreendimentos que tenham área impermeabilizada superior a 500m² a construir reservatórios que retardem o escoamento das águas pluviais

para a rede de drenagem (ênfase apenas no controle de enchentes). Para completar o decreto, foi publicada a Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27/01/2005, que dá os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto nº 23940/2004 e orienta usar as águas pluviais para aproveitamento somente na rega de jardim, lavagem de pisos externos e automóveis.

Em 2010, a Prefeitura promulgou o Decreto nº 32119/2010, alterando o Decreto nº 23.940 de forma a excluir a obrigatoriedade da construção dos reservatórios de retardo dos empreendimentos que deságuem diretamente em lagoas ou no oceano e também no caso em que o empreendimento deságue em rede de drenagem que prossiga até o deságue final em lagoas ou no oceano. Ademais, este decreto mais recente também prega que as redes de drenagem, que compreendem desde galerias até cursos d'água em seção natural ou não, deverão ter seu projeto e/ou cadastro aprovados no órgão público para um tempo mínimo de recorrência de 10 anos, considerando as condições atuais de impermeabilização.

Em 2011, foi publicada a Lei nº 5.279, que criou o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Esta tem como objetivo instituir medidas que induzam à 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. Dentre estas medidas, está o aproveitamento de água de chuva, reaproveitamento das águas já usadas e captação de água por poços artesianos.

Cabe destacar, em âmbito municipal, o caráter inovador da Prefeitura da cidade de Niterói, a primeira a promulgar uma lei de aproveitamento de água de chuva: a Lei nº 2626, de 30/12/2008, impõe a obrigatoriedade, na construção ou reforma de prédios públicos ou privados no Município de Niterói, da instalação de sistema de aproveitamento de energia solar para aquecimento de água consumida na edificação, bem como da realização de projeto e execução de sistema de retardamento do escoamento de água de chuva para a rede de drenagem e de aproveitamento para uso não potável. Para complementar a Lei nº 2626/2008, de forma a apresentar a metodologia de implementação de um SAAP (Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial), foi aprovada a Lei nº 2.630, de 07 de janeiro de 2009, que disciplina os procedimentos relativos ao armazenamento de água de chuva para reaproveitamento e retardo da descarga na rede pública.

Em 2011, foi promulgada a Lei nº 2.856/2011, que estende as obrigações da Lei nº. 2.630/2009, instituindo mecanismos de estímulo à instalação de sistema de coleta e reutilização de águas servidas em edificações públicas e privadas. No entanto, esta lei tem seu enfoque nas águas cinzas.

Pode-se, além destes, citar outros exemplos de municípios que adotam leis de incentivo à utilização de água de chuva, dentre os quais, destacam-se as prefeituras de Porto Alegre e São Leopoldo, ambos no Rio Grande do Sul.

O primeiro destaque vai para lei nº 10.506, vigente no município de Porto Alegre, decretada em 5 de agosto de 2008. A lei institui o Programa de Conservação e Uso Racional e Reaproveitamento de Águas, cujo objetivo é promover as medidas necessárias para a redução de desperdícios, conservação e a utilização de fontes alternativas para obtenção de água nas edificações, bem como a conscientização dos usuários quanto à importância desse recurso primordial.

Em seu Art. 8º dispõe sobre as ações de reaproveitamento das águas, versando em seu inciso I sobre a captação, armazenamento e a utilização de água provenientes da chuva.

O segundo destaque vai para lei ordinária nº8473, vigente no município de São Leopoldo, decretada em 22 de junho de 2016. A lei determina a adoção de reservatório de água de chuva visando o retardo do escoamento desta para o sistema de drenagem, além de incentivar o aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis.

Alguns destaques podem ser dados a essa lei: além de estabelecer a obrigatoriedade de novos empreendimentos, com área impermeabilizada maior que 300m², terem em seus projetos incluída a construção de reservatório que retarde a água de chuva, também dispõe sobre aspectos técnicos do projeto dos reservatórios e das bombas, como a fórmula para o cálculo da capacidade do reservatório.

Observa-se que por mais que o Brasil ainda seja extremamente carente de normas e leis relacionadas ao aproveitamento de água de chuva, ou seja, ainda tem muito a evoluir nesse aspecto, a crescente preocupação com o uso racional da água fez com que os municípios adotassem medidas próprias para incentivar a conservação desse recurso.

2.5 Qualidade da Água de Chuva

Segundo Hagemann (2009), o conhecimento das características qualitativas da água de chuva é importante para definir os usos a que ela pode ser destinada e o tipo de tratamento a ser feito para torná-la própria a certas aplicações. A qualidade da água da chuva é diretamente influenciada pelas condições atmosféricas locais e da superfície por onde a água passa para ser captada. As áreas de captação retêm impurezas e outros materiais que, quando carregados pela água, podem alterar a sua qualidade de forma que a torne imprópria para certos usos. Além da qualidade da água, deve-se considerar a disponibilidade de chuvas na região, fator importante para avaliar a viabilidade de seu aproveitamento, bem como a eficiência do sistema de captação.

De acordo com ANA (2005), as exigências mínimas para o uso da água para fins não potáveis são apresentadas na tabela 2, em função das diferentes atividades a serem realizadas nas edificações.

Tabela 2 - Exigências mínimas para uso de água para fins não potáveis de acordo com a finalidade

Exigências Mínimas para uso de água para fins não potáveis de acordo com a finalidade	
Finalidade	Exigência
Refrigeração	Não deve ser abrasiva, manchar superfícies, deteriorar máquinas, formar incrustações ou ter mau cheiro.
Descarga em bacias sanitárias	Não deve ser abrasiva, manchar superfícies, deteriorar metais sanitários, ter mau cheiro ou propiciar o desenvolvimento de organismos patológicos.
Lavagem de veículos	Não deve ser abrasiva, manchar superfícies, conter sais ou outras substâncias remanescentes após a evaporação da água, ter mau cheiro ou propiciar o desenvolvimento de organismos patológicos.
Irrigação ou Lavagem de pisos	Não deve ser abrasiva, manchar superfícies, ter mau cheiro, propiciar o desenvolvimento de organismos patológicos, conter componentes agressivos as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas.
Lavagem de roupa ou piscina	Não deve possuir cor ou mau cheiro, não deve deteriorar metais sanitários e equipamentos, não deve conter algas e partículas sólidas e metais e não deve propiciar o desenvolvimento de organismos patológicos.

Continuação da tabela 2

Uso ornamental	Não deve possuir cor ou mau cheiro, não deve deteriorar metais sanitários e equipamentos e não deve propiciar o desenvolvimento de organismos patológicos.
----------------	--

Fonte: autor, baseado na ANA, 2005

Ainda não há uma única norma que balize valores de parâmetros exclusivamente para o uso de água de chuva. Sendo assim, adotam-se as legislações disponíveis de acordo com o bom senso do projetista.

2.6 Caracterização dos Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial

De acordo com Sacadura (2011), os SAAPs (Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial) têm como objetivo conservar os recursos hídricos, reduzindo o consumo de água potável. Estes sistemas captam a água da chuva que cai sobre superfícies, direcionando-a para reservatórios de armazenamento para posterior utilização, como apresentado na figura 3.

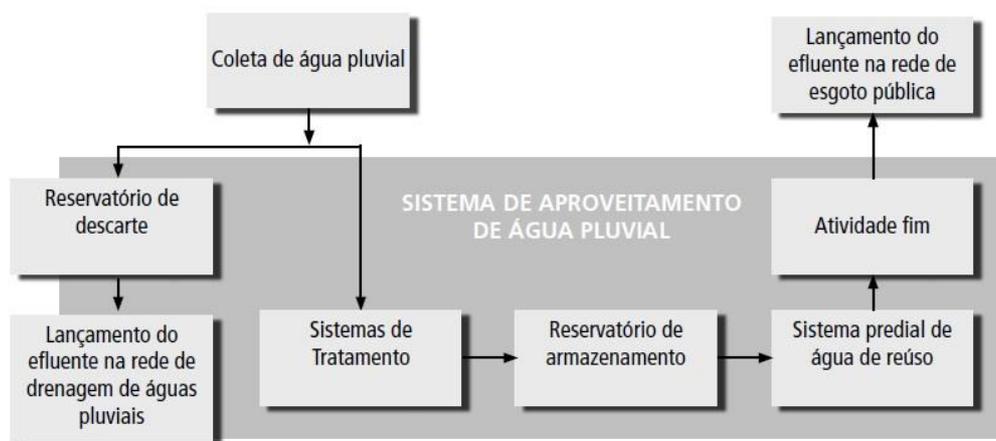


Figura 3: esquema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: ANA, 2005

Este sistema é dividido em 5 componentes, a saber: superfície de captação; sistema de transporte; dispositivos de filtração; dispositivo de armazenamento; e tratamento.

É possível ainda que haja um componente extra: a rede de distribuição. No entanto, sua utilização só se justifica em prédios que ainda não foram construídos, uma vez que se deve optar por sistemas simplificados e os custos de novas instalações hidráulicas prejudicariam a viabilidade econômica do sistema (IPT, 2015).

Segundo o manual da ANA (2005), os sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva requerem cuidados gerais e características construtivas que permitam a segurança do abastecimento, a manutenção da qualidade da água armazenada e níveis operacionais adequados e econômicos. Esses requisitos são ressaltados na tabela 3:

Tabela 3 - Cuidados gerais e características construtivas de um SAAP

Cuidados gerais e características construtivas de um SAAP
Evitar a exposição à luz solar no reservatório para reduzir o desenvolvimento de algas e microrganismos.
Manter a tampa de inspeção fechada.
Instalar grade ou tela na extremidade do tubo extravasor, para evitar a entrada de animais de pequeno porte.
Incluir declividade no fundo do reservatório, na direção da tubulação de drenagem, com intuito de facilitar a limpeza e remoção de sedimentos.
Monitorar a qualidade da água coletada.
Indicar, por meio de placas, em torneiras de uso geral, a não potabilidade da água.
Realizar a limpeza anual do reservatório, atentando a remoção dos sedimentos depositados no fundo do mesmo.
Assegurar a utilização da água coletada somente para fins não potáveis.
Prever conexão (sem possibilidade de contaminação) de água potável ao reservatório, a fim de garantir a demanda diária mínima em períodos de estiagem.
Prever um dispositivo no fundo do reservatório para evitar a ocorrência de turbulências que poderiam gerar a ressuspensão do material sedimentado.
Pintar de cor diferenciada o sistema de linhas de coleta e de distribuição de água de chuva. Conexão e sistemas de roscas também devem ser diferenciados para evitar a ocorrência de conexão cruzada com o sistema de distribuição de água potável. Já as torneiras externas deverão possuir chaves destacáveis, de forma a não ocorrer seu consumo como água potável.

Fonte: autor, baseado na ANA, 2005

2.7 Parâmetros de Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

Segundo Tomaz (2003), o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva depende, entre outros, dos seguintes parâmetros de entrada: precipitação média mensal e a demanda de água de chuva. Sendo assim, para que o sistema seja corretamente

dimensionado, é necessário fazer um estudo em cima dos dados pluviométricos do local e da demanda de água na localidade.

2.7.1 Demanda de Água de Chuva

A água para consumo humano pode ser dividida em dois tipos: potável e não potável. Exemplos de fins potáveis são: a preparação de alimentos, higienização pessoal e a ingestão. Já dentre os fins não potáveis, pode-se citar a irrigação de jardins, lavagem de veículos e descarga de vasos sanitários, sendo a maior parte da água consumida em residências destinada a este fim (TOMAZ, 2003). Tendo em vista isso, é necessário estimar a quantidade de água utilizada para fins não potáveis, de forma a prever a demanda necessária de água de chuva.

2.7.2 Dados Pluviométricos

Os índices pluviométricos podem variar de região para região, sendo a frequência e intensidade de chuva determinados por diversos fatores, tais como clima, topografia, vegetação, entre outros (MAY, 2004). Segundo Campos (2004), para a determinação mais precisa do dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva, deve-se analisar os dados pluviométricos do local de estudo.

2.8 Componentes dos Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva

2.8.1 Superfície de Captação

O telhado da habitação é normalmente a superfície de captação, porém outras superfícies impermeáveis podem ser utilizadas, como, por exemplo, os pavimentos, principalmente aqueles que têm significativamente menor chance de acumular substâncias poluentes. (SACADURA, 2011).

Os telhados apresentam normalmente uma captação de água melhor que as superfícies de solo, porque este sofre alterações diretas do tráfego não só de pessoas, como também de veículos. Outro fator relevante é que a captação do telhado torna possível muitas vezes o transporte para o armazenamento da água através da gravidade. (HAGEMANN, 2009).

No caso de telhados que são geralmente inclinados na projeção horizontal, a área de coleta deve ser determinada de acordo com a NBR 10844/1989: Instalações prediais de águas pluviais. O coeficiente de escoamento superficial é determinado através do material e do

acabamento da área de coleta, além de depender da porosidade que pode diminuir ou aumentar o escoamento da água.

A composição química da superfície de captação é outro fator importante, porque o conhecimento deste material pode prevenir e evitar o lixiviamento de substâncias tóxicas no período das precipitações. Segundo a NBR 15527/07, quando ocorre o uso de produtos potencialmente nocivos à saúde humana, todo o sistema deve ser desconectado a fim de impedir a entrada desses produtos no reservatório de água de chuva. Só poderá acontecer a reconexão do sistema após a lavagem e higienização adequadas, para que se garanta a segurança e não haja riscos de contaminação pelos produtos utilizados.

2.8.2 Sistema de Transporte

A água é recolhida pelo telhado e flui para as calhas (ou caleiras), sendo levada pelos tubos de queda até o reservatório. Neste percurso, são retidos detritos, folhas, galhos e qualquer material grosseiro que possa estar nas calhas ou nas tubulações verticais (SACADURA, 2011), conforme pode ser visto na figura 4.

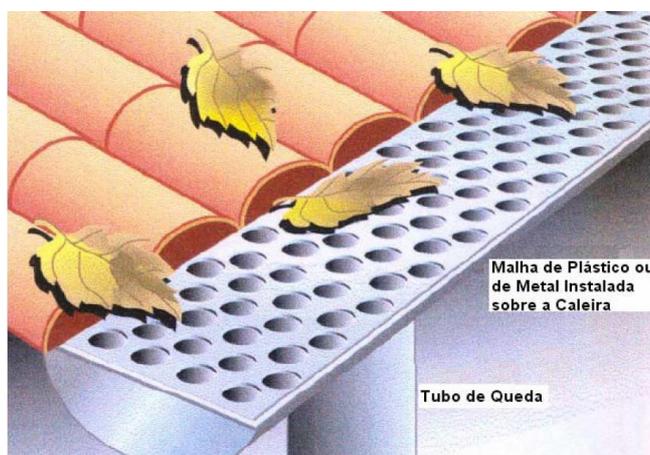


Figura 4: malha de plástico ou metal instalado na calha

Fonte: BERTOLO, 2006 apud. SACADURA, 2011

Nos sistemas complementares estão também incluídos os sistemas de distribuição de água de chuva tratada após as unidades de tratamento e esses sistemas têm unidades de recalque que incluem as respectivas linhas de distribuição de água tratada e também eventuais reservatórios complementares de distribuição (ANA, 2005).

Sendo assim, é de fundamental importância a atenção que deve ser dada ao dimensionamento e à instalação de caleiras e também de condutores verticais, já que o seu subdimensionamento pode diminuir significativamente a eficiência da coleta, o que comprometeria o funcionamento de todo o sistema de aproveitamento de água de chuva (SACADURA, 2011).

2.8.3 Dispositivo de Filtração

O projeto da estrutura do filtro é feito para que, em condições normais, apenas ocorra a perda de 5% da água que passa levando resíduos. No filtro da figura 5, a água passa também por uma tela (malha especial de aço inox) para retirar a areia, o pó e outras substâncias que possam obstruir a passagem da água. (SICKERMANN, 2002 apud SACADURA, 2011).



Figura 5: filtro de água pluvial

Fonte: SACADURA, 2011

Este tipo de filtro funciona bem para pequenos ou grandes volumes de água de chuva, processando até 9 litros por segundo. É aconselhável que este dispositivo seja usado em sistemas com áreas de captação inferiores a 350 m². Para edificações com áreas de captação maiores será necessário um filtro com maior capacidade de processamento. Para áreas de captação superiores a 350 m², pode-se utilizar um filtro semelhante ao da figura 6. Este tipo de filtro tem uma maior capacidade de processamento, não desperdiçando água e diminuindo a ocorrência de entupimentos (SACADURA, 2011).



Figura 6: filtro utilizado para áreas de captação superiores a 350 m² até 2350 m²

Fonte: SACADURA, 2011

A manutenção adequada e segura dos dispositivos de filtração é de grande importância não só para impedir a obstrução que restringe o fluxo de água, como também para evitar que ocorra a contaminação por microrganismos patogênicos que podem crescer nesse ambiente com o asseio inadequado (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005).

2.8.4 Reservatório de Armazenamento

A água é direcionada ao reservatório de armazenamento final após o processo de tratamento da água de chuva.

Os reservatórios podem ser enterrados, semienterrados, apoiados sobre o solo ou elevados. Podem ser construídos com diferentes materiais, como por exemplo, alvenaria, concreto armado, fibra de vidro, aço e polietileno. Podem ter diversas formas, sendo os mais comuns cilíndricos ou retangulares. Podem ainda desempenhar funções estéticas consoante o tipo de projeto.

O reservatório é o componente mais caro de um projeto de aproveitamento de água de chuva, portanto é fundamental o dimensionamento ótimo e levar em conta os materiais e localização para ter o retorno financeiro. (SACADURA, 2011).

2.8.5 Tratamento

A escolha do sistema de tratamento para um sistema de aproveitamento de água de chuva requer a análise da qualidade da água recolhida e das exigências de qualidade da água em função das utilizações a que se destina. Além disso, quando o objetivo é utilizar a água

captada da chuva para fins potáveis, antes da determinação do método de tratamento a ser empregado, é necessário que sejam feitas análises num laboratório aprovado, pois essas fornecem as informações que permitem decidir se a água pode ser utilizada ou não. (BERTOLO, 2006)

Em geral, uma cadeia de tratamento de água de chuva é composta pelos seguintes processos: descarte da primeira chuva (*first flush*), clarificação e/ou tratamento biológico no reservatório, filtração e, no caso do uso para fins potáveis, desinfecção.

A manutenção das diversas partes do sistema de aproveitamento de água da chuva interfere significativamente no tratamento e, conseqüentemente, na qualidade da água obtida, uma vez que a inspeção regular e limpeza do sistema atenua a quantidade de material suspenso e dissolvido que entra no reservatório como parte do escoamento (BERTOLO, 2006).

2.8.5.1 Descarte da Primeira Chuva

A primeira água de chuva que cai do telhado após um período de seca deverá ser desviada com o objetivo de remover todas as substâncias e detritos que poderiam causar contaminação dessa água recolhida (SACADURA, 2011). Segundo Tomaz (2003), usa-se mais amiúde uma peneira como dispositivo de autolimpeza no início do processo de tratamento ao invés de mecanismos que descartam a primeira chuva. Entretanto, existem diversos outros dispositivos de limpeza que atuam de forma diferente, descartando a primeira chuva. Esses podem ser automáticos ou não e normalmente utilizam uma boia ou até mesmo o peso ou o volume da própria água da chuva para promover o descarte. A figura 7 mostra um exemplo de dispositivo de primeira lavagem utilizado na Austrália.



Figura 7: dispositivo de primeira lavagem utilizado na Austrália

Fonte: May, 2014

2.8.5.2 Tratamento biológico no Reservatório

Segundo Bertolo (2006), ocorrem naturalmente diversos processos no reservatório que proporcionam uma melhora na qualidade da água de chuva captada, tais como: ação de biofilmes, acumulação de microrganismos na superfície da água e floculação seguida de sedimentação. No entanto, só esses processos não são suficientes para se garantir a obtenção da água na qualidade desejada, pois é de suma importância a instalação de malhas de filtragem nas tubulações de entrada e de saída com a finalidade de se eliminar o risco de doenças causadas pelo ingresso de animais no reservatório. Ademais, é essencial também que a construção e a manutenção do reservatório sejam adequadas, uma vez que, dessa forma, evita-se a entrada de solos, folhas e detritos no reservatório e, conseqüentemente, a qualidade da água é preservada.

2.8.5.3 Filtração

Nesta etapa ocorre a remoção de material particulado fino suspenso na água por meio da ação de filtros. Estes podem ser de areia ou de cartuchos ou de carvão (DOS SANTOS et al, 2015).

Em razão da existência extensiva no mercado de filtros projetados especificamente para o tratamento de águas residuárias e de poços, deve-se selecionar os filtros para um sistema de aproveitamento de água de chuva de forma criteriosa, com o intuito de evitar equívocos que possam resultar em um tratamento deficiente. Um exemplo de uma escolha criteriosa reside no fato de que filtros de sedimentos (cartuchos) são frequentemente usados como um pré-tratamento para outras técnicas tais como desinfecção por radiação U.V ou filtração por osmose inversa. Isto acontece porque esses filtros de sedimentos impedem a colmatação por partículas grandes (BERTOLO, 2006).

No que diz respeito aos filtros de cartuchos, os semelhantes aos de piscina funcionam satisfatoriamente para o tratamento da água de chuva (TOMAZ, 2003), o que testemunha o quão simples a filtração pode ser. No entanto, a utilização de filtros de piscina acarreta certas complexidades, como a necessidade de instalação de outro reservatório para a distribuição da água (TOMAZ, 2003), além de ser extremamente necessária a substituição regular desses filtros para que não ocorra o risco de haver poluição por bactérias e nutrientes (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005).

Entre os filtros utilizados no tratamento de água de chuva, o filtro lento de areia foi o primeiro a ser inventado e, embora tenha caído em desuso com o surgimento dos filtros rápidos, voltou

depois a ser utilizado em virtude de apresentar facilidade em reter microrganismos. Além disso, apresenta outras vantagens, tais como: tem atividades biológicas em seu interior, o que permite um tratamento biológico; o projeto para construí-lo geralmente é simples e pode trabalhar com fluxo de água intermitente (TOMAZ, 2003).

Há certas medidas que melhoram o rendimento da filtração, tais como a utilização de uma camada de areia seguida de uma de pedregulho no filtro de areia (MAY, 2004) e a disposição em série de filtros com diferentes capacidades de filtração para a remoção de partículas progressivamente menores (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005).

Os filtros de carvão ativado geralmente são utilizados após o processo de desinfecção por cloração, pois removem o excesso de cloro (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005). Portanto são usados em tratamentos mais elaborados, ou seja, em situações nas quais as exigências concernentes à qualidade da água são elevadas.

2.8.5.4 Desinfecção

Este método de tratamento é utilizado principalmente quando o objetivo é destinar a água captada da chuva para fins potáveis, porque as etapas de limpeza iniciais (peneiramento e/ou descarte da primeira chuva) não são suficientes para remover todos os contaminantes e organismos patogênicos, havendo assim a necessidade da aplicação da desinfecção antes da distribuição da água para que a segurança e a saúde possam ser asseguradas. (THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING, 2005).

A desinfecção promove a descontaminação biológica e os principais métodos usados com esse objetivo num sistema de tratamento de água de chuva são: cloração, radiação ultravioleta e aplicação de ozônio (DOS SANTOS et al, 2015).

2.9 Métodos de Dimensionamento do Reservatório

No geral, o reservatório é o componente mais caro do sistema de aproveitamento de água de chuva, sendo seu alto valor o principal empecilho para a disseminação do sistema (AMORIM; PEREIRA, 2008). Portanto, é de suma importância a adoção de metodologias adequadas para o dimensionamento do Reservatório.

Existem no mundo centenas de métodos voltados para este fim (OLIVEIRA, 2008). Estes, em sua maioria, vão considerar para o cálculo do volume a demanda nos períodos sem

precipitação, bem como a quantidade total de água que pode ser captada. A diferença entre eles será na forma que essa demanda é estimada (CAMPOS, 2004). Sendo assim, é primordial, para o dimensionamento do reservatório, o conhecimento da área de captação, da pluviometria local, do coeficiente de aproveitamento de água de chuva e do volume de água potável a ser substituída pela água de chuva. (AMORIM; PEREIRA, 2008)

No Brasil, o assunto é tratado pela NORMA 15527/07, em um de seus anexos, no qual são citados: o método de Rippl, método Azevedo Neto, método da Simulação, método Prático Alemão, método Prático Inglês e o método Prático Australiano. Contudo, o uso desses métodos não é obrigatório segundo a norma. O que o documento salienta é a necessidade de justificar o método escolhido, deixando claro os critérios empregados na escolha do processo que será utilizado para o cálculo do volume do reservatório. Esses devem levar em conta fatores técnicos, econômicos e ambientais.

2.9.1 Parâmetros do Dimensionamento do Reservatório

Por mais que os métodos difiram entre si, existem alguns dados que serão comuns à maioria deles. Esses são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros comuns a diversos métodos de dimensionamento do reservatório

Parâmetros Comuns do Dimensionamento do Reservatório	
Dados de Entrada	
Chuva média mensal	Para um cálculo mais preciso da precipitação média mensal, é recomendável a utilização dos dados dos índices pluviométricos de um período mínimo de 10 anos, sendo estes coletados no próprio local ou o mais próximo possível.
Área de captação (m ²)	É a soma das áreas destinadas à captação de água de chuva.
Coeficiente de <i>Runoff</i>	Coeficiente referente às perdas de água no sistema por evaporação, vazamentos, lavagem da área de captação e etc.
Demanda de água de chuva	É a demanda de água de chuva necessária para suprir o uso que é destinado (irrigação, lavagem...).
Dados de Saída	
Volume de chuva (m ³)	Representa o volume máximo de água de chuva que pode ser coletado no mês avaliado.

Continuação da Tabela 4

Volume de chuva – demanda (m ³)	É a diferença entre o volume total de água de chuva coletado e o volume da demanda a ser atendido.
Volume no reservatório de água de chuva (m ³)	É o volume de água de chuva armazenado no reservatório.

Fonte: autoria própria, baseado em May (2004) e Tomaz (2003)

2.9.2 Método de Rippl

O método de Rippl consiste na construção de um diagrama de massas. Por meio da regularização da vazão no reservatório, o abastecimento constante de água em qualquer período, seco ou úmido, torna-se possível (TOMAZ, 2003).

Este método possui a vantagem de não só resolver problemas de dimensionamento em situações de demanda constante, como também em situações nas quais a demanda é variável. (CAMPOS, 2004).

Originalmente, o método foi desenvolvido no final do século XIX e, atualmente, o mesmo é o mais recorrente em bibliografias que tratam do assunto (AMORIM; PEREIRA, 2008).

O cálculo tem como parâmetros uma série de dados diários referentes à precipitação no local de estudo. A partir desses dados, calculam-se as médias mensais ($V_{med(m)}$) e diárias ($V_{med(d)}$) de precipitação para, em seguida, dimensionar os volumes obtidos dessas médias (CAMPOS, 2004).

Segundo a norma 15527/2007 o dimensionamento a partir desse método é feito com base nas equações 1, 2 e 3.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores de } S_{(t)} > 0, \text{ sendo que } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

$Q(t)$ = Volume de chuva aproveitável no período t (m^3);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$D(t)$ = Demanda ou consumo no tempo t (m^3);

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no período t (m^3);

V = Volume do reservatório (m^3);

2.9.3 Método da Simulação

Decorre do balanço entre o volume de água precipitado e captado e a demanda, sendo calculado em períodos mensais. Para a aplicação do método, inicialmente deve-se considerar o reservatório cheio e o volume máximo deste deve ser fixado. O volume de água no reservatório em um mês deve ser relacionado ao volume de água disponível no mês anterior, sendo que esse volume será limitado pelo valor do reservatório estimado. Para que o valor estimado esteja correto, é necessário que, após a realização dos cálculos do volume do reservatório em todos os períodos considerados, aquele seja maior que os volumes obtidos. Caso não seja, deverá haver um redimensionado e os cálculos refeitos (PAES, 2015). Neste método, a evaporação de água não deve ser levada em conta (NBR15527, 2007). Para um determinado mês, se aplica as equações 4 e 5.

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

$$S(t) = Q(t) + S(t-1) - D(t), \text{ sendo que } 0 \leq S(t) \leq V \quad (\text{Eq. 5})$$

Sendo:

$Q(t)$ = Volume de chuva no período t (m^3);

C = Coeficiente de escoamento superficial;

$S(t)$ = Volume de água no reservatório no período t (m^3);

$S_{(t-1)}$ = Volume de água no reservatório no período $t - 1$ (m^3);

$D_{(t)}$ = Volume da demanda a ser atendida no período t (m^3);

V = Volume do reservatório fixado (m^3);

Segundo Tomaz (2010), neste método, é necessário assumir duas hipóteses: o reservatório está cheio no início da contagem e no instante de tempo “ t ”, os dados históricos devem ser representativos para condições futuras.

2.9.4 Método Prático Australiano

O volume de água de chuva é obtido pela equação 6 (NBR15527, 2007):

$$Q_{(t)} = A \times C \times (P_{(t)} - I) \quad (\text{Eq. 6})$$

A = Área de coleta (m^2);

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 2mm;

$Q_{(t)}$ = Volume produzido pela água da chuva no mês t (m^3);

O volume disponível no reservatório no início de um determinado mês será igual ao disponível no final do mês anterior, sendo este valor limitado pela capacidade máxima do reservatório (PAES, 2015), conforme mostra a equação 7:

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad (\text{Eq. 7})$$

$V_{(t)}$ = 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 no mês t (m^3);

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados do volume do reservatório e confiança, sendo recomendado que este último tenha seu valor entre 90% e 99%. A confiança é calculada pelas equações 8 e 9: (NBR 15527, 2007).

$$P_r = N_r / N \quad (\text{Eq. 8})$$

$$\text{Confiança} = 1 - P_r \quad (\text{Eq. 9})$$

Sendo:

P_r = falha;

N_r = Número de meses em que o reservatório não atendeu à demanda;

N = Número de meses considerados, geralmente 12 meses.

2.9.5 Método Azevedo Neto

Cálculo com base empírica, no qual o volume calculado é baseado no produto da precipitação média anual com a área de captação e a quantidade de meses de seca ou com pouca chuva, multiplicados por um fator de 4,2% (PAES, 2015), conforme mostra a equação 10:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (\text{Eq. 10})$$

Sendo:

P = Precipitação média anual (mm);

T = Número de meses de pouca chuva ou seca;

A = Área de coleta (m²);

V = Volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (L);

2.9.6 Método Prático Alemão

Trata-se de um método empírico no qual se deve utilizar o menor valor para o volume do reservatório, sendo esse ou 6% do volume anual de água demandada ou 6% do volume anual de chuva de precipitação aproveitável (NBR 15527, 2007), como pode ser observado na equação 11:

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V ; D) \times 0,06 \quad (\text{Eq. 11})$$

Sendo:

V = Volume aproveitável de água da chuva anual (m^3);

D = Demanda anual de água não potável (m^3);

V_{adotado} = Volume de água do reservatório (m^3).

2.9.7 Método Prático Inglês

Segundo Paes (2015), trata-se de um método empírico simples que multiplica o produto da precipitação média anual com a área de coleta pelo fator de 5%, determinando assim o volume do reservatório, conforme pode ser visto na equação 12:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (\text{Eq. 12})$$

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de coleta (m^2);

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

3 ELABORAÇÃO DO PROTÓTIPO DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

Este capítulo se dispôs a fazer uma descrição técnica do protótipo desenvolvido, além de levantar os dados necessários para o dimensionamento do reservatório. Por fim, será avaliada a viabilidade técnica do protótipo.

3.1 Área de Estudo

3.1.1 Diagnóstico Social da Comunidade

Jardim Gramacho é um sub-bairro pertencente ao bairro de Gramacho, localizado no município de Duque de Caxias. O município foi fundado em 31 de dezembro de 1943 e tem como municípios limítrofes: ao norte Miguel Pereira, a nordeste Petrópolis, a leste Magé, a oeste Nova Iguaçu, a sudoeste Belford Roxo e São João de Meriti e ao sul o Rio de Janeiro (IBASE, 2005), como mostrado na figura 8.



Figura 8: mapa dos municípios do estado do Rio De Janeiro

Fonte: IBASE, 2005

Jardim Gramacho comportava, antes de seu fechamento em 2012, um dos maiores aterros controlados da América Latina, sendo, na época, a principal destinação dos resíduos sólidos provenientes dos municípios do Rio de Janeiro (cerca de 80%), Duque de Caxias, São João de Meriti, Queimados e Nilópolis. O Aterro possuía 1,3 mil m² (IBASE, 2005) e estima-se que recebia a quantidade de 9,5 toneladas por dia de lixo (TETO, 2013). A localização do bairro, assim como a do aterro, é mostrada nas figuras 9 e 10, respectivamente.



Figura 9: sub bairro Jardim Gramacho

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017

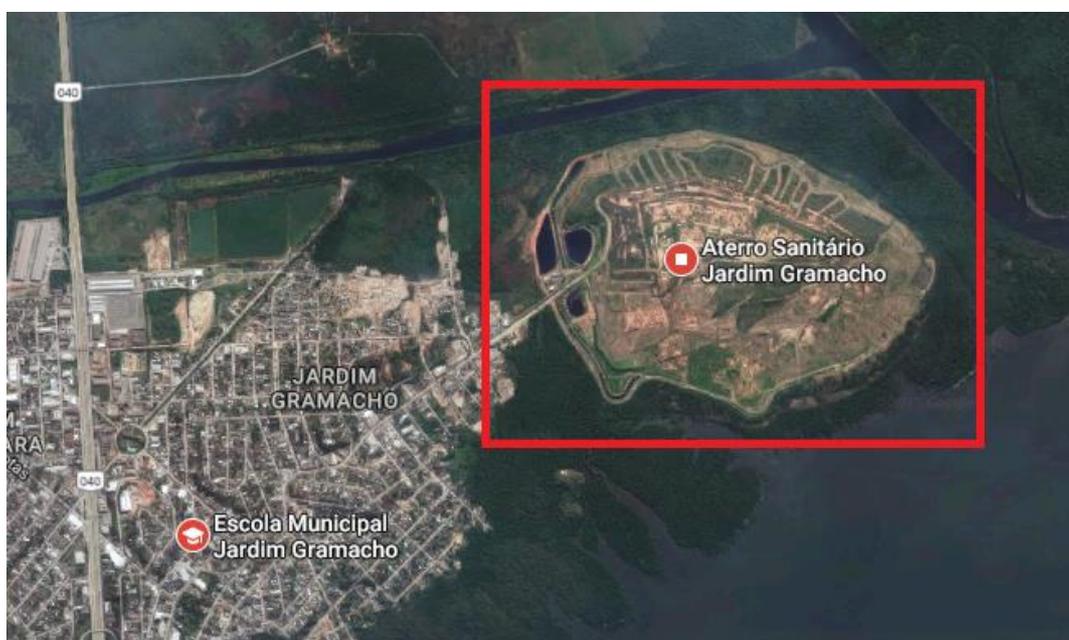


Figura 10: localização do aterro de Jardim Gramacho

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017

Com o fechamento do aterro em 2012, foram feitas diversas promessas relacionadas à melhora da infraestrutura, revitalização do local e qualificação profissional dos milhares de catadores. No entanto, essas promessas não foram cumpridas, o que deixou a comunidade desamparada (PORTAL O DIA, 2016). Essa realidade é retratada na figura 11, na qual crianças catam lixo.



Figura 11: crianças catando lixo na comunidade de Jardim Gramacho

Fonte: portal O DIA, 2016

Em 2013, a ONG Teto realizou enquetes em 204 residências, totalizando 652 pessoas entrevistadas, com o fim de elaborar um diagnóstico socioeconômico do local. A entrevista foi realizada com um só morador por residência, em geral, o chefe do lar. Eis alguns dados levantados da região: aspectos da comunidade, estrutura etária, caracterização da moradia, educação, saúde, renda e estrutura ocupacional (TETO, 2013). O presente trabalho se limitará a levantar os dados mais relevantes para a estruturação do mesmo.

A pesquisa realizada pela ONG Teto em 2013 analisou diferentes fatores com o intuito de caracterizar a condição de moradia dos habitantes da comunidade. Os mais relevantes serão apresentados e contextualizados.

Verificou-se que 62,9% dos telhados de Jardim Gramacho são de fibrocimento, seguidos pelos 20,8% de retalho (TETO, 2013), como mostra a figura 12.

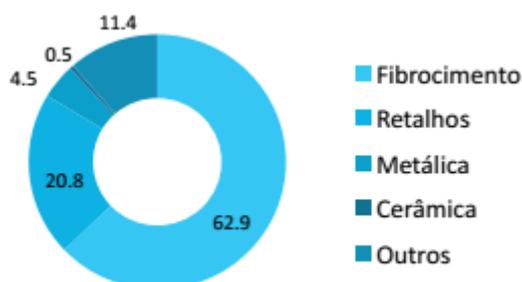


Figura 12: material dos telhados das moradias da comunidade

Fonte: TETO, 2013

Quanto à condição dos telhados, foi verificado que esses, em sua maioria, se mostraram em condições precárias, porque 42,6% das moradias apresentaram telhado ruim, como indicado na figura 13 (TETO, 2013).

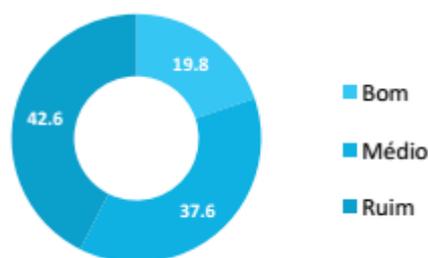


Figura 13: estado do telhado das moradias da comunidade

Fonte: TETO, 2013

A figura 14 mostra que, em 77,5% das casas, entra água quando chove (TETO, 2013), o que representa uma quantidade significativa e evidencia a condição precária dos telhados.

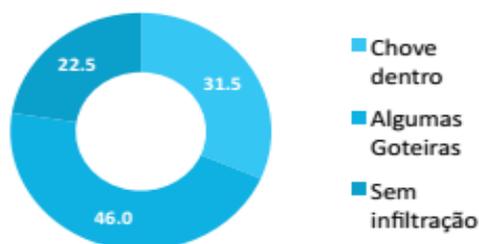


Figura 14: porcentagem de casas que entram água quando chove

Fonte: TETO, 2013

Quanto à qualidade da parede, 91,6% das casas são predominantemente de madeira e 49% estão em condições ruins, como mostram as figuras 15 e 16. Esses gráficos demonstram a inabitabilidade das residências da comunidade e conseqüentemente revelam que essas oferecem riscos à comunidade (TETO, 2013).

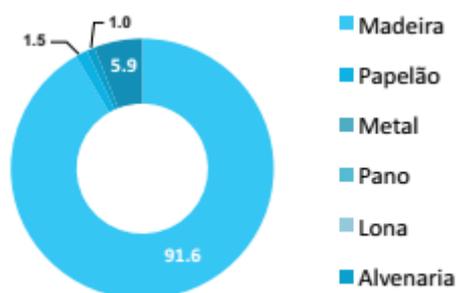


Figura 15: material da parede das moradias da comunidade

Fonte: TETO, 2013

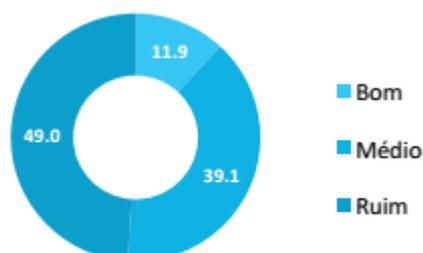


Figura 16: estado da parede das moradias da comunidade

Fonte: TETO, 2013

Outro fator evidenciado no estudo é a taxa de densidade das moradias de Jardim Gramacho, que é calculada a partir da razão entre o total de moradores do domicílio e o número total de cômodos usados como dormitório. Usando como referência a média de duas pessoas por cômodo e comparando com as realidades do restante do município de Duque de Caxias e Rio de Janeiro, nota-se que a situação do Jardim Gramacho é a mais grave, porque 46,2% da comunidade vive com mais de dois moradores por cômodo. Mais alarmante ainda é o fato de que em uma porcentagem significativamente alta das moradias, 70,7%, os moradores

compartilham uma cama, sendo esta cama de solteiro ou ainda um sofá (TETO, 2013). Esta realidade é mostrada na figura 17.

	Jardim Gramacho	Duque de Caxias	Rio de Janeiro	UF - Rio de Janeiro
Pessoas > 2 densidad Comodos	46.2	39.9	28.1	30.3
Pessoas > 2 densidad Camas	18.9			
Pessoas > 1 densidad Camas	70.7			

Figura 17: taxa de densidade

Fonte: TETO, 2013

Considerada uma necessidade básica, a obtenção de água nas moradias também foi analisada. O resultado encontrado foi grave, pois 74,8% não possui água em suas próprias casas e o restante (25,2%) a possui encanada de forma irregular (TETO, 2013). Isso é mostrado na figura 18.

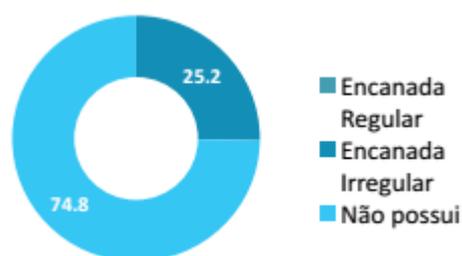


Figura 18: acesso à água das habitações da comunidade

Fonte: TETO, 2013

Por fim, com o objetivo de evidenciar a situação de pobreza na qual a população dessa região se encontra, serão apresentados dados relativos à renda dos habitantes, em razão de este procedimento permitir avaliar o bem-estar da população e seu acesso a bens e serviços.

A figura 19 mostra a renda per capita mensal com e sem benefícios sociais (Renda Cidadã, Bolsa Família e etc.) no Jardim Gramacho e o comparativo com as rendas dos municípios do Rio de Janeiro e Duque de Caxias.

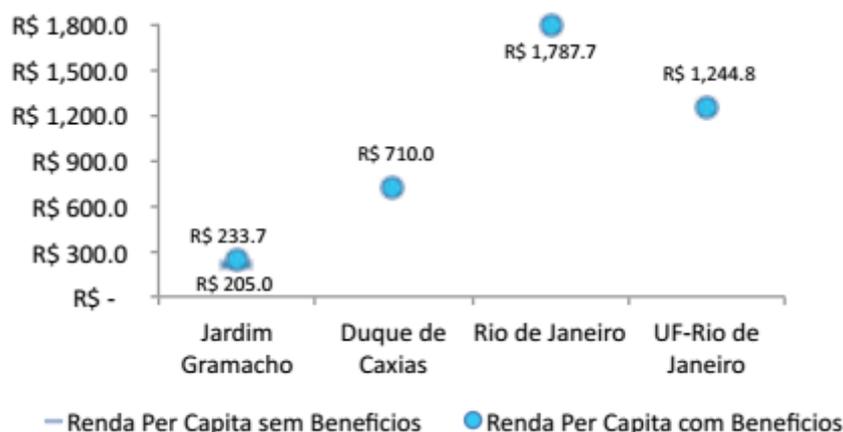


Figura 19: renda per capita dos moradores do Jardim Gramacho

Fonte: TETO, 2013

Observa-se que os benefícios representam uma porcentagem de 12,3% da renda per capita mensal total, o que revela a importância desses programas para a população da região. Ademais, quando se compara a renda per capita de Jardim Gramacho com as das demais regiões, fica clara a discrepância entre as mesmas, uma vez que o valor levantado para a região em análise representa cerca de 1/3 do levantado na região de Duque de Caxias, 1/7 do medido na cidade do Rio de Janeiro e 1/5 da renda per capita mensal do Estado do Rio de Janeiro.

Com o objetivo de complementar mais os dados desse estudo, utilizou-se uma nova pesquisa realizada pelo Teto em 2016, dessa vez com um contingente de 741 moradores divididos 226 moradias (TETO, 2016).

Entre os dados relevantes, há a informação de que a maior parte da população se mudou para a comunidade antes do ano 2000 - a maioria com o intuito de obter renda através da atividade de catador de lixo - O gráfico da figura 20 mostra que 125 famílias se mudaram anteriormente a 2000 e que o restante das 96 famílias imigrou após essa data, mantendo uma distribuição quase que uniforme no decorrer dos anos (TETO, 2016).

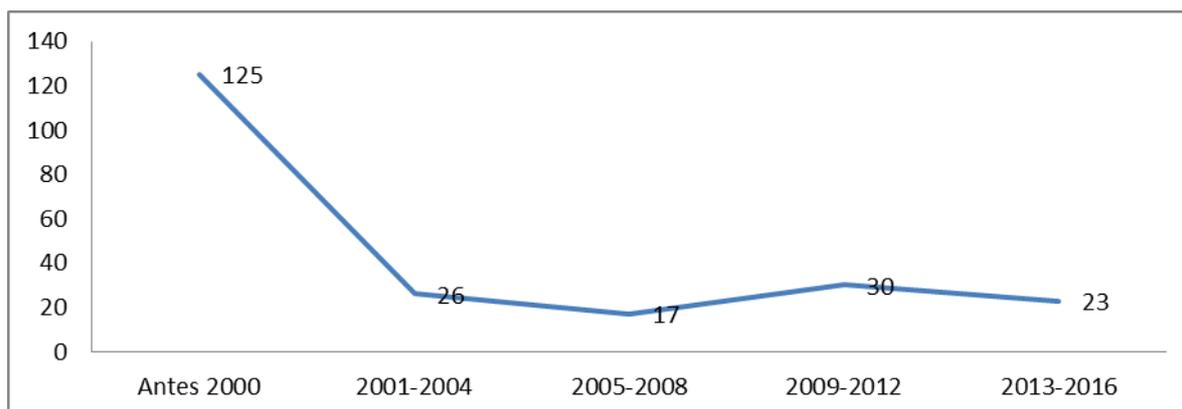


Figura 20: ano de mudança das famílias para a comunidade

Fonte: TETO, 2016

Um outro dado importante obtido nessa pesquisa foi referente ao principal problema enfrentado na comunidade: o abastecimento de água. A falha neste serviço ocupa justamente o primeiro lugar das reclamações dos moradores, perfazendo 21% das queixas, quase o dobro em relação ao segundo lugar, falta de saneamento/esgoto sanitário, que representa 13% (TETO, 2016). Isso fica destacado no gráfico da figura 21.



Figura 21: principal problema enfrentado pela comunidade

Fonte: TETO, 2016

Fica claro, a partir dos dados apresentados, que os moradores de Jardim Gramacho vivem sob condições extremamente alarmantes. Suas moradias possuem estrutura precária, sem acesso a serviços como abastecimento de água e saneamento básico, além dos moradores terem um baixo poder aquisitivo. Nesse contexto, surgiu a ideia do presente trabalho: elaborar um sistema de aproveitamento de água de chuva de forma a sanar, mesmo que parcialmente, os problemas decorrentes da insuficiência no acesso à água na região.

3.1.2 Visita Técnica

Com o intuito de se estabelecer um primeiro contato com a comunidade para possibilitar o reconhecimento de seu contexto e a realização de um mapeamento inicial, foram realizadas visitas técnicas nos meses de novembro e dezembro de 2016. Após esse primeiro momento, esperava-se obter como resultado uma boa noção da realidade do local, conhecer um pouco de sua rotina e começar a visualização de seus pontos críticos, além de dar início à construção de uma relação com o contato chave, Roberta Azevedo, fundadora da ONG Amparando Jardim Gramacho. A Associação procura empoderar a vida da comunidade, realizando “programas baseados numa proposta pedagógica alinhada à assistência social”. A associação, atualmente, atende diretamente 75 famílias, impactando 114 crianças, 15 idosos e 15 grávidas.

Um dos problemas detectados, após a conversa com a presidente, é o caráter essencialmente assistencialista no qual a comunidade se sustenta. A estimativa, segundo a fundadora, é de que existam aproximadamente 23.000 moradores, com cerca de 70% sendo jovens e crianças. A maioria da população não possui fonte de renda e são analfabetos, com grande dificuldade de entrada no mercado de trabalho por falta de qualificações. Os subsídios são realizados por iniciativas de igrejas e organizações externas e programas do governo, o principal sendo o Bolsa Família.

Além disso, como constatado na pesquisa da ONG TETO, no que diz respeito à rede sanitária, não há qualquer tipo de abastecimento de água, rede de esgoto, descarte adequado ou tratamento de lixo. Também não há fornecimento de luz elétrica à comunidade e os escassos recursos atuais são obtidos por meio de “gambiarras” feitas em regiões próximas que recebem luz elétrica. As necessidades básicas de higiene não são atendidas e não há qualquer assistência por parte do estado. Vale ressaltar que nas visitas realizadas na comunidade para a elaboração do trabalho, foi descoberto que são as moradias mais próximas da via principal são

as detentoras de acesso à água, mesmo que irregular. Essas são as que possuem as melhores condições entre as observadas.

Há dois postos de saúde no local, mas foi relatado que ambos possuem atendimento deficitário, grande déficit de remédios, instrumentos e profissionais, não sendo, portanto, de grande valia para a comunidade. A presidente da Associação informou que a comunidade sofre com doenças recorrentes, que se perpetuam cada vez mais principalmente pela ausência de informação e conscientização sobre o assunto; as mais frequentes na comunidade são: HIV, hepatite, tuberculose, pneumonia e bronquite. Além disso, foi informado que não existem estruturas sólidas que agem no tratamento e prevenção destas doenças.

Existem também 4 escolas municipais no local, porém o quadro atual revela uma grande demanda que não é contemplada por limitação de vagas; há, portanto, grande número de crianças e jovens sem acesso à educação fundamental. Outro item também discutido foi a falta de uma Associação de Moradores representativa e presente na região.

Nas caminhadas realizadas dentro da comunidade, pôde-se observar que há alguns lixões ilegais nesta, o que contribui para a situação insalubre na qual eles vivem. Uma foto tirada no local é mostrada na figura 22.



Figura 22: área de depósito de lixo ilegal

Fonte: foto tirada pelo autor, 2016

Percebe-se a presença de grande número de cachorros abandonados, galinhas, gatos e de muitos urubus, todos presentes na rotina da comunidade. A presença de moscas em excesso também foi um problema detectado, tanto externamente, como no interior das residências.

As casas são produzidas com material adaptado, sendo formadas por papelão, pedaços de plásticos e madeira, como mostrado na figura 23. Além disso, o interior da maioria dos "barracos" nos quais os moradores se encontram também é precário e com tamanho muito reduzido, só o suficiente para uma pequena cozinha e camas.



Figura 23: moradia típica de Jardim Gramacho

Fonte: foto tirada pelo autor, 2016

Além das questões como falta de saneamento, violência, extrema pobreza, e a carência de outros serviços básicos, observa-se na comunidade uma alienação da sua população do ambiente externo à comunidade. Outra questão notória é a falta de unidade familiar de muitas famílias da comunidade, uma vez que é comum encontrar mães com vários filhos de diversos pais, o que gera um grave problema social.

Diante de tudo isso, foi evidenciado que a comunidade se encontra em situação de extrema pobreza, o que deixa claro que a vida dos moradores dista muito das condições mínimas de dignidade humana.

3.1.2.1 Perfil de consumo dos moradores

Infelizmente, devido aos horários que se pôde realizar o levantamento dos dados em campo (majoritariamente na parte da manhã), não foi possível conversar com uma quantidade significativa de moradores. Ademais, a comunidade é dominada pelo tráfico, era notória a presença de traficantes e a sensação de insegurança, o que acabou limitando a pesquisa realizada durante a visita. No entanto, com o auxílio da ONG Amparando Jardim Gramacho, foi possível estabelecer os principais usos de água na comunidade, assim como uma estimativa da quantidade de água demandada por cada moradia.

De acordo com a Presidente da ONG, assim como as voluntárias que trabalham com ela, que são também moradoras, a água, além da dessedentação, é utilizada para lavagem de roupas, louças e higienização pessoal, sendo pouco usual sua utilização para lavagem da habitação. As residências, no geral, não possuem vasos sanitários. Além disso, muitos moradores possuem mecanismos precários para coleta de água de chuva, como, por exemplo, a utilização de baldes para coleta da água de goteiras. O volume de água demandado por moradia era bem variável, uma vez que o número de moradores variava, geralmente, de 3 a 10. Entretanto, na conversa pôde-se observar que a maioria das moradias sacia suas necessidades gerais com 30 litros por dia.

Visto o apresentado, estipulou-se para fins de projeto, que a demanda por moradia de água de chuva era de **30 litros**, o que, por mais que seja um valor baixo considerando a quantidade de moradores por habitação, era um valor razoável, já que as habitações não possuem qualquer acesso à rede de abastecimento de água e levando-se em conta as limitações do projeto em si.

3.2 Concepção do Protótipo do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

A comunidade que se desenvolveu ao redor do antigo lixão do Jardim Gramacho, devido a suas características peculiares, não pode ser comparada com nenhuma realidade presenciada nas demais comunidades dispersadas ao redor do Estado do Rio de Janeiro.

A comunidade surgiu ao redor do antigo aterro e suas habitações foram sendo construídas improvisadamente, adaptadas com os restos de materiais presentes no lixão, sendo a coleta do lixo a principal atividade praticada na região.

Como já exposto, a situação das moradias do Jardim Gramacho é precária: a falta de estrutura das mesmas e a baixa qualidade do material torna inviável a instalação de um sistema de

coleta e armazenamento de água de chuva convencional, ou seja, com telhado utilizado como área de captação, uma calha, um reservatório para coleta e armazenamento e um sistema de abastecimento mais sofisticado.

Visto isso, o sistema deve ser repensado de forma que ele possa suprir as necessidades básicas de fins não potáveis da comunidade e, ao mesmo tempo, possua viabilidade técnica e econômica. Para que isso seja possível é necessário analisar cada um dos 4 elementos básicos, já apresentados, que formam um sistema de aproveitamento de água de chuva. Estes são: superfície de captação, sistema de transporte, dispositivo de Filtração, reservatório de armazenamento.

3.2.1 Superfície de Captação Adaptada

Os telhados das moradias da comunidade do Jardim Gramacho são constituídos na sua maioria de fibrocimento, sendo que a maioria se encontra em condições ruins ou médias (TETO, 2013). Consequentemente, os telhados não são uma boa escolha para área de captação, sendo assim é necessário implementar alguma estrutura externa que deve ser formada por um material de baixo custo (lonas, tecido sintético de baixo custo, madeira...), mas que ao mesmo tempo seja resistente e de alta durabilidade, além de ser de fácil manutenção, visto o baixo grau de instrução dos moradores de comunidade.

3.2.2 Sistema de Transporte

Analogamente à superfície de captação, este deve ser capaz de transportar a água coletada de forma eficiente e ser formado por materiais de baixo custo, além de fácil manutenção. Como será construído externamente à moradia, uma vez que a estrutura precária das mesmas não seria capaz de sustentar o sistema, deve ser previsto uma espécie de suporte para sustentar o mesmo.

3.2.3 Dispositivo de Filtração

Uma vez que o próprio sistema é idealizado para ser simples, de baixo custo e de fácil manutenção, o dispositivo de filtração não deve ser muito elaborado, sendo restringido a filtrar os materiais mais grosseiros.

3.2.4 Reservatório de Armazenamento Adaptado.

Analogamente, o reservatório deve ser construído de forma a minimizar seu custo, devem ser pensados mecanismos de reservatórios compartilhados entre as moradias, de forma a otimizar o sistema e possibilitar a viabilidade econômica do mesmo. Pode ser pensado em estruturas cavadas no chão e impermeabilizadas por algum material resistente.

Deve-se ressaltar que, para o correto dimensionamento do reservatório, necessita-se levantar os dados da estação pluviométrica do local e com dados atualizados, não sendo possível, seja por possuir dados antigos ou pela inexistência da mesma, os dados levantados devem ser da estação mais próxima possível.

3.2.5 Tratamento Adaptado

Como a situação da comunidade é de extrema pobreza, não tendo acesso a nenhuma rede de abastecimento de água potável, não serão previstos mecanismos de descarte da primeira chuva. O tratamento, portanto, será restrito à filtração simples, podendo ser previsto algum mecanismo para remoção da cor da água, tendo em vista a possível utilização da água para lavagem de roupa.

3.3 Descrição do Protótipo do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

Tendo em vista esses obstáculos, ou seja, a precariedade das habitações, falta de acesso à água para qualquer fim, falta de condições mínimas de higiene, foi realizada uma extensa pesquisa para a obtenção de modelos que poderiam ser aplicados na região. Contudo, nenhum se apresentou viável, seja por entraves econômicos ou técnicos. Sendo assim, o trabalho se propõe a criar um modelo adaptado de um modelo pré-existente, já utilizado para coleta de água de chuva em áreas agrícolas. O modelo é mostrado na figura 24.



Figura 24: sistema de aproveitamento de água de chuva

Fonte: Fundação Verde, 2014

Os elementos básicos do sistema são discriminados a seguir, sendo referenciados com os números mostrados na figura 24.

3.3.1 Área de Captação

A área de coleta (1) será formada por uma lona impermeável, cuja sustentação será provida por cabos de nylon, os materiais são mostrados na figura 25. A escolha da lona impermeável foi em virtude não somente do seu baixo custo, mas também do fato do sistema ser projetado para ser desmontável, de forma a facilitar a limpeza e manutenção das lonas pelos próprios moradores da comunidade. O cabo de nylon, por sua vez, foi escolhido devido ao seu baixo custo e à sua boa capacidade de suporte.



Figura 25: lona impermeável (à esquerda) e cabo de nylon

Fonte: Mercado Livre, 2017

As lonas serão dispostas formando uma espécie de funil com forma quadrática. Essa forma foi escolhida pensando-se na maximização da área utilizada, assim como na estabilidade da estrutura. O modelo ilustrado na figura 26 dá uma idéia de como as lonas serão dispostas. A escolha do modelo em questão justifica-se pelo fato de uma área de captação no formato quadrático cobrir uma área maior que a circular.



Figura 26: modelo desenvolvido na Rocinha para captação de água de chuva

Fonte: portal O DIA, 2015

A lona será colocada de uma forma a preencher uma área de captação de dimensões de 1,5 x 1,5m, formando uma área de 2,25m². Isso se dá pelo fato de áreas maiores prejudicarem a estabilidade do sistema e dificultarem a remoção das lonas para manutenção e limpeza. Um esquema simplificado das dimensões da lona é mostrado na figura 27.

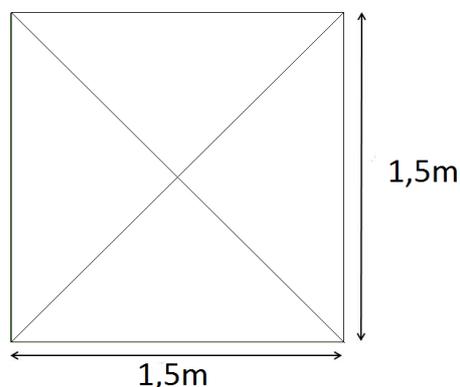


Figura 27: esquema de dimensões da lona

Fonte: elaborado pelo autor, 2017

As lonas serão distribuídas no decorrer de canos de PVC, que transportarão a água para o reservatório. O estudo projeta a instalação de **20** lonas por casa, o que abarca uma área de captação de **45m²**. Essa limitação da quantidade de lonas é devido à restrição de espaço na região.

3.3.2 Tubulação de PVC

As lonas serão ligadas a canos de PVC de 75 mm (2), que serão os responsáveis pelo transporte da água de chuva coletada até o reservatório. As lonas serão dispostas no decorrer do trajeto formado pela rede de canos, tendo elas um espaçamento mínimo para garantir que a maior parte da área percorrida pelo sistema tenha a água precipitada nos locais de coleta. Para fins de projeto, esse espaçamento mínimo será fixado em 10 cm. O esquema mostrado na figura 28 passa a ideia de como será a estrutura do sistema.

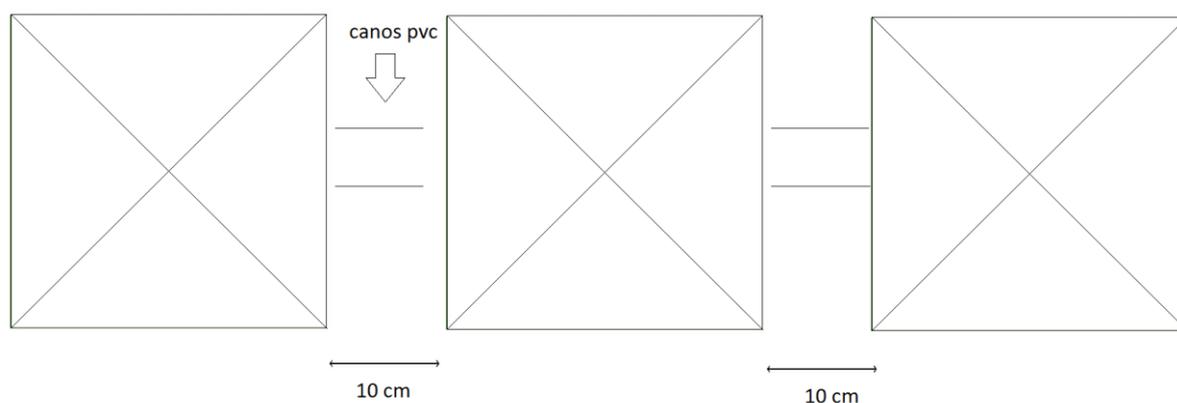


Figura 28: lonas interligadas aos canos PVC

Fonte: elaborado pelo autor, 2017

3.3.3 Estrutura de Suporte de Madeira

A estrutura de madeira (3) terá a função de dar justamente suporte a rede formada pelos canos PVC. A escolha desse material é por causa do seu baixo custo e da facilidade de implementação que o mesmo oferece.

3.3.4 Reservatório

O reservatório (4) é onde a água fica armazenada depois de ter sido transportada pelas tubulações de PVC. As tubulações serão ligadas a ele na parte superior, conforme mostra o esquema da figura 29.

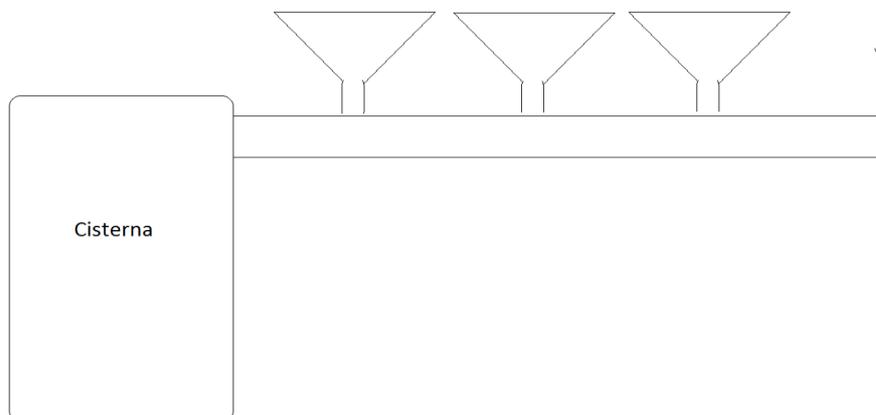


Figura 29: esquema da ligação com o reservatório

Fonte: elaborado pelo autor, 2017

3.3.5 Filtro

O filtro utilizado será um de baixo custo, cujo modelo é autolimpante. Como o próprio nome indica, a escolha é motivada pela praticidade e o baixo custo. O modelo em questão é apresentado na figura 30.



Figura 30: filtro de baixo custo, auto limpante

Fonte: site Sempre Sustentável, 2014

O filtro em questão foi desenvolvido para ser instalado na descida da calha do telhado e para suportar telhados com área de cobertura de até 50 m² (Site Sempre Sustentável, 2014).

A montagem do filtro é feita com dois pedaços de tubo PVC encaixados um dentro do outro. Uma abertura lateral é feita para o descarte das sujeiras e, entre os tubos, coloca-se uma tela de mosquiteiro inclinada (+/- 45°) (Site Sempre Sustentável, 2014). Um esquema simples é mostrado na figura 31.



Figura 31: esquema do filtro autolimpante

Fonte: site Sempre Sustentável, 2017

3.4 Dados Pluviométricos

Para o correto dimensionamento do sistema de aproveitamento de água de chuva, faz-se necessária a coleta dos dados pluviométricos da região. Gramacho não possui nenhuma estação de monitoramento pluviométrico, então, para o levantamento dos dados, foram utilizadas as informações das estações pluviométricas da Vila Sarapuú e de São Bento, bairros vizinhos à Gramacho. Essas estações são mostradas, respectivamente, nas figuras 32 e 33.



Figura 32: bairro Vila Sarapuí - Duque de Caxias

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017



Figura 33: bairro de São Bento - Duque de Caxias

Fonte: GOOGLE MAPS, 2017

Como já mencionado, o ideal para o projeto é que sejam coletados dados referentes aos índices pluviométricos no período de 10 anos. No entanto, devido à carência de dados, serão

utilizadas as informações contidas no site do CEMADEN e referentes ao ano de 2016 e, ao invés da chuva média, será utilizada a quantidade total precipitada em cada mês.

Os dados levantados de janeiro a maio de 2016 pertencem à estação de São Bento e nos meses subsequentes, à estação da Vila Sarapuí. Essa dinâmica se justifica pelo fato da estação de São Bento possuir informações somente até maio de 2016, enquanto que a estação de Vila Sarapuí não possui dados desse período de janeiro a maio, mas apresenta medições de maio a dezembro do mesmo ano.

O banco de dados utilizado foi o do CEMADEN. As únicas informações disponíveis no site da instituição eram as medições de hora em hora coletadas em um dia (para a maioria dos dias, há medições em todas as 24 horas, porém para certos dias, só há medições em 8 horas, enquanto que para um, só há medição em 14 horas). Então, para a utilização dos dados no projeto, foi necessária a coleta de dados dos 366 dias do ano de 2016, um a um no banco de dados da instituição. Os valores coletados foram sendo colocados em uma tabela dividida em intervalos de dias e meses. A tabela 5 mostra os dados levantados.

Tabela 5 - Tabela própria, elaborada a partir das medições hora a hora das estações de São Bento e Vila Sarapuí

Total Precipitado (mm)												
Dias	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1 a 2	4,57	0	0,8	2,95	0	0	0	0	1	11,43	0	0
2 a 3	8,5	0	0,8	0	0	2,36	0	0	0,2	0	0	0
3 a 4	1,39	0	0,8	0	0	4,35	0	3,76	0	4,19	0	0
4 a 5	0	0	0,8	0	0	5,13	0	0	0	22,39	0	0
5 a 6	0	0	0,6	0	0	21,49	0	0	0	2,4	0	0
6 a 7	0	0	0,6	0	0	1	0	0	0	1,4	0	0
7 a 8	0	0	0,6	0	0	39,32	0	0	0	1	0	0
8 a 9	0	0	0,6	0	0	3,59	0	0	1	0	0	0
9 a 10	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0

Continuação da Tabela 5

10 a 11	0	10,66	1,38	0	0	0	0	1,79	0,2	0,8	0	0
11 a 12	7,31	16,99	4,98	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
12 a 13	0	4,8	9,28	0	0,4	0	0	0	0	0,8	0	0
13 a 14	17,71	2,4	2,2	0	5,15	0	0	0	0	0,4	0	0
14 a 15	21,9	1,4	0,2	0	3,15	0	0	0	0	0	0	0
15 a 16	119,38	2	3,15	0	0	0	0	1,19	0	0	0	0
16 a 17	0	2,2	35,74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17 a 18	14,38	2,2	8,49	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0
18 a 19	25,1	2,4	0	0	23,47	0	0	0	5,71	0	0	0
19 a 20	5,59	6	0	0	0,6	0	0	0	0,8	0	0	0
20 a 21	2,59	29,49	0	0	0,4	0	0	0,2	3,97	0	0	0
21 a 22	12,25	13,4	0	0	0	1,39	0	15,78	0,8	0	0	0
22 a 23	6,71	5,4	0	0	0	0	0,6	7,7	1,61	0	0	0
23 a 24	0	2	17,11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24 a 25	0	1,2	24,36	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0
25 a 26	0	1	1,2	0	0	0	0	0	15,61	0	0	0
26 a 27	0	0,8	0,6	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0
27 a 28	35,94	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28 a 29	7,32	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29 a 30	0		0,2	3,56	0	0	0	0	0,4	0	0	0
30 a 31	0		1,77		0,4		0	0		0		0
Total	290,64	105,94	116,46	6,51	33,77	78,63	0,6	30,42	32,3	45,21	0	0
Sem Registro	São Bento	Sarapuí	Intervalo de 8 horas	Intervalo de 14 horas								

Fonte: autor, baseado no CEMADEN, 2016

Para a melhor avaliação dos dados, foi construído um gráfico (Figura 34) das quantidades totais precipitadas em cada mês.

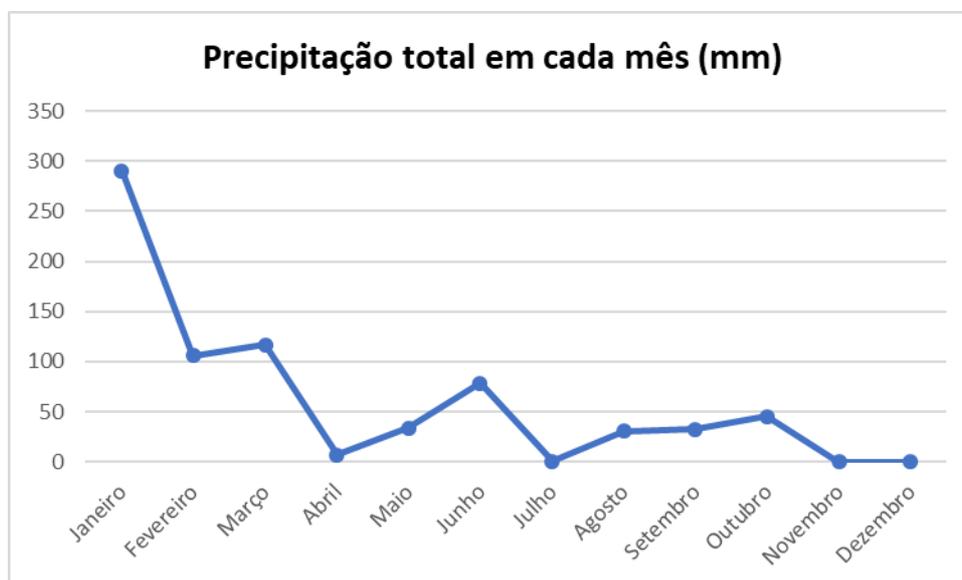


Figura 34: gráfico elaborado com o total precipitado em cada mês do ano de 2016

Fonte: autor, baseado no CEMADEN, 2016

Pela análise do gráfico, nota-se claramente que as chuvas se concentram no período de janeiro a março, tendo uma queda drástica nos meses subsequentes. Com exceção de junho, todos a partir de abril apresentam valores abaixo de 50 mm, com destaque para os períodos de novembro e dezembro, meses nos quais não houve precipitações.

3.5 Dimensionamento do Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

Por se tratar de lonas de **2,25m²**, será considerado que não haverá perdas, uma vez que o projeto determina que as lonas sejam retiradas constantemente para a manutenção e limpeza, não havendo assim perdas por furos na lona. Ademais, por se tratar de áreas de pequena dimensão, não haverá acúmulo de água.

A demanda estabelecida, como já mencionado, foi de **30 litros** por habitação.

3.5.1 Dimensionamento pelo Método de Rippl

Para calcular o volume do reservatório $V_{med(m)}$, foram utilizados os valores mensais levantados do banco de dados do CEMADEN. A diferença acumulada trata-se da soma acumulativa dos valores dos excedentes de chuva (os volumes de chuva captados subtraídos

da demanda). Os valores negativos acumulados no final do mês acumulam-se também para o próximo mês. Os resultados são mostrados na tabela 6.

Tabela 6 - Valores de Vmed (m³) pelo método de Rippl

Valores de Vmed(m)						
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda Constante (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume da chuva (m ³)	Excedente de chuva (m ³)	Diferença acumulada (m ³)
Janeiro	290,64	0,93	45,00	13,08	12,15	0,00
Fevereiro	105,94	0,87	45,00	4,77	3,90	0,00
Março	116,46	0,93	45,00	5,24	4,31	0,00
Abril	6,51	0,90	45,00	0,29	-0,61	-0,61
Mai	33,77	0,93	45,00	1,52	0,59	-0,02
Junho	78,63	0,90	45,00	3,54	2,64	0,00
Julho	0,60	0,93	45,00	0,03	-0,90	-0,90
Agosto	30,42	0,93	45,00	1,37	0,44	-0,46
Setembro	32,30	0,90	45,00	1,45	0,55	0,00
Outubro	45,21	0,93	45,00	2,03	1,10	0,00
Novembro	0,00	0,90	45,00	0,00	-0,90	-0,90
Dezembro	0,00	0,60	45,00	0,00	-0,60	-1,50

Fonte: autoria própria, 2017

Considerou-se o coeficiente de escoamento superficial “C” como sendo igual a 1, ou seja, sem perdas por ser tratar de um sistema que prevê a utilização de lonas desmontáveis e que estarão sob constante manutenção, fazendo, então, as perdas se tornarem desprezíveis.

Como destacado na tabela 6, o volume do reservatório pelo método de Rippl é de **1,50m³**.

3.5.2 Dimensionamento pelo Método da Simulação

Tabela 7 - Valores de Vmed (m³) pelo método da simulação

Valores de Vmed(m)						
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda Constante (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume da chuva (m ³)	Volume fixado no tempo t-1 (m ³)	Volume fixado no tempo t (m ³)
Janeiro	290,64	0,93	45,00	13,08	0,00	12,15
Fevereiro	105,94	0,87	45,00	4,77	12,15	16,05
Março	116,46	0,93	45,00	5,24	16,05	20,36
Abril	6,51	0,90	45,00	0,29	20,36	19,75
Maio	33,77	0,93	45,00	1,52	19,75	20,34
Junho	78,63	0,90	45,00	3,54	20,34	22,98
Julho	0,60	0,93	45,00	0,03	22,98	22,07
Agosto	30,42	0,93	45,00	1,37	22,07	22,51
Setembro	32,30	0,90	45,00	1,45	22,51	23,07
Outubro	45,21	0,93	45,00	2,03	23,07	24,17
Novembro	0,00	0,90	45,00	0,00	24,17	23,27
Dezembro	0,00	0,60	45,00	0,00	23,27	22,67

Fonte: autoria própria, 2017

Considerou-se o coeficiente de escoamento superficial “C” como sendo igual a **1**, ou seja, sem perdas por ser tratar de um sistema que prevê a utilização de lonas desmontáveis e que estarão sob constante manutenção, fazendo, então, as perdas se tornarem desprezíveis.

Como destacado na tabela 7, o volume do reservatório pelo método de Simulação é de **24,17m³**.

3.5.3 Dimensionamento pelo Método Azevedo Neto

Tabela 8 - Valores de V_{med} (m^3) pelo método Azevedo Neto

Parâmetros	Valores
Precipitação no Ano de 2016(mm)	740,48
Precipitação Média Anual(P) (mm)	61,707
Meses de Pouca Chuva(T) (<100mm)	9
Área de Captação (A) (m^2)	45
Volume de Água Aproveitável do Reservatório - V_{med} (L)	1049,63
Volume de Água Aproveitável do Reservatório - V_{med} (m^3)	1,05

Fonte: autoria própria, 2017

3.5.4 Dimensionamento pelo Método Prático Alemão

Tabela 9 - Valores de V_{med} (m^3) pelo método prático alemão

Parâmetros	Valores
Volume Aproveitável(V) (L)	37024,00
Demanda Anual(D) (L)	10650,00
Demanda <> Volume	Demanda
Volume de Água Aproveitável do Reservatório - V_{med} (m^3)	0,64

Fonte: autoria própria, 2017

3.5.5 Dimensionamento pelo Método Prático Inglês

Tabela 10 - Valores de Vmed (m) pelo método prático inglês

Parâmetros	Valores
Precipitação Média Anual(P) (mm)	61,71
Área de Captação (A) (m ²)	45
Volume de Água Aproveitável- Vmed (L)	138,85
Volume de Água Aproveitável- Vmed (m ³)	0,14

Fonte: autoria própria, 2017

3.5.6 Dimensionamento pelo Método Prático Australiano

Tabela 11 - Valores de Vmed (m) pelo método prático australiano

Valores de Vmed(m)						
Meses	Chuva Média (mm)	Demanda Constante (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume da chuva (m ³)	Volume fixado no tempo t-1 (m ³)	Volume fixado no tempo t (m ³)
Janeiro	290,64	0,93	45,00	13,08	0,00	12,15
Fevereiro	105,94	0,87	45,00	4,77	12,15	16,05
Março	116,46	0,93	45,00	5,24	16,05	20,36
Abril	6,51	0,90	45,00	0,29	20,36	19,75
Maio	33,77	0,93	45,00	1,52	19,75	20,34
Junho	78,63	0,90	45,00	3,54	20,34	22,98
Julho	0,60	0,93	45,00	0,03	22,98	22,07

Continuação da Tabela 11

Agosto	30,42	0,93	45,00	1,37	22,07	22,51
Setembro	32,30	0,90	45,00	1,45	22,51	23,07
Outubro	45,21	0,93	45,00	2,03	23,07	24,17
Novembro	0,00	0,90	45,00	0,00	24,17	23,27
Dezembro	0,00	0,60	45,00	0,00	23,27	22,67

Fonte: autoria própria, 2017

Considerou-se o coeficiente de escoamento superficial “C” como sendo igual a 1, ou seja, sem perdas por ser tratar de um sistema que prevê a utilização de lonas desmontáveis e que estarão sob constante manutenção, fazendo, então, as perdas se tornarem desprezíveis. Além disso, “I” foi considerado zero, uma vez que o terreno do Jardim Gramacho se trata de um local aberto, sem fiação, postes ou árvores, não fazendo sentido considerar a interceptação da água da chuva, fora o fato de que, por se tratar de lonas montadas em forma de funil, seriam mínimas as perdas por evaporação.

Como destacado na tabela 11, o volume do reservatório pelo método de Prático Australiano é de **24,17m³**.

3.5.7 Análise dos Resultados

Para melhor análise dos resultados dos cálculos de dimensionamento, os resultados foram dispostos na tabela 12.

Tabela 12 – Comparação de valores Vmed (m³) dos diferentes métodos

Comparação dos métodos	
Rippl	1,50
Azevedo Neto	1,05
Inglês	0,14
Alemão	0,64
Simulação	24,17
Australiano	24,17

Fonte: autoria própria, 2017

Como pode ser observado na tabela 12, o menor valor de volume foi dado pelo método Inglês, **0,14m³**, enquanto os maiores foram dados pelos de simulação e Australiano, **24,17m³**. É notável a discrepância entre o maior e o menor resultado, mas isto pode ser justificado pela abordagem metodológica de cada método ter sido modelada baseada em condições de clima diferentes das encontradas no local de estudo, onde as chuvas se concentram no início do ano.

Após o cálculo e análise dos resultados, é preciso decidir o método mais adequado para o projeto. É tentador que a escolha seja o método Inglês, em virtude de apresentar o menor valor de volume, o que diminui o custo do projeto. No entanto, em uma análise mais cautelosa, nota-se que tanto o método Inglês como o Azevedo Neto e o Alemão utilizam valores anuais de precipitação como base de seus cálculos, o que pode ser adequado para locais onde as chuvas são mais constantes e com intensidade pouco variável. Entretanto, como já evidenciado no tópico de Dados Pluviométricos, as chuvas na localidade se concentram no mês de Janeiro, Fevereiro e Março, sendo as médias de precipitação nos meses subsequentes todas baixas, excetuando-se junho. Vale também ressaltar que o mês de Janeiro apresenta uma precipitação mensal aproximada de 291 mm, enquanto Fevereiro de 106 mm, ou seja, um valor quase três vezes menor quando comparado a Janeiro. Visto isso, vemos que a área de estudo não só apresenta um regime pluviométrico com suas precipitações concentradas nos primeiros meses, como apresenta grande variação entre os meses. Assim sendo, os métodos mencionados anteriormente não se adequam ao projeto em questão.

Em seguida, temos os métodos de Simulação e o Australiano que, como já dito, apresentaram valores extremamente discrepantes em relação aos demais, o que indica um provável erro da abordagem metodológica, os invalidando, conseqüentemente, para o projeto.

Por fim, temos o método de Rippl que, embora tenha sido o único que restou, é um método que se mostra adequado ao projeto, uma vez que utiliza dados mensais e leva em consideração nos seus cálculos os meses em que o volume de chuva precipitado não supriu a demanda por água de chuva, sendo assim adequado às condições supracitadas. As dimensões do reservatório são ilustradas na figura 35.

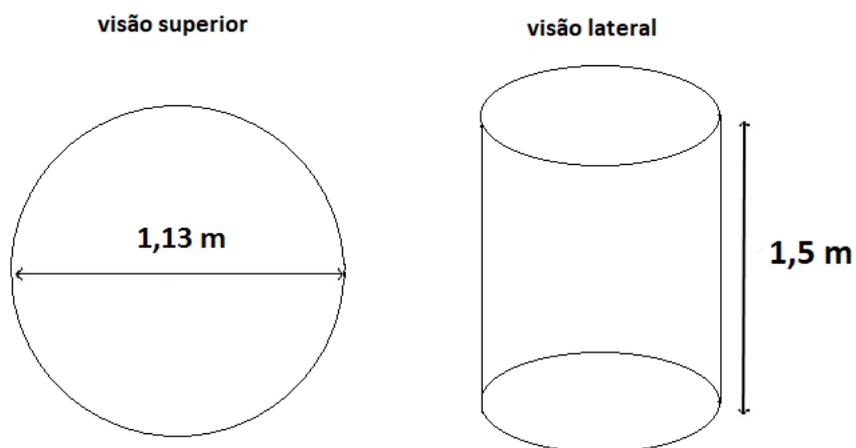


Figura 35: dimensões do reservatório

Fonte: elaborado pelo autor, 2017

O volume de um reservatório com essas dimensões dá o valor aproximado de **1,5m³**, o que é compatível com o valor calculado pelo método.

Sugere-se ainda a instalação de um reservatório de ferro-cimento, devido ao seu baixo custo, alta durabilidade e resistência, podendo ser tanto enterrado, como semienterrado ou instalado na superfície. Um modelo deste reservatório é mostrado na figura 36.



Figura 36: exemplo de reservatório de ferro-cimento

Fonte: blog FERROCIMENTO, 2017

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento de água de chuva é uma técnica antiga. No entanto, mostra-se, mesmo nos dias atuais, que pode ser um importante componente de qualquer estratégia eficaz de gestão de recursos hídricos, sendo uma fonte alternativa acessível e barata.

Em um cenário de crise hídrica, a relevância dessa técnica aumenta ainda mais, sendo importante a realização de novos estudos e a elaboração de novas formas de aplicação do sistema para que a técnica seja aperfeiçoada.

No trabalho em questão, o objeto de estudo foi a comunidade do Jardim Gramacho, que não contava com acesso à água e suas condições precárias inviabilizam a utilização de um sistema padrão de coleta de água de chuva, com telhado como área de captação e calhas como sistema de transporte.

O protótipo de sistema de aproveitamento de água de chuva elaborado se mostrou adequado às condições do local, não sendo o ideal, mas suprimindo as necessidades urgentes por água.

Vale ressaltar que o protótipo não foi testado e é baseado em modelos de sistemas de aproveitamento de água de chuva já utilizados. Sendo assim, para futuros trabalhos, sugere-se a aplicação de testes e de formas de aperfeiçoar o protótipo de maneira a facilitar sua instalação e até mesmo diminuir seu custo, utilizando-se materiais mais econômicos. Recomenda-se também a elaboração de um croqui definindo alturas e outras dimensões pertinentes ao protótipo. Ademais, para evitar a grande poluição visual causada pelo excesso de lonas do sistema, deve-se cogitar a utilização de um número menor de lonas e o refazimento a análise de dimensionamento do reservatório. Além disso, propõe-se a coleta da água captada pelo sistema para que esta seja testada em laboratório com o objetivo de se averiguar se o dispositivo de filtragem do sistema é adequado para os fins desejados da água de chuva.

Em relação aos dados levantados no decorrer do trabalho, é necessário fazer algumas observações. Os dados pluviométricos coletados foram de apenas um ano, sendo o recomendado uma série histórica de no mínimo 10 anos. Consequentemente, os dados carecem de confiabilidade. Recomenda-se para futuros trabalhos um estudo mais adequado do regime pluviométrico do local, de forma a apresentar dados mais próximos da realidade. Além disso, as informações obtidas na visita técnica foram precárias, se concentrando nas informações passadas pela presidente da ONG Amparando Jardim Gramacho, devido à

dificuldade de deslocamento para o local e de abordar moradores nas suas residências. Um diagnóstico mais elaborado pode ser pensado em futuros trabalhos, com um tempo maior despendido para tal objetivo.

No que diz respeito aos métodos, excetuando-se o método de Rippl, todos se mostraram inadequados às condições do regime pluviométrico da área de estudo, cujas precipitações se concentram nos primeiros meses do ano e apresentam grandes variações. Estudos posteriores podem utilizar métodos adequados às condições supracitadas, de forma a permitir uma análise mais enriquecida dos dados e, conseqüentemente, a adoção da metodologia mais apropriada.

Por fim, o projeto adotou o volume de reservatório de $1,5\text{m}^3$, calculado pelo método de Rippl, que é um valor de volume de reservatório alto, considerando-se que o projeto é de baixo custo e uma cisterna dessa dimensão possui um valor de mercado alto. Tendo em vista isso, para futuros projetos, recomenda-se levar em consideração dois pontos: aumentar a área de captação por meio do aperfeiçoamento do protótipo, o que levaria a uma diminuição do volume calculado do reservatório, e a pesquisa e elaboração de reservatórios de armazenamento de baixo custo.

Em virtude do apresentado, o trabalho retornou resultados satisfatórios. O preço de mercado elevado de uma cisterna com o volume calculado inviabilizaria a instalação do sistema a baixo custo, no entanto, o trabalho, como já mencionado, não só careceu de dados mais confiáveis, como de metodologias adequadas às condições locais. A melhoria desses pontos refletiria no volume calculado de reservatório. Além disso, o projeto é pioneiro na temática abordada, sendo ainda necessário fazer diversas melhorias no protótipo proposto. Embora o projeto não tenha alcançado seu objetivo principal, que era a instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva viável tanto tecnicamente, como economicamente, os resultados obtidos geram uma expectativa para futuros estudos. Abordagens futuras, levando-se em consideração os aspectos deficitários do projeto em questão, podem levar à viabilização da instalação de um sistema de aproveitamento de água de chuva na comunidade. Sendo assim, é plausível afirmar que o trabalho cumpriu seu objetivo.

BIBLIOGRAFIA

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR: 15527: água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. São Paulo: [s. n.], 2007.

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

ANA/FIESP/SINDUSCON-SP. Conservação e reuso da água em edificações. Acesso em: 07 setembro 2016. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br> São Paulo: 2005.

BARBOSA, V. “A Última Gota”, Editora Planeta, São Paulo, 2014.

BERTOLO, E. J. P. Aproveitamento da água da chuva em edificações. Dissertação, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Porto, 2006.

Blog FERROCIMENTO. Disponível em <http://www.ferrocimento.blogspot.com.br/> Acesso em: 23/08/2017.

BRASIL. Lei Federal N.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

Brasil. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>.

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.

CAMPOS, M. A. S. et al. Sistema de aproveitamento de água pluvial: aspectos qualitativos e quantitativos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 10., 2007, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2007. 1 CD-ROM.

CEMADEN. Disponível em <https://www.cemaden.gov.br>. Acesso em: 28/01/2017.

CERQUEIRA, G. A. et al. A Crise Hídrica e suas Consequências. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, abril/2015 (Boletim do Legislativo nº 27, de 2015). Disponível em: www.senado.leg.br/estudos. Acesso em 16 de março de 2017.

COHIM, E. et al. Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais.... Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 13. ABNT 2007.

DOS SANTOS, D. B.; MEDEIROS, S. S.; BRITO, L. T. L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V. P. S.; GHEYI, H. R.; Captação, manejo e uso de água de chuva. Campina Grande: ABCMAC, 2015.

FERREIRA, D. F. Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis – SC. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

FUNDAÇÃO VERDE. Agricultores aperfeiçoam formas de captar e armazenar água da chuva. 2014. Disponível em: <http://fundacaoverde.org.br/agricultores-aperfeicoam-formas-de-captar-e-armazenar-agua-da-chuva/>. Acesso em: 15/12/2016.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. *Building and Environment*, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GNADLINGER, João. Colheita de água de chuva em áreas rurais. Haia. 2000.

GOOGLE MAPS. Disponível em <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 13/01/2017.

Hagemann, Sabrina E. Avaliação da Qualidade da Água da Chuva e da Viabilidade de Sua Captação e Uso. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS).

IBASE. Diagnóstico social: bairro Jardim Gramacho. Rio de Janeiro: IBASE, ago 2005. Mimeo.

Instituto Municipal De Urbanismo Pereira Passos - IPP/DI. Divisões Administrativas da Cidade do Rio de Janeiro (2008). Disponível em: <http://portalgeo.rio.rj.gov.br/>.

IPT. Uso de água de chuva. 2015. Disponível em: http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=892. Acesso em: 19/04/2017.

May, Simone. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para consumo não Potável em Edificações. USP, São Paulo, 2004. 159 p.

Marengo J.A., Alves L.M., Soares W.R., Rodriguez D.A., Camargo H, Riveros M.P., Pabló A.D. 2013. Two Contrasting Severe Seasonal Extremes in Tropical South America in 2012: Flood in Amazonia and Drought in Northeast Brazil. *J Clim* 26:9137-9154.

MENDES, R. L. R.; VELOSO, N. S. L. Aspectos legais do uso de água da chuva no Brasil e a gestão dos recursos hídricos: notas teóricas. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2013.

MERCADO LIVRE. Disponível em <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 02/02/2017.

Minikowski, M.; Maia, A. Sistemas de Aproveitamento de água de chuva no município de IRATI (PR). *Revista Acadêmica de ciências agraria e ambientais*. 2009. Curitiba. v.7, n.2, p. 181-188.

Oliveira, Nancy N. de. Aproveitamento De Água De Chuva De Cobertura Para Fins Não Potáveis, De Próprios Da Educação Da Rede Municipal De Guarulhos. Universidade de Guarulhos 2008.

ONU. 2017 Revision of World Population Prospects. 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/>. Acesso em: 21/072017.

PAES, R. F. W., 2015, Elaboração de projeto de aproveitamento de água de chuva, para edificação de Centro de desenvolvimento tecnológico e capacitação de pessoas, com estudo de água potável poupada e viabilidade econômica de implantação. Projeto de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

PORTAL ASA BRASIL. Disponível em <https://www.asabrasil.org.br> Acesso em: 27/05/2017.

PORTAL OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Crise Hídrica começou em Abril de 2012, mostram dados de satélite. Disponível em: <[PORTAL O DIA. Fechamento do Aterro de Jardim Gramacho deixou frustração a milhares de pessoas. 2016. Disponível em: <http://odia.ig.com.br/rio-de-janeiro/2016-09-11/fechamento-do-aterro-de-jardim-gramacho-deixou-frustracao-a-milhares-de-pessoas.html>. Acesso em: 12/02/2017.](http://www.observatoriodoclima.eco.br/crise-hidrica-comecou-em-abril-de-2012/>>>>. Acesso em: 13/04/2017.</p></div><div data-bbox=)

RESENDE, R.; PIZZO, H. S. Estimativa de suficiência de água de chuva para fins não nobres em residência unifamiliar na cidade de Juiz de Fora – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABES, 2007.

Sacadura, Francisco O. M. O.. Análise de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edifícios. Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2011.

SEEGER, L. M. K.; SARI, V.; PAIVA, E. M. C. D. Análise comparativa do aproveitamento da água da chuva na lavagem de veículos em duas cidades da Região Sul e Centro-Oeste. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. Anais... São Paulo: [s.n.], 2007. 1-13.

SITE SEMPRE SUSTENTÁVEL. Projeto experimental do filtro de água de chuva de baixo custo modelo autolimpante. 2014. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/filtro-de-agua-de-chuva.htm>. Acesso em: 27/01/2017.

TETO. Diagnósticos Jardim Gramacho. Apresentação. Rio de Janeiro, 2013.

Texas Water Development Board in cooperation with Chris Brown Consulting, Jan Gerston Consulting, Stephen Colley/Architecture. *Texas Guide to Rainwater Harvesting*. Third Edition. Austin, Texas, 2005.

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

TOMAZ, P. "Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis", Navegar Editora, São Paulo, 2003. apud ALVES, R. V. Uso eficiente da água em

edificações: tecnologia, certificação, incentivos econômicos. 2010. 183 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

TOMAZ, P. "Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis", Navegar Editora, São Paulo, 2003. apud PHILIPPI, L.S. et al. Aproveitamento da água de chuva. In: Gonçalves, R. F.(Coord.) Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 73-152.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. 3º Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2010.

Tomaz, P. Previsão de Consumo de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com serviços públicos. São Paulo: Navegar, 2000. P. 15-71.

TUNDISI, J. G. et al. Conservação e uso sustentável de recursos hídricos. In: BARBOSA, F. A. (Org.) Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2008. p.157-83.

Viola, H. Gestão De Águas Pluviais em Áreas Urbanas – O Estudo de Caso da Cidade do Samba. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXO A

Tabela 13 - Projetos de lei em trâmite no Congresso Nacional

Projeto de Lei	Ementa	Situação do trâmite	Autor
PL 4946/2001	Dispõe sobre a concessão de condições especiais de crédito para empresas que investirem na recuperação de águas usadas em seu processo de produção.	Apensado ao PL 2457/2011	Ronaldo Vasconcellos

PL 6963/2002	Institui diretriz sobre a obrigatoriedade de implantação de programas de racionalização do uso da água.	Aguardando Designação de Relator na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC)	Antonio Carlos Mendes Thame
PL 2750/2003	Estabelece o uso eficiente das águas e dá outras providências.	Apensado ao PL 4946/2001	Salvador Zimbaldi
PL 3322/2004	Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios ou cisternas para o acúmulo de água da chuva no território brasileiro	Apensado ao PL 2750/2003	Jurandir Boia
PL 1069/2007	Dispõe sobre a contenção de águas de chuvas nas áreas urbanas.	Apensado ao PL 2750/2003	Miguel Martini
PL 1739/2007	Estabelece a elaboração de plano de sustentabilidade do ambiente construído para municípios com mais de cem mil habitantes que incorpore soluções para projeto, construção e reciclagem das edificações com utilização de materiais sustentáveis, qualidade ambiental, eficiência energética, racionalização de uso da água, impermeabilização do solo.	Aguardando Criação de Comissão Temporária pela MESA	Paulo Teixeira
PL 2565/2007	Dispõe sobre a instalação de dispositivos para captação de águas de chuvas em imóveis residenciais e comerciais	Apensado ao PL 2750/2003	Jurandy Loureiro
PL 6250/2009	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares.	Apensado ao PL 5733/2009	Francisco Rossi

PL 7231/2010	Dispõe sobre a implantação de sistemas que possibilitem o aproveitamento da água das chuvas, de reutilização da água tratada e de utilização de fontes renováveis de energia nas edificações em cuja reforma ou construção sejam utilizados recursos provenientes de entidades federais ou de fundos federais.	Apensado ao PL 5733/2009	Bernardo Ariston
PL 7849/2010	Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água de chuva nos postos de revenda de combustíveis e nos estabelecimentos de lavagem de veículos, e dá outras providências.	Apensado ao PL 2750/2003	Francisco Rossi
PL 242/2011	Dispõe sobre a utilização de energia solar e reaproveitamento da água da chuva na construção de habitações populares.	Apensado ao PL 6250/2009	Sandes Júnior
PL 682/2011	Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos em lotes, edificados ou não, nas condições que menciona, e dá outras providências.	Apensado ao PL 2750/2003	Weliton Prado
PL 1310/2011	Dispõe sobre a Política Nacional de Gestão e Manejo Integrado de Águas Urbanas e dá outras providências.	Apensado ao PL 4946/2001	Paulo Teixeira
PL 2087/2011	Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da conservação e uso racional da água nas edificações. Explicação: Altera a Lei nº 9.605, de 1998	Apensado ao PL 4946/2001	Vinicius Gurgel

PL 2457/2011	Altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001 da Cidade), e a Lei nº 4.380, de 21 de agosto de 1964, que dispõe sobre o Sistema Financeiro da Habitação, para instituir mecanismos de estímulo à instalação de sistemas de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais em edificações públicas e privadas.	Aguardando Designação de Relator na Comissão de Finanças e Tributação (CFT)	Marcelo Crivella
PL 4109/2012	Institui o Programa Nacional de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas	Aguardando Designação de Relator na Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania (CCJC)	Laercio Oliveira
PL 377/2015	Dispõe sobre a isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e do Imposto sobre Importação (II), incidentes sobre a comercialização de máquinas, filtros, painéis, captadores, bombas, calhas, condutores verticais, coletores horizontais e outros equipamentos ou componentes necessários para a implantação de sistema de captação e retenção de águas pluviais, para fins não potáveis.	Aguardando Designação de Relator na Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS)	Fausto Pinato
PL 531/2015	Determina o aproveitamento e a reutilização das águas pluviais por Órgãos Públicos.	Apensado ao PL 7818/2014	Luiz Nishimori
PL 636/2015	Dispõe sobre a obrigatoriedade do Poder Público, nas três esferas, disponibilizar energia solar fotovoltaica e sistemas de captação e reutilização de águas pluviais, prioritariamente, em	Apensado ao PL 4536/2012	Fausto Pinato

	todos os hospitais, postos de saúde, escolas, creches, berçários e maternidades de sua respectiva competência		
PL 1283/2015	Torna obrigatória a implantação de sistema de reuso direto não potável planejado de águas pluviais servidas em obras custeadas total ou parcialmente com recursos do Poder Público Federal ou por ele controlados.	Apensado ao PL 7818/2014	Dilceu Sperafico
PL 2427/2015	Dispõe sobre incentivos para aumentar a reutilização de recursos hídricos no País.	Apensado ao PL 377/2015	Goulart
PL 2337/2015	Reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS sobre produtos usualmente empregados na fabricação e instalação de sistemas de captação e armazenamento de águas pluviais.	Apensado ao PL 377/2015	Roberto Sales
PL 4136/2015	Isenta do IPI os produtos que compõem sistema de coleta, armazenamento e utilização de águas pluviais.	Apensado ao PL 377/2015	Luiz Nishimori
PL 4248/2015	Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de práticas e métodos sustentáveis na construção civil e dá outras providências.	Apensado ao PL 640/2011	Marcelo Belinati

Fonte: autor, baseado no Congresso Nacional, 2017