

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

FELIPE BALDISSERA PIOVESAN

**SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
PARA UMA RESIDÊNCIA POPULAR NA CIDADE DE PALOTINA – PR: UM
ESTUDO DE CASO**

**CASCATEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

FELIPE BALDISSERA PIOVESAN

**SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
PARA UMA RESIDÊNCIA POPULAR NA CIDADE DE PALOTINA – PR: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Profª. Orientadora: Arquiteta e Urbanista
Ms. Janaína Bedin**

**CASCADEL - PR
2017**

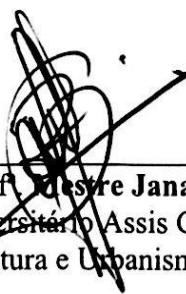
CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

FELIPE BALDISSERA PIOVESAN

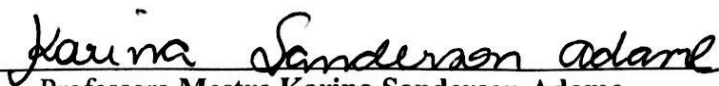
**SISTEMA DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS
PARA UMA RESIDÊNCIA POPULAR NA CIDADE DE PALOTINA – PR:
UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Professora Arquiteta e Urbanista Mestre Janaína Bedin.

BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof. **Mestre Janaína Bedin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Arquitetura e Urbanismo



Professora **Mestre Karina Sanderson Adame**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia Química



Professor **Especialista Geovane Duarte Pinheiro**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenharia de Controle e Automação

Cascavel, 08 de junho de 2017.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que em algum momento de minha trajetória acadêmica, estiveram do meu lado, me incentivando, mas principalmente a minha família que sempre me apoiou e proporcionou as condições para que pudesse alcançar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre me proteger me abençoar e me dar forças todos os dias.

Aos meus pais Augusto e Sucileiva, meu irmão Fenando e a toda minha família que sempre estiveram ao meu lado não importando as circunstâncias.

Aos meus avôs Eliot, Olinda e em especial ao vô Celestino (*in memorian*), que por ter trabalhado na área da construção civil, sempre desejou que alguém da família seguisse o caminho da Engenharia Civil.

A minha vó Milva e meu tio Fábio, meus padrinhos, que também sempre me apoiaram incondicionalmente.

A minha orientadora Janaína Bedin, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos e a todos meus professores que fizeram parte da minha formação acadêmica e que contribuíram para chegar aonde estou hoje.

A todos meus amigos que sempre estiveram do meu lado e me ajudaram em todos os momentos que precisei.

A todos, meu muito obrigado!

RESUMO

O risco de escassez de água devido ao aumento do consumo e mudanças climáticas tornam indispensáveis iniciativas para obtenção de alternativas que possam suprir essa possível necessidade, acaso venha ocorrer. Dentro deste panorama o aproveitamento das águas pluviais surge como uma opção que apresenta benefícios tanto ambientais quanto financeiros. Este estudo de caso tem como objetivo dimensionar e avaliar a viabilidade financeira de um sistema de aproveitamento de água de chuva. O objeto deste estudo é uma residência situada em um conjunto habitacional a qual faz parte do Programa “Minha Casa, Minha Vida”, na cidade de Palotina – PR. A edificação prevê a ocupação por uma família composta de 5 pessoas, o que define desta forma a demanda do sistema de água. Em posse dos índices pluviométricos mensais relativos aos últimos 5 anos, média de consumo, área de captação e demais fatores que influenciam a coleta das precipitações, foi projetado o sistema. Considerando o orçamento para execução do projeto e a economia de água proporcionada pelo mesmo, conclui-se que o aproveitamento de água da chuva é vantajoso para as famílias, tendo em vista a economia financeira na conta de água de até R\$ 590,33 por ano, com isso o custo do sistema se paga em menos de 4 anos. Além de gerar economia financeira o mais importante é que o referido projeto é de grande valia ambiental, pois pode preservar a água combatendo o desperdício e ajudando a controlar as inundações. Desta forma constata-se a viabilidade econômica favorável a implantação do sistema.

Palavras-chave: Aproveitamento de água de chuva, programa “Minha Casa Minha Vida”, viabilidade econômica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Déficit habitacional por região.....	25
Figura 2: Planta baixa da residência.....	28
Figura 3: Área de contribuição superfície inclinada.....	30
Figura 4: Coeficiente de rugosidade da calha.....	32
Figura 5: Ábaco condutores verticais para calha com saída em aresta viva.	32
Figura 6: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	33
Figura 7: Precipitação na cidade de Cascavel	34
Figura 8: Modelo de reservatório adotado.	41
Figura 9: Detalhe filtro auto-limpante.....	42
Figura 10: Detalhe separador de águas da chuva.	43
Figura 11: Detalhe do tratamento por tabletes de cloro	44
Figura 12: Detalhe do suporte de pedra calcária.	45
Figura 13: Custo tarifa de água Sanepar.....	48

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Consumo de água para descargas	29
Equação 2: Área de contribuição em telhados	30
Equação 3: Determinação da vazão de projeto.....	31
Equação 4: Equação de Manning-Strikler.....	31
Equação 5: Precipitação através do metodo de Rippl	33
Equação 6: <i>Payback</i>	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo de água em residências populares	29
Tabela 2: Consumo de água em uma residência.....	36
Tabela 3: Volume de água aproveitável da chuva.	39
Tabela 4: Orçamento dos materiais e mão de obra.....	46
Tabela 5: Valores da tarifa e da economia de água	49
Tabela 6: Valores economizados	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens da captação de água pluvial.....	22
--	----

SUMÁRIO

1. CAPÍTULO 1	13
1.1. INTRODUÇÃO	13
1.2. OBJETIVOS	14
1.2.1. Objetivo geral	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. JUSTIFICATIVA	14
1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	16
1.5. FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	16
1.6. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
2. CAPÍTULO 2	17
2.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1.1. Importância da água	17
2.1.2. Escassez da água	18
2.1.3. Captação de água pluvial	20
2.1.4. Aproveitamento de água pluvial	21
2.1.5. Legislação	22
2.1.6. Água da Chuva: NBR 15.527/2007	24
2.1.7. Programa "Minha Casa, Minha Vida" e conjuntos habitacionais de interesse social	24
3. CAPÍTULO 3	27
3.1. METODOLOGIA	27
3.1.1. Local estudado	27
3.1.2. Caracterização da amostra	27
3.1.3. Consumo de água por habitante	29
3.1.4. Cálculo de contribuição	30
3.1.5. Precipitação	31

3.1.6. Vazão de projeto.....	31
3.1.7. Dimensionamento das calhas	32
3.1.8. Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais.....	32
3.1.9. Volume de água aproveitável da chuva por mês	33
3.1.10. Orçamento materiais e construção da cisterna	35
3.1.11. Viabilidade	35
4. CAPÍTULO 4	36
4.1. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1.1. Consumo de água por habitante	36
4.1.2. Dimensionamento do sistema.....	36
4.1.3. Volume de água aproveitável da chuva por mês	39
4.1.4. Dimensionamento e manutenção do reservatório.....	39
4.1.5. Orçamento dos materiais e construção da cisterna.....	46
4.1.6. Dedução no consumo da tarifa de água	47
4.1.7. Viabilidade	49
4.1.8. Payback.....	50
5. CAPÍTULO 5.....	51
5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6. CAPÍTULO 6.....	53
6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APÊNDICES	57

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

A escassez de água vem se tornando um problema constante em várias regiões do Brasil devido a falta de chuvas, responsáveis pelo abastecimento dos reservatórios. O problema da falta de água é observado principalmente em grandes regiões populacionais, onde muitas vezes os depósitos não são suficientes para o abastecimento, que acaba por interromper o fornecimento de água para os consumidores. Algumas regiões são mais privilegiadas por possuírem água em abundância, enquanto outras menos privilegiadas sofrem com a falta desta.

Segundo relatório da ONU realizado em 2015, a escassez de água afetará provavelmente mais de 60 % da população mundial em 2050, ou seja, será necessário trabalho e dedicação para garantir água potável para todos. A informação está no relatório “Rumo a um futuro com segurança hídrica e alimentar”, realizado pela Organizações das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e apresentado no segundo dia do 7º Fórum Mundial da Água (FMA), realizado em Daegu, na Coreia do Sul (ECYCLE, 2015).

Em países mais desenvolvidos como, Alemanha, Japão, Singapura e Israel, observa-se uma maior conscientização em relação ao uso e ao reaproveitamento da água, pois em alguns desses locais não se obtém água com tanta facilidade. Assim, os governos apresentaram a captação e o aproveitamento de água da chuva como solução para reservação e fornecimento de água para a população (WAGNER, 2015).

No Brasil, na última década o governo federal, bem como os estaduais e municipais, buscaram atender a população de modo geral em suas mais diversas necessidades. Com isso houve projetos de investimento por parte dos referidos governos em infraestrutura e moradias, sendo um deles, o programa “Minha Casa, Minha Vida”, que tem como objetivo buscar atender a faixa populacional de menor renda ou até um limite de renda através de financiamentos a longo prazo, incentivando-a com isso a aquisição de casas próprias.

Porém esse aumento de moradias deve prever um planejamento para atender a demanda desses novos locais a serem povoados, através do desenvolvimento de projetos que facilitem a implantação principalmente de recursos hídricos, para que a população não sofra com a falta de água.

Dessa forma pensou-se no armazenamento da água pluvial nesses novos projetos residenciais, pois proporciona uma reserva para os períodos de escassez de chuva, ou na utilização de fins não potáveis como, lavagem de calçadas, rega de jardim e sistema de descarga sanitária.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

Dimensionar um sistema de captação de águas pluviais e verificar a viabilidade financeira para uma residência em um dos conjuntos habitacionais do Programa “Minha Casa, Minha Vida”, na cidade de Palotina – PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- I. Quantificar os índices pluviométricos a serem considerados para o dimensionamento;
- II. Estimar os custos de implantação do sistema através de levantamento da tabela SINAPI;
- III. Verificar o tempo que ocorrerá o retorno financeiro através da análise do *Payback*;

1.3 JUSTIFICATIVA

A estiagem provoca a escassez no abastecimento de determinadas regiões, o que se agrava em conjunto com a má utilização da água por parte da população. A falta de incentivo ao uso sustentável da água, fez com que houvesse o interesse por esse tema.

De acordo com a Agenda 21, documento da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, o consumo de água para fins domésticos, representa 6% do volume total de

água consumido, enquanto o consumo de água para irrigação pode chegar a 80%, e o uso para fins industriais é de aproximadamente 14%.

De acordo com Freitas (2002), no Brasil a ilusão de abundância de água, esconde a péssima gestão e o problema de distribuição deste recurso hídrico. Esta ideia de ausência de acompanhamento sistemático das condições de poluição dos sistemas hídricos também é abordada por Novaes (2000).

Neste trabalho buscar-se-á dimensionar um sistema de captação e armazenamento de água da chuva, procurando desenvolver um modelo de aplicação em outras cidades e regiões, tornando-se uma solução auxiliar no consumo de água para períodos de estiagens.

A implantação de um sistema de captação e reaproveitamento de água é muito importante, visto que a utilização adequada e consciente deste bem é de grande importância para todos. Convém aqui abordar que populações de baixa renda dificilmente têm condições para obter uma segunda opção de acesso à água além da oferecida pela concessionária, por isso a proposta de um sistema de armazenamento e reutilização para fins não potáveis, além de contribuir com as questões ambientais, interferem nos fatores socioeconômicos da população, frente a um menor consumo de água fornecida pelos administradores desse recurso.

A racionalização do uso da água pelo homem contribui muito para a redução dos riscos de contaminação hídrica. Quanto menores os volumes de água utilizados e descartados pelas atividades humanas, menores serão as necessidades de tratamento e de seu condicionamento às condições originais de pureza, conseqüentemente menor será o valor cobrado por litro. Para tanto, se faz necessário o uso de práticas de reutilização de águas (HUBNER, 2001).

Visando o benefício social e ambiental, é necessária a reutilização da água nos diversos setores como, a indústria, agricultura, construção civil, entre outros. E compreende-se que a implantação em menores escalas como as residências são, o início do incentivo para uma ação de maior proporção. Esse projeto busca a conscientização, e percebe-se que o começar em casa, é uma das formas de enfatizar a importância da captação e reaproveitamento da água da chuva.

Por isso, pretende-se com esse trabalho demonstrar a viabilidade financeira quanto ao desenvolvimento de um projeto para armazenamento e reutilização da água, buscando aumentar a qualidade de vida dos moradores do conjunto habitacional, Parque das Glicínias na cidade de Palotina-PR.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Existe a possibilidade de desenvolvimento de um projeto de captação e aproveitamento de águas da chuva para um conjunto habitacional do programa “Minha Casa, Minha Vida” na cidade de Palotina-PR?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPOTESE

Acredita-se que o reaproveitamento da água pluvial seja viável para implementação em um conjunto habitacional, pois o armazenamento de água para fins não potáveis em área de concentração de captação proporcionam maiores volumes, tendo em vista o maior número de edificações que contribuem.

Assim, com o adequado planejamento quanto a captação e armazenamento acredita-se que seja possível atender a demanda de uma casa popular em um conjunto habitacional do programa “Minha Casa, Minha Vida” na cidade de Palotina-PR, oportunizando que este projeto, futuramente, estenda-se às edificações vizinhas.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa limita-se ao desenvolvimento do projeto de um sistema de captação de água da chuva e o reaproveitamento desta, para fins não potáveis, com foco principal no seu reaproveitamento para as bacias sanitárias, podendo também ser utilizada na jardinagem e na lavagem de calçadas e veículos. Também será verificado a viabilidade de implantação do sistema e o tempo de retorno financeiro. O projeto de captação de água da chuva será dimensionado para uma residência de 47,79 m², localizada no conjunto habitacional Parque das Glicínias, que contempla 236 casas, na cidade de Palotina-PR.

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 A importância da água

A água ocupa cerca de 70% de toda a superfície terrestre, distribuída em oceanos, lagos, solo, lençóis freáticos, calotas polares, chuvas, entre outros. Substância de fundamental importância para a vida de todas as espécies, possui relevância desde a origem da Terra pois, o planeta não seria um ambiente apropriado para o desenvolvimento dos seres vivos sem sua existência. Considerada o solvente universal, a água é composta por dois elementos químicos: oxigênio e hidrogênio (BACCI & PATACA, 2008).

Visto que aproximadamente 80% do organismo dos seres humanos é composto por água, a relevância deste elemento para o homem é ressaltada, pois seu consumo é importante para a conservação da saúde auxiliando também na prevenção de doenças (CERQUEIRA, 2015).

Além disso, a irrigação de campos agrícolas é dependente da água e, consequentemente os seres humanos também, pois quando se fala em suprir a necessidade de alimentos, a agricultura e pecuária, que exigem água desde irrigação de pastos até saciar a sede de animais, é de extrema valia. Também, a falta de água em períodos de crescimento dos vegetais pode inviabilizar a produção agrícola e desequilibrar seriamente os ecossistemas. E, portanto, no caso das plantas, a água é necessária para a fabricação do seu alimento através do processo da fotossíntese (VILA NOVA *et. al.*, 2016).

Para Zioni (2015), a água é um elemento básico para a saúde de todos os seres vivos, principalmente os seres humanos. A preocupação de todos os EAS (Edifícios de Assistência a Saúde), como hospitais, clínicas e postos de saúde, envolve as condições sanitárias de atendimentos aos pacientes e higienização.

Segundo Vila Nova *et. al* (2016), apenas 2,5 % do volume total de água do planeta é de água doce, sendo que a maior parte está concentrada em geleiras polares e águas subterrâneas e uma pequena parte, 0,9% do volume de água doce, é oriunda de rios e lagos, que são destinadas para atividades humanas.

O cenário atual da importância desta substância é tema de diversos debates a nível mundial. A ONU (Organização das Nações Unidas) considera o dia 22 de março o dia mundial da água, assim sendo, todos os anos este dia é destinado à discussão sobre os diversos temas relacionados a este bem natural (BACCI & PATACA, 2008).

Segundo Santiago (2015), a ONU aponta que até o ano 2025, pelo menos 55 países poderão sofrer sérios problemas, que irão desde o abastecimento ou até mesmo a escassez total de água para o consumo humano. Em algumas regiões de clima árido, por exemplo, a água é o principal motivo de tensão militar, onde um dos fatores de discórdia é justamente o acesso a ela.

Mesmo o Brasil ocupando uma posição privilegiada, pois só ele possui 13,7% de toda a água doce disponível na Terra, sendo a maior reserva mundial de água, as crises de escassez são previsíveis em virtude do uso inadequado e da distribuição irregular do líquido. Se junta a isso a falta de tratamento aos cerca de 90% do esgoto doméstico produzido no território nacional, o que aumenta o perigo (SANTIAGO, 2015).

O papel vital da água para a sobrevivência a torna um dos elementos mais preciosos da Terra, embora represente apenas uma pequena porcentagem do planeta (SANTIAGO, 2015).

2.1.2 Escassez da água

É de conhecimento de muitos a grave situação de escassez de água potável, a qual afeta muitos países, inclusive alguns estados do território brasileiro onde se situam grandes cidades como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. O que vem obrigando o habitante a repensar a importância da água, a busca para desenvolver uma conscientização, e um cuidado maior, acompanhado por seus famosos “erres” (r): respeitar, reduzir, reciclar, reflorestar e reusar (BOFF, 2015).

De acordo com Boff (2015), deve-se ter em mente que a água não é distribuída de forma igualitária em todos os lugares do mundo. Países como China, Irã e Espanha sofrem com a escassez e consideram que a água é insuficiente. Estados Unidos da América, Portugal e Argentina tem suficiência relativa. Pouco menos de um bilhão de pessoas consomem 86% da água existente, sendo que para dois bilhões a água não é tratada, gerando muitas doenças.

Segundo a ONU, até 2025, duas em cada três pessoas no mundo, irão sofrer com a escassez moderada ou grave, de água, se os padrões de consumo se mantiverem.

Consequentemente, a produção de alimentos no mundo e ecossistemas serão destruídos, levando espécies vegetais e animais à extinção (PENSAMENTO VERDE, 2016).

Atualmente, 69% da água potável é destinada para a agricultura, 22% para as indústrias e apenas 9% usado para o consumo humano. Outro fator agravante é a poluição hídrica, os rios são poluídos por esgotos domésticos, efluentes industriais, resíduos hospitalares, agrotóxicos, entre outros elementos que alteram as propriedades físico-químicas da água. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica que ainda se pode dispor (BRAGA *et al.*, 2005).

Entretanto, apesar de existir em abundância, nem toda água é diretamente aproveitada pelo homem. Por exemplo, a água salgada dos oceanos não pode ser diretamente utilizada para abastecimento humano, pois as tecnologias disponíveis para dessalinização são ainda um processo bastante caro quando comparado com processos normalmente utilizados para o tratamento de água para uso doméstico (BRAGA *et al.*, 2005).

A percepção da escassez é o que tem levado governos do mundo todo a reorganizar o ambiente institucional definindo novos direitos de propriedade por meio de um sistema de gestão participativo e descentralizado que estimule a utilização do recurso de forma racional (SCARE, 2003).

A conscientização da população em relação à importância da economia de água é o primeiro passo para atenuar o problema. Com incentivos do governo, é necessário fazer com que a população mude seus hábitos e faça o uso racional da água. Um sistema que vem sendo muito utilizado em vários países a alguns anos, e que vem dando certo é em relação ao aproveitamento de água da chuva para consumo não potável, além de proporcionar economia de água potável, este sistema contribui para a prevenção de enchentes oriundas das chuvas torrenciais, pois, devido ao excesso de construções que tornou a superfície impermeável o que vem causando o impedimento da infiltração da água (TOMAZ, 2010).

Para Benetti (2008), a conservação e o aproveitamento da água passam a ser instrumentos essenciais em políticas para o manejo sustentável dos recursos hídricos. A disseminação de informações técnicas sobre as aplicações, tecnologias e aspectos sociais e institucionais devem ser considerados em projetos de reuso de efluentes tratados.

2.1.3 Captação de água pluvial

Os volumes de água tratadas são insuficientes para atender a população de várias regiões, devido a má qualidade de seus mananciais, o que é agravado pelo fator do crescimento populacional, gerando a necessidade de buscá-los em locais muitas vezes distantes, ocasionando com isso um custo elevado.

A água que cai da chuva, que em condições naturais infiltra no solo voltando a recarregar os aquíferos, é hoje encaminhada ao sistema de esgotamento pluvial, sobrecarregando-o, cenário do grande número de construções que acabaram por impermeabilizar grandes áreas (COHIM *et al.* 2008).

Uma forma simples, e que vem sendo utilizada cada vez mais, é o aproveitamento desta água da chuva. Construindo calhas no telhado e escoando a mesma para reservatórios fechados, após ser tratada esta água está apta a ser utilizada para fins não potáveis (VASCONCELOS & FERREIRA, 2007).

No entanto são necessários estudos quanto à viabilidade e eficiência do sistema para que possa ser projetado e instalado bem como, avaliar possíveis riscos sanitários, adequando a instalação com as características do local, evitando a implantação de projetos inadequados (COHIM *et al.* 2008).

O projeto consiste em coletar a água durante a precipitação pluviométrica em telhados, que podem ser inclinados ou planos, desde que não ocorra passagem de pessoas ou de veículos. A água da chuva que cai em pisos não pode ser utilizada para o armazenamento (TOMAZ, 2009).

Segundo Vasconcelo & Ferreira (2007), a água utilizada para o armazenamento deve ser captada pelo telhado, conduzida pelas calhas até uma tubulação que passará a filtrar a água, para então armazená-la em cisternas ou caixas d'água, ao abrigo da luz e do calor. Cada projeto é dimensionado de acordo com a área de captação e os índices pluviométricos da região que será proposto o sistema.

Os componentes utilizados em um sistema de captação de água da chuva segundo a NBR 15527 (ABNT, 2007) são:

- a) Superfície de captação;
- b) Calhas e tubulações;
- c) Tratamentos;
- d) Bombas e sistemas pressurizados;
- e) Reservatórios.

Os métodos para dimensionamento do reservatório são:

- i. Regime de chuvas locais;
- ii. Área de captação;
- iii. Demanda;
- iv. Nível de risco aceitável;

A NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta alguns requisitos e contém alguns métodos para o dimensionamento de reservatórios, que são: Rippl, Maior período de Estiagem, Métodos empíricos (Brasileiro, Alemão e Inglês) e Simulações computacionais (COHIM *et al.*, 2008).

2.1.4 Aproveitamento de água pluvial

Atualmente o aproveitamento de água da chuva vem se tornando cada vez mais praticado em países, ou mais especificamente nas regiões destes países que mais sofrem com a seca e a falta de água, como é o caso do Estados Unidos, Alemanha e Japão. No Brasil, aos poucos vem se adotando essa prática (VASCONCELOS & FERREIRA, 2007).

De acordo com Tomaz (2009), os principais motivos que são considerados para se decidir utilizar a água de chuva são:

- Região com disponibilidade hídrica menor que 1200m³/habitante x ano;
- Locais em que a estiagem é maior que 5 meses;
- Instabilidade ou obstrução do fornecimento de água pública;
- Tarifas de água elevadas por parte das concessionárias públicas;
- Conscientização e sensibilidade da necessidade da conservação da água;
- Exigência de lei específica;
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido.

Com a utilização da água da chuva, acaba ocorrendo a viabilidade, devido a diminuição da demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, diminuindo o consumo de água potável. A água que será armazenada para futura utilização, deverá ser apenas utilizada para fins não potáveis (VASCONCELOS & FERREIRA, 2007).

Segundo os autores supracitados, a água pode ser usada na descarga de bacias sanitárias, lavagem de roupas e torneiras externas, sendo para o jardim, piscina, limpeza de calçadas e automóveis. Em grandes construções, a água da chuva pode ser utilizada para resfriamento de equipamentos, irrigação de áreas verdes, reservatório contra incêndio e

também podendo funcionar como contenção em dias de chuvas intensas, diminuindo ou até evitando alagamentos ou sobrecargas na rede pluvial.

A utilização da água de chuva apenas pode receber o termo aproveitamento da água de chuva, não podendo ser chamada de reuso ou até mesmo de reaproveitamento. O termo reuso, ou reaproveitamento, é utilizado somente para água que já foi utilizada pelo homem em atividades domésticas, como lavagem de roupas, bacia sanitária, banhos, etc (TOMAZ, 2009).

Além das vantagens já apresentadas, Ecycle (2016) cita outras vantagens e algumas desvantagens em se utilizar um sistema de captação da água de chuva, apresentados no Quadro 01.

Quadro 01: Vantagens e desvantagens da captação de água pluvial

VANTAGENS	DESVANTAGENS
– Devido ao reaproveitamento da água da chuva e a não utilização do recurso hídrico potável, se torna uma atitude ecologicamente responsável; – Pode vir ser instalada em qualquer ambiente, sendo rural ou urbano, em casa ou edifícios; – Representa uma grande economia na conta de água; – Atende as suas necessidades de acordo com as diferentes capacidades disponíveis no mercado; – Ao armazenar grande parte da água da chuva, ajuda a conter enchentes, caso contrário, a mesma iria para rios e lagos; – Em tempos de crise hídrica vem ajudando em muito a população, combatendo secas, como as que ocorrem no sertão; – Com cada vez mais a sua utilização, pode-se criar uma cultura de sustentabilidade ecológica nas construções, a qual seria muito importante, tornando a vir ter uma cisterna em cada casa construída no futuro.	– As calhas devem ser limpas para impedir acúmulo de folhas e a contaminação através de fezes de ratos ou de animais mortos, mantendo-a sempre em boas condições; – Deve-se limpar periodicamente o interior da cisterna; – Com o tempo, algumas cisternas de plástico podem vir a deformar, ou apresentar rachaduras; – Se o sistema for enterrado (ou subterrânea), seu custo de instalação será maior.

Fonte: ECYCLE (2016)

2.1.5 Legislação

Nos dias atuais as águas de chuva são tratadas pela legislação brasileira como esgoto, visto que elas dificilmente vão além dos telhados e dos pisos para as bocas de lobo. Devido à falta de leis que normatizem de forma a especificar seu uso, os profissionais que trabalham nesse campo encontram muitas barreiras, o que dificulta, em muito o trabalho daqueles que se preocupam com o reaproveitamento das águas pluviais e que gostariam de adotar essa prática

em projetos de moradias, onde a escassez de água se faz acentuada. Por isso, em geral, são adotados padrões referenciais internacionais ou orientações técnicas produzidas por instituições privadas. Com a falta de uma orientação técnica para a implantação dos sistemas de reuso de água da chuva, em alguns casos pode vir a colocar em risco a saúde da população (GIACCHINI, 2011).

Na cidade de Curitiba, estado do Paraná, destaca-se a Lei 10.785/03 do Município de Curitiba que instituiu o PURAE – Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações. Este programa tem a finalidade de promover o uso e a conservação racional, como também fontes alternativas de abastecimento de água nas novas edificações. Foi criado para orientar os usuários sobre a importância em conservar os recursos hídricos (CURITIBA, 2003).

Sobre os critérios do uso e conservação da água nas edificações, dispõe com base no Inciso IV do Artigo 72 da Lei Orgânica do Município de Curitiba, em conformidade com o Artigo 17 da Lei nº 7.833/91 e da Lei nº 10.785/03, a necessidade de implantar o uso racional das águas nas edificações.

Art. 2º - Para o licenciamento de construções no município de Curitiba, fica a obrigatoriedade que no projeto de instalações hidráulicas seja prevista a implantação de mecanismo de captação das águas pluviais, nas coberturas das edificações, as quais deverão ser armazenadas para posterior utilização em atividades que não exijam o uso de água tratada.

Art. 3º - Nos edifícios de habitação coletiva cuja área total construída por unidade seja igual ou superior a 250m² (Duzentos e cinquenta metros quadrados) e nas construções de habitações unifamiliares em série e conjuntos habitacionais independentes da área construída, além do disposto no art. 2º deste decreto, serão também instalados hidrômetros para medição individual do volume de água por unidade. (CURITIBA, 2006)

Entretanto, a regulamentação desta lei ocorreu através da aprovação do decreto 293, em 22 de março de 2006, a qual mantém a obrigatoriedade de se captar, armazenar e utilizar as águas pluviais oriundas da cobertura para todas as novas edificações. Porém, em edificações comerciais e industriais com área superior a 5.000 m², restringiu-se devido à falta de normatização e dificuldade de fiscalização. Ressalta-se que o PURAE, foi efetivamente implantado através da aprovação do Decreto Nº 212 de 29 de março de 2007, no qual se estabeleceu o novo Regulamento de Edificações do Município de Curitiba relacionando as exigências para cada tipo e uso das edificações (GIACCHINI, 2011).

Segundo o mesmo, vale ressaltar a importância de estudos para a implantação de legislação referente a temas que envolvem questões técnicas tão específicas como é o caso do reuso da água e aproveitamento da água de chuva. Desta forma, apresenta-se algumas

recomendações que se deve seguir para se estabelecerem legislações municipais para este tema.

- a) observação aos preceitos estabelecidos nas legislações federais e estaduais, evitando o confronto com outras legislações existentes;
- b) discussão do tema com os setores acadêmicos e representativos dos profissionais da área, para o devido embasamento técnico e científico;
- c) adequação e inter-relação com os planos diretores de drenagem urbana, gerenciamento de recursos hídricos e saneamento ambiental;
- d) capacitação, orientação e estruturação dos órgãos fiscalizadores responsáveis;
- e) discussão com a sociedade para incentivar a participação desta na implantação e fiscalização dos sistemas (GIACCHINI, 2011, p.24).

2.1.6 Água da Chuva: NBR 15.527/2007

A norma que define os sistemas de aproveitamento da água de chuva, orientações de projeto e dimensionamento estão prescritas na NBR 15.527 – Água da Chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 24 de outubro de 2007, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Esta norma apresenta os requisitos para o aproveitamento da água da chuva em coberturas nas áreas urbanas, esta água sendo apenas para fins não potáveis. Portanto esta água após tratamento adequado poderá apenas ser utilizada para usos não potáveis (ABNT, 2007).

De acordo com a ABNT em relação à concepção do projeto do sistema de coleta da água da chuva, este deve atender as normas técnicas: ABNT NBR 5.626/1998 – Instalação predial de água fria e ABNT NBR 10.844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

As normas determinam que na elaboração do projeto deve-se prever a população que utilizará a água e a da demanda. Também são incluídos os estudos das séries históricas, e o cálculo da precipitação na região que será implantado o projeto. Na sequência são analisados as calhas e condutores, reservatórios, instalações prediais, qualidade da água, bombeamento, manutenção e o mais importante, os métodos de cálculo para o dimensionamento.

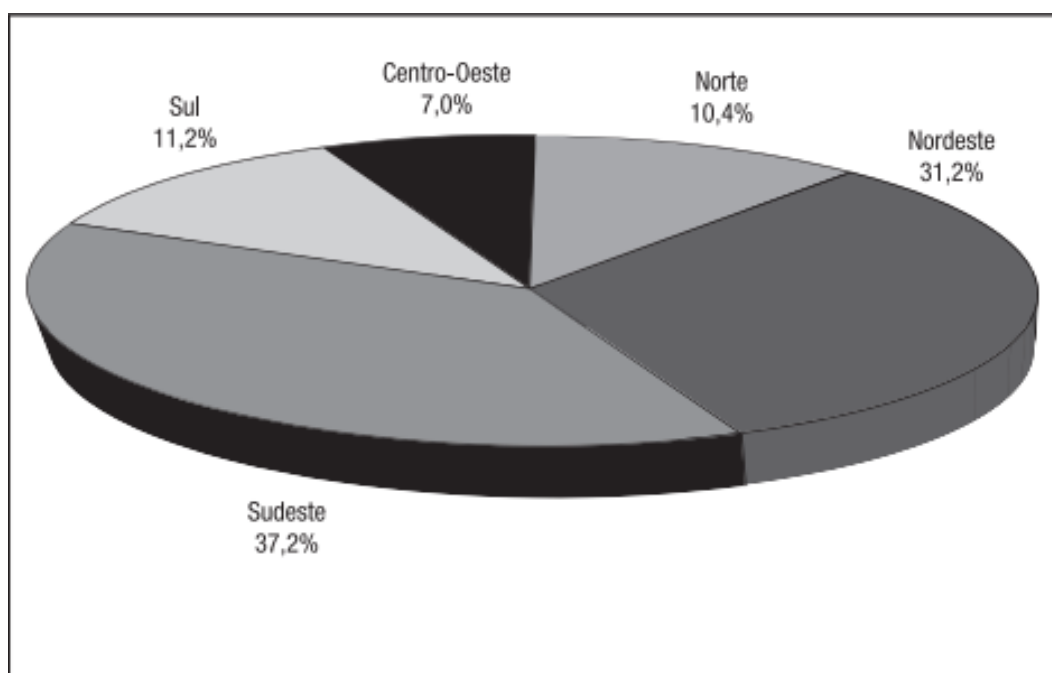
2.1.7 Programa “Minha Casa, Minha Vida”: conjuntos habitacionais de interesse social

O déficit habitacional atinge grande parte dos brasileiros em todas as regiões do país. Comprar a casa própria é, e sempre foi, o sonho da grande maioria das famílias que aqui

residem, principalmente daquelas com menor poder aquisitivo. Devido a esse fato, no Brasil, na última década, o governo federal, juntamente com os governos estaduais e municipais, manifestaram preocupação em oferecer uma melhor qualidade de vida à população, até porque a vida moderna assim exige. Como os ramos de moradia e saneamento básico eram os setores que se apresentavam bastante deficitários, e eles são na verdade, os maiores responsáveis pelo bem estar social, foram os que demandaram maior atenção por parte das autoridades competentes para, senão eliminar de vez o problema, pelo menos amenizá-lo. (D'AMICO, 2011).

Segundo o autor, em 2003, o Ministério das Cidades começou a realizar estudos técnicos que deram origem a Política Nacional de Habitação, a qual foi aprimorada em 2007. O diagnóstico inicial era que no ano de 2000, o déficit habitacional representava 7,2 milhões de moradias. Já no ano de 2007, observou-se uma diminuição do déficit, caindo para 6,273 milhões de moradias, nas quais 82,6% localizadas na área urbana, e concentrado aproximadamente 70% nas regiões sudeste e nordeste como pode-se observar na Figura 01.

Figura 01: Déficit habitacional por região.



Fonte: IBGE (2007)

Em março de 2009, foi implantado o programa “Minha Casa, Minha Vida”, com o objetivo de facilitar que populações de baixa renda pudessem adquirir a sua casa própria, amenizando o problema do déficit habitacional. O Programa passou por duas fases e atualmente se encontra na terceira. Dividido em quatro faixas de renda, além do Minha Casa,

Minha Vida Rural, destinado a agricultores familiares, o programa atende grande parte da população que necessita do financiamento (BRASIL, 2016).

Segundo Brasil (2016), já foram investidos R\$ 294,494 bilhões, com 4.219.366 unidades contratadas, e destas, 2.632.953 unidades entregues. Pode-se observar que qualquer política pública que tenha como objetivo resolver o déficit habitacional terá como consequência a promoção do desenvolvimento econômico do país (D' AMICO, 2011).

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Local estudado

Trata-se de um estudo que visa reduzir o consumo de água potável em atividades que possam ser realizadas com água de reuso, ou seja, água proveniente da chuva. Desenvolvido em uma residência popular de 47,79 m², localizada no conjunto habitacional Parque das Glicínias, na cidade de Palotina – PR, este trabalho visa além de reduzir o consumo de água potável em serviços como lavagem de calçadas, rega de jardim e descarga sanitária, promover a implantação de uma alternativa sustentável, e que colabora para a redução da tarifa da água fornecida pela concessionária.

O condomínio é composto por residências contempladas no programa “Minha Casa, Minha Vida”, que atende a populações de baixa renda. Para o dimensionamento e levantamento de custos para implantação foi analisado os dados do projeto arquitetônico e das variáveis como, os índices pluviométricos da região estudada, apresentando assim, o projeto de captação de água.

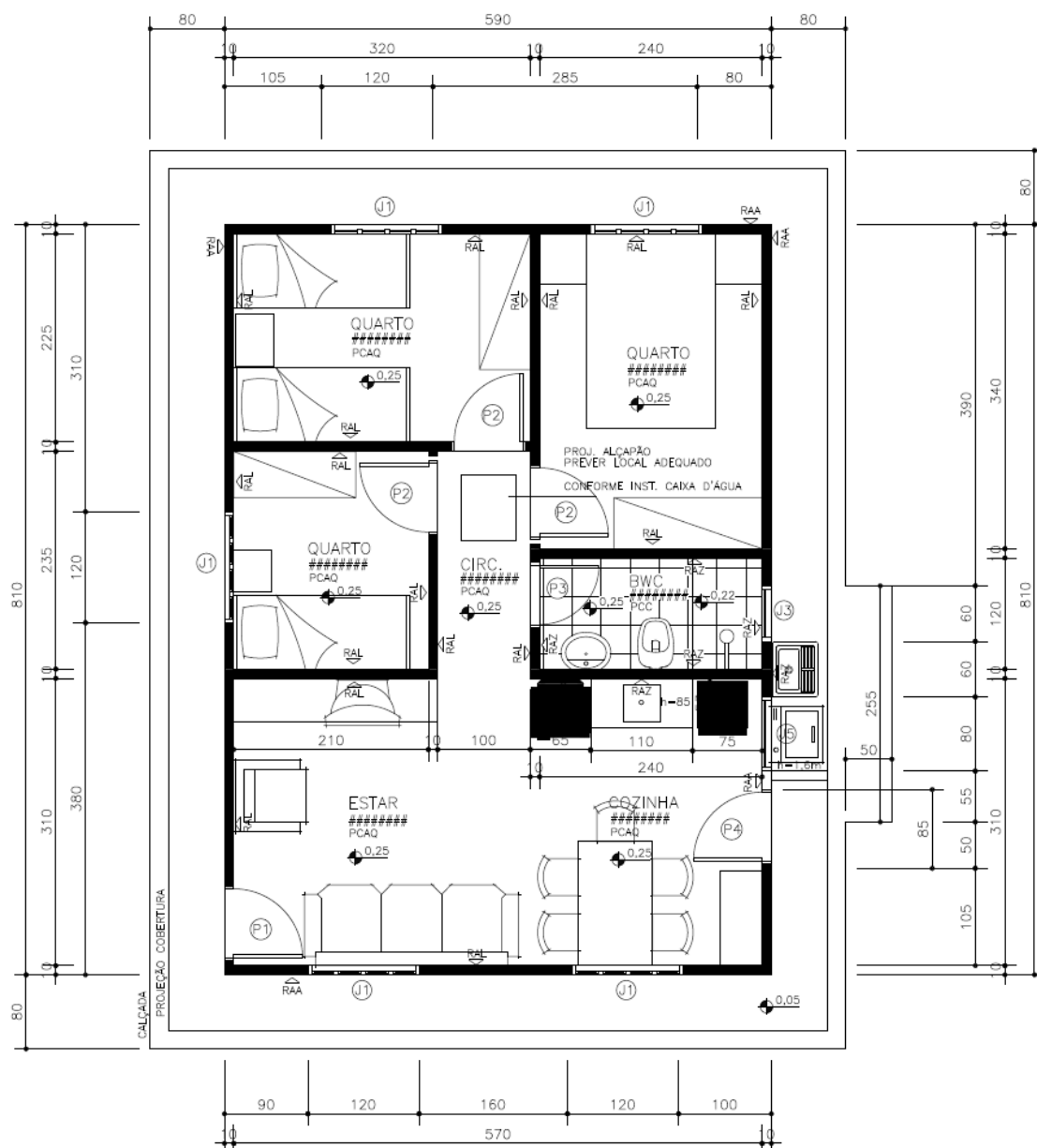
3.1.2 Caracterização da amostra

O estudo de caso desta pesquisa foi realizado em uma residência popular (projeto disponível no Apêndice A, B e C), localizada no Parque das Glicínias, na cidade de Palotina, região oeste do estado do Paraná. O condomínio possui 236 unidades residências, implantadas em quatro propostas de planta. O modelo estudado é o CF 47-A, conforme Figura 02, com as seguintes características:

- Compartimentos: sala, cozinha, três dormitórios, banheiro e área externa com tanque.
- Área da unidade: 47,79 m².
- Área interna: 43,30 m².

- Piso: cerâmico.
- Revestimento de alvenarias: azulejo até o teto no banheiro e na parede da pia da cozinha, no tanque com $h=0,60\text{m}$.
- Reboco interno e externo com pintura PVA no restante
- Forro: laje no banheiro e forro de PVC no restante
- Cobertura: telha cerâmica
- Esquadrias: janelas de ferro e portas de madeira e metálicas
- Pé-direito: 2,30m.

Figura 02: Planta baixa da residência.



Fonte: COHAPAR (2016)

3.1.3 Consumo de água por habitante

Vários autores descrevem sobre o consumo de água por habitante, como também para quais fins são destinadas a água consumida. A Folha de S. Paulo (2013), diz que a média do consumo de água no Brasil é de 166,3 litros por hab/dia, chegando alguns estados, a ter uma média de 253 litros por hab/dia.

Segundo a ABIDES (2015), o consumo médio em casas populares que é o caso estudado é de 120 litros por hab/dia, e o consumo de uma família com 4 (quatro) pessoas na utilização da descarga do banheiro chega a 4320 litros/mês.

Considerando que cada pessoa ocupe a bacia sanitária 5 (cinco) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros, com um vazamento de 8% em cada descarga tem-se um consumo de 6,75m³/mês, segundo TOMAZ (2009), conforme apresentado na Equação 01.

$$(n^{\circ} \text{ pessoas}) * \left(\frac{\text{descargas}}{\text{pessoa}} \right) * \left(\frac{\text{litros}}{\text{descarga}} \right) * \left(\frac{\text{dias}}{1000} \right) = \left(\frac{\text{m}^3}{\text{mês}} \right)$$

$$5 * 5 * 9 * 30 = 6,75 \text{ m}^3/\text{mês}$$

(01)

A análise do perfil de consumo de água em edificações unifamiliares de baixa renda, após estudos chegou a média de 120 litros por hab/dia (OLIVEIRA *et al.* 2003). Onde na Tabela 01 pode-se observar alguns indicadores encontrados na bibliografia nacional.

Tabela 01: Consumo de água em residências populares.

FONTE	CATEGORIA	INDICADOR
BORGES E BORGES (1992)	Residências populares	120 a 150 L/hab*dia
CREDER (1991)	Casas populares e rurais	120 L/hab*dia
MACINTYRE (1996)	Residências populares	120 a 150 L/hab*dia
SYED <i>apud</i> TOMAZ (2000)	Residência unifamiliar baixa renda	270 L/hab*dia
NUCCI e NELSON <i>apud</i> TOMAZ (2000)	Residência classe baixa	10 a 18 L/m ² *dia

Fonte: OLIVEIRA *et al.* (2003).

3.1.4 Cálculo de contribuição

Segundo a ABNT NBR 10844 (1989), deve ser aplicada a Equação 02 para dimensionamento da área de contribuição para superfícies inclinadas em duas águas (Figura 03), conforme características da residência estudada.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) * b \quad (02)$$

Onde:

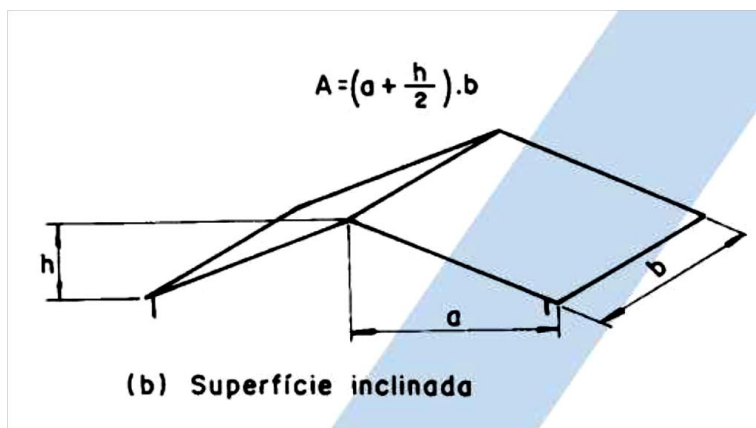
A - área de contribuição (m²);

a - metade da largura total do telhado (m);

h - altura do telhado (m);

b - comprimento do telhado (m).

Figura 03: Área de contribuição superfície inclinada



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

3.1.5 Precipitação

Para dimensionamento do sistema de captação de água de chuva por cobertura, foi considerado uma intensidade pluviométrica de 150mm/h, que segundo a ABNT NBR 10844 (1989), referem-se a construção de até 100m² de área de projeção horizontal.

3.1.6 Vazão de projeto

Para a determinação da vazão de projeto deve-se considerar a área de contribuição e a intensidade pluviométrica do local de implantação. De acordo com a ABNT NBR 10844 (1989), o cálculo de vazão de projeto é determinado pela Equação 03:

$$Q = \frac{I * A}{60} \quad (03)$$

Onde:

Q – vazão de projeto (l/min.);

I – intensidade de precipitação (mm/h);

A – área de Contribuição (m²).

3.1.7 Dimensionamento das calhas

Através da fórmula de Manning-Strickler, representada na Equação 04, foi definida a dimensão das calhas.

$$Q = \frac{k * S * \sqrt[3]{Rh^2} * \sqrt{i}}{n} \quad (04)$$

Onde:

Q – vazão da calha (l/min);

K – coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min;

S – área molhada (m²);

Rh – raio hidráulico, determinado pela divisão da área molhada (m²) pelo perímetro molhado (m);

i – declividade da calha (m/m);

n – coeficiente de rugosidade da calha (conforme o tipo de material, Figura 04);

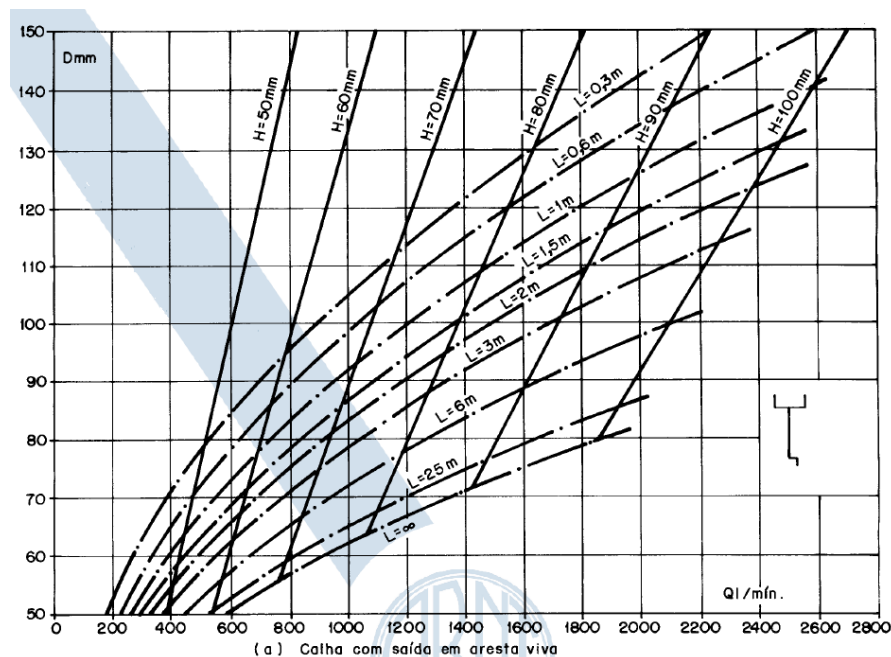
Figura 04: Coeficiente de rugosidade da calha.

Coeficientes de rugosidade	
Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

3.1.8 Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

Através do ábaco (Figura 04), apresentado pela ABNT NBR 10844 (1989), pode-se determinar o diâmetro do condutor vertical, utilizando a vazão em litros/minuto, a altura da lâmina d'água da calha (h) em milímetros, e o comprimento do condutor vertical em metros. Segundo a normativa, o diâmetro interno mínimo de condutores verticais de seção circular deve ser de 75mm.

Figura 05: Ábaco condutores verticais para calha com saída em aresta viva.

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

Segundo a ABNT NBR 10844 (1989), os condutores horizontais são dimensionados conforme a tabela ilustrada na Figura 05, que apresenta a capacidade de condutores horizontais de seção circular. Os condutores horizontais devem ser projetados com declividade uniforme e valor mínimo de 0,5%. O dimensionamento de seção circular deve ser realizado considerando o escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno do tubo, sendo o coeficiente de rugosidade determinado pelo material utilizado.

Figura 06: Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

Tabela 4 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em L/min.)

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Nota: As vazões foram calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com a altura de lâmina de água igual a 2-3 D.

Fonte: ABNT NBR 10844 (1989)

3.1.9 Volume de água aproveitável da chuva por mês

Os cálculos para determinar a capacidade de captação de água pluvial estão diretamente ligados à intensidade de precipitação por mês. Foi considerado o método de Rippl, recomendado pela ABNT NBR 15527 (2007), para calcular o volume de água aproveitável da chuva por mês, conforme Equação 05:

$$Q(t) = C * I(t) * A$$

(05)

Onde:

$Q(t)$ - volume de chuva aproveitável por mês (l);

C - coeficiente de escoamento superficial (0,8);

$I(t)$ - precipitação da chuva por mês (mm);

A - área de contribuição (m^2).

Para o cálculo do volume de água aproveitável por mês foram utilizados os índices da Estação Climatológica, nº 02453056, da cidade de Cascavel – PR, pois não existem registros dos índices pluviométricos para o município de estudo, Palotina – PR. Os dados de precipitação utilizados foram coletados mensalmente, e referem-se aos últimos 5 (cinco) anos, de 2012 a 2016, como demonstrado na Figura 06.

Figura 07: Precipitação na cidade de Cascavel.



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



Alturas mensais de precipitação (mm)

Estação:	SAO JOÃO DO OESTE				Código:	02453056				Entidade:	AGUASPARANÁ	
Município:	Cascavel				Instalação:	26/07/1975				Extinção:		
Tipo:	P				Bacia:	Piquiri				Sub-bacia:	2	
Altitude:	661,945 m				Latitude:	24° 57' 43"				Longitude:	53° 14' 36"	
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2012	221,1	135,6	71,2	291,0	53,0	282,6	57,2	1,7	46,0	234,6	144,5	195,6
2013	157,3	178,1	417,5	92,2	235,9	403,8	22,7	22,8	143,0	145,2	154,4	173,8
2014	152,4	130,7	188,2	176,9	273,3	478,6	102,2	65,3	302,5	92,8	242,2	128,7
2015	120,3	310,4	165,2	66,0	211,1	82,5	449,2	65,4	165,0	180,1	303,3	236,4
2016	202,6	389,2	128,1	65,6	242,7	68,7	20,7	306,4	65,4	-	103,0	225,5

Valores anuais

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	170,7	228,8	194,0	138,3	203,2	263,2	130,4	92,3	144,4	163,2	189,5	192,0
MÍNIMA	120,3	130,7	71,2	65,6	53,0	68,7	20,7	1,7	46,0	92,8	103,0	128,7
MÁXIMA	221,1	389,2	417,5	291,0	273,3	478,6	449,2	306,4	302,5	234,6	303,3	236,4
D. PADRAO	36,4	103,2	118,5	86,5	77,7	165,5	162,1	80,0	90,9	51,6	72,8	38,6

Fonte: PARANÁ (2017)

3.1.10 Orçamento dos materiais e construção da cisterna

O orçamento foi realizado através da tabela SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, disponibilizado pela Caixa Econômica Federal, que por ser referência nacional, foi escolhida como a principal fonte para a obtenção das composições de serviços e dos insumos necessários. Os insumos que não foram encontrados pela SINAPI, adotaram-se o valor obtido através de pesquisa com fornecedores.

3.1.11 Viabilidade

Para fundamentar a viabilidade financeira do sistema, o valor investido deve retornar através da economia gerada dentro do período de vida útil previsto. Segundo Guilherme (2006) *apud* Fernandes (2007), estima-se que a vida útil de um sistema de aproveitamento de água da chuva é de 20 anos. Usando a Equação 06 (*Payback*), foi determinado o período necessário para o retorno do valor investido.

$$Payback = \frac{\text{Valor investido}}{\text{Valor economizado por ano}} \quad (06)$$

Onde:

Valor investido - custo total do sistema de aproveitamento de água de chuva;

Valor economizado por ano - diferença de valor anual a ser pago a concessionária.

Estimando-se o consumo de acordo com a bibliografia, verificou-se o consumo e a tarifa paga para a concessionária. Através da comparação com os custos de implantação do sistema de captação de água da chuva, e cálculo do *payback*, foi possível determinar o período de retorno do investimento.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.1 Consumo de água por habitante

Através da análise do perfil de consumo de água dos habitantes da edificação objeto do estudo e das referências utilizadas na pesquisa, adotou-se um consumo de 120 litros por hab/dia, sendo que do consumo diário o volume destinado à descarga da bacia sanitária é 30 % do consumo total.

Conforme apresentado na Tabela 02, o consumo final da residência estudada que possui 5 (cinco) habitantes foi de 600 litros/dia, sendo deste total 180 litros para o uso na descarga da bacia sanitária. Considerando o consumo mensal tem-se um volume total de 18.000 litros/mês deste total, 5.400 litros/mês destinados para a descarga da bacia sanitária.

Tabela 02: Consumo de água em uma residência.

População considerada	Consumo de água (litros por hab/dia)	30% do consumo Descarga (L/dia)	Consumo diário (L/dia)	Consumo diário descarga (L/dia)	Consumo mensal (L/mês)	Consumo mensal descarga (L/mês)
5 pessoas	120	36	600	180	18.000	5.400

Fonte: AUTOR (2017)

Com a implantação do sistema de reutilização da água pluvial, tem-se uma redução no consumo mensal de água potável para aproximadamente 12.600 litros.

4.1.2 Dimensionamento do sistema

a) Cálculo da área de contribuição

Considerando as dimensões da cobertura da edificação, foi realizado o cálculo da área de contribuição referente à captação pluvial, conforme equação apresentada pela ABNT NBR 10844 (1989). As considerações de cálculo foram:

- Metade da largura total do telhado: 3,55 metros
- Altura do telhado: 1,42 metros
- Comprimento do telhado: 9,30 metros

A área de contribuição obtida foi de 39,62 m², conforme apresentado na Equação 02:

$$A = \left(3,55 + \frac{1,42}{2} \right) * 9,30$$

$$A = 39,62 \text{ m}^2$$

(02)

b) Precipitação

Para dimensionamento do sistema de captação de água de chuva, considerou-se uma intensidade pluviométrica de 150mm/h referente a construção de até 100m² de área de projeção horizontal conforme recomendado pela norma.

c) Vazão de projeto

Para a determinação da vazão de projeto, utilizou-se a área de contribuição calculada (39,62m²) e a intensidade pluviométrica de 150mm/h obtendo-se uma vazão de projeto 99,05 L/min, descrito através da Equação 03:

$$Q = \frac{150 * 39,62}{60}$$

$$Q = 99,05 \text{ L/min}$$

(03)

d) Dimensionamento das calhas

Através da fórmula de Manning-Strickler, determinou-se a dimensão das calhas, adotando-se os seguintes parâmetros de dimensionamento de uma calha retangular, conforme resolução demonstrada na Equação 04:

- Vazão de projeto: 99,05 (l/min);
- Declividade da calha: 0,5% (m/m);
- Coeficiente de rugosidade: 0,011;;
- Coeficiente para transformar a vazão em m³/s para l/min: 60.000;
- Raio hidráulico: $h^2/2h$;
- Área molhada: $2h^2$;

$$99,05 = \frac{60.000 * 2h^2 * \sqrt[3]{(h^2/2h)^2} * \sqrt{0,005}}{0,011}$$

$$h = 0,04\text{metros}$$

(04)

Considerando que a altura obtida representa a área molhada da calha, que equivale a 2/3 da dimensão total, tem-se uma dimensão de 6 x 8cm, escolheu-se comercialmente a utilização da calha semicircular de PVC com diâmetro de 125mm.

e) Dimensionamento dos condutores verticais e horizontais

Conforme análise do ábaco (Figura 04) para o dimensionamento do condutor vertical, obteve-se um diâmetro de 50mm para a referida vazão, porém conforme mencionado anteriormente segundo a ABNT NBR 10844 (1989) os condutores verticais devem apresentar diâmetro mínimo nominal de 75 mm.

Para os condutores horizontais, considerou-se que será escoada uma vazão de 99,05 l/min, e adotou-se uma declividade para o condutor de 0,5%. Obteve-se então uma tubulação de 75 mm, que escoará a água captada na cobertura e condutor vertical, diretamente para o reservatório conforme (Figura 05).

4.1.3 Volume de água aproveitável da chuva por mês

Pode-se quantificar os volumes pluviométricos considerando os valores apresentados pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, para a cidade de Cascavel – PR, através de registros mensais no período dos últimos 5 (cinco) anos, entre 2012 e 2016.

Os cálculos para determinar a captação de água pluvial estão diretamente ligados a intensidade de precipitação por mês e foram desenvolvidos considerando o método de Rippl. Na Tabela 03, são apresentados os volumes calculados através das médias de precipitação.

Tabela 03: Volume de água aproveitável da chuva

Mês	Precipitação Média	Demanda Consumo (l)	Volume que pode ser Aproveitável no mês (l)
	Mensal (mm)		
Janeiro	170,70	5400	10821,01
Fevereiro	228,80	5400	14504,09
Março	194,00	5400	12298,05
Abril	138,30	5400	8767,11
Maio	203,20	5400	12881,25
Junho	263,20	5400	16684,77
Julho	130,40	5400	8266,32
Agosto	92,30	5400	5851,08
Setembro	144,40	5400	9153,80
Outubro	163,20	5400	10345,57
Novembro	189,50	5400	12012,78
Dezembro	192,00	5400	12171,26
Média Anual	175,83	5400	11146,43

Fonte: AUTOR (2017)

4.1.4 Dimensionamento e manutenção do reservatório

a) Dimensionamento

Foi adotado um sistema composto por dois elementos, sendo um reservatório principal e um secundário. O principal é o responsável por receber a água captada pelas calhas coletoras, e armazenar através de duas cisternas conforme modelo (Figura 07), com capacidade total de 2000 litros. Após se iniciar o abastecimento do reservatório principal é que então, através de uma tubulação flexível, inicia-se a alimentação do reservatório secundário.

No reservatório secundário a capacidade de armazenamento é reduzida para apenas 20 litros, o que possibilita melhor controle da vazão, evitando transbordamento da caixa acoplada do vaso sanitário. A água que alimentará este reservatório poderá ser feita de duas maneiras, a fonte principal será proveniente das águas das chuvas, armazenadas nas cisternas. Caso estas se esgotem, será abastecida com água proveniente da caixa d'água disponibilizada pela concessionária.

Após conversas com profissionais na área de instalações prediais, para um melhor funcionamento do mesmo, será instalado um sistema com uma luva e uma torneira-boia na entrada de água. A operação da torneira-boia será acionada na falta de água da chuva, alimentando o reservatório secundário com água distribuída pela caixa d'água residencial. Desta forma, mesmo na ausência de água do reservatório principal, o reservatório será alimentado. A tubulação de saída do reservatório secundário para a caixa acoplada foi adotado o diâmetro de 25mm, o mesmo utilizado na tubulação de abastecimento pela caixa d'água.

b) Instalação reservatório

A altura do suporte para a cisterna, que foi executado em blocos de concreto estrutural, foi definida em 1,00 metro e com uma área de 2,09 m², o qual possibilita a alimentação do vaso sanitário, por gravidade, como também o posicionamento de uma torneira instalada na lateral para a utilização da água nas lavagens de pisos e jardins. A localização é ao lado do tanque de lavar roupa na parte externa da casa, por ser de fácil acesso e próximo ao banheiro, o qual terá a maior utilização da água. É importante sempre identificar que a água armazenada não é potável.

Foram utilizados dois reservatórios de água de 1.000 litros (Figura 07) cada, para o armazenamento. As caixas são interligadas e devem ser furadas em dois pontos na parte superior das mesmas, sendo um orifício para entrada e um para saída da água. Os orifícios serão alinhados em relação à direção e com um desnível de 1 centímetro na vertical do buraco de entrada para o buraco de saída, para garantir que o fluxo de água sempre seja no sentido do reservatório, garantindo que não haja o refluxo dessa água. A torneira será instalada na lateral inferior da primeira caixa que receberá a água e será do tipo jardim de ½", com rosca na ponta para conectar uma mangueira, caso haja a necessidade.

Figura 08: Modelo de reservatório adotado.



Fonte: AUTOR, 2017

A partir do dimensionamento, orçaram-se os custos de aquisição e implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva.

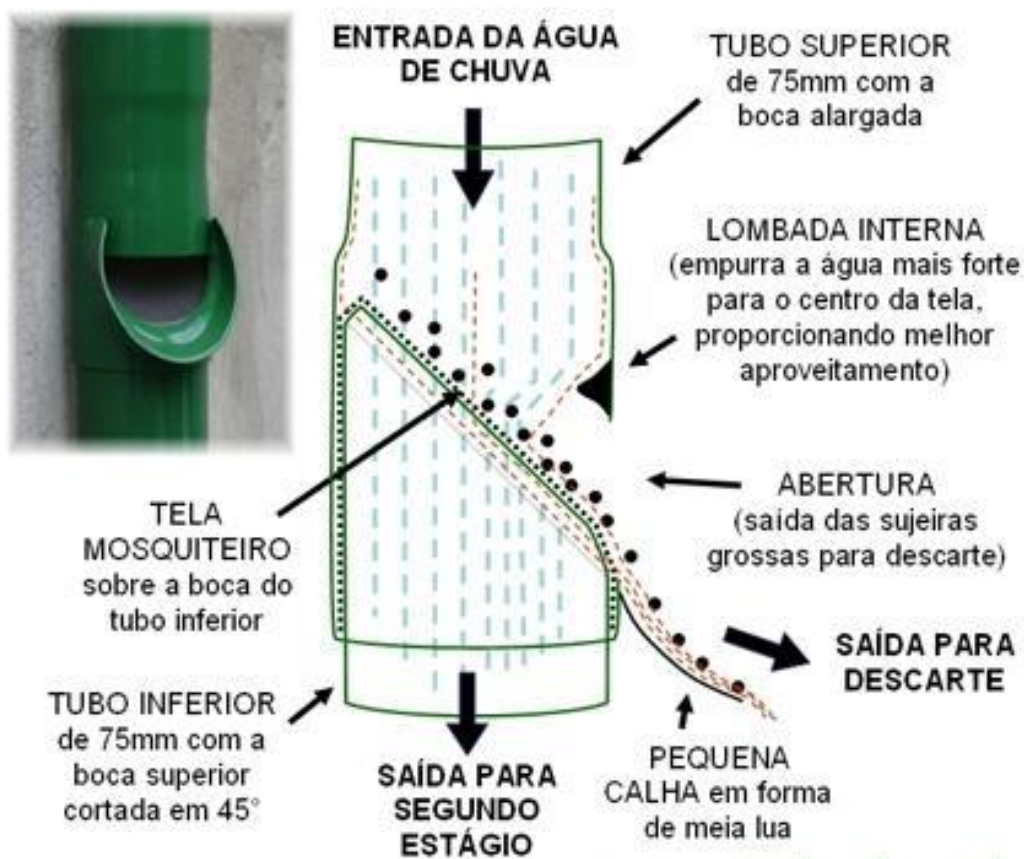
c) Filtro

O filtro foi desenvolvido e elaborado com um tubo de 75 mm, para ser instalado exatamente após a tubulação de descida d'água da calha no telhado, e utilizado para casas com telhado de até 50m².

Conforme a Figura 08, o filtro retém e elimina as sujeiras como, folhas, pequenos insetos, penas de pássaros, fezes de animais, etc. A montagem desse tubo é realizada com dois pedaços de tubo PVC, encaixados com uma tela mosquiteiro entre eles, inclinada

aproximadamente 45°, e uma abertura lateral para eliminação de resíduos. As sujeiras mais finas passarão pela tela, mas serão eliminadas no processo denominado como “Separador de Águas” (SEMPRE SUSTENTAVEL, 2013).

Figura 09: Detalhe filtro auto-limpante.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAVEL (2013)

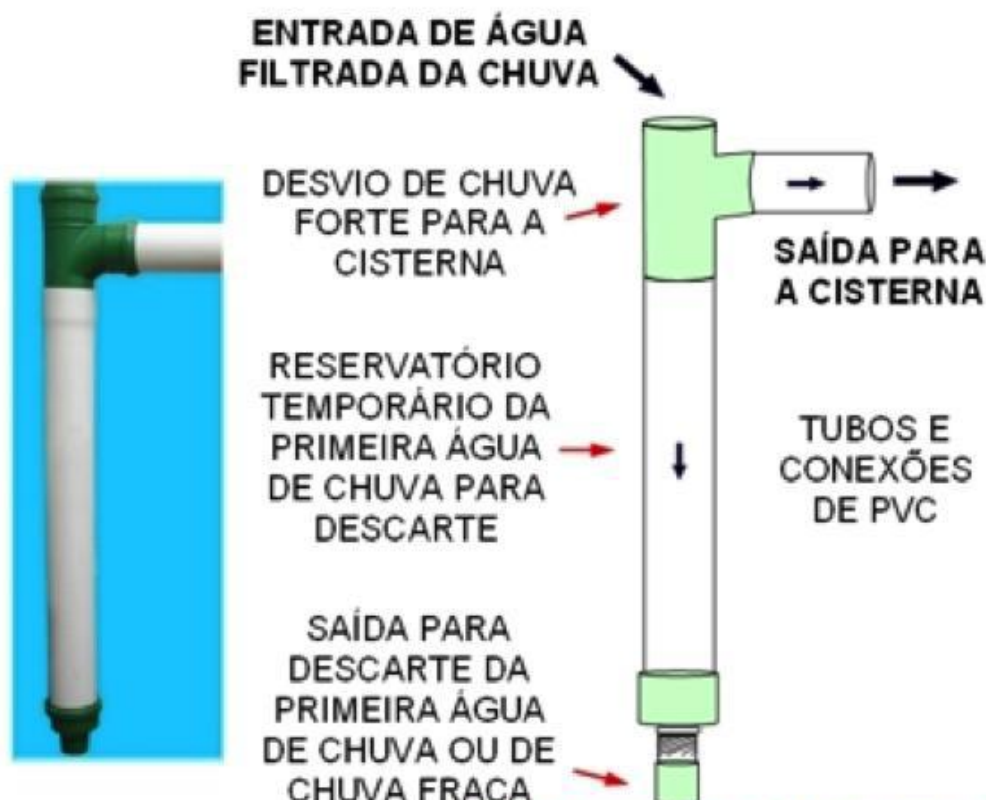
d) Separador de água e extravasor

Segundo Sempre Sustentável (2013), o separador de águas da chuva, possui como principal função separar e descartar os primeiros litros coletados de chuva fortes os quais fazem a lavagem do telhado, calhas e tubulações. O separador é dividido em três partes sendo, um tubo que servirá de reservatório temporário para descarte da primeira água de chuva, saída para descarte da primeira água captada, e desvio da água da chuva para a cisterna.

Segundo a mesma, o funcionamento é simples onde com o início da chuva, a primeira água captada será armazenada no reservatório temporário e sairá pelo descarte através de um pequeno orifício na ponta do separador, depois, o volume de água captado será maior que a vazão de saída por ele. Assim que o reservatório temporário atingir sua

capacidade máxima, a água será encaminhada pelo “T” diretamente para a cisterna (Figura 09).

Figura 10: Detalhe separador de águas de chuva.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAVEL (2013)

Extravador é uma tubulação destinada a escoar eventuais excessos de água dos reservatórios após estar completamente cheio. O diâmetro do extravasor deverá ser no mínimo a bitola comercial imediatamente superior ao do diâmetro do encanamento de entrada do reservatório (TOMAZ, 2009).

e) Tratamento e correção do Ph

A água armazenada na cisterna não é uma água potável, mas terá o contato com o ser humano como, para irrigação de jardins ou lavagem de calçadas por isso, é necessário alguns cuidados na desinfecção e correção do pH dessa água.

A desinfecção será feita por um pequeno tablete de cloro, toda vez que entrar água nova na cisterna. Esses tabletes devem ser colocados dentro de um pote com alguns furos,

amarrado com linha de nylon e instalado próximo à boca da cisterna, conforme Figura 10 (SEMPRE SUSTENTAVEL, 2013).

Figura 11: Detalhe do tratamento por tabletes de cloro.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAVEL (2013)

Deve-se considerar que as águas das chuvas são de aspecto ácido, sendo necessário balancear seu pH (torná-la neutra), para que essa acidez não agrida os pisos, azulejos, cerâmicas, louças, etc. Sempre Sustentável (2013), sugere o uso de da pedra de calcária com cal e cimento. A elaboração dessa pedra se dá usando três porções de cal e uma de cimento dentro de um molde e misturando-as na água. Após a mistura, deve-se introduzir um suporte para que se consiga amarrar um fio de nylon, conforme ilustração da Figura 11.

Figura 12: Detalhe do suporte de pedra calcária.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAVEL (2013)

O tratamento com tabletes de cloro possui um valor consideravelmente baixo, já que o custo do pote destes é de R\$ 26,91 o qual contém 45 tabletes de 20g. Cada tablete é recomendado para 3000 litros da água e dura 15 dias. Desta forma teria um custo de R\$ 1,20 por mês com o seu uso. Na elaboração da pedra calcária o valor gasto por mês é menor ainda, pois devido a pouca quantidade que é utilizado de cal e cimento para sua fabricação, o custo se torna muito menor, praticamente irrelevante. Com isso, os valores para o tratamento foram desconsiderados do cálculo final.

f) Manutenção do sistema

A manutenção do sistema de aproveitamento de água da chuva é fundamental para que o sistema esteja apto ao seu funcionamento. A manutenção consiste na limpeza periódica dos reservatórios e calhas para garantir sua maior vida útil e eficiência dos equipamentos.

4.1.5 Orçamento dos materiais e construção da cisterna

O orçamento dos materiais e insumos para execução e implantação do sistema de captação e armazenamento de água pluvial foi realizado através da tabela SINAPI, do mês de

março de 2017. A Tabela 04 apresenta o quantitativo, e os custos unitários e totais dos materiais e serviços para implantação.

Tabela 04: Orçamento dos materiais e mão de obra.

MATERIAL/SERVIÇO	UNID.	QUANT	CUSTO UNIT.	CUSTO TOTAL
BOCAL PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO DA SAIDA ENTRE 80 E 100 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL	Unid	2	R\$ 15,81	R\$ 31,62
CABECEIRA DIREITA OU ESQUERDA, PVC, PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL	Unid	4	R\$ 4,69	R\$ 18,76
CALHA PLUVIAL DE PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, COMPRIMENTO DE 3 M, PARA DRENAGEM PREDIAL	m	14,2	R\$ 37,71	R\$ 535,48
EMENDA PARA CALHA PLUVIAL, PVC, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL	Unid	4	R\$ 9,43	R\$ 37,72
SUORTE DE PVC PARA CALHA PLUVIAL, DIAMETRO ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PREDIAL	Unid	12	R\$ 2,70	R\$ 32,40
VEDACAO DE CALHA, EM BORRACHA COR PRETA, MEDIDA ENTRE 119 E 170 MM, PARA DRENAGEM PLUVIAL	Unid	4	R\$ 0,37	R\$ 1,48
PARAFUSO DE ACO ZINCADO COM ROSCA SOBERBA, CABECA CHATA E FENDA SIMPLES, DIAMETRO 4,2 MM, COMP * 32 * MM	Unid	24	R\$ 0,06	R\$ 1,44
ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	4	R\$ 14,99	R\$ 59,96
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	4	R\$ 10,62	R\$ 42,48
CUSTO TOTAL DA ETAPA				R\$ 761,34
ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA MULTIUSO, PARA REVESTIMENTO INT E EXT E ASSENTAMENTO DE BLOCOS DIVERSOS	Kg	8	R\$ 0,40	R\$ 3,20
BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14 X 19 X 39 CM, FBK 6 MPA (NBR 6136)	Unid	45	R\$ 2,38	R\$ 107,10
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	4	R\$ 14,99	R\$ 59,96
CUSTO TOTAL DA ETAPA				R\$ 170,26
TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 25 MM, AGUA FRIA (NBR-5648) M	m	2,1	R\$ 2,35	R\$ 4,94
TUBO PVC, SOLDAVEL, DN 75 MM, AGUA FRIA (NBR-5648) M	m	11	R\$ 19,93	R\$ 219,23
JOELHO PVC, 90 GRAUS, DIAMETRO ENTRE 80 E 100 MM, PARA DRENAGEM PLUVIAL PREDIAL	Unid	3	R\$ 6,44	R\$ 19,32

JOELHO PVC, SOLDABEL, 90 GRAUS, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	Unid	2	R\$ 0,63	R\$ 1,26
LUVA PVC SOLDABEL, 25 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL	Unid	1	R\$ 0,50	R\$ 0,50
TE SOLDABEL, PVC, 90 GRAUS, 75 MM, PARA AGUA FRIA PREDIAL (NBR 5648)	Unid	2	R\$ 42,14	R\$ 84,28
Reservatório IBC 9300-CONT Polietileno 1000 Litros Palete em Aço Certificado Inmetro	Unid	2	R\$ 250,00	R\$ 500,00
RESERVATÓRIO DE 20L	Unid	1	R\$ 37,61	R\$ 37,61
TORNEIRA PLASTICA DE BOIA CONVENCIONAL PARA CAIXA DE AGUA, 3/4 ", COM HASTE METALICA E COM BALAO PLASTICO	Unid	1	R\$ 17,90	R\$ 17,90
TORNEIRA METAL AMARELO COM BICO PARA JARDIM, PADRAO POPULAR, 1/2 " OU 3/4 " (REF 1128)	Unid	1	R\$ 10,35	R\$ 10,35
ENGATE/RABICHO FLEXIVEL PLASTICO (PVC OU ABS) BRANCO 1/2 " X 40 CM	Unid	1	R\$ 4,25	R\$ 4,25
DUREPOXI 50GR ALBA	Unid	1	R\$ 3,59	R\$ 3,59
FILTRO PARA AGUA DA CHUVA AUTO LIMPANTE	Unid	1	R\$ 55,00	R\$ 55,00
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	8	R\$ 10,62	R\$ 84,96
ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRAULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	h	8	R\$ 14,99	R\$ 119,92
CUSTO TOTAL DA ETAPA			R\$ 1.163,11	

Fonte: AUTOR (2017)

A instalação do sistema apresentou um custo de R\$ 2.094,71, onde pode-se observar que das três etapas da construção da cisterna a etapa que apresenta um maior custo é na instalação dos reservatórios, tubulações e outros componentes obrigatórios para o funcionamento do sistema com um valor final de R\$ 1.163,11. E a etapa que apresenta o menor custo é o da construção do suporte em blocos de concreto estrutural em R\$ 170,26.

4.1.6 Dedução no consumo e tarifa de água

A concessionária de fornecimento de água possui uma tarifa social, que é um valor simbólico pago pelas famílias de baixa renda, que consumirem até 10m³/mês de água (Figura 12). A unidade habitacional que consome mais que os 10m³/mês, paga o excedente, cobrado o valor de tarifa normal, e se o consumo persistir por 5 meses o beneficiário é excluído do benefício.

Figura 13: Custo tarifa de água Sanepar.

ANEXO A QUE SE REFERE O DECRETO Nº 3576 /2016

TABELA DE TARIFAS DE SANEAMENTO BÁSICO			
SERVIÇOS PRESTADOS A PARTIR DE 30 DIAS APÓS A PUBLICAÇÃO DESTE DECRETO			
CATEGORIA / FAIXAS DE CONSUMO	TARIFA (Em Reais)		
TARIFA SOCIAL			
Todas as Localidades Operadas	Até 10 m³	Excedente a 10m³	
ÁGUA	8,86	0,89/m³	
ESGOTO – 50%	4,43	0,44/m³	
ÁGUA E ESGOTO	13,29	1,33/m³	
MICRO E PEQUENO COMÉRCIO			
	Até 10 m³	Excedente a 10m³	
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	33,74	6,84/m³	
Curitiba ESGOTO – 85%	28,68	5,81/m³	
ÁGUA E ESGOTO	62,42	12,65/m³	
Demais Localidades ESGOTO – 80%	26,99	5,47/m³	
ÁGUA E ESGOTO	60,73	12,31/m³	
TARIFA NORMAL			
RESIDENCIAL	Até 10 m³	Excedente a 10m³	Excedente a 30m³
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	33,74	5,06/m³	8,63/m³
Curitiba ESGOTO – 85%	28,68	4,30/m³	7,34/m³
ÁGUA E ESGOTO	62,42	9,36/m³	15,97/m³
Demais Localidades ESGOTO – 80%	26,99	4,05/m³	6,90/m³
ÁGUA E ESGOTO	60,73	9,11/m³	15,53/m³
COMERCIAL / INDUSTRIAL / UTILIDADE PÚBLICA	Até 10 m³	Excedente a 10m³	
ÁGUA Todas as Localidades Operadas	60,66	6,84/m³	
Curitiba ESGOTO – 85%	51,56	5,81/m³	
ÁGUA E ESGOTO	112,22	12,65/m³	
Demais Localidades ESGOTO - 80%	48,53	5,47/m³	
ÁGUA E ESGOTO	109,19	12,31/m³	

OBSERVAÇÃO: Para os consumos superiores a 10 m³ por economia, nos municípios abastecidos pelos sistemas dos balneários de Pontal do Paraná, Guaratuba e de Matinhos, a tarifa será majorada em 20% (vinte por cento) nos meses de Janeiro, Fevereiro, Março e Dezembro, e minorada em igual percentual nos meses de Abril a Novembro, exceto para os usuários beneficiados pela Tarifa Social.

TARIFA DE ÁGUA SOCIAL: 26,26% da Tarifa Residencial.

CONTAS PAGAS APÓS O VENCIMENTO: valor com aplicação de correção monetária pela variação do IPCA (Índice de Preços do Consumidor Amplo - IBGE) entre a data de vencimento e a data de pagamento, acrescido de multa de 2%.

REAJUSTE AUTORIZADO PELO DECRETO Nº 3576 , de 29 de fev. de 2016.

A

Fonte: SANEPAR (2017)

Desta forma, a habitação em estudo teria que reduzir cerca de 44% do seu consumo de água mensal para poder usufruir da tarifa social. Com a utilização do sistema de aproveitamento de água, é possível reduzir esse consumo em 30%, sendo necessário ainda uma

economia de 14% da água potável utilizada no mês, conforme valores apresentados na Tabela 05.

Tabela 05: Valores da tarifa e da economia de água.

TARIFA DE ÁGUA/ESGOTO SANEPAR	
Custo do consumo de água de 0 – 10 m³	R\$ 60,73
Custo do consumo de água > 10 m³	R\$ 9,11/m ³
Consumo mensal de 18 m³	R\$ 133,61
Consumo mensal de 5,4 m³ na descarga da bacia sanitária	R\$ 49,19
Valor a ser pago pelo consumo excedente	R\$ 84,42

Fonte: AUTOR (2017)

4.1.7 Viabilidade

Considerando o volume de precipitação aproveitável, para a precipitação média mensal apresentada tem-se a relação de custo na tarifa de água, apresentando uma redução mensal de aproximadamente R\$ 49,19 mensais, que ao fim do ano terá um valor economizado de R\$ 590,33. Já considerando a pior situação em que em todos os meses do ano o reservatório se completaria apenas uma única vez, o que é muito difícil de ocorrer, porém necessária a avaliação o valor economizado mensalmente é de R\$18,22, que ao fim do ano terá uma quantia poupada de R\$ 218,64.

Tabela 06: Valores economizados.

Mês	Precipitação Média	Demanda	Volume de Chuva	Volume de Chuva	Valor Economizado R\$
	Mensal (mm)	Consumo (l)	Aproveitável (l)	Acumulada (l)	
Janeiro	170,70	5400	10821,01	5421,01	R\$ 49,19
Fevereiro	228,80	5400	14504,09	9104,09	R\$ 49,19
Março	194,00	5400	12298,05	6898,05	R\$ 49,19
Abril	138,30	5400	8767,11	3367,11	R\$ 49,19
Mai	203,20	5400	12881,25	7481,25	R\$ 49,19
Junho	263,20	5400	16684,77	11284,77	R\$ 49,19
Julho	130,40	5400	8266,32	2866,32	R\$ 49,19
Agosto	92,30	5400	5851,08	451,08	R\$ 49,19
Setembro	144,40	5400	9153,80	3753,80	R\$ 49,19

Outubro	163,20	5400	10345,57	4945,57	R\$ 49,19
Novembro	189,50	5400	12012,78	6612,78	R\$ 49,19
Dezembro	192,00	5400	12171,26	6771,26	R\$ 49,19
Média Anual	175,83	5400	11146,43	5746,43	R\$ 49,19
Considerando que toda a chuva do mês ocorra em apenas 1 dia e que se consiga encher o reservatório apenas 1 vez no mês = 2000 L.					R\$ 18,22
VALOR TOTAL ECONOMIZADO NO ANO CONSIDERANDO					R\$ 590,33
VALOR TOTAL ECONOMIZADO NO ANO CONSIDERANDO A PIOR SITUAÇÃO					R\$ 218,64

Fonte: AUTOR (2017)

4.1.8 PayBack

Com a economia de R\$ 590,33/ano o investimento terá retorno em 3,54 anos, considerando tanto a média mês a mês, como a média anual. Já considerando a pior situação, o retorno será de 9,58 anos, como demonstrado na Equação 06. Desta forma, com 3,54 ou 9,58 anos menores que 20 anos, constata-se a viabilidade financeira da instalação do sistema de captação e aproveitamento da água da chuva que é alvo deste trabalho.

$$\text{Payback ano} = \frac{2.094,71}{590,33} = 3,54 \text{ anos}$$

$$\text{Payback ano} = \frac{2.094,71}{218,64} = 9,58 \text{ anos}$$

(06)

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso, realizado numa tipologia de residência do Programa “Minha Casa, Minha Vida”, localizada no município de Palotina-PR, com os dados acima apresentados em sua devida análise e discussão, permite concluir que uma das soluções viáveis para a redução significativa no consumo de água em casas populares no Brasil é o reaproveitamento de águas da chuva para fins não-potáveis.

A implementação do sistema de aproveitamento desta água, ficou restrita a atividades consideradas seguras quanto a utilização desta fonte de fornecimento tais como descargas sanitárias, limpeza e jardinagem.

A solução apresentada e demonstrada no estudo possui como principal objetivo a preservação de água potável. Para isso, utiliza-se a água da chuva captada como principal fonte para substituir o consumo da mesma em descargas sanitárias, economizando em torno de 30%, o consumo de água mensal por residência.

Os custos envolvidos na aquisição e instalação de todo o sistema, com um valor total de R\$ 2094,71, demonstrou ser economicamente viável, havendo retorno em menos de 4 anos. A partir desses dados foi possível concluir que o aproveitamento de água da chuva, obteve resultados satisfatórios.

A utilização das águas da chuva não serve apenas como economia financeira, mas o mais importante é que sua utilização também é de grande valia ambiental, pois além de poder contribuir para a preservação dos recursos hídricos naturais colabora no combate ao desperdício e ainda ajuda a controlar as inundações ao evitar que essas águas sejam liberadas para o sistema de drenagem.

Além da economia e da preservação ambiental, é importante observar que com a redução do consumo de água potável, o reservatório de água tratada que é fornecida pela companhia de saneamento, terá uma maior autonomia em casos de suspensão de fornecimento por parte da mesma.

Desse modo a viabilidade de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva nesse tipo de habitação localizado no município de Palotina - PR, pode sim proporcionar um benefício nos requisitos financeiros e ambientais.

O presente trabalho não avaliou os dados para a implantação do sistema em outras regiões, pois o trabalho foi voltado para a viabilidade da implantação desse sistema em habitações de interesse social na região de Palotina. Porém para facilitar estudos futuros foram dimensionados: o volume do reservatório, os diâmetros de calhas e condutores (verticais e horizontais), bem como o orçamento para a instalação.

Caso o Governo elaborasse um correto planejamento, ainda daria tempo para que fossem implantados sistemas de aproveitamento de água da chuva em residências populares, antes mesmo de serem entregues aos proprietários, tendo em vista que o número de casas populares construídas aumenta a cada ano, com a crescente demanda de famílias com baixa renda por moradia.

CAPÍTULO 6

6.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Desenvolver a pesquisa em outras regiões do Brasil, quantificando os índices pluviométricos para verificar sua viabilidade em outros estados.
- b) Procurar outros tipos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais mais modernos e econômicos;
- c) Analisar a qualidade da água de chuva na cidade de estudo.

REFERÊNCIAS

- ABIDES. **Quanto de Água Você Consome**, 2015. Disponível em: <<http://abides.org.br/quanto-de-agua-voce-consome/>> (30/10/2016).
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844 – **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. RJ, 1989 (25/03/2017).
- ABNT NBR 15527. **Água De Chuva - Aproveitamento De Coberturas Em Áreas Urbanas Para Fins Não Potáveis – Requisitos**, 2007. Disponível em: <<http://espiral.net.br/apoio-agua/2007-ABNT-%C3%A1guadachuvaaproveitamentodecoberturaem%C3%A1reasurbanas.pdf>> (Acesso em: 01/11/2016).
- AMBIENTE BRASIL. **Legislação e Normatização do Reuso da Água**, 2016. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/uso_e_reuso_da_agua/legislacao_e_normatizacao_do_reuso_da_agua.html> (Acesso em: 05/11/2016).
- BACCI, D. C.; PATACA, E. M. **Educação para a Água**, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a14.pdf>> (Acesso em: 03/11/2016).
- BENETTI, A. D. Water Reuse. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**. *On-line version* ISSN 1809-4457. Eng. Sanit. Ambient. vol.13 no.3 Rio de Janeiro – RJ, 2008.
- BOFF, L. **A escassez de água no Brasil e sua distribuição no mundo**, 2015. Disponível em: <<http://www.jb.com.br/leonardo-boff/noticias/2015/02/09/a-escassez-de-agua-no-brasil-e-sua-distribuicao-no-mundo/>> (Acesso em: 30/10/2016).
- BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**, 2º Ed, São Paulo: Pearson Prenite Hall, 2005. 73-124p.
- BRASIL. **Programa Minha Casa, Minha Vida**, 2016. Disponível em: <<http://www.minhacasaminhavid.gov.br/>> (Acesso em: 28/10/2016).
- CERQUEIRA, W. **Água**, 2015. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/agua.htm>> (Acesso em: 03/11/2016).
- COHIM, E. GARCIA, A. KIPERSTOK, A. **Captação e Aproveitamento da Água da Chuva**. IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2008.
- D’AMICO, F. **“O programa Minha Casa, Minha Vida e a Caixa Econômica Federal”**. Curitiba, 2011. Disponível em: <http://www.centrocelsofurtado.org.br/arquivos/image/201109261251530.LivroCAIXA_T_0_033.pdf> (Acesso em: 30/10/2016).
- EQUIPE ECYCLE. **Captação De Água De Chuva: Conheça As Vantagens E Cuidados Necessários Para O Uso Da Cisterna**, 2016. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/43-drops-agua/3301-o-que-e-cisterna-tecnologia-projeto-sistema-solucao-alternativa-aproveitamento-reaproveitamento-reuso-captacao-coleta-agua-chuva-pluviais-reservatorio-armazenamento-deposito-caixa-de-agua-casa-condominio-consumo-humano-como-onde-encontrar-comprar.html>> (Acesso em: 31/10/2016).

EQUIPE ECYCLE. **Escassez De Água Afetará Dois Terços Da População Mundial Em 2050**, Diz FAO, 2015. <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/38-no-mundo/3264-escassez-de-agua-afetara-dois-tercos-da-populacao-mundial-em-2050-diz-fao.html>> (Acesso em: 31/10/2016).

FERNANDES, D. R. M; et. al. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN / RN**. In: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: < <http://zip.net/brsqyz> > (Acesso em 28/05/2017).

FREITAS, K. R. **Caracterização e reuso de efluentes do processo de beneficiamento da indústria têxtil**. Dissertação de Mestrado, Curso de PósGraduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Água no Brasil**, 2015. Disponível em: < <http://www1.folha.uol.com.br/infograficos/2015/01/118521-agua-no-brasil.shtml> > (Acesso em: 25/03/2017).

GIACCHINI, M. **Uso e Reúso da Água - Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar**, 2011. Disponível em: <agua.org.br> (Acesso em: 31/11/2016).

HÜBNER, Ricardo. **Análise do uso de água em um abatedouro de aves**. Dissertação de mestrado, curso de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001

NOVAES, R. **Revista Banas Ambiental**. São Paulo, p. 16, agosto, 2000.

OLIVEIRA JR, O. B.; ILHA, M. B. O.; GONÇALVES, O. M. **A Análise do Perfil de Consumo de Água em Edificações Unifamiliares de Baixa Renda**. Trabalho no III Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2003. Disponível em:< http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2003/2003_artigo_012.pdf > (Acesso em: 25/03/2017).

PARANÁ. **Sistema de Informações Hidrológicas ÁGUASPARANÁ – Índice de precipitação Pluviométrica**. Disponível em: < <http://www.sih-web.aguasparana.pr.gov.br/sihweb/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=gerarRelatorio> > (Acesso em: 25/03/2017).

Pensamento Verde. **A Importância da Água na Natureza**, 2013. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/a-importancia-da-agua-na-natureza/>> (Acesso em: 04/11/2016).

SANEPAR. **Tarifas Válidas nas Contas Emitidas a Partir de 01 de abril de 2016**. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/clientes/nossas-tarifas> > (Acesso em 25/03/2017).

SANTIAGO, F. **A Importância da Água**, 2015. Disponível em: <<http://www.fernandosantiago.com.br/aguaimp.htm>> (Acesso em: 04/11/2016).

SCARE, R. F. **Escassez De Água E Mudança Institucional: Análise Da Regulação Dos Recursos Hídricos No Brasil**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Economia – USP, São Paulo – SP, Brasil, 2003.

SEMPRESUSTENTAVEL. **Minicisterna de Água de Chuva – Projeto de Baixo Custo para Residência Urbana**, 2014. Disponível em:

<<http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>> (Acesso em: 04/11/2016).

TOMAZ, P. **Aproveitamento De Água De Chuva De Cobertura Em Área Urbana Para Fins Não Potáveis**, 2009. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf> (Acesso em: 29/10/2016).

TOMAZ, P. **Aproveitamento De Água De Chuva**. Disponível em:

<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Capitulo%2000-%20Introdu%C3%A7%C3%A3o.pdf> (Acesso em: 08/11/2016).

VASCONCELOS, L. F. FERREIRA, O. M. **Captação De Água De Chuva Para Uso Domiciliar: Estudo De Caso**. Universidade Católica de Goiás – Departamento de Engenharia – Engenharia Ambiental. Goiânia-GO, 2007.

VILA NOVA, C. L. M.; SOUZA, J. M.; TANAKA, R. M. C.; VILA NOVA, A. A. M. **A Importância de Reutilizar Água com Base no Cenário Atual**. Trabalho no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTEC. Foz do Iguaçu – PR, Brasil, 2016.

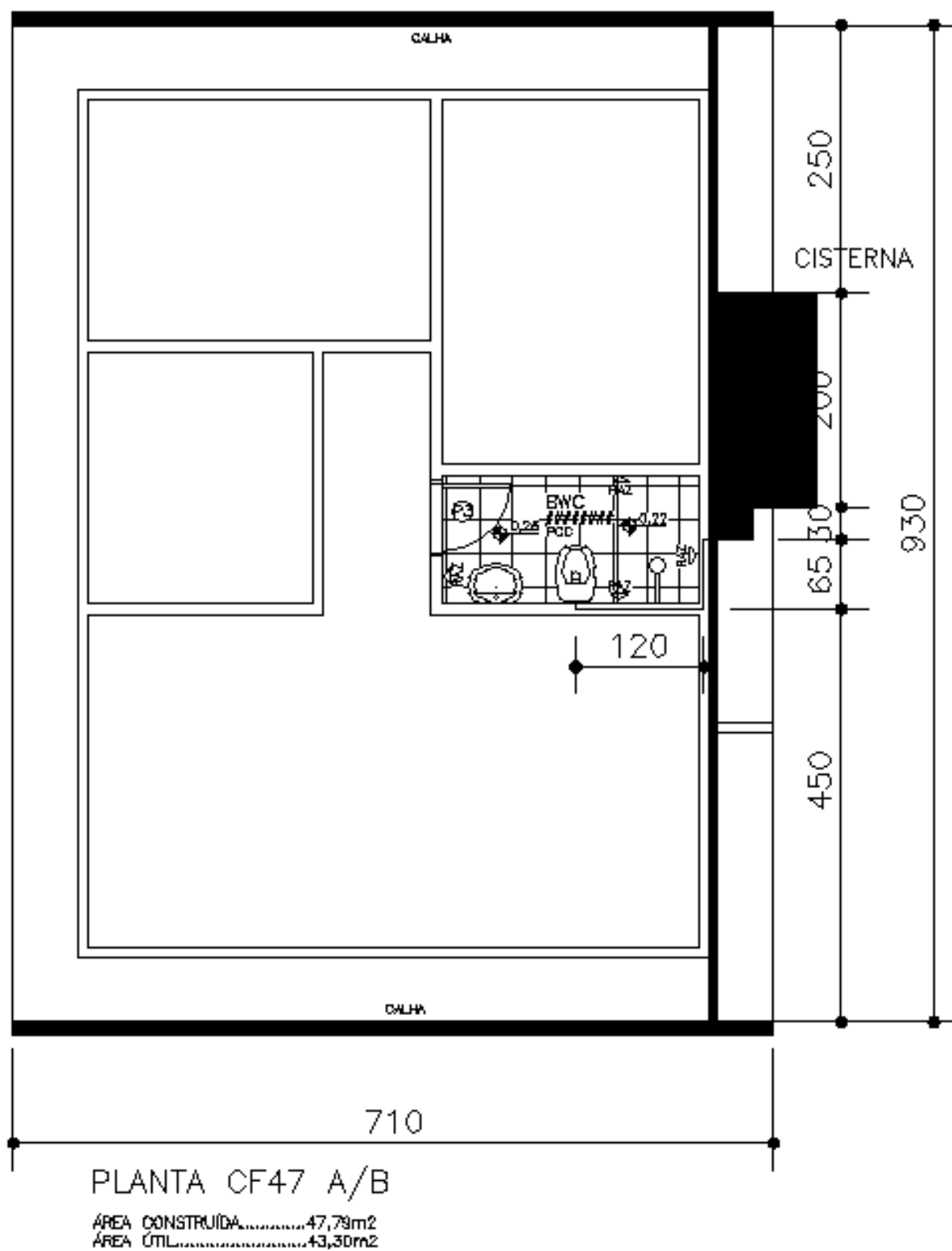
WAGNER, F. **Como o Aproveitamento da Chuva é Visto em Outros Países**, 2015.

Disponível em: <<http://rwengenharia.eng.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva-em-outros-paises/>> (01/11/2016).

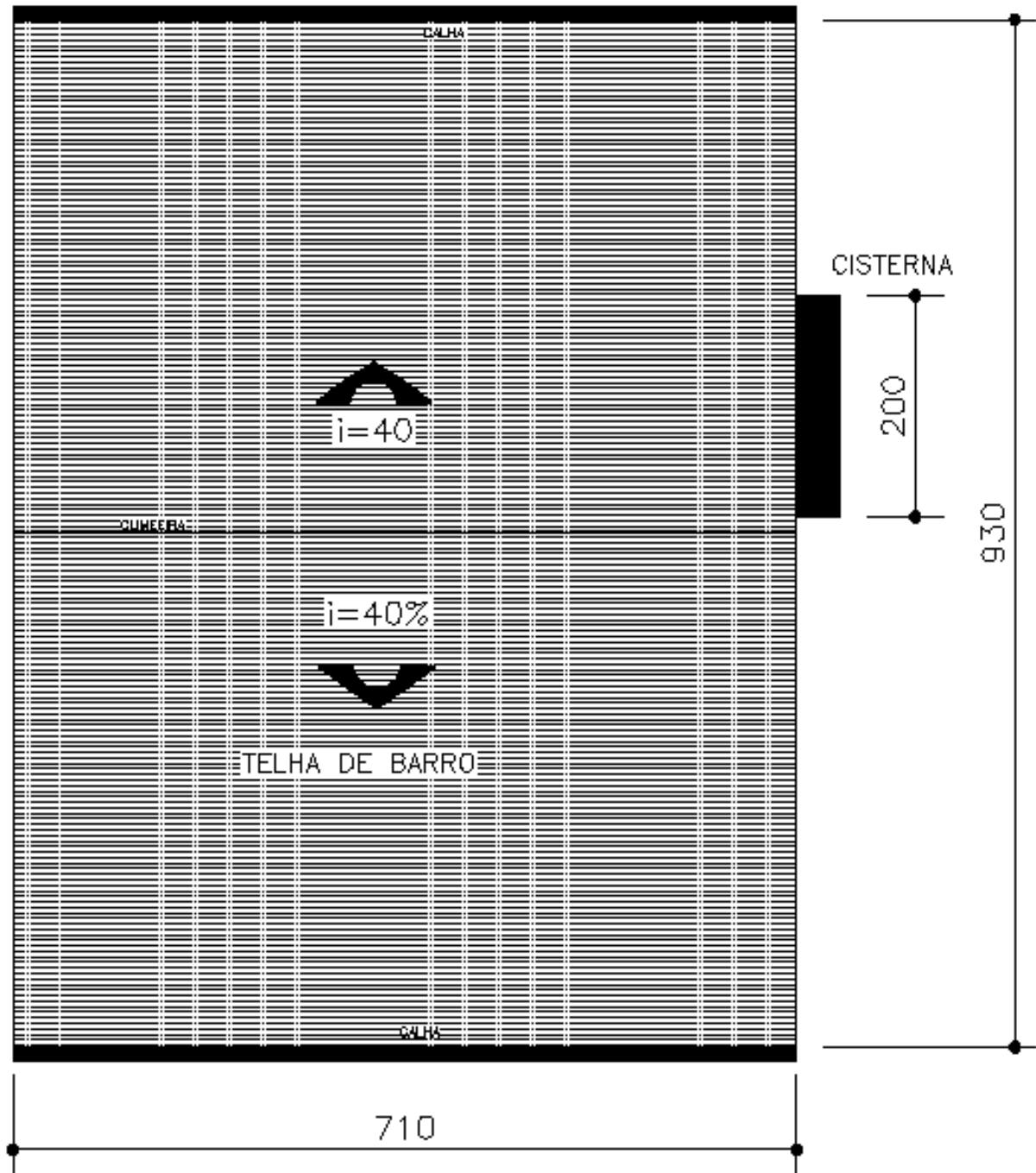
ZIONI, E. **A Importância da Água nas Edificações da Assistência à Saúde**, 2015.

Disponível em: <<http://blog.gbcbrasil.org.br/?p=689>> (Acesso em: 04/11/2016).

APÊNDICE A – PLANTA BAIXA DA EDIFICAÇÃO



APÊNDICE B – PLANTA DE COBERTURA DA EDIFICAÇÃO



PLANTA DE COBERTURA CF47 A

APÊNDICE C – VISTA LATERAL DA EDIFICAÇÃO