

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FRANCIELLE CARNOVALI CARDOSO

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
NO CONDOMÍNIO DONA LURDES PIACENTINI
EM CAMPO MOURÃO-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2018

FRANCIELLE CARNOVALI CARDOSO

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
NO CONDOMÍNIO DONA LURDES PIACENTINI
EM CAMPO MOURÃO-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

CAMPO MOURÃO

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

**ESTUDO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
NO CONDOMÍNIO DONA LURDES PIACENTINI
EM CAMPO MOURÃO-PR**

por

Francielle Carnovali Cardoso

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h00 do dia 12 de dezembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dra. Paula Cristina Souza

(UTFPR)

Prof. Dr. Eudes José Arantes

(UTFPR)

Prof. Dr. Helton Rogério Mazzer

(UTFPR)

Orientador

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenadora do Curso de Engenharia Civil:

Prof^a. Dra. Paula Cristina Souza

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho aos meus heróis, pai e mãe. Obrigada por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por me dar força, perseverança para continuar e me proporcionar muitos momentos felizes e pessoas maravilhosas ao meu redor.

Aos meus pais, Luzia e Julio, e ao meu irmão, Paulo Ricardo, pelo apoio, incentivo, carinho e dedicação.

A todos os meus amigos do Grupo e a todos que direta ou indiretamente, estiveram presentes no decorrer dessa fase da minha vida. Em especial, um agradecimento as amigas que estiveram ao meu lado por toda essa trajetória de estudos, Beatriz, Julia e Ana Paula, e aos amigos que se tornaram tão especiais algum tempo depois de caminhada, Renan, Giorgie e Ana Carla.

Agradeço a Magali pelo auxílio na formatação deste trabalho e ao professor Dr. Helton Rogério Mazzer, pela orientação neste período de estudo.

RESUMO

Tendo em vista o problema de escassez de recursos hídricos, e a compactação de solos em grandes cidades, causando impermeabilização do solo e causando colapso nas redes de drenagem urbana, é importante que se busque meios alternativos para abastecimento da população, e soluções para esses grandes centros. A captação e armazenagem da água de chuva é uma técnica simples e utilizada há séculos, principalmente para fins não potáveis. A estimativa do volume de água de chuva para aproveitamento está baseada nas áreas de captação e nos valores de precipitação atmosférica. O alvo deste trabalho é o condomínio residencial Dona Lurdes Piacentini, localizado em Campo Mourão-PR. Este condomínio sofre um problema no sistema de drenagem, que se encontra no mesmo nível da rede pública e não havendo declividade para escoamento, conseqüentemente, inunda parte do terreno. Tem-se como objetivo dimensionar um reservatório para captação da água de chuva, realizando um estudo para aproveitamento da água pluvial e estimar o potencial de economia de água tratada, visando reduzir o consumo doméstico para fins não potáveis. Realizou-se o levantamento do histórico de consumo medido pela Sanepar nos meses de abril a agosto de 2017. Foi possível estimar o uso final de água para lavagem do pátio e o consumo médio mensal do condomínio. Assim, com o presente trabalho, constatou-se que a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva irá solucionar a questão do sistema de drenagem, apresentando um período de retorno do investimento de 15 anos aproximadamente, o que o torna economicamente viável a longo prazo, além de ser uma técnica sustentável que reduzirá o consumo de água potável.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Água de chuva. Aproveitamento de água de chuva.

ABSTRACT

Due to the water shortage problem observed worldwide, it's important to seek alternative means to supply the population. The collection and storage of rainwater is a simple technique used for centuries, mostly for non-potable purposes. The estimation of rainwater volume for common use is based on catchment areas and atmospheric precipitation data. The objective of this work is the Dona Lurdes Piacentini residential area located at the city of Campo Mourão-PR. This residential area has a drainage system problem, which doesn't tolerate considerable amounts of rainfall in a short period of time, hence part of the land gets flooded. The aim of this project is to dimension a reservoir to collect rainwater and estimate the amount of treated water saved due to the creation of this reservoir. The collected water is going to be used for non-potable purposes. A Sanepar consumption data was consulted and analyzed throughout the months of April and August of 2017. The use of water for courtyard cleaning and mensal consumption were estimated. This project found that the implantation of a harvesting rainwater system will solve the drainage system problem and has a 15-year return period, approximately. The system is economic viable and is a sustainable technic which will decrease the treated water consumption.

Keywords: Water resources. Rain water. Use of rainwater.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Disponibilidade de água no mundo
- Figura 2 Consumo de água no mundo
- Figura 3 As 12 regiões hidrográficas brasileiras
- Figura 4 Etapas de captação de água de chuva
- Figura 5 Esquema de funcionamento de aproveitamento de água de chuva
- Figura 6 Esquema de captação de água de pisos
- Figura 7 Filtro de água de chuva para pisos
- Figura 8 Localização geográfica de Campo Mourão-PR
- Figura 9 Localização geográfica do condomínio em Campo Mourão-PR
- Figura 10 Fachada do condomínio Dona Lurdes Piacentini
- Figura 11 Cotas de nível na planta baixa do condomínio
- Figura 12 Declividade do terreno
- Figura 13 Canaleta principal ligada à rede pública
- Figura 14 Caixa de concreto ligada à rede pública
- Figura 15 Tubos PVC para escoamento de água pluvial
- Figura 16 Áreas de captação e descarte de água pluvial
- Figura 17 Dimensões da canaleta

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 Volume de água em circulação na terra - km³/ano (1km³ = 1 bilhão m³)
- Tabela 2 Produção hídrica do mundo por região
- Tabela 3 Relação entre a disponibilidade de água e a população em porcentagem
- Tabela 4 Produção hídrica de superfície da América do Sul
- Tabela 5 Distribuição dos recursos hídricos, da área superficial e da população (em % do total do país)
- Tabela 6 Consumo de água em algumas atividades domésticas no Brasil
- Tabela 7 Uso final de água tratada para consumo doméstico em um apartamento da Universidade de São Paulo
- Tabela 8 Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma residência da CDHU
- Tabela 9 Fatores de Correção, correspondente às inclinações
- Tabela 10 Coeficientes de rugosidade n de Manning
- Tabela 11 Coeficientes de runoff médios
- Tabela 12 Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl
- Tabela 13 Consumo de água no condomínio medido pela Sanepar
- Tabela 14 Precipitações na cidade de Campo Mourão no período de 2012 a 2016
- Tabela 15 Estimativas de áreas de superfícies do condomínio
- Tabela 16 Estimativas de áreas de superfícies de captação de água de chuva
- Tabela 17 Número de dias de cada mês sem precipitação em Campo Mourão-PR no período de 2012 a 2016
- Tabela 18 Resultados da aplicação do Método de Rippl
- Tabela 19 Tabela tarifária utilizada pela Sanepar para edificações residenciais
- Tabela 20 Resumo dos custos atualizados do consumo de água pelo condomínio
- Tabela 21 Resumo dos custos de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial
- Tabela 22 Tempo de retorno para investimento no sistema de captação de água pluvial

LISTA DE SIGLAS

INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Sanepar	Companhia de Saneamento do Paraná
ONU	Organização das Nações Unidas
Sabesp	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
IQA	Índice de Qualidade da Água

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Disponibilidade de Água no Cenário Mundial	15
3.2 O Consumo nos Diversos Setores	17
3.3 Água Doce no Brasil	19
3.4 Qualidade da Água	22
3.5 Usos Finais de Água	23
3.6 Aproveitamento de Água de Chuva	25
3.6.1 Aproveitamento de Água de Chuva em Nível Mundial	25
3.6.2 Aproveitamento de Água de Chuva no Brasil.....	25
3.6.3 Normas Para Aproveitamento De Água De Chuva	26
3.6.4 Qualidade da Água de Chuva	26
3.6.4.1 Qualidade da Água Antes de Atingir o Solo	26
3.6.4.2 Qualidade da Água após Escoar Sobre a Superfície de Captação	26
3.6.4.3 Qualidade da Água Dentro do Reservatório.....	27
3.6.4.4 Qualidade da Água no Ponto De Uso	27
3.6.5 Etapas de Melhoria da Qualidade da Água.....	27
3.6.6 Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas	28
3.6.7 Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva de Piso e Áreas Impermeabilizadas	29
3.6.8 Componentes Principais Para Coleta De Água Pluvial	31
4 METODOLOGIA	32
4.1 Considerações Iniciais	32
4.2 Objeto de Estudo	32
4.3 Levantamento de Dados	37
4.3.1 Levantamento de Dados de Consumo de Água Potável Realizados pela Sanepar.....	37
4.3.2 Índices Pluviométricos.....	38
4.3.3 Áreas de Captação.....	38
4.3.4 Medição da Vazão da Canaleta Principal.....	40
4.4 Estimativa de Usos Finais da Água Pluvial Coletada	43

4.5 Estimativa do Volume do Reservatório de Água de Chuva	44
4.5.1 Cálculo do Volume do Reservatório pelo Método Azevedo Netto	44
4.5.2 Cálculo do Volume do Reservatório pelo Método de Rippl	45
4.6 Análise Econômica	45
5 RESULTADOS	47
5.1 Considerações Iniciais	47
5.2 Levantamento de Dados	47
5.2.1 Consumo De Água do Condomínio Medido Pela Sanepar	47
5.2.2 Índices Pluviométricos.....	48
5.2.3 Áreas de Captação.....	49
5.2.4 Medição da Vazão da Canaleta Principal.....	51
5.3 Estimativas de Usos Finais da Água Pluvial Coletada	53
5.4 Estimativa do Volume do Reservatório de Água de Chuva	53
5.4.1 Método Azevedo Netto.....	54
5.4.2 Método de Rippl	55
5.5 Análise Econômica	56
6 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
APÊNDICE 1	62

1 INTRODUÇÃO

A água é a maior fonte de vida e um recurso natural limitado. É indispensável tanto à sobrevivência do ser humano quanto ao desenvolvimento nos mais diversos setores da sociedade. Sabe-se que apenas uma pequena parcela de água no planeta é considerada potável e que, por muitos anos, a população usufruiu desse bem de forma demasiada e não conscientizada em relação às futuras gerações. O grande crescimento populacional e as questões ambientais também foram um agravamento para despertar a discussão acerca do assunto, impulsionando a sociedade a repensar suas práticas em relação ao uso e conservação desse bem precioso.

A má distribuição de água doce no mundo é outro fator relevante. Estudos mostram que há regiões populosas que possuem pouca água, assim como há regiões com pouca população e água em abundância. Portanto, os recursos hídricos sofrem impactos tanto qualitativos quanto quantitativos, dessa forma surge a preocupação e busca por alternativas para amenizar esses impactos.

Atualmente, organizações buscam por alternativas de reaproveitar e economizar água, pois embora seja um recurso renovável, sua oferta não é suficiente para suprir a demanda atual. Sabe-se que pode ser considerado um recurso esgotável, devido esse *déficit* mundial que cresce com o passar dos anos. Desta forma, a necessidade de gerenciar esse recurso de forma consciente se tornou inadiável.

Diante do exposto, percebe-se a necessidade de racionalizar o uso de água potável, uma vez que esse recurso vem sendo empregado em serviços que não necessitam de sua potabilidade. Uma solução responsável para reduzir o consumo de água potável é o aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis, por ser uma técnica simples, que provoca pouco impacto ambiental e, na maior parte dos casos, é viável economicamente de se executar.

A água de chuva pode ser utilizada para fins não-potáveis, como lavagem de pátios e veículos, rega de jardins, descarga de bacia sanitária, bem como reserva para combate a incêndio, pois além de proporcionar significativa diminuição no consumo de água tratada, não requer muitos cuidados de purificação e filtragem. É vista também como uma prática ambiental responsável. Sua utilização na limpeza,

irrigação e outros serviços, permite racionalizar o uso de água potável disponível nas propriedades e gerar economia considerável para a população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como finalidade elaborar um estudo de implantação de um sistema de captação de água de chuva e aplicação do uso da água coletada para fins não-potáveis e verificar o potencial de economia de água tratada. O estudo foi estabelecido no condomínio residencial Dona Lurdes Piacentini em Campo Mourão-PR.

2.2 Objetivos Específicos

Para alcance do objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Levantar dados pluviométricos de Campo Mourão, fornecidos através do site do INMET;
- Estimar o consumo de água do condomínio através de contas fornecidas pela companhia de água do estado, Sanepar;
- Determinar os fins para o aproveitamento, usos finais da água coletada;
- Estimar o volume ideal do reservatório de água pluvial;
- Estimar o potencial de economia de água potável, através do uso de água pluvial;
- Analisar a viabilidade econômica para implantação do sistema.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste ponto, faz-se uma abordagem de assuntos pertinentes para a realização deste trabalho.

3.1 Disponibilidade de Água no Cenário Mundial

A água é uma das substâncias essenciais à manutenção da vida no planeta. Todos os seres vivos necessitam de água para sobreviver. No entanto, apesar de existir grande quantidade desse bem no mundo, não há uma divisão uniforme desse recurso para a população mundial. É sabido que, mesmo sendo um bem renovável, é necessário que esse recurso seja utilizado de forma racional, para garantir qualidade e quantidade às futuras gerações.

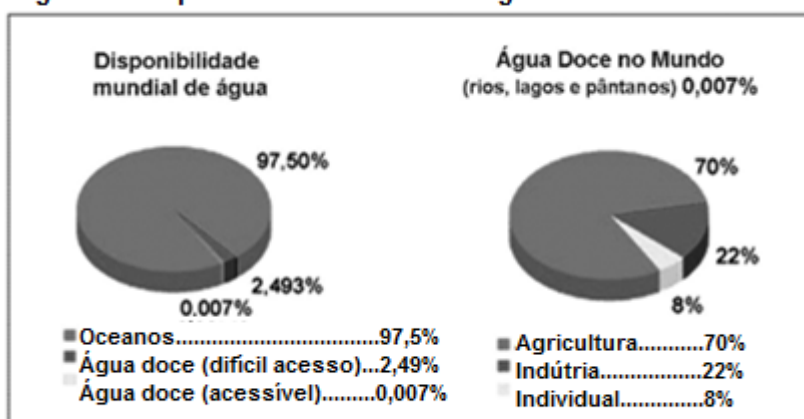
A Unesco (2018) afirma que:

Dois terços da população mundial atualmente vivem em áreas que passam pela escassez de água por, pelo menos, um mês ao ano. Cerca de 500 milhões de pessoas vivem em áreas onde o consumo de água excede os recursos hídricos localmente renováveis [...]

Segundo Tomaz (2003), de toda água no mundo, 97,5% dela é salgada. Portanto, tem-se apenas 2,5% de água doce no planeta. Ainda assim, desta pequena porcentagem de água doce, apenas uma parcela de 0,266% está disponível para abastecimento humano (em lagos, rios e reservatórios). O restante encontra-se em geleiras, calotas polares, ou em lençóis subterrâneos muito profundos.

O desenvolvimento econômico e o crescimento populacional têm aumentado significativamente a demanda de recursos hídricos. A Figura 1 mostra que a maior parcela de água está localizada nos oceanos, como mencionado por Tomaz (2003). Encontra-se apenas 0,007% de água doce acessível em todo o planeta.

Figura 1 - Disponibilidade mundial e água doce no mundo



Fonte: Mancuso, 2003

A Tabela 1 fornece dados do volume de água em circulação no planeta. Telles et al (2010) afirmam que, embora o planeta seja formado predominantemente por água, apenas uma mínima fração desse volume é ocupada pela água doce, sendo o restante constituído de água salgada.

Tabela 1 - Volume de água em circulação na terra - km³/ano (1km³ = 1 bilhão m³)

Precipitação nos oceanos	458.000
Precipitação nos continentes	119.000
Descarga total dos rios	43.000
Volume vapor atmosférico	13.000
Evaporação dos oceanos	503.000
Evaporação dos continentes	704.200
Contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios	43.000

Fonte: Telles et al 2010 apud Rebouças, 1999

A Tabela 2 fornece dados de volume de água no planeta. Observa-se que a América do Sul representa 23,1% da produção hídrica mundial, isso significa a segunda maior vazão hídrica em escala mundial (TOMAZ, 2003).

Tabela 2 - Produção hídrica do mundo por região

Regiões do Mundo	Vazão Média (m³/s)	Porcentagem (%)
Ásia	458.000	31,6
América do Sul	334.000	23,1
América do Norte	260.000	18,0
África	145.000	10,0
Europa	102.000	7,0
Antártida	73.000	5,0
Oceania	65.000	4,5
Austrália e Tasmânia	11.000	0,8
Total	1.448.000	100

Fonte: Tomaz 2003

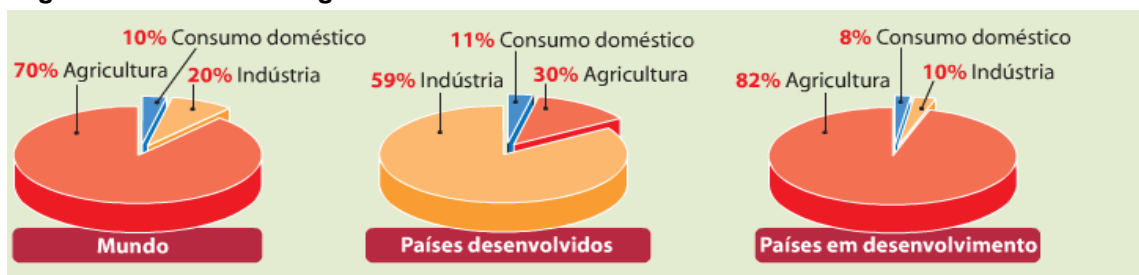
3.2 O Consumo nos Diversos Setores

A irrigação é o maior uso na escala planetária, utilizando 70% da água; seguido pela indústria, que utiliza 20%, e pelo abastecimento urbano, 10%. Atualmente, o volume demandado pela irrigação no planeta é 2.660 km³/ano enquanto os rios têm um volume de água estocado de 2.000 km³ e uma vazão de 45.000 km³/ano (OKI e KANAE, 2006).

A Figura 2 ressalta a disponibilidade de água em nível mundial. A porcentagem utilizada nos três principais setores, sendo agricultura, indústria e setor de consumo individual. Percebe-se que a agricultura é o setor que mais consome água doce no mundo, seguido da indústria. O setor de consumo doméstico utiliza

cerca de 8% de água doce. Mesmo sendo um número pequeno comparado aos outros serviços, sabe-se que é de extrema importância o uso de maneira racional.

Figura 2: Consumo de água no mundo



Fonte: Telles et al 2010 apud Unesco, 2003

Segundo Azevedo Netto et al (1973):

Condições humanas não são concebíveis na habitação sem água suficiente para a limpeza e lavagens domésticas, para o uso dos aparelhos sanitários, particularmente para as descargas da bacia sanitária. Importa em consumo superior a 25 litros por habitante por dia, atingindo mais do triplo desse valor se for incluída a irrigação de jardins e limpeza de automóvel.

Azevedo Netto et al (1973) afirmam que além de ser primordial para a sobrevivência humana, propiciando funções importantes em relação à saúde, a água significa desenvolvimento econômico de uma nação, que vai desde necessidades básicas de um ambiente até o lazer. A real importância desse bem, muitas vezes é negligenciada até que se sinta sua falta em um ambiente. Os autores destacam também que, para que haja crescimento e desenvolvimento de indústrias, é necessário ter água em abundância, pois esta é primordial nos mais diversos processos.

A água vem sendo utilizada em maiores proporções, devido o crescimento demográfico associado às mais diversas atividades. A questão é que tais atividades cobram seu preço tanto quantitativa quanto qualitativamente, pois em regiões de grande desenvolvimento industrial e agrícola, a demanda de água é elevada e influencia no progresso do serviço. É sugerido então, que sejam implantadas políticas adequadas de gestão desse recurso (MANCUSO E SANTOS, 2003).

A demanda de água urbana e agrícola são influenciadas pela temperatura e outras variáveis meteorológicas. Desta forma as mudanças climáticas afetam os recursos hídricos em sua oferta e demanda. A Unesco (2016) afirma que 7% da

população mundial ficará com menor acesso aos recursos hídricos, devido o aumento da temperatura global.

Apesar de uma pequena parcela de água do mundo estar sempre se transformando em água doce, por meio dos processos de evaporação e precipitação, esta quantidade não é suficiente para manter o equilíbrio entre a demanda e a oferta. Em muitas regiões do mundo, os recursos hídricos já não são suficientes para abastecer a demanda populacional local. (MANCUSO E SANTOS, 2003 apud Sandra Postel 1999).

A questão da escassez da água mundial tem relação com a organização populacional e a distribuição dos recursos hídricos. Constata-se que os recursos hídricos estão mal distribuídos por todo o planeta (TELLES et al, 2010).

A Tabela 3 fornece a relação entre a disponibilidade de água e a população em porcentagem. Percebe-se que a porcentagem de água na Ásia é insatisfatória, pois há mais da metade da população mundial localizada no continente asiático para apenas 36% dos recursos hídricos mundiais (TELLES apud UNESCO, 2004). Portanto, observa-se que no mundo existe uma distribuição desigual de água potável. O acesso da maior parcela desta água abrange uma pequena parte da população mundial.

Tabela 3 - Relação entre a disponibilidade de água e a população em porcentagem

Continentes	Água (%)	População (%)
América do Norte e Central	15	8
América do Sul	26	6
Europa	8	13
África	11	13
Ásia	36	60
Austrália e Oceania	5	1

Fonte: Unesco, 2004

3.3 Água Doce no Brasil

O Brasil dispõe de 13% da água doce disponível no planeta. Mesmo sendo um montante considerável, sabe-se que esta água não está distribuída

uniformemente por todas as regiões, pois 81% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde se encontra a menor demanda deste recurso e o menor contingente populacional, cerca de 5% da população brasileira. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que concentram 45,5% da população do País, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2018).

Mancuso e Santos (2003) afirmam que "Pelo menos 8% da reserva mundial de água doce está no Brasil, sendo que 80% destes encontram-se na Região Amazônica e os restantes 20% concentram-se nas regiões onde vivem 95% da população brasileira".

Observa-se na Tabela 4 que o Brasil tem destaque mundial em relação a produção hídrica, em conjunto com a Amazônia internacional, representa 53% da produção de água doce do continente Sul-Americano (334.000m³/s) e 12% da totalidade mundial (1.448.000 m³/s) (TELLES et al., 2010).

Tabela 4 - Produção hídrica de superfície da América do Sul

América do Sul	Vazão Média (m³/s)	Porcentagem (%)
Brasil	177.900	53
Outros países	156.100	47
Total	334.000	100

Fonte: Tomaz, 2003

Conforme a Figura 3, o Brasil é dividido em 12 regiões hidrográficas, sendo quatro delas consideradas as principais: Amazônica, Prata ou Platina, São Francisco e Tocantins.

Figura 3 - As 12 Regiões Hidrográficas Brasileiras



Fonte: ANA, 2003

A Tabela 5 apresenta a disponibilidade hídrica dividida nas cinco regiões do país. É evidenciada uma má distribuição de recursos hídricos no país, pois em regiões com elevada densidade demográfica, encontra-se menor quantidade recursos hídricos, como por exemplo, a região Sudeste que tem pouco mais de 40% de população do país e apenas 6% de recursos hídricos.

Observa-se que a região Norte apresenta maior área e vazão, porém tem uma das menores porcentagens populacionais do país, enquanto a região sudeste tem a maior quantidade de pessoas em um valor de vazão relativamente baixo comparado às outras regiões.

Tabela 5 - Distribuição dos recursos hídricos, da área superficial e da população (em % do total do país)

Região	Recursos hídricos	Superfície	População
Norte	68,5	45,3	6,98
Centro-Oeste	15,7	18,8	6,41
Sul	6,5	6,8	15,05
Sudeste	6	10,8	42,65
Nordeste	3,3	18,3	28,91
Total	100	100	100

Fonte: Uniágua, 2006

A Tabela 6 fornece dados de consumo de algumas atividades domésticas no Brasil. Percebe-se que as atividades realizadas em apartamento consomem maior quantidade de água. Isso se dá, porque segundo a Sabesp (2014) a pressão para transportar a água aos pontos de consumo é maior que a pressão em uma casa, portanto o fluxo de água é maior.

Tabela 6 - Consumo de água em algumas atividades domésticas no Brasil

Atividade	Tempo	Consumo
Banho (registro 1/2 aberto)	15 min (ducha)	135L (casa) 243L (apartamento)
	5 min (ducha)	45L (casa) 81L (apartamento)
	15 min (chuveiro)	45L (casa) 144 (apartamento)
	5 min (chuveiro)	15L (casa) 48L (apartamento)
Escovar os dentes	5 min (torneira aberta)	12L (casa) 80L (apartamento)
	Torneira fechada	0,5L (casa) 1,0L (apartamento)
Lavar o rosto	5 min (torneira aberta)	2,5L
Fazer barba	5 min (torneira aberta)	12L
Bacia sanitária	Válvula (acionamento 6 segundos)	10L
Lavar louça Torneira 1/2 aberta	15 min.	117L (casa)
		243L (apartamento)
Lavar roupa	15 min. (tanque com torneira aberta)	279L
	Máquina (5kg)	135L
Rega de jardim	19 min. (mangueira normal)	186L
	19 min. (esguicho revólver)	96L

Fonte: Sabesp, 2006

3.4 Qualidade da Água

A norma brasileira de aproveitamento de água pluvial NBR 15527:2007 determina alguns parâmetros de qualidade da água para usos não potáveis. Conforme Quadro 1, observam-se os parâmetros de qualidade.

Tabela 7 – Parâmetros de qualidade de água de chuva para usos não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência de 100mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência de 100mL
Cloro residual livre	Mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	Mensal	<2,0 uT, para usos menos restritivos <5,0uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes da sua utilização)	Mensal	<15uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	Mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado

NOTA Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.

Fonte: ABNT NBR 15527:2007

3.5 Usos Finais de Água

A água é um recurso empregado em diversos tipos de serviços, como por exemplo, em usos domésticos, tanto para consumo quanto para lavagem e limpeza. Tem extrema importância no setor industrial, para vários tipos de processos. No setor agrícola principalmente para irrigação. Além disso, serve para navegação e lazer da população, bem como fonte de geração de energia.

As Tabela 7 e 8 dispõem de dados de usos finais para consumo doméstico em um apartamento e uma residência da Companhia de Desenvolvimento Habitacional Urbano (CDHU), respectivamente.

A análise da Tabela 7 indica um consumo de 44% de água para fins não potáveis em um apartamento, enquanto a Tabela 8 aponta apenas 19% para uma residência de baixo padrão. Esses dados mostram que o consumo de água para fins não potáveis é significativo nas duas situações. Observa-se que o consumo está

diretamente ligado ao nível social da população, quanto maior o nível socioeconômico, maior a demanda e consumo de água.

Tabela 7 - Uso final de água tratada para consumo doméstico em um apartamento da Universidade de São Paulo

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia sanitária	29
Chuveiro	28

Tabela 7 - Uso final de água tratada para consumo doméstico em um apartamento da Universidade de São Paulo

Ponto de consumo	Uso final (%)
Lavatório	6
Pia de cozinha	17
Máquina de lavar louça	5
Tanque*	6
Máquina de lavar roupa	9
Total	100
*Total não potável	44

Fonte: Deca, 2005

Tabela 8 - Uso final de água tratada para consumo doméstico em uma residência da CDHU

Ponto de consumo	Uso final (%)
Bacia sanitária	5
Chuveiro	54

Lavatório	7
Pia de cozinha	17
Máquina de lavar louça	5
Tanque*	10
Máquina de lavar roupa	4
Total	100
<hr/>	
*Total não potável	19
<hr/>	

Fonte: Deca, 2005

3.6 Aproveitamento de Água de Chuva

Neste tópico, aborda-se tópicos referentes à coleta, armazenamento e aproveitamento de água pluvial.

3.6.1 Aproveitamento de Água de Chuva em Nível Mundial

Registros históricos indicam que a água da chuva já é utilizada pela humanidade há milhares de anos. Países industrializados, como Japão e Alemanha, estão comprometidos com a questão de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis. Outros países, como Estados Unidos, Austrália e Singapura também realizam estudos nesta área (TOMAZ, 2003).

A captação e utilização da água de chuva contribuem no uso racional e também auxiliam a minimizar os problemas da chuva em relação à drenagem urbana, pois em grandes regiões impermeabilizadas é importante se evitar possíveis inundações (Fernandes et al 2007 apud Canholi 1995).

3.6.2 Aproveitamento de Água de Chuva no Brasil

Nos últimos três anos, o Brasil construiu mais de 100 mil cisternas, capazes de armazenar cerca de 1,5 bilhões de litros de água, na região do semi-árido brasileiro. A intenção das pessoas envolvidas nesse projeto é construir 1 milhão de cisternas até o ano de 2010 (MONTÓIA, 2008).

3.6.3 Normas Para Aproveitamento De Água De Chuva

O aproveitamento de água pluvial é uma questão que se desenrola há muitos anos. No entanto, foi só a partir 1982 que Associações Internacionais começaram a realizar congressos a cada dois anos.

Telles et al (2010) afirmam que "Não se tem conhecimento de normas específicas para aproveitamento de água de chuva no Brasil, mesmo já existindo diversas experiências práticas, em vários lugares do Brasil e do mundo".

Encontram-se no Código Sanitário do Estado de São Paulo dois artigos que se referem a água pluvial. O Artigo 12, item III destaca que águas provenientes de outros abastecimentos não devem ser misturadas às ligações públicas. O Artigo 19 determina que é proibido fazer ligação direta ou indireta entre a água pluvial e a tubulação de esgoto nos ramais prediais.

3.6.4 Qualidade da Água de Chuva

Tomaz (2003) descreve a qualidade da água de chuva em quatro etapas, que serão explicadas em seguida. A primeira é antes de atingir o solo, posteriormente após escorrer pela superfície de captação, dentro do reservatório e por fim, no ponto de uso.

3.6.4.1 Qualidade da Água Antes de Atingir o Solo

Sabe-se que a água de chuva é composta de acordo com a situação geográfica do local onde ocorre este fenômeno, tendo como alguns fatores a sua intensidade, duração, estação do ano, etc. Em áreas urbanizadas e pólos industriais, a água retém certa quantidade de poluentes do ar. Em locais próximos ao oceano, ela contém quantidades de elementos como sódio, potássio, magnésio, cloro e cálcio semelhantes às encontradas na água do mar (TOMAZ, 2003).

3.6.4.2 Qualidade da Água após Escoar Sobre a Superfície de Captação

A água sofre contaminação ao escorrer pelas superfícies impermeabilizadas, pois ali se encontram vários tipos de detritos como folhas, fezes de animais, poeira, etc. Bactérias e parasitas provenientes de fezes de animais podem contaminar a água, por isso é importante que esta primeira água coletada seja desprezada. Elementos químicos que compõem a superfície impermeável também podem ser transportados (TOMAZ, 2003).

O volume de água de descarte inicial, denominado *first flush*, depende do tipo de material do telhado e do nível de contaminação. Como regra, Terry (2001) aconselha que os primeiros 1mm a 2mm de chuva devem ser desprezados, pois possuem considerável quantidade de bactérias..

3.6.4.3 Qualidade da Água Dentro do Reservatório

É provável que a chuva transporte partículas sólidas, e que irão decantar dentro do reservatório e formar uma camada de lodo no fundo. A água de chuva não pode ser utilizada para fins potáveis, pois os organismos transportados pela chuva se proliferarão dentro do reservatório, podendo provocar diarreias a população que consumir a água (TOMAZ, 2003).

Por isso é importante tomar cuidados como, bloquear a entrada de luz solar no reservatório, a fim de evitar o crescimento de algas e gradear a saída do extravasor para impedir a entrada de pequenos animais. O reservatório enterrado deverá ser limpo uma vez ao ano, para remoção da lama depositada ao fundo, este fundo que precisa ter uma declividade para facilitar a limpeza. Caso haja suspeita de contaminação da água, deve-se acrescentar água sanitária (TOMAZ, 2003)

Orienta-se que o reservatório esteja afastado de 10m a 15m de qualquer fonte de contaminação, como fossa séptica.

3.6.4.4 Qualidade da Água no Ponto De Uso

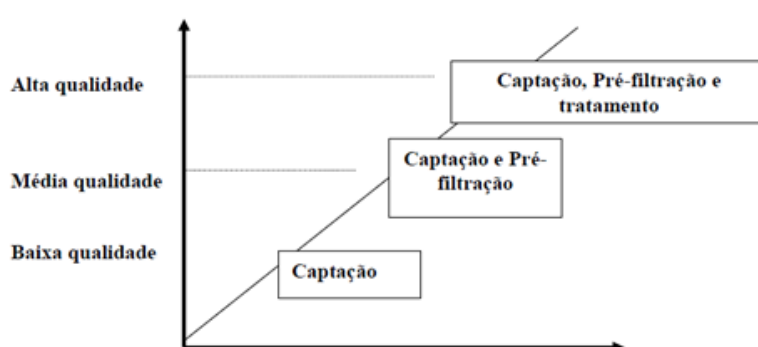
De maneira geral, a água não pode apresentar coloração e odor desagradáveis, o pH deve estar entre 5,8 a 8,6, cloro residual $\leq 0,5\text{mg/L}$, Coliformes totais $\leq 1000/100\text{mL}$ e Sólidos em suspensão (SS) $\leq 30\text{mg/L}$ (TOMAZ, 2003).

3.6.5 Etapas de Melhoria da Qualidade da Água

De acordo com Tomaz (2003), a captação de água de chuva pode ser realizada em três processos, como mostra a Figura 4. Dependendo da destinação da água captada, pode ser que apenas a captação seja suficiente, sem exigência de qualquer tratamento, no caso de rega de jardim por exemplo.

Deve-se executar a filtração ou até mesmo o tratamento para melhoria de sua qualidade de acordo com o uso final da água.

Figura 4 - Etapas de captação de água de chuva

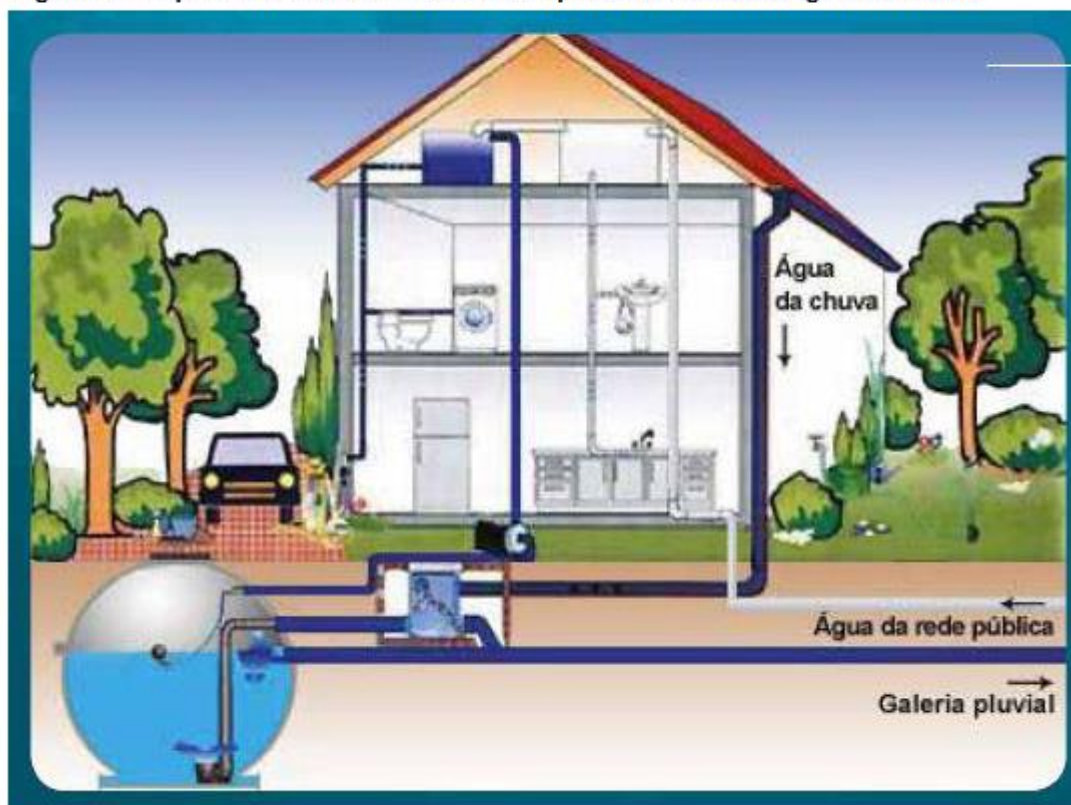


Fonte: Tomaz, 2003

3.6.6 Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas

A Figura 5 esquematiza um sistema de coleta de água pluvial em uma residência. O sistema é composto basicamente por um reservatório (subterrâneo ou não) ligado à uma superfície de captação e filtro de limpeza.

Figura 5 - Esquema de funcionamento de aproveitamento de água de chuva

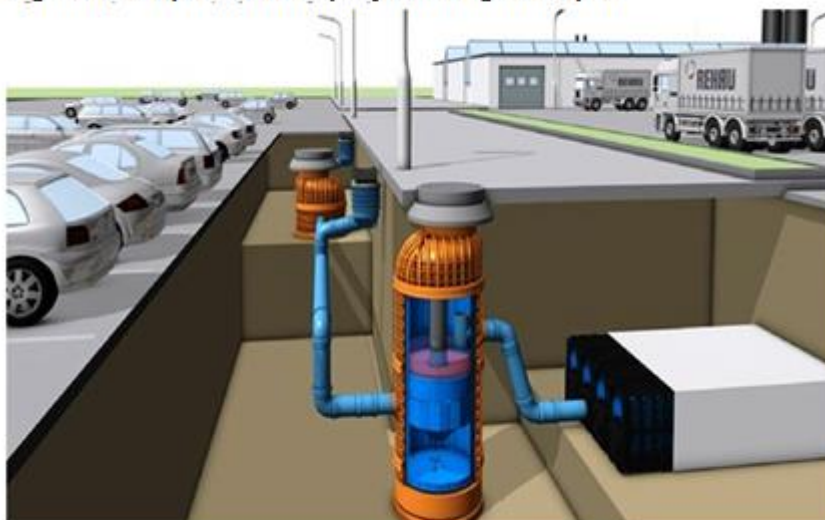


Fonte: Eco Racional 2009

3.6.7 Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva de Piso e Áreas Impermeabilizadas

A Figura 6 demonstra um sistema de captação de água de pisos e áreas pavimentadas. Sabe-se que estas superfícies possuem maior quantidade de detritos e poluentes comparadas às coberturas de telhado, e que conseqüentemente, diminuem consideravelmente a qualidade da água.

Figura 6 - Esquema de captação de água de piso

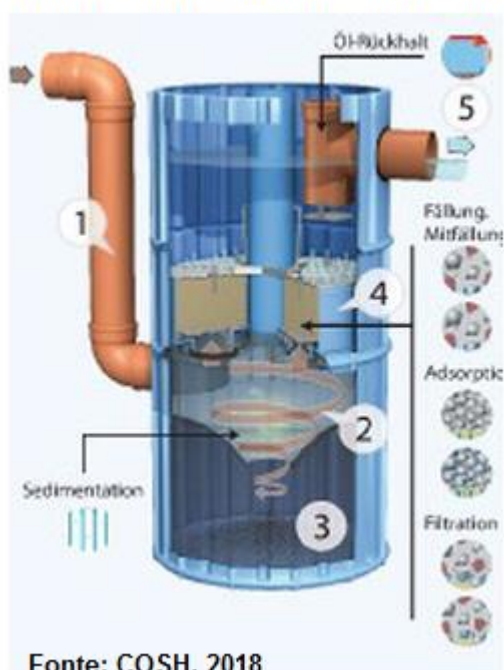


Fonte: COSH, 2018

Portanto, deve-se obter um tratamento adequado para essa água. A Figura 7 esquematiza o filtro de captação de áreas de pisos. Segundo COSH (2018), o sistema passa por quatro processos que ao final possibilitam o aproveitamento da água para fins não potáveis.

Segundo COSH (2018), a água passa pelos processos de sedimentação, absorção, filtração e precipitação química.

Figura 7 - Filtro de água de chuva para pisos



Fonte: COSH, 2018

3.6.8 Componentes Principais Para Coleta De Água Pluvial

Segundo Tomaz (2003), os principais elementos para captação de água pluvial são os seguintes:

Área de captação: Os telhados são as principais superfícies de captação de água de chuva. Podem ser compostos telhados de cerâmica, fibrocimento, zinco e etc., estarem inclinados ou não. Em áreas urbanizadas, normalmente o reservatório é subterrâneo, pois nesses locais, o solo impermeabilizado também é considerado uma superfície de captação de água.

Calhas e condutores: São utilizados para o transporte/escoamento da água coletada, podendo ser metálicos ou de PVC.

Peneira: É um dispositivo colocado para reter impurezas e materiais em suspensão.

Reservatório: É o local onde a água captada fica armazenada. Pode ser feito de concreto armado, alvenaria, poliéster, etc. e estar apoiado, elevado ou enterrado.

Extravasor: Dispositivo de grande importância, para evitar que a cisterna transborde.

4 METODOLOGIA

Nesta seção, faz-se uma estruturação de como foi realizado o estudo em questão, através de pesquisas e coleta de dados.

4.1 Considerações Iniciais

A seção anterior destaca como os recursos hídricos vêm sendo degradados de diferentes formas, principalmente pelo seu uso irracional, desperdício e poluição. Percebe-se então, que é de extrema importância a elaboração de projetos sustentáveis que visam o uso responsável, preservação e manutenção desses recursos hídricos.

Para o dimensionamento de um sistema de captação de água de chuva e verificação do potencial de economia gerada, a metodologia compreende as seguintes etapas: descrição do objeto de estudo, levantamento de dados de consumo de água, levantamento de dados pluviométricos da região, determinação de áreas de captação e descarte, dimensionamento do reservatório para aproveitamento de água pluvial e análise da viabilidade de implantação do sistema.

4.2 Objeto de Estudo

O estudo foi realizado no município de Campo Mourão, situado no estado do Paraná. A cidade possui área territorial de 87.194km² (Fonte: IBGE 2015) e clima subtropical mesotérmico com concentração de chuva no período de verão. Na Figura 8 observa-se a localização geográfica de Campo Mourão.

Figura 8 - Localização geográfica de Campo Mourão - PR



Fonte: Wikipédia 2018

A obra em estudo é o Condomínio Residencial Dona Lurdes Piacentini, situado na Avenida José Tadeu Nunes, 359 - Jardim Isabel, Campo Mourão - PR. A Figura 9 mostra a localização do condomínio. Este condomínio, inaugurado em 2012, possui 5 blocos de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar, 1 vaga de garagem por apartamento. Sendo assim, cada bloco possui um total de 16 apartamentos. O condomínio todo é composto por 80 apartamentos. Sua fachada principal está apresentada na Figura 10.

Figura 9 - Localização geográfica do condomínio em Campo Mourão - PR



Fonte: Google Maps 2018

Figura 10 - Fachada do condomínio Dona Lurdes Piacentini



Fonte: Autoria própria

Nota-se que o condomínio está em desnível, conforme as cotas de níveis na planta baixa demonstrada na Figura 11, variando da cota maior localizada próxima ao bloco A até a cota zero situada no bloco E.

Analisando a planta baixa, constatou-se que alguns segmentos não tinham cotas de nível, entretanto, segundo informações do síndico, a região abaixo do bloco E possui cota um pouco abaixo do nível da rua.

Figura 11 - Cotas de nível na planta baixa



Fonte: Autoria própria

As garagens com cobertura de telhas de fibrocimento foram construídas próximas aos blocos, acompanhando a declividade do terreno, conforme Figura 12.

Figura 12- Desnível no terreno



Fonte: Autoria própria

Observa-se também na Figura 12 o desnível que o terreno possui, que varia da cota superior, próxima a entrada do condomínio, até a cota inferior, nos fundos do mesmo, onde é localizada a canaleta de esgoto para a rede pública (Figura 13). As telhas utilizadas na cobertura dos prédios são de cerâmica. Já as garagens e quadra poliesportiva possuem telhas de fibrocimento. O piso de todo o pátio é composto por paver de concreto. Há pequenas áreas de grama.

Estes detalhes estão especificados na planta baixo do condomínio localizada no Apêndice 1 deste trabalho. Tanto nas garagens quanto nas edificações, não existe nenhum sistema de calhas que faça a captação da água de chuva. Para coleta da água pluvial, o condomínio possui canaletas distribuídas por todo o terreno, que são conectadas a uma canaleta principal, localizada na cota inferior do terreno. A água que cai na cobertura e piso é drenada pela canaleta principal e lançada à rede pública de coleta.

Figura 13 - Canaleta principal ligada à rede pública



Fonte: Autoria própria

A Figura 14 mostra a caixa de concreto onde toda a água do condomínio é despejada, através da canaleta principal. Nota-se que a mesma se encontra carente de limpeza e com muitos detritos, os quais provavelmente dificultam a passagem da água. Percebe-se que o fundo da caixa de concreto possui trincas consideráveis, o que provoca fuga da água para o solo.

Figura 14 - Caixa de concreto ligada à rede pública



Fonte: Autoria própria

A Figura 15 mostra dez tubos de PVC ligados a caixa de saída à rede pública. Por meio de visita ao local e informação do síndico do condomínio, nota-se que o nível da rua se encontra no mesmo nível da caixa de saída de água, portanto não há declividade suficiente para o escoamento natural. Então, parte da água infiltra no solo por meio das trincas na caixa de saída e, quando o solo satura, a água não tem por onde escoar e acarreta na inundação de parte do condomínio.

Figura 15 - Tubos PVC para escoamento da água pluvial



Fonte: Autorial própria

4.3 Levantamento de Dados

É importante que seja feita uma série de levantamentos de dados para se obter resultados satisfatórios. Os levantamentos foram realizados por meio de acesso a contas de consumo de água, dados pluviométricos da região, planta baixa do condomínio para determinação das áreas de captação e áreas de descarte, medidas das canaletas existentes para obtenção da vazão nas mesmas, etc.

4.3.1 Levantamento de Dados de Consumo de Água Potável Realizados pela Sanepar

O consumo total de água foi disponibilizado pelo escritório Renome, administrador do residencial. As faturas de cobrança emitidas pela companhia de

fornecimento de água do estado Sanepar, estavam computadas e arquivadas em pastas. Escolheu-se o período de medição de Abril de 2017 até Agosto de 2017, devido à facilidade de obtenção desses dados. O condomínio possui dois hidrômetros, para o total de cinco blocos, portanto não é possível diferenciar o consumo individual de cada bloco.

Para o estudo em questão, os dados mensais de consumo total foram considerados para estimar a economia gerada de água potável através do aproveitamento de água pluvial.

4.3.2 Índices Pluviométricos

As precipitações pluviométricas foram coletadas pelo site do INMET, na estação da cidade de Campo Mourão-PR. Os dados fornecidos pelo instituto foram de Janeiro de 2012 a Dezembro de 2016.

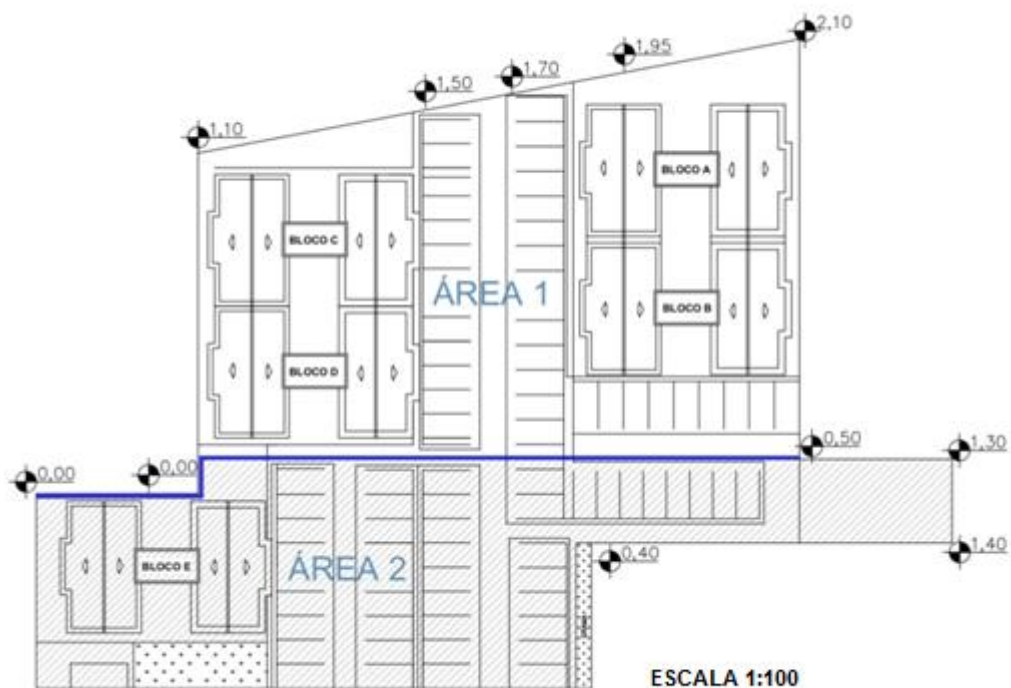
4.3.3 Áreas de Captação

Para estimar o volume do reservatório de água de chuva, foi realizado o levantamento das áreas de piso e cobertura de parte do terreno. Para isso fez-se necessário a planta baixa do condomínio cedida pelo Corpo de Bombeiros da cidade.

A Figura 16 determina duas áreas, sendo a área 1 designada apenas para descarte e a área 2 considerada para captação da água pluvial. A linha em azul evidencia um sistema para drenar toda a água que cai sobre a área 1.

Foram levantadas as áreas dos telhados e pisos como superfícies de captação. Deve-se lembrar que a área do telhado deve ser da cobertura inclinada, portanto para os cálculos, utilizou-se a Equação 1 e Equação 2.

Figura 16 - Áreas de captação e descarte de água pluvial



Fonte: Autoria própria

- Inclinação da cobertura:

$$I_A(\%) = \left(\frac{h}{A}\right) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

h = altura (m)

A = largura ou vão (m)

- A área de projeção horizontal (m²)

$$\text{Área} = A \cdot C \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

A = Largura ou vão (m)

C = Comprimento (m)

Para encontrar a área do plano do telhado inclinado, multiplica-se a área de projeção horizontal pelo fator de correção, conforme a Tabela 9.

Tabela 9 - Fatores de Correção, correspondente às inclinações

Inclinação do telhado (%)	Fator de Correção (F.C.)
30	1,044
35	1,059
40	1,077
45	1,097
50	1,118
55	1,141
60	1,166

Fonte: TCPO. Tabela de Composições de Preços para Orçamento. Editora PINI, São Paulo 13. Ed. 2008

A cobertura do estacionamento e do ginásio é de telha de fibrocimento, com inclinação de 15% para escoamento da água. O piso de todo o pátio é composto de paver de concreto. Existem algumas pequenas áreas de grama. Todos estes detalhes que estão especificados na planta baixa no Apêndice I.

Através de informações obtidas pelo síndico do condomínio, constatou-se que não existe atualmente, e também nunca foi utilizado, nenhum tipo de sistema de aproveitamento de água pluvial no residencial.

4.3.4 Medição da Vazão da Canaleta Principal

Observou-se que toda a água do condomínio escoava para a uma canaleta principal, situada na cota mais baixa do terreno. Portanto, calculou-se a vazão máxima suportada pela mesma. Para a obtenção da vazão, além da coleta das medidas da canaleta *in loco*, é necessário realizar os seguintes cálculos em relação à canaleta:

- Área molhada:

$$A = h \cdot b \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

h = altura da calha (m)

b = largura da seção transversal da calha (m)

- Perímetro molhado:

$$P = 2h + b \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

h = altura da calha (m)

b = largura da seção transversal da calha (m)

- Raio hidráulico:

$$R = A/P \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

P = perímetro molhado (m)

A = área molhada (m²)

Para a determinação da vazão na canaleta, utilizou-se a fórmula de Manning

- Vazão máxima:

$$Q = 60.000 \cdot \left(\frac{A}{n}\right) \cdot R_h^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

Q = vazão do projeto (L/min)

A = área molhada (m²)

P = perímetro molhado (m)

R = raio hidráulico (m)

n = coeficiente de rugosidade de Manning, conforme Tabela 8

S = declividade (m/m)

Para obtenção da vazão, é necessário ainda obter o coeficiente de rugosidade do material que compõe a canaleta, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Coeficientes de rugosidade n de Manning

Material	Coeficiente de rugosidade n de Manning
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 10.844/89

O cálculo da vazão máxima de pico no condomínio foi obtido através do Método Racional, descrito na Equação 7. Toda área do terreno foi considerada para o cálculo, pois o objetivo foi comparar a vazão máxima de pico com a vazão obtida pela canaleta principal.

$$Q = \frac{C.i.A}{360} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

Q = vazão máxima de pico (m³/s)

C = coeficiente de runoff, conforme Tabela 9

i = intensidade pluviométrica (mm/h)

A = área da bacia (ha)

A Tabela 11 fornece valores para o coeficiente de rugosidade conforme o tipo de material que compõe a superfície, necessário para o cálculo da vazão máxima de pico.

Tabela 11 – Coeficientes de runoff médios

Material	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: Tomaz, 2003

4.4 Estimativa de Usos Finais da Água Pluvial Coletada

Para realizar a estimativa de usos finais de água no residencial, foi necessário levantar apenas o valor de consumo de lavagem de pátio. As áreas de jardim não são significativas, portanto não foram consideradas no cálculo da demanda. .

Segue abaixo a Equação 8 que estima o consumo de água para lavagem do pátio:

$$D = A \cdot C \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde:

D é a demanda de água para a lavagem de piso do condomínio uma vez ao mês (m^3);

A é a área do pátio (m^2);

C é a estimativa do volume de água gasto em metros cúbicos por metro quadrado (m^3/m^2).

Vale salientar que a lavagem do pátio pode não ser realizada de uma só vez e varia de acordo com a necessidade.

Segundo Tomaz (2003), a média de consumo mensal de água para lavagem de pátio é $16m^3$ para uma área de $1000m^2$, ou seja, utiliza-se em média $0,016m^3$ para lavagem de $1m^2$ de pátio.

4.5 Estimativa do Volume do Reservatório de Água de Chuva

Sabe-se que existem vários métodos para o dimensionamento de reservatório de água pluvial. Neste trabalho, utilizaram-se os métodos Azevedo Netto e Rippl para estimar o volume ideal do reservatório. Após os cálculos, optou-se pelo método com o menor volume encontrado, já que a demanda de água varia de acordo com a necessidade de limpeza do pátio.

O dimensionamento de reservatórios de água de chuva pode ser realizado de duas maneiras. Primeiro, por meio de dados de precipitação, áreas de captação e demanda, chega-se a um volume que supra as necessidades de consumo. Outro modo é definir o volume do reservatório e verificar o percentual de demanda atendida. Para o presente estudo, o volume do reservatório foi obtido de acordo com a área de captação determinada.

Os dados levantados para o cálculo foram: as áreas de cobertura e piso de uma parcela do condomínio, demonstrada no início deste capítulo, uma estimativa de consumo de lavagem do pátio que é realizada uma vez ao mês, a precipitação de chuva na cidade de Campo Mourão-PR e o coeficiente de escoamento.

4.5.1 Cálculo do Volume do Reservatório pelo Método Azevedo Netto

Para o cálculo do dimensionamento do reservatório pelo Método Azevedo Netto, segue a Equação 9:

$$V = 0,042 . P . A . T \quad (Eq. 9)$$

Onde:

P é o valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T é o valor numérico de meses de pouca chuva ou seco;

A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

V é o valor numérico do volume de água aproveitável e o volume do reservatório, expresso em litros (L).

4.5.2 Cálculo do Volume do Reservatório pelo Método de Rippl

O cálculo do dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl foi realizado conforme Tabela 12. Os dados de entrada são: dados pluviométricos mensais (mm), coeficiente de escoamento superficial, área de captação (m²) e demanda mensal (m³).

Tabela 12 – Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

Meses	Chuva média mensal do histórico de 5 anos	Demanda mensal (m ³)	Área de captação	Volume de chuva mensal (m ³)	Dif. entre o volume da demanda e o volume de chuva (m ³)	Dif. Acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)
janeiro						
fevereiro						
...						
total						

Fonte: Autoria própria

4.6 Análise Econômica

Com o resultado de volume obtido, fez-se uma estimativa dos valores de materiais e equipamentos necessários para a execução do projeto, através de uma pesquisa de preço em três lojas de materiais de construção da cidade, onde foram apresentadas as médias dos valores orçados. A pesquisa de preço de mão-de-obra foi coletada da TCPO e apresentou o custo por hora trabalhada. Os materiais orçados foram: reservatório, sistema de filtro, moto-bomba, tubulações, conexões e mão-de-obra.

A segunda etapa foi a realização de um estudo que determinou o período de retorno do investimento realizado no sistema.

Por fim, estimou-se a economia que o reaproveitamento de água implicará no condomínio, e com base no consumo médio anual de água potável, foi possível determinar o tempo que investimento será pago através dessa economia.

5 RESULTADOS

5.1 Considerações Iniciais

Os resultados do estudo realizado no Condomínio Dona Lurdes Piacentini foram apresentados e discutidos nesta seção. Após seguir as etapas apresentadas na Metodologia, foram apresentados os dados que, a partir dos quais, foi possível determinar o volume da cisterna para captação da água pluvial por meio dos métodos apresentados, e concluir se existe viabilidade econômica de implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não-potáveis.

Para este estudo, fez-se uma verificação do potencial de economia de água potável que poderia ser gerada. Através de um levantamento de usos finais de água na edificação, pode-se estimar o volume necessário para suprir os consumos de água para usos não potáveis (lavagem do pátio) e também calculou-se o volume de acordo com a área de captação determinada anteriormente. Após, dimensionou-se o reservatório de água pluvial, e então foi realizada a análise econômica para a determinação da viabilidade de implantação do sistema.

5.2 Levantamento de Dados

Conforme explicado no capítulo anterior, foram realizados levantamentos de contas de consumo de água, precipitações pluviométricas e determinação de áreas de captação e descarte.

A seguir, foram apresentados os resultados obtidos na coleta de dados.

5.2.1 Consumo De Água do Condomínio Medido Pela Sanepar

Foram coletados os consumos mensais de água medidos pela Sanepar de Abril a Agosto de 2017. A Tabela 13 mostra o histórico de consumo de água para o período citado.

Tabela 13 - Consumo de água no condomínio medido pela Sanepar

Mês	Volume (m³)/mês
abril	632
maio	656
junho	655
julho	775
agosto	636

.Fonte: Sanepar

Para este estudo, foram utilizados os dados acima, por serem recentes e acessíveis. Não foi necessário o cálculo de consumo *per capita* no condomínio, pois a água captada será utilizada apenas para lavagem do pátio. O consumo de água dos condôminos não será relevante para este estudo.

5.2.2 Índices Pluviométricos

Para o presente estudo, foram levantados dados pluviométricos de um período de cinco anos, de 2012 a 2016, para se ter uma média anual mais regular.

Tabela 14 - Precipitações na cidade de Campo Mourão no período de 2012 a 2016

Mês	Precipitação total (mm)				
	2012	2013	2014	2015	2016
janeiro	208,2	286,3	219,7	367,6	167,3
fevereiro	82,5	356,2	171,5	260,2	270,9
março	68	308,1	195,3	104	157,3
abril	263	77,8	146	36,9	68,4
maio	85,1	180,5	205,4	194,6	237,4
junho	225	348,6	325,5	57	150
julho	40,8	71,5	110,5	477,1	56,9

Tabela 14 - Precipitações na cidade de Campo Mourão no período de 2012 a 2016

Mês	Precipitação total (mm)				
	2012	2013	2014	2015	2016
agosto	4,1	10,4	30	42,4	199,7
setembro	32,3	112,9	240,7	267,9	49,2
outubro	111,2	162,2	96,9	219,1	326,9
novembro	49,1	94,9	187,5	493,6	74,8
dezembro	250,4	101,8	234	283	166,8
Média anual	118,3	175,93	180,25	233,62	160,47
Média dos anos de 2012 a 2016	173,71				

Fonte: INMET

A Tabela 14 fornece os dados de chuva no período indicado. Observa-se que há considerável variação das médias anuais no decorrer dos anos. A média de precipitação dos anos de 2012 a 2016 anos é de 173,71mm. Este valor médio será utilizado para se estimar o volume do reservatório.

5.2.3 Áreas de Captação

A Tabela 15 apresenta estimativas das áreas calculadas por meio da planta baixa (Apêndice 1), de acordo com o tipo de material que constitui a superfície.

Tabela 15 - Estimativas de áreas de superfícies do condomínio

Tipo de material que compõe a superfície	Área (m ²)
Telha cerâmica (projeção)	1099
Telha fibrocimento	1178

Tabela 15 - Estimativas de áreas de superfícies do condomínio

Tipo de material que compõe a superfície	Área (m ²)
Paver	2995
Área permeável (grama)	92
Total	5364

Fonte: Autoria própria

Analisando a planta de corte fornecida pelo Corpo de Bombeiros, obteve-se uma altura de 1,5m do telhado, para um vão correspondente a 3,90m. Portanto, chega-se a porcentagem de inclinação do telhado na Equação 1.

Com o valor obtido na Equação 1, encontra-se o respectivo fator de correção, neste caso, aproximando a inclinação para 35%.

As superfícies de captação estão definidas na Área 2, conforme Figura 16 no capítulo anterior. Analisando a planta baixa do condomínio, determinou-se a área de projeção do telhado do bloco E. Pela planta de corte, obteve-se a altura e inclinação do telhado e, por fim, a área de coleta do mesmo, conforme equações 1 e 2, respectivamente.

Inclinação da cobertura (%):

$$I_A = (1,4/3,9) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

$$I_A = 35,89\%$$

Área de projeção horizontal (m²):

$$\text{Área} = 229,8 \times 1,059 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{Área} = 243,4\text{m}^2$$

A Tabela 16 estima os valores das áreas de captação de água pluvial. Os telhados de cerâmica, que cobrem os blocos, já estão com os valores devidamente calculados de acordo com a inclinação. Vale salientar que apenas a área 2 (Figura

16) foi considerada como superfície de captação, as outras superfícies serão desprezadas. A área de paver que está sob o telhado da garagem não foi considerada para cálculo, apenas sua projeção na planta baixa.

Tabela 16 - Estimativas de áreas de superfícies de captação de água de chuva

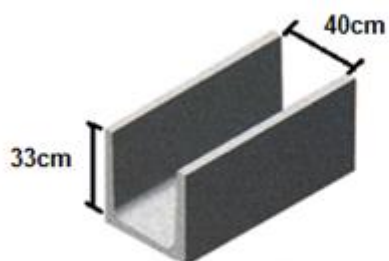
Tipo de material que compõe a superfície	Área (m ²)
Telha cerâmica	243,4
Telha fibrocimento	599
Paver (projeção)	463,7
Total	1306,1

Fonte: Autoria própria

5.2.4 Medição da Vazão da Canaleta Principal

A Figura 17 reproduz as dimensões encontradas na canaleta existente no condomínio, sendo as medidas internas aproximadamente 0,33m de altura por 0,4m de largura. Os valores foram determinados através de medição *in loco*.

Figura 17 - Dimensões da canaleta



Fonte: Autoria própria

- Área molhada (m²):

$$A = 0,33 \cdot 0,40 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$A = 0,132 \text{m}^2$$

- Perímetro molhado (m):

$$P = 0,33 \cdot 2 + 0,40 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$P = 1,06 \text{m}$$

- Raio hidráulico (m):

$$R = 0,132 / 1,06 \quad (\text{Eq. 5})$$

$$R = 0,124 \text{m}$$

- Vazão máxima suportada pela canaleta:

$$Q = 60.000 \cdot \left(\frac{0,132}{0,013} \right) \cdot 0,124^{2/3} \cdot 0,005^{1/2} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$Q = 10.712,26 \text{L}/\text{min}$$

$$Q = 178,53 \text{L}/\text{seg}$$

O cálculo da vazão máxima de pico no condomínio é obtido através do Método Racional, descrito na Equação 7. Determinou-se a área total de escoamento conforme Tabela 15, exceto área permeável, e o coeficiente de escoamento de 0,8.

$$Q = \frac{0,80 \cdot 173,71 \cdot 0,4094}{360} \quad (\text{Eq. 7})$$

$$Q = 0,157 \text{m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 157L/seg$$

Conforme resultados obtidos, conclui-se que a vazão de pico é inferior à vazão determinada da canaleta principal. Portanto, esse resultado admite a hipótese de que o sistema é capaz de drenar o volume de água que escoar no terreno, porém a inundação ocorre devido à falta de declividade no mesmo.

5.3 Estimativas de Usos Finais da Água Pluvial Coletada

A Equação 9 faz uma estimativa do consumo de água para lavagem de toda área de pátio. Considerou-se toda superfície de paver conforme Tabela 15.

$$D = A \times C \quad (\text{Eq. 9})$$

$$D = 2995 \times 0,016$$

$$D = 47,92 \text{ m}^3$$

Para a lavagem do pátio, que corresponde aproximadamente a uma área de 2.995 m², determina-se um consumo de cerca de 47,92 m³. Portanto, para o cálculo do volume do reservatório, tem-se uma demanda do condomínio aproximada de 47,92 m³/mês. Porém, vale salientar que a demanda para lavagem varia de acordo com a necessidade.

5.4 Estimativa do Volume do Reservatório de Água de Chuva

A Tabela 17 mostra a quantidade de dias sem precipitação, nos anos de 2012 a 2016. É necessária para a determinação do período de seca. O cálculo se dá por meio da definição do valor de Máximos Dias Sem Chuva (MDS).

Nota-se que fevereiro foi o mês com menor média de dias sem chuva. Em contrapartida, o mês de agosto apresentou maior média, sendo este valor de 27,4 dias a série de MDS.

Tabela 17 - Número de dias de cada mês sem precipitação no período de 2012 a 2016

Mês	2012	2013	2014	2015	2016	Média
janeiro	21	21	15	15	16	17,6
fevereiro	19	8	17	12	9	13
março	24	15	20	19	22	20
abril	21	24	20	24	26	23
maio	25	18	22	22	15	20,4
junho	18	11	18	25	20	18,4
julho	23	24	25	13	27	22,4
agosto	29	29	29	27	23	27,4
setembro	24	21	16	20	24	21
outubro	18	20	22	21	21	20,4
novembro	15	24	20	9	26	18,8
dezembro	13	22	14	12	10	14,2

Fonte: INMET, 2017

Por meio do valor de MDS, o período seco é calculado dividindo-se o MDS pelo total de dias de um mês. Obteve-se um valor de meses de pouca chuva (T) igual a 0,913.

5.4.1 Método Azevedo Netto

Levantando todos os dados obtidos no decorrer desta pesquisa, chega-se ao cálculo do volume do reservatório, segundo a Equação 10.

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

$$V = 0,042 \times 173,71 \times 1306,1 \times 0,913$$

$$V = 8.700 \text{ l}$$

O volume obtido para o reservatório é de 8.700 litros.

Percebe-se que a demanda para lavagem do pátio do condomínio equivale aproximadamente a 18% do volume do reservatório obtido pelo método Azevedo Netto.

Portanto, a variável determinada para definição do volume do reservatório foi a área de captação e não a demanda, pois esta varia de acordo com a necessidade de utilização.

5.4.2 Método de Rippl

Para a determinação do volume do reservatório pelo método de Rippl é necessário analisar a coluna 7 da Tabela 18. Os dados inseridos nas outras colunas foram obtidos no decorrer deste trabalho.

Tabela 18 – Resultados da aplicação do Método de Rippl

Mês	Chuva média mensal do histórico de 5 anos (mm)	Demanda mensal (m³)	Área de captação (m²)	Volume de chuva mensal (m³)	Dif. entre o volume da demanda e o volume de chuva (m³)	Dif. Acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m³)
1	2	3	4	5	6	7
janeiro	249,82	47,92	1306,1	258,31	-208,31	-
fevereiro	228,26	47,92	1306,1	258,31	-210,39	-
março	166,54	47,92	1306,1	236,02	-188,1	-
abril	118,42	47,92	1306,1	172,2	-124,28	-
maio	180,6	47,92	1306,1	122,44	-74,52	-
junho	221,22	47,92	1306,1	186,74	-138,82	-
julho	151,36	47,92	1306,1	228,74	-180,82	-
agosto	57,32	47,92	1306,1	156,5	-108,58	-
setembro	140,6	47,92	1306,1	59,26	-11,34	-
outubro	183,26	47,92	1306,1	145,38	-97,46	-
novembro	179,98	47,92	1306,1	189,49	-141,57	-
dezembro	207,2	47,92	1306,1	186,09	-138,17	-

Fonte: Autoria própria

O volume aproveitável de chuva, na coluna 5, foi obtido por meio da relação entre o coeficiente de escoamento superficial, adotado 0,8, a precipitação e a área de captação. O volume é obtido através da diferença acumulada dos valores positivos da coluna 6, determinados na coluna 7.

Analisando os resultados da Tabela 18, conclui-se que na situação estudada, não foi possível obter valores positivos na coluna 6. Isso ocorre pelo fato de todos os meses do ano a o volume de chuva captável ser superior à demanda. Deste modo, pode-se dizer que ocorre *over flow*, isto é, sobra de água em todos os meses do ano. Se houvessem valores positivos, estes representariam falta de água no reservatório (*out flow*).

Para que fosse possível dimensionar o reservatório pelo Método de Rippl, seria necessário definir a área de captação em função da demanda ou utilizar uma área de captação menor que a definida para que se obtenha o volume.

5.5 Análise Econômica

Para a análise econômica, foi necessário coletar dados de tarifas de água fornecidos no site da companhia de água Sanepar, como mostra a Tabela 19. As tarifas variam de acordo com o volume consumido.

Tabela 19 - Tabela tarifária utilizada pela Sanepar para edificações residenciais

Faixa de consumo (m ³)	Custo (R\$)	Custo (R\$)
	(água e esgoto)	(água)
Até 5	62,24	34,58
6 a 10	1,93/m ³	1,07/m ³
11 a 15	10,73/m ³	5,96/m ³
16 a 20	10,78/m ³	5,99/m ³
21 a 30	10,87/m ³	6,04/m ³
>30	18,40/m ³	10,22/m ³

Fonte: Sanepar 2018

As contas fornecidas pela Sanepar são referentes ao ano de 2017, no entanto atualmente as faixas de consumo e seus respectivos valores foram atualizados em 2018. Desta forma verificou-se a necessidade de recalculer os custos de consumo do condomínio, conforme Tabela 20. O residencial possui apenas dois hidrômetros, um abrangendo 32 e outro 48 apartamentos.

Tabela 20 - Resumo dos custos atualizados do consumo de água pelo condomínio

Mês	Consumo hidrômetro 1 (m³) (48 aptos)	Consumo hidrômetro 2 (m³) (32 aptos)	Custo hidrômetro 1 (R\$)	Custo hidrômetro 2 (R\$)	Custo total (R\$)
abril	321	311	3018,57	2078,50	5097,07
maio	312	344.	3015,12	2097,48	5112,6
junho	314	341	3015,88	2095,75	5111,63
julho	382	393	3041,95	2125,65	5167,6
agosto	322	314	3018,95	2080,23	5099,18

Fonte: Autoria própria

Analisando a Tabela 20, obteve-se uma média de custo mensal de consumo de água de R\$5117,62. Este valor foi utilizado para o cálculo do tempo de retorno do investimento.

Foi orçado um reservatório de polietileno, com volume de 10.000l disponível no mercado. Para adequar a potência da moto-bomba, escolheu-se uma vazão de 2000l/h e com as informações obtidas na planta baixa do Apêndice 1, determinou-se um altura de sucção de 3,0m, altura de recalque de 2,0m., medida de tubulação de 50m. A tubulação foi estimada para iniciar do nível inferior, onde está o reservatório, até aproximadamente o centro do terreno, isso para facilitar a conexão de um equipamento de lavagem (VAP ou mangueira) que consiga abranger todo o condomínio.

O fator de perda de carga da moto bomba foi obtido nas especificações do fabricante.

Sabe-se que a cisterna não trabalha com 100% da sua capacidade, portanto determinou-se a nível de comparação, que ela trabalhará com 80% nível total todos os meses do ano, sendo assim 8m³.

Tabela 21 - Resumo dos custos de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial-1

Material	Custo(R\$)	Quantidade	Total (R\$)
Moto-bomba Schneider 3/4 CV	776,00	1 unid.	776,00
Reservatório de 10.000L	9400,00	1 unid.	9400,00
Mão-de-obra	R\$12,00/hora	40h	480,00
Tubulação, conexões e filtros	15% do total	-	1598,40
Custo total para o condomínio			12254,40

Fonte: Autoria própria

Chega-se a uma economia de aproximadamente R\$68,03 ao mês. Observa-se pelos dados da Tabela 22 que o investimento será pago em aproximadamente 15 anos. Obteve-se um tempo de retorno a longo prazo, no entanto, vale destacar que a cisterna atenderá uma questão primordial, que é o problema de inundação

Adotando que a demanda do condomínio é de 47,92m³ e que o reservatório trabalhará com 80% nível total todos os meses do ano, sendo assim 8m³, chega-se a uma economia de 16,7% de consumo de água tratada em relação à demanda para lavagem do pátio. Esta economia de água reduz o valor mensal de R\$145,07 para R\$ 77,05, uma queda de aproximadamente 47% na conta.

Tabela 22 - Tempo de retorno para investimento no sistema de captação de água pluvial

Dados	
Economia de água tratada	14,4% ao ano
Custo do sistema (R\$)	12254,40
Média de Gasto atual do condomínio (R\$)	5117,62
Média de Gasto após implantação (R\$)	5049,59

Fonte: A autoria própria

6 CONCLUSÕES

O presente estudo estimou o potencial de economia de água potável por meio da implantação de um sistema de captação de água de chuva para fins não potáveis no condomínio Dona Lurdes Piacentini, em Campo Mourão-PR.

A primeira etapa foi determinar a demanda e uso final da água coletada. Para isso, definiu-se uma área de captação, sendo apenas uma parte do condomínio.

Dados da Sanepar forneceram o consumo mensal do condomínio, a fim de comparar com o volume do reservatório obtido e verificar a porcentagem de economia gerada.

Baseando-se nos dados de áreas de captação e índices pluviométricos, foi possível determinar o volume ideal do reservatório pelo método Azevedo Netto. Utilizou-se também o método de Rippl para o cálculo, porém não foi obtido nenhum volume de reservatório devido à área de captação ser muito elevada em comparação com a demanda do condomínio.

Obteve-se um percentual de 14,4% de economia anual de água tratada. O valor é baixo, porém deve-se salientar que o sistema também irá solucionar o problema de inundação no condomínio.

Portanto, com o presente estudo, conclui-se que a implantação do sistema de captação de água de chuva é executável. O retorno do investimento é em longo prazo, aproximadamente 15 anos, porém além de trazer benefícios aos condôminos, é uma prática que preserva os recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de Chuva. **Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

ATLAS BRASIL. **Abastecimento urbano de água**. Vol.1. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx> .Acesso em: 15 out 2018.

AZEVEDO NETO, J. M. de et al. **Planejamento de sistemas de abastecimento de água**. Curitiba: UFPR - Universidade Federal do Paraná, 1973.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 3. Ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2011.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de água**. 1. Ed. São Paulo: Manole, 2003.

MONTOIA, P. **Água, o ouro azul do nosso século**. In: Moderna – Livros Didáticos, disponível em: <http://moderna.com.br/moderna/didaticos/projeto/2006/1/cisternas/>

OKI, T.; KANAE, S. **Global Hydrological Cycles and World Water Resources**. Science 313, 1068, 2006.

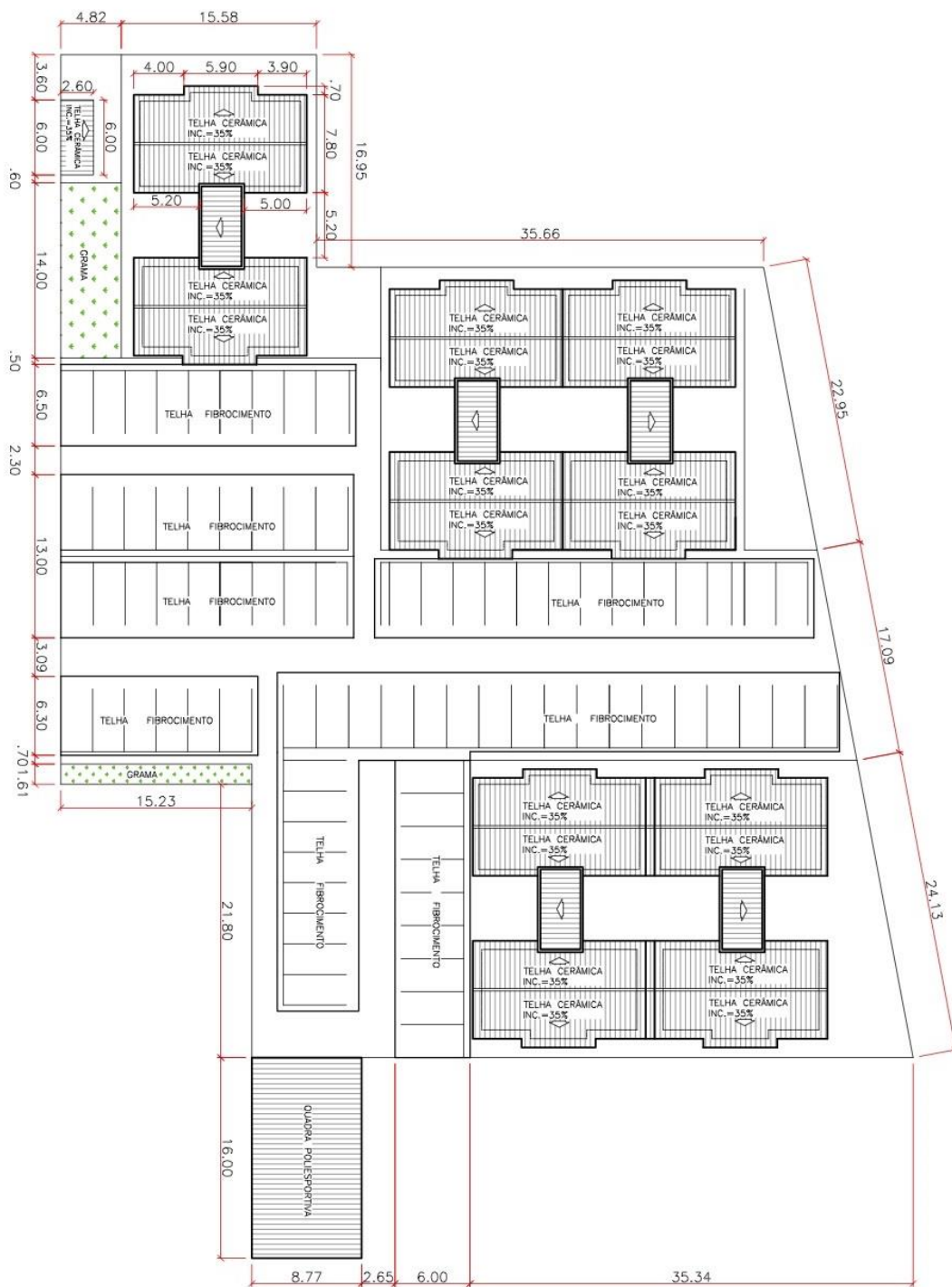
TELLES, D. D.; COSTA, R. P. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2. Ed. São Paulo, SP: Edgard Blucher, 2010.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 1. Ed. São Paulo: Navegar, 2003.

UNESCO. (Brasil). **A ONU e a água**. 2018. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/> . Acesso em: 15 out 2018.

_____. **Conservação da água: hidrômetros em apartamentos, ligações clandestinas, perdas físicas de água, regionalização hidrográfica, água industrial, água de chuva, análise de incerteza, o que você gostaria de saber sobre a água**. São Paulo: Digihouse, 2000.

APÊNDICE 1



PLANTA BAIXA

esc 1:100