

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MAURÍCIO THOMAS

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE UMA INSTITUIÇÃO
DE ENSINO NA CIDADE ALEGRETE-RS**

Alegrete

2019

MAURÍCIO THOMAS

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA
DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE UMA INSTITUIÇÃO
DE ENSINO NA CIDADE ALEGRETE-RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação de Especialização em
Engenharia Econômica da Universidade
Federal do Pampa, como requisito parcial
para a obtenção do Título de Especialista
em Engenharia Econômica.

Orientador: Prof. Dr. Fladimir
Fernandes dos Santos

**Alegrete
2019**

MAURÍCIO THOMAS

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA DE CAPTAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DE UMA
INSTITUIÇÃO DE ENSINO NA CIDADE ALEGRETE-RS

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado ao Programa de
Pós-Graduação de Especialização
em Engenharia Econômica da
Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial para a
obtenção do Título de Especialista
em Engenharia Econômica.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 22 de março de 2019

Banca examinadora:



Prof. Dr. Fladimir Fernandes dos Santos
Orientador – UNIPAMPA



Prof. Me. Marília Ferreira Tamiosso
Membro de banca – UNIPAMPA



Prof. Me. Thiago Eliandro de Oliveira Gomes
Membro de banca - UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Pedro e Teresa, e aos meus irmãos, Vinícius e Carmine, pelo incentivo, compreensão, amor, apoio e por estar ao meu lado em todos os momentos durante toda a caminhada desta especialização.

Ao meu orientador, Fladimir Fernandes dos Santos, pela sua amizade, confiança e inúmeras orientações, sempre se mostrando disponível e atencioso em qualquer horário do dia.

A todos os meus amigos, que de uma forma ou outra, perto ou longe, sempre me apoiaram, torceram e me ajudaram durante o período da especialização.

RESUMO

A presente pesquisa teve como intuito avaliar a implantação de um sistema de captação e reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em um Instituição de Ensino do Município de Alegrete-RS. Para isso, foram desenvolvidos alguns métodos que permitiram analisar a viabilidade técnica e econômica desse sistema, realizando um cálculo sobre as despesas para a instalação do mesmo, bem como a economia gerada com o passar do tempo. Analisando os dados pluviométricos da região e efetuando o cálculo da demanda de água potável e possível demanda de água não potável utilizada para fins não nobres em três blocos da instituição, além da definição da área de coleta da água pluvial, procedeu-se o dimensionamento dos reservatórios, através das metodologias dispostas na ABNT NBR 15527, destinados ao armazenamento da água da chuva coletada. Com uma estimativa de demanda de 102,57 m³ para atender os prédios estudados, foi necessário a implantação de 131,07 m³ de reserva de água. Realizando o cálculo de todas as despesas necessárias para a implantação do sistema de captação de água pluvial, chegou-se a um montante de R\$ 54.540,05, com um período de retorno de investimento de capital de pouco mais de 6 anos. Os resultados indicam que a captação de água pluvial pela instituição proporciona uma economia significativa, que gira em torno de R\$ 906,72 mensais para o primeiro ano, permitindo a redução de gastos com água potável, além de constituir uma interessante alternativa em termos de ganhos ambientais para as gerações futuras.

Palavras-Chave: reaproveitamento de água pluvial, viabilidade técnica e econômica, sistema de captação de água pluvial.

ABSTRACT

The present research had the purpose of evaluating the implantation of a system of capture and reuse of rainwater for non potable purposes in a Teaching Institution of the Municipality of Alegrete-RS. For this, some methods were developed that allowed to analyze the technical and economic viability of this system, making a calculation on the expenses for the installation of the same, as well as the economy generated with the passage of time. Analyzing the rainfall data of the region and calculating the demand for drinking water and possible non-potable water demand for non-noble purposes in three blocks of the institution, in addition to the definition of the area of rainwater collection, of the reservoirs, through the methodologies established in ABNT NBR 15527, destined to the storage of collected rainwater. With an estimated demand of 102.57 m³ to meet the buildings studied, it was necessary to install 131,07 m³ of water reserve. In calculating all the necessary expenses for the implantation of the rainwater harvesting system, it reached an amount of R \$ 54,540.05, with a return period of capital investment of just over 6 years. The results indicate that the rainwater harvesting by the institution provides a significant saving, which is around R \$ 906.72 per month for the first year, allowing the reduction of expenses with drinking water, besides being an interesting alternative in terms of environmental gains for the future generations.

Keywords: reuse of rainwater, technical and economic viability, rainwater harvesting system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico.....	21
Figura 2 – Esquema básico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais ...	24
Figura 3 – Grades utilizadas na remoção do material grosseiro	26
Figura 4 – Exemplo de remoção da chuva inicial	26
Figura 5 – Localização do município de Alegrete no estado do Rio Grande do Sul..	39
Figura 6 – Vista aérea da área de implantação do projeto.....	39
Figura 7 - Mictórios e vasos sanitários que serão abastecidos com água pluvial	40
Figura 8 – Bloco de instalação do sistema de captação pluvial	42
Figura 9: Localização dos blocos utilizados na captação da água pluvial	43
Figura 10 - Telhados utilizados na captação de água pluvial	50
Figura 11: Localização dos reservatórios de armazenamento de água da chuva.....	61
Figura 12: Detalhamento da área de instalação do sistema de captação	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desperdício de água tratada em todas as regiões do Brasil	19
Tabela 2 – Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica dos estados do Brasil.....	20
Tabela 3 - Uso da água e tratamento requerido.....	23
Tabela 4 - Dados Pluviométricos de Alegrete-RS	51
Tabela 5 - Valores e consumo de água potável mensal da escola	53
Tabela 6: Consumo de água mensal destinado à limpeza e irrigação	55
Tabela 7 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Rippl	56
Tabela 8 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método da Simulação...	57
Tabela 9 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Azevedo Neto..	57
Tabela 10 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Prático Alemão	58
Tabela 11 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Prático Inglês.	58
Tabela 12 - Dimensionamento dos reservatórios através do Mét. Prático Australiano	59
Tabela 13 - Comparação dos volumes dos reservatórios de cada método analisado	60
Tabela 14 - Custos Relativos à instalação dos dispositivos de condução da água...	62
Tabela 15 - Custos dos materiais destinado à instalação do sistema	63
Tabela 16 - Custos com relação à mão de obra.....	63
Tabela 17: Custo total da implantação do sistema de captação de água pluvial	63
Tabela 18: Economia gerada pelo sistema de captação de água pluvial no 1º ano .	65
Tabela 19: Economia gerada pelo sistema para uma análise de 10 anos	65
Tabela 20: Fluxo de Caixa Descontado para uma análise de 10 anos	66
Tabela 21: Resultado de investimento e retorno para uma análise de 10 anos	66

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de água doce no planeta.....	17
Gráfico 2 - Precipitação média mensal de Alegrete no período de 1986 a 1998.....	52
Gráfico 3 - Série temporal do consumo e média mensal de água.....	53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos	16
1.2 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 A escassez de água no planeta.....	17
2.2 A escassez de água no Brasil	18
2.3 Ciclo Hidrológico.....	20
2.4 Normas e legislações referentes ao aproveitamento de águas pluviais	22
2.5 Componentes dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva	24
2.5.1 Área de Captação.....	24
2.5.2 Calhas e Condutores	25
2.5.3 Tratamento da Água da Chuva	26
2.5.4 Reservatórios de Armazenamento	27
2.5.5 Distribuição da Água	27
2.6 Métodos de Dimensionamento de Reservatórios de Armazenamento de Águas Pluviais.....	28
2.6.1 Método Rippl	29
2.6.2 Método da Simulação	29
2.6.3 Método Azevedo Neto	30
2.6.4 Método Prático Alemão	30
2.6.5 Método Prático Inglês.....	31
2.6.6 Método Prático Australiano	31
2.7 Estudo de Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Água da Chuva	32
2.7.1 Fluxo de Caixa.....	33
2.7.2 Valor Presente Líquido (VPL).....	34
2.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	35
2.7.4 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	35
2.7.5 Tempo de Retorno de Investimento (Payback)	36

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	38
3.1 Delimitação do Local de Estudo	38
3.2 Viabilidade Técnica	41
3.2.1 Delimitação da Área de Captação	41
3.2.2 Levantamento de Dados Pluviométricos	44
3.2.3 Demanda Hídrica da Edificação.....	44
3.2.4 Previsão de Consumo de Água Não Potável da Instituição.....	44
3.2.5 Dimensionamento e Localização dos Reservatórios	46
3.3 Viabilidade Econômica	47
4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	49
4.1 Delimitação da Área de Captação.....	49
4.2 Levantamento dos Dados Pluviométricos	50
4.3 Consumo de Água Potável da Instituição	52
4.4 Previsão de Consumo de Água Não Potável da Instituição	54
4.5 Dimensionamento e Localização dos Reservatórios	55
4.5.1 Método Rippl	56
4.5.2 Método da Simulação	56
4.5.3 Método Azevedo Neto	57
4.5.4 Método Prático Alemão	58
4.5.5 Método Prático Inglês.....	58
4.5.6 Método Prático Australiano	59
4.6 Comparação das Metodologias Analisadas.....	59
4.7 Definição dos Reservatórios e Locais de Implantação.....	60
4.8 Viabilidade Econômica do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva	62
4.8.1 Despesas Relacionadas à Implantação do Sistema De Captação de Água Pluvial.....	62
4.8.2 Análise Econômica da Implantação do Sistema de Captação de Água Pluvial.....	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
5.1 Sugestões de Trabalho Futuros.....	68

1 INTRODUÇÃO

Indispensável para a vida do nosso planeta, a água é um dos mais preciosos recursos naturais e há uma grande preocupação da sociedade relacionada à conservação desse bem. Considerada um recurso vital insubstituível, a água é essencial no desenvolvimento econômico e tecnológico, visto que é um importante aliado na produção de diversas atividades.

Encontrada na natureza, a água potável é um recurso natural que tem se tornado cada vez mais escasso. Acontece que o aumento da demanda e o crescimento desordenado e acentuado da população, principalmente em grandes centros urbanos, influenciam de maneira considerável o aumento de consumo da água.

May (2004) relata que apenas cerca de um terço da água que flui para o mar durante o ano pode ser aproveitada pelo homem. Deste montante, mais da metade é utilizada e possui uma correta destinação. O grande problema, é que muitas vezes a água que é encontrada na natureza está degradada entre esgotos, produtos químicos, pragas de algas, etc. A água potável per capita considerada de boa qualidade que é disponibilizada para países desenvolvidos e em desenvolvimento está em gradativa queda.

Segundo dados expostos por Shiklomanov (1998), há vários países que enfrentam uma crítica situação em relação à escassez de água. Dentre os principais, pode-se citar o Egito, o Kuwait, a Arábia Saudita, a Tailândia, a Argélia e a Bélgica. O problema também começa a se estender nas consideradas potências econômicas, tais como China, Estados Unidos e Índia.

Nacionalmente falando, Tomaz (2001) descreve que o Brasil, detentor de uma das maiores bacias hídricas do planeta, possui cerca de 12% da água doce de todo o mundo. O problema é que existe uma distribuição inadequada dessa água no país. Estados como Alagoas, Paraíba, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte possuem disponibilidade hídrica per capita insuficiente perante a demanda que necessitam.

Para se ter uma ideia dessa inadequada distribuição, São Paulo, que possui uma das maiores concentrações populacionais do país, detém uma disponibilidade hídrica de 2.209 m³/hab/ano, uma média menor que a do estado do Ceará, que possui

2.279 m³/hab/ano. Outro dado é referente à região Norte do Brasil, que representa 7,58% da população e dispõe de 68% da água do país, enquanto a região Sudeste possui 42,64% da população e dispõe de apenas 6% dos recursos hídricos nacionais (TOMAZ, 2001).

Diante deste contexto, é necessário ampliar os conhecimentos referentes à conservação e ao uso sustentável da água. Preservar os recursos hídricos em qualidade e quantidade garantirá um futuro em que não sejam necessárias a adoção de medidas drásticas de consumo.

Percebendo-se a necessidade de implementação de novas técnicas de aproveitamento e reutilização da água, o aproveitamento da água da chuva é uma alternativa que busca suprir parte da demanda da população com relação ao uso da água para fins não potáveis, pois esse é um recurso natural disponível na grande parte do país.

Após coletada, a água da chuva pode ser utilizada em descargas de vasos sanitários, torneiras e regas de jardim, lavagem de roupas e calçadas, etc. Esse sistema de captação de água pluvial permite a redução do consumo de água potável, podendo minimizar racionamentos de água, melhorar o sistema de drenagem urbana e reduzir a escassez dos recursos hídricos.

De acordo com Scherer (2003), os edifícios escolares, por exemplo, possuem um alto potencial para a implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, pois costumam apresentar grandes áreas de telhados, responsáveis por captar essas águas. Marinoski (2007) relata que o consumo de água para fins não potáveis em edificações de ensino pode chegar a até 65% do volume total de água que é utilizado na instituição.

No entanto, Scherer (2003) destaca que para a implantação desse tipo de sistema, torna-se necessário um estudo detalhado de viabilidade técnica e econômica para verificar qual o potencial de economia de água potável do local e determinar também a relação custo *versus* benefício do sistema.

Com base no exposto, a presente pesquisa demonstra um detalhado estudo sobre a viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma instituição de ensino localizada no município de Alegrete-RS.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a implantação de um sistema de captação e reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em um Instituição de Ensino do Município de Alegrete-RS.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar a quantificação da demanda hídrica para fins não potáveis na edificação analisada;
- Realizar a determinação da área de captação da cobertura necessária para atender a demanda do local;
- Desenvolver o dimensionamento do sistema de captação de água pluvial;
- Estimar o orçamento do projeto de instalação do sistema de captação de água pluvial e realizar o estudo de viabilidade econômica analisando os custos de implantação e potencial de economia no consumo, o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa de Retorno Interno (TIR) e o tempo de retorno de investimento (payback descontado).

1.2 Estrutura do trabalho

Na seção 1 está disposta a introdução, delimitação do assunto e uma apresentação do tema e problema de pesquisa. Expõe-se também os objetivos gerais e específicos.

A seção 2 contém a revisão bibliográfica acerca das atividades do trabalho para um embasamento teórico do mesmo.

A seção 3 apresenta a descrição completa dos métodos e materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa.

A seção 4 dispõe sobre os resultados encontrados na pesquisa, bem como um apanhado geral sobre os mesmos.

A seção 5 refere-se à conclusão da pesquisa apresentada.

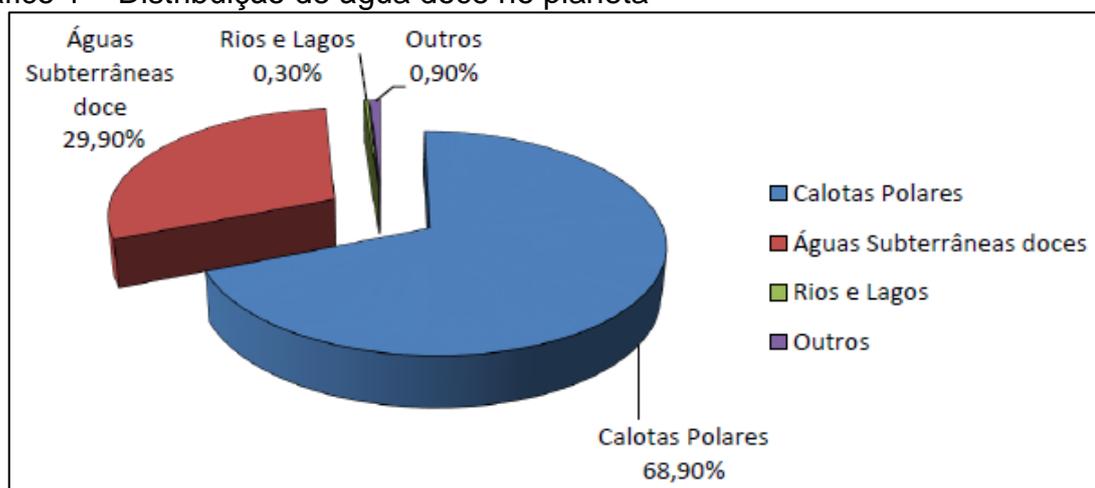
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo que segue busca apresentar conceitos fundamentais oriundos da literatura, a fim de nortear o desenvolvimento do presente trabalho.

2.1 A escassez de água no planeta

Dos aproximadamente 1,4 bilhões de km³ de água disponível no planeta, apenas 2,5% representam a parcela de quantidade de água doce no mundo. Desse pequeno percentual de água doce, como visto no Gráfico 1, 68,9% corresponde à água congelada nas calotas polares do Ártico e Antártida, 29,9% são águas subterrâneas doces, em torno de 0,9% está contido na atmosfera em forma de vapor e apenas 0,3% se encontra em lagos e reservatórios (TOMAZ, 2011).

Gráfico 1 – Distribuição de água doce no planeta



Fonte: Tomaz (2011, p.16)

Diante deste cenário, fica clara a escassez de água doce enfrentada pelo planeta. Morais (2017) evidencia que a falta de consciência da ação do homem na natureza acaba, por inúmeras vezes, levando poluição aos mananciais e reduzindo ainda mais a disponibilidade deste valioso líquido. Enquanto não há uma correta conscientização da humanidade de que a água é um recurso finito, a mesma caminha para uma grave situação de insuficiência, correndo o risco de haver um sério comprometimento para as gerações que estão por vir.

Pozzebon (2013) destaca que por conta do constante crescimento populacional, do contínuo processo de industrialização, das grandes aglomerações urbanas e da falta de consciência ambiental, a cada dia a água se torna um bem mais escasso. O autor também traz à tona um dado da Organização Mundial da Saúde, que estima que, no ano de 2025, se não tomadas urgentes medidas, cerca de 1,8 bilhão de pessoas viverão em países ou regiões de absoluta escassez, e que em torno de 65% da população mundial enfrentará problemas que tenham relação à escassez d'água.

Esse cenário futuro de escassez traz uma íntima relação com os problemas climáticos, falta de conscientização da sociedade como um todo, aumentos de poluentes, desmatamento, entre outros. É preciso que potências mundiais deixem de lado seus interesses próprios e se atentem a soluções de interesse comum, principalmente no que diz respeito à disponibilidade hídrica, sob o risco de comprometer gerações futuras (GOMES, 2004).

2.2 A escassez de água no Brasil

Privilegiado por contar com cerca de 12% de toda água doce do mundo, o Brasil possui a maior reserva de água doce subterrânea do planeta. O Aquífero Guarani, que também abrange territórios do Uruguai, Argentina e Paraguai, ocupa uma área 1,2 milhão de km² no território brasileiro. Acontece que a água não é distribuída de uma maneira uniforme no território brasileiro, deixando inúmeras regiões sem o devido abastecimento de água. Esse desabastecimento também ocorre devido ao desinteresse de realizar projetos que melhorem e facilitem a distribuição de água no território nacional (TOMAZ, 2001).

Sem uma adequada gestão dos recursos hídricos, a ineficiência nos serviços de abastecimento tende aumentar. Em algumas regiões do Brasil, a situação se torna ainda mais crítica ao passo que dados do Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento – SNSA (2013) – apontam uma elevada perda e desperdício de água na distribuição aos sistemas de abastecimento.

O SNSA (2013) ainda aponta que o Brasil desperdiçou, no ano de 2013, 37% de toda a água tratada. Esse número é muito próximo ao desperdício calculado no ano anterior. A SNSA ainda salienta que este índice não deveria ultrapassar a casa

dos 20%. A Tabela 1 apresenta o desperdício de água tratada das cinco regiões que compõem o país, evidenciando ainda mais a alta perda em todas as regiões.

Tabela 1 – Desperdício de água tratada em todas as regiões do Brasil

Região	Tipo de prestador de serviços					Total
	Regional	Microrregional	Local Direito Público	Local Direito Privado	Local Empresa privada	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
Norte	54,3	-	44,7	-	48,1	50,8
Nordeste	46,1	-	38,7	5,8	-	45,0
Sudeste	32,3	39,7	36,6	30,3	32,5	33,4
Sul	35,9	28,1	31,0	46,8	51,9	35,1
Centro-Oeste	29,4	42,6	32,1	-	49,1	33,4
Brasil	37,0	38,7	36,1	31,2	42,7	37,0

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2013, p. 29)

Pela Tabela 1 verifica-se uma situação delicada, principalmente da região nordeste, pois é nessa região que há, historicamente, baixos índices de precipitações pluviométricas. O SNSA (2013) destaca ainda que a gestão de perdas de água possui um importante papel das prestadoras de serviços que executam as concessões dessas áreas. As principais perdas decorrem de vazamento em tubulações, ligações fraudulentas na rede de abastecimento, falta de hidrômetros em edificações, problemas de medição, entre outros. Fazendo uma comparação com nações desenvolvidas, percebe-se uma discrepância muito grande com relação a esses dados, visto que países como Alemanha e Japão possuem perda de água na ordem de 11%.

Outro aspecto, além das perdas e desperdícios, que são de extrema significância quando se trata do abastecimento de água, é a disponibilidade hídrica per capita que o Brasil possui. Em virtude de sua vasta extensão territorial, há uma grande variação dessa disponibilidade hídrica per capita. A Tabela 2 apresenta a distribuição da população, os recursos hídricos e a disponibilidade hídrica que cada estado possui.

Tabela 2 – Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica dos estados do Brasil

Distribuição da população, recursos hídricos e disponibilidade hídrica no Brasil				
Região	População	(%)	Recursos Hídricos (%)	Disponibilidade hídrica (m³/hab.ano)
Norte	12.919.949	7,6	68,5	494.445
Nordeste	47.676.381	28,1	3,3	3.853
Sudeste	72.262.411	42,6	6,0	4.545
Sul	25.071.211	14,8	6,5	14.824
Centro-Oeste	11.611.491	6,8	15,7	64.273

Fonte: Marques (2012 p. 22)

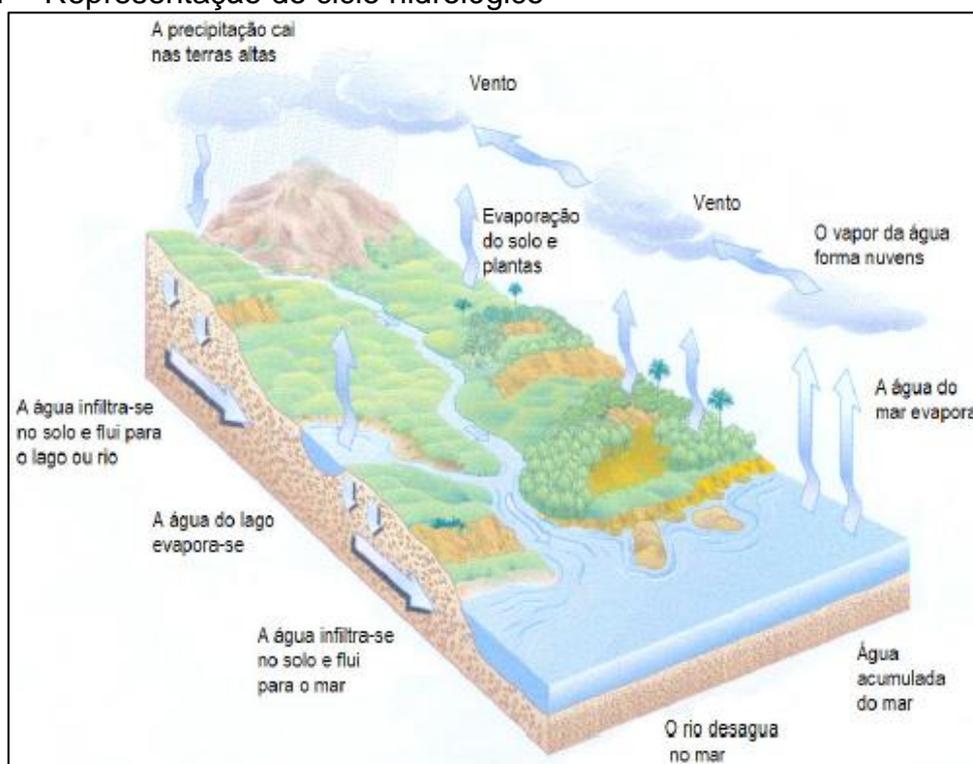
Percebe-se, pela Tabela 2, que há uma grande concentração dos recursos hídricos nas regiões Norte e Centro-Oeste, justamente as regiões com menor concentração populacional. Isso mostra o quão grande é a variação dos recursos disponíveis e traz à tona o quanto esse problema deve ser devidamente gerido e administrado, para que todas as regiões consigam manter um nível suficiente de abastecimento de água. Nota-se também, a problemática de uma possível escassez de água nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país, o que torna necessária a implantação de sistemas eficazes de abastecimento, que possam apresentar soluções simples e que evitem o desperdício, utilizando a água de uma forma responsável.

2.3 Ciclo Hidrológico

Também conhecido como ciclo da água, o ciclo hidrológico representa a forma de como a água circula pelo sistema terrestre. O ciclo hidrológico pode ser considerado como sendo um sistema auto regulável, que tem como característica transferir a água de determinados 'reservatórios' para outros em ciclos complexos. Esses ditos reservatórios são compostos por oceanos, lagos, rios, aquíferos subterrâneos, calotas polares, umidade atmosférica, entre outros (VILLIERS, 2002).

Ainda, segundo Villiers (2002), cerca de metade da radiação solar incidente sobre o planeta é consumida pela grande quantidade de água que evapora dos oceanos. A Figura 1 apresenta o processo de mudança de estado da água na natureza.

Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico



Fonte: May (2004, p. 35)

No ciclo hidrológico, representado pela Figura 1, observa-se que a partir das radiações solares há a evaporação da água de oceanos, rios e lagos. Com essa evaporação, há a formação de nuvens, e a partir daí a água retorna ao solo sob a forma de precipitação.

Essa precipitação ocorre devido à mistura de massas de ar de diferentes temperaturas. Ao chegar ao solo, uma porcentagem da água infiltra no mesmo, promovendo a “recarga” dos aquíferos, e o restante da água retorna aos oceanos, rios e lagos. Parte da água acumulada pela infiltração retorna à superfície em forma de nascentes e o restante é devolvida à atmosfera por meio da evapotranspiração.

De acordo com Villiers (2002), entre 10% e 20% do volume de chuva encontra o caminho para os reservatórios subterrâneos, favorecendo a recarga dos aquíferos. Acontece que muitas vezes se retira mais água de um aquífero do que a quantidade que a ele retorna por meio das chuvas, ocasionado, dessa forma, uma superexploração dos lençóis freáticos. Esse também é um grave caso de exploração desordenada de águas subterrâneas enfrentados atualmente pelo planeta.

Outro caso que relaciona a queda dos níveis de águas subterrâneas é a secagem dos rios. Em outros casos, retiram-se grandes quantidades de água de

aquíferos costeiros causando a intrusão de água do mar e arruinando o aquífero para o uso do ser humano (MAY, 2004).

Com o crescente aumento da população, a sociedade deve se adaptar da melhor maneira ao ciclo da água, pois isso é fundamental para que se faça um uso sustentável da mesma. Há a necessidade também do conhecimento de novas habilidades e procedimentos para administrar o uso da água de uma forma abrangente e integrada, para que se mantenha a quantidade e a qualidade deste precioso líquido (FERREIRA, 2014).

2.4 Normas e legislações referentes ao aproveitamento de águas pluviais

No Brasil, o marco inicial com relação à preservação do meio ambiente foi dado com a criação do Código das Águas, criado por meio do Decreto Federal nº 24643/1934, que instituiu o uso de forma racional das águas pluviais (BRASIL, 1934).

Porém, apenas nos últimos anos alguns estados começaram a demonstrar uma preocupação em relação à administração dos seus recursos hídricos, buscando evitar um desperdício desnecessário com auxílio de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Algumas cidades, inclusive, criaram leis municipais para incentivar a captação das águas da chuva buscando uma alternativa para minimizar enchentes e conscientizar a população sobre a importância de conservação da água.

Dentre essas cidades, cita-se:

- São Paulo – SP, que criou a Lei Municipal nº 13276/2002, e tornou obrigatória, em edificações que contenham área impermeabilizada superior a 500 m², a instalação de um reservatório a fim de coletar as águas oriundas de coberturas e pavimentos (SÃO PAULO, 2002);
- Curitiba – PR, que busca promover o uso racional e o emprego de fontes alternativas para captação e aproveitamento da água em novas edificações através da Lei Municipal nº10785, criada no ano de 2003 (CURITIBA, 2003);
- Porto Alegre – RS, quem em 2008 criou a Lei Municipal nº 10506, que apresenta diretrizes para a captação de águas pluviais em coberturas de edificações para fins não potáveis, sendo criado também o Programa de

Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas (PORTO ALEGRE, 2008).

No âmbito federal, apenas em 2007 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou a norma NBR 15527 – Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Essa norma estabelece diretrizes com relação à instalação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, bem como dos componentes desse sistema, tais como calhas, condutores, reservatórios, manutenção do sistema e qualidade da água.

Porém, segundo aborda Lage (2010), essas medidas do governo federal não são suficientes para sanar os problemas enfrentados pelo país com relação à drenagem urbana.

Ainda, para que haja a possibilidade de se realizar um benéfico aproveitamento da água da chuva, é necessário que se estabeleça padrões de qualidade que a água deva atender para os determinados fins a que ela será destinada. Através da Portaria nº 2914/2011, o Ministério da Saúde estabelece padrões de potabilidade da água. Há ainda a Resolução CONAMA nº 430/2011 que sobre a classificação e enquadramento da água, além da Resolução CONAMA nº 274/00 que delimita sobre os padrões de balneabilidade.

Neste sentido, é importante destacar que, independente da alternativa de provimento da água, nenhuma fonte pode ser considerada 100% segura. Sempre há a necessidade de se realizar uma avaliação quanto ao uso que se pretende destinar e quanto a qualidade que se deseja, conforme a Tabela 3, pois cada pretensão de uso implicará em um tratamento apropriado àquele fim (AMORIM; PEREIRA, 2008).

Tabela 3 - Uso da água e tratamento requerido

Uso requerido pela água	Tratamento necessário
Irrigação de jardins	Nenhum tratamento
Prevenção de incêndio, condicionamento de ar	Cuidados para manter o equipamento de estocagem e distribuição em condições de uso
Fontes e lagoas, descargas de banheiros, lavação de roupas e lavação de carros	Tratamento higiênico, devido o possível contato do corpo humano com a água
Piscina/banho, consumo humano e no preparo de alimentos	Desinfecção, para a água ser consumida direta ou indiretamente

Fonte: Group Raindrops (2002, p. 34)

2.5 Componentes dos Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva

Comumente, os procedimentos utilizados na coleta da água da chuva são através da superfície de telhados ou superfícies de solo, sendo o sistema de telhados considerado o mais simples e que produz uma água de melhor qualidade (LEE et al., 2000).

Independente da técnica utilizada, os principais componentes do sistema de aproveitamento da água pluvial, conforme a Figura 2, são: área de captação, telas e/ou filtros que auxiliam na remoção ou separação de materiais grosseiros, tubulações responsáveis por conduzir a água, reservatório de armazenamento e sistema de distribuição.

Figura 2 – Esquema básico de um sistema de aproveitamento de águas pluviais



Fonte: <http://www.joli.com.br/blog/index.php/2013/03/20/como-reaproveitar-a-agua-da-chuva>

2.5.1 Área de Captação

Quando a água da chuva for captada por meio de superfície de telhados, há de se seguir as recomendações dos fabricantes com relação ao projeto e construção, de acordo com as normas técnicas referentes a cada tipo de telha utilizada. Os telhados

mais comuns utilizados na captação geralmente são de telha cerâmica, fibrocimento, zinco, vidro, concreto, entre outros.

Sabendo que nem toda água precipitada consegue ser aproveitada, Anecchini (2005) reitera que o tipo de revestimento interfere no sistema de aproveitamento de água da chuva, uma vez que é preciso dar preferência por materiais que tenham uma menor absorção de água, ou seja, telhas que possuam um alto coeficiente de escoamento (C) a fim de minimizar possíveis perdas.

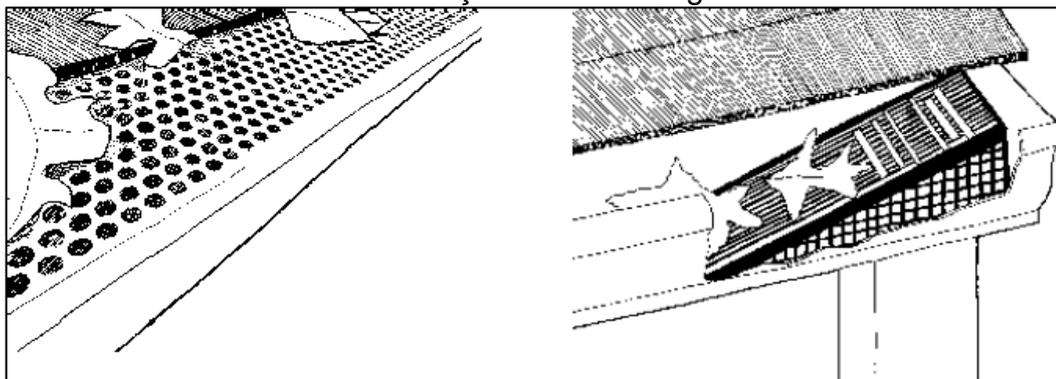
É importante que, neste tipo de sistema, as edificações possuam calhas e condutores verticais capazes de direcionar a água coletada ao seu reservatório de armazenamento. A ABNT NBR 10844/89 que trata das Instalações Prediais de Águas Pluviais, deve ser utilizada como referência no dimensionamento desses componentes do sistema, a fim de se evitar o subdimensionamento da estrutura e impedir assim, uma possível ineficiência da coleta da água.

2.5.2 Calhas e Condutores

Responsáveis pelo transporte da água coletada, as calhas e condutores (verticais e horizontais) têm a função de conduzir o volume de captação até os reservatórios. Pêgo e Júnior (2012) orientam que, preferencialmente, as calhas e os condutores devem ser fabricados com materiais inertes, como por exemplo PVC, outros materiais de composição plástica, alumínio, metal, etc.

A fim de se evitar entupimentos no sistema de condução da água até o reservatório de armazenamento, as calhas e condutores devem contar com um sistema de grades embutidas para retenção do material grosseiro, como folhas e galhos, pois estes poderão se decompor e comprometer a qualidade da água armazenada. Essa grade pode ser utilizada tanto na saída da calha quanto ao longo de toda calha, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Grades utilizadas na remoção do material grosseiro

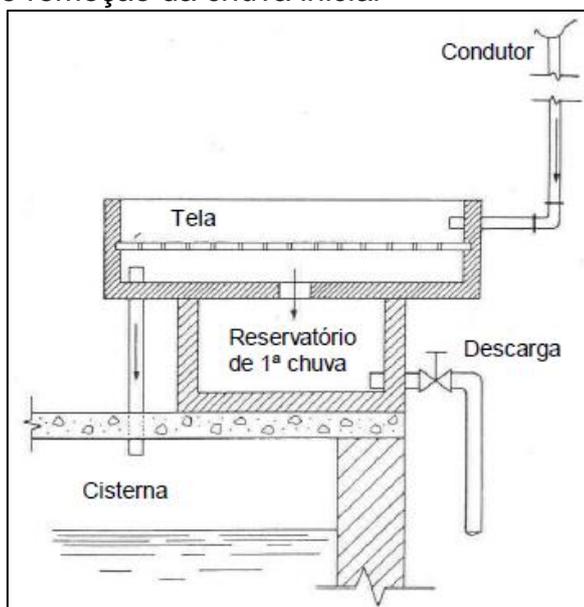


Fonte: Waterfall (2005, p. 15)

2.5.3 Tratamento da Água da Chuva

Estudos como o de Gould (1999) mostram que a chuva inicial costuma ser mais poluída, visto que a mesma efetua a lavagem da área de captação e da atmosfera. Dessa forma, com auxílio de um reservatório de eliminação, observado na Figura 4, aconselha-se que haja um simples procedimento de autolimpeza ou remoção dos primeiros milímetros de chuva.

Figura 4 – Exemplo de remoção da chuva inicial



Fonte: Anecchini (2005, p. 41)

O princípio de funcionamento do dispositivo da Figura 4 consiste no recebimento do volume de água até se completar o reservatório de primeira chuva.

Após esse processo, a água extravasa e segue o fluxo até o reservatório de armazenamento.

Sempre que a água for utilizada para fins potáveis, é necessário que se realize tratamentos mais intensos, como filtração utilizando filtros de areia ou carvão ativado e desinfecção, por exemplo.

2.5.4 Reservatórios de Armazenamento

Após o correto tratamento da água captada, a mesma deve ser direcionada ao reservatório de armazenamento. Esses reservatórios podem ser enterrados, apoiado junto ao solo ou até mesmo elevados. Os materiais que compõem os reservatórios também podem ser variados, tais como alvenaria, concreto armado, aço, entre outros. Tomaz (2003) avalia que costumeiramente o reservatório de armazenamento é a parte mais onerosa do sistema de captação e aproveitamento da água pluvial, ou seja, é parte crucial economicamente falando, fazer uma escolha de reservatório que se adeque ao seu projeto.

2.5.5 Distribuição da Água

Weierbacher (2008) diz que, utilizando-se a água no nível térreo da edificação, a distribuição da água coletada é realizada com ajuda de um pressurizador, que deve ser instalado abaixo do nível de água do reservatório de armazenamento, a fim de levar a água até os pontos de consumo. Caso a água seja direcionada para um reservatório específico de água da chuva e de lá parta para os pontos de consumo, utiliza-se uma bomba de recalque. Em tempos de pouca chuva e caso se esgote a água de captação, aciona-se um dispositivo conectado ao reservatório de água potável, para que o mesmo, com auxílio de uma chave boia elétrica, abasteça os pontos de utilização com água potável.

2.6 Métodos de Dimensionamento de Reservatórios de Armazenamento de Águas Pluviais

Annechini (2005) destaca que existem inúmeras metodologias utilizadas no dimensionamento dos reservatórios de captação de águas pluviais e todos possuem como resultado os volumes necessários para o armazenamento, levando em consideração as possíveis falhas do sistema. De uma maneira geral, os modelos de dimensionamento levam em consideração:

- Séries históricas de precipitação;
- Demanda a ser atendida;
- Área de captação da água da chuva;
- Coeficiente de escoamento superficial;
- Eficiência requerida pelo sistema.

Tomaz (2012) ressalta que até o presente momento não há uma unanimidade com relação à utilização de determinado modelo de dimensionamento. O autor destaca que se o reservatório utilizado possuir grande capacidade de armazenamento, o mesmo acarretará em elevados custos de implementação. Em contrapartida, se há a utilização de um reservatório de pouca capacidade, o sistema corre o risco de não ter a sua demanda atendida em determinadas épocas do ano.

Quando as áreas de captação forem inferiores a 200 m², as diferenças entre os volumes demandados e armazenados não apresentam grandes diferenças. Porém, quando há áreas de captação mais significativas, que giram em torno de 2000 m², por exemplo, o volume do reservatório se torna algo primordial e de grande importância, e que junto com a implementação de calhas e condutores podem pesar nas decisões de custo/benefício de um sistema como um todo (TOMAZ, 2012).

O pré-dimensionamento dos reservatórios é realizado por metodologias dispostas na ABNT NBR 15527, que aborda seis modelos que podem ser utilizados na determinação da capacidade dos reservatórios que serão utilizados no sistema de captação de água pluvial: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

2.6.1 Método Rippl

Este método de dimensionamento dá a opção de se considerar séries históricas de precipitações mensais ou diárias. Tomaz (2012) destaca que este método busca garantir o atendimento às edificações nos períodos mais críticos de estiagem, e por isso, geralmente superdimensiona o reservatório responsável pelo abastecimento do sistema. A ABNT NBR 15527, através da Equação 1, diz que o volume de chuva que pode ser aproveitado é subtraído da demanda em um mesmo intervalo de tempo.

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

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação da chuva}_{(i)} * \text{área de captação} \quad \dots(2)$$

$$V = \sum S_{(t)} , \text{somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad \dots(3)$$

Sendo que:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo 't';

$D_{(t)}$ = Demanda ou consumo no tempo 't';

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva aproveitável no tempo 't';

C = Coeficiente de escoamento superficial;

V = Volume do reservatório.

2.6.2 Método da Simulação

Dornelles (2012) destaca que este método, também conhecido como balanço de massa, utiliza registros de precipitação na simulação do comportamento do volume de água contido no reservatório. Este é um modelo que não leva em consideração a evaporação de água e aplica-se nele uma equação de continuidade a um reservatório finito, como visto na Equação 4.

$$S_{(t)} = S_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad \dots(4)$$

$$Q_{(t)} = C * \text{precipitação da chuva}_{(i)} * \text{área de captação} \quad \dots(5)$$

$$0 \leq S_{(t)} \leq V \quad \dots(6)$$

Sendo que:

$S_{(t)}$ = volume de água no reservatório no tempo 't';

$S_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no tempo 't-1';

$Q_{(t)}$ = Volume de chuva aproveitável no tempo 't';

$D_{(t)}$ = Demanda ou consumo no tempo 't';

C = Coeficiente de escoamento superficial;

V = Volume do reservatório.

2.6.3 Método Azevedo Neto

É um modelo que não considera a influência da demanda no cálculo do reservatório, considerando apenas o volume de chuva captado e período de estiagem mensal. Seu dimensionamento é realizado a partir da Equação 7.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \dots(7)$$

Sendo que:

V = Volume de água aproveitável e volume de água no reservatório (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de captação em projeção (m²);

T = Número de meses de pouca chuva ou de seca.

2.6.4 Método Prático Alemão

Expresso pela Equação 8, o Método Prático Alemão é um modelo empírico que considera o menor valor de volume do reservatório entre 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume de precipitação aproveitável.

$$V_{(adotado)} = \min(V; D) \times 0,06 \quad \dots(8)$$

Sendo que:

$V_{(adotado)}$ = Volume de água do reservatório (L);

V = Volume aproveitável de água da chuva anual (L);

D = Demanda anual de água não-potável (L);

2.6.5 Método Prático Inglês

Similar ao Método Azevedo Neto por desconsiderar a demanda no cálculo do volume do reservatório, o Método Prático Inglês adota 5% do volume anual de água pluvial captado para o dimensionamento do reservatório. A Equação 9 fornece o volume necessário do reservatório.

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \dots(9)$$

Sendo que:

V = Volume de água aproveitável e volume de água no reservatório (L);

P = Precipitação média anual (mm);

A = Área de captação em projeção (m²);

2.6.6 Método Prático Australiano

É um método que utiliza várias tentativas para determinação do volume do reservatório, fazendo-se com que a demanda seja atingida com confiança entre 90% e 99%. Em um primeiro momento, calcula-se o volume mensal de água pluvial, expresso pela Equação 10.

$$Q = A \times C \times (P - I) \quad \dots(10)$$

Sendo que:

Q = volume mensal produzido pela chuva;

A = Área de coleta;

C = Coeficiente de escoamento superficial (geralmente 0,80);

P = Precipitação média mensal;

I = Intercepção da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (geralmente 0,2 mm).

Após, calcula-se o volume do reservatório por tentativas, de acordo com a Equação 11, a fim de se encontrar valores otimizados de confiança para o volume do reservatório.

$$V_{(t)} = V_{(t-1)} + Q_{(t)} - D_{(t)} \quad \dots(11)$$

Sendo que:

$V_{(t)}$ = volume de água no reservatório no fim do mês 't';

$V_{(t-1)}$ = volume de água no reservatório no início do mês 't';

$Q_{(t)}$ = Volume produzido pela chuva no mês 't';

$D_{(t)}$ = Demanda mensal.

2.7 Estudo de Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Água da Chuva

Sendo a água considerada um bem público, Sampaio (2013) salienta que a mesma apresenta um alto valor econômico e possui, assim, fatores financeiros que possuem influência quando da tomada de uma decisão de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

Basicamente, os principais custos que surgem na implantação de um sistema de captação de água pluvial, segundo Morais (2017) podem ser divididos em:

- Custos iniciais de construção: são levados em consideração a aquisição de reservatórios, motobombas, tubulações, condutores verticais e horizontais, mão de obra, entre outros;
- Custos de operação e manutenção: são considerados a energia gasta pelas motobombas, desinfecção e/ou mantimento da água armazenada em condições de uso, limpeza, entre outros.

Para o estudo de viabilidade econômica, vários métodos de análise de investimentos são lembrados na literatura. Neste trabalho, optou-se pela escolha de: Valor Presente Líquido (VPL), relação custo benefício do sistema de captação de água pluvial, Taxa Interna de Retorno (TIR) e tempo de retorno de investimento (payback descontado).

2.7.1 Fluxo de Caixa

De acordo com Albino (2003), as informações contidas em um fluxo de caixa fornecem aos administradores o acompanhamento detalhado das entradas (recebimentos) e saídas (pagamentos) de recursos financeiros de um negócio ou de uma empresa, fazendo com que o empreendimento consiga operar atendendo seus objetivos e metas que foram determinadas a curto e longo prazo. O fluxo de caixa pode ser considerado um espelho da situação financeira da empresa, pois ao comparar as contas a receber com os pagamentos, tem-se condições de dimensionar a necessidade de um capital de giro, evitando determinadas situações que comprometam o desempenho financeiro do negócio.

Assim, o fluxo de caixa apresenta uma fundamental importância na obtenção de resultados favoráveis de determinado negócio. Uma melhora da capacidade de geração de caixa, planejando adequadamente períodos futuros, acaba por otimizar a aplicação de recursos próprios e de terceiros em atividade mais rentáveis. Isso acaba por reduzir de maneira significativa a necessidade de financiamentos de investimentos de giro (ZDANOWICZ, 1998).

Com o intuito de ser um procedimento prático, Laponni (2000) diz que a elaboração de um fluxo de caixa deve considerar apenas estimativas relevantes, ou seja, aquelas que realmente tragam mudanças aos resultados da empresa. O autor ainda ressalta que a análise de projeto necessita considerar três importantes atividades, listadas a seguir:

- Data inicial: data em que ocorre o investimento em ativos fixos e capital de giro;
- Data terminal: data em que ocorre a recuperação do capital de giro de forma integral e do investimento em ativos de forma parcial;

- Da data inicial até a data terminal: período em que se realiza o fluxo de caixa operacional gerado pelo investimento durante o prazo de análise do projeto.

2.7.2 Valor Presente Líquido (VPL)

Também conhecido como Valor Atual Líquido, o Valor Presente Líquido (VPL), de acordo com Alice (2014), permite verificar se um projeto possui viabilidade por meio do valor presente de pagamentos futuros ou do resultado financeiro da economia de água no período de um ano, diminuindo os custos de investimento e acrescentados a uma taxa mínima de atratividade. Em outras palavras, trata-se do somatório do fluxo líquido atualizado do projeto.

Marques (2012) atribui ao VPL a relação básica entre valor presente líquido e a soma dos investimentos necessários à implementação do projeto. Assim, obtendo-se um valor positivo, conclui-se que o investimento é economicamente viável.

Matematicamente falando e de acordo com Lage (2010), determina-se o VPL de acordo com a Equação 12, onde:

$$VPL = -FC_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad \dots(12)$$

Sendo que:

FC_0 = fluxo de caixa inicial, considerado como valor negativo (R\$);

n = duração total do projeto (meses);

t = quantidade de tempo, em anos, que o dinheiro foi investido no projeto começando sempre no primeiro ano, que é quando há efetivamente o primeiro influxo de dinheiro;

FC_t = fluxo de caixa no período analisado (R\$);

i = custo de capital (%).

O resultado dessa avaliação é estritamente econômico e irá dizer se o projeto é vantajoso ou não:

- Se $VPL > 0$, tem-se que o projeto é considerado atrativo;
- Se $VPL = 0$, tem-se que o projeto é considerado indiferente;

- Se $VPL < 0$, tem-se que o projeto não é considerado atrativo.

2.7.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Pozzebon (2013) avalia que a TIR é um dos principais métodos de análise de investimento, pois fornece uma taxa percentual que, em um determinado intervalo de tempo, retorna o valor investido. Ela também representa a taxa de juros onde o valor presente que resulta de um projeto se iguala ao valor presente desembolsado no projeto. Pode ser considerado atrativo o projeto que possui uma taxa interna de retorno superior a taxa de juros do mercado.

Brom e Balian (2007) retratam que essa taxa pode ser obtida através da Equação 13, onde:

$$-I_0 + \sum_{n=1}^T \frac{FLC(n)}{(1+TIR)^n} \quad \dots(13)$$

Sendo que:

I_0 = custo total de construção do sistema de captação de água pluvial(R\$);

T = período total de meses analisados;

n = período para o qual o cálculo contido no somatório está sendo realizado;

FLC(n) = fluxo de caixa líquido no período n, ou seja, a diferença entre a economia no consumo de água e os custos de manutenção do sistema (R\$);

TIR = taxa interna de retorno (adimensional).

2.7.4 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Segundo Rebelatto (2004), alguns métodos de análises de investimentos necessitam de uma taxa de juros adequada para equacionamento, visto que o dinheiro possui valor no tempo. Existe a necessidade de uma definição prévia de uma taxa, que deve servir como parâmetro de aceitação ou rejeição em um determinado projeto de investimento. Essa taxa é conhecida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA) e necessita ser a taxa mínima a ser alcançada no investimento, para que ele se torne

viável economicamente. Dessa forma, considera-se que a TMA é uma taxa de desconto a ser utilizada no cálculo do VPL.

Casarotto Filho (2002) explica que a TMA é a taxa a qual o investidor toma como base para saber se está obtendo ganhos financeiros. Ela está associada ao baixo risco e qualquer sobra de caixa pode ser aplicada, na pior das hipóteses, na TMA. O autor também destaca que uma forma simples de se analisar um investimento é fazer a confrontação da TIR com a TMA do investidor.

De acordo com Ferreira (2009), a taxa de juros deve fazer toda a análise comparativa do projeto em todas as suas formas de atuação, sendo que:

- TMA: deve representar a taxa de juros do capital próprio utilizada na atualização do fluxo de caixa;
- TIR: deve representar a taxa de lucro almejada pelo investidor;
- Taxa interna realizada: deve representar a taxa de lucro efetiva ao final da vida útil do projeto.

2.7.5 Tempo de Retorno de Investimento (Payback)

O tempo de retorno de investimento, conhecido como payback, determina o período de retorno de investimento realizado a fim de se recuperar o valor investido. (MARQUES, 2012).

Alguns autores, tais como Marinoski (2010), apontam que investimentos podem ser considerados viáveis se o período de retorno do capital investido for inferior a 20 anos, e vice-versa. Assim, quanto menor o valor do payback (período de retorno), mais economicamente viável será o projeto.

Basicamente, o payback é segregado por duas metodologias distintas de aplicação: payback simples e payback descontado. O payback simples busca identificar o número de períodos em que há o retorno de investimento utilizando os somatórios dos resultados obtidos nos períodos de fluxo de caixa, sempre diminuindo o capital inicial investido, não considerando o valor do dinheiro no tempo. Em contrapartida, o payback descontado considera o valor do dinheiro no tempo, realizando atualização dos fluxos de caixa futuros a uma taxa de atratividade, fazendo com que os fluxos sejam trazidos a valor presente, calculando posteriormente o período de recuperação (RIGO et al., 2015).

Desta maneira, optou-se por utilizar no trabalho a metodologia do payback descontado, visto que é um método que faz a consideração do valor do dinheiro no tempo.

A Equação 14 apresenta a fórmula geral do payback descontado para um determinado período de retorno, onde:

$$FCC(t) = -I + \sum_{j=1}^t \left[\frac{R_j - C_j}{(1+i)^j} \right] \quad \dots(14)$$

Sendo que:

FCC(t) = valor presente de capital, ou seja, o fluxo de caixa descontado para o valor presente cumulativo até o instante t;

I = investimento inicial para instalação de equipamentos e componentes necessários para realizar o aproveitamento de água pluvial (R\$);

j = número de meses analisados;

R_j = receitas;

C_j = custos relevantes, excluindo-se os custos iniciais;

i = taxa mínima de atratividade (TMA).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com o intuito de analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um sistema de captação e reutilização de água pluvial para fins não potáveis na Escola Estadual de Educação Básica Dr. Lauro Dornelles, foram utilizados os seguintes procedimentos:

- realização da caracterização completa da área de implementação do projeto;
- levantamento dos dados pluviométricos da região a que a Escola pertence;
- determinação da demanda hídrica da edificação;
- definição das superfícies de captação de água;
- dimensionamento dos dispositivos de condução da água;
- dimensionamento dos reservatórios;
- análise de viabilidade econômica da implementação do sistema (definição das entradas e saídas de caixa, cálculo do VPL, da TIR e do payback descontado);

3.1 Delimitação do Local de Estudo

A Escola Estadual de Educação Básica Dr. Lauro Dornelles se situa na Avenida Tiaraju, nº 741, no bairro Ibirapuitã, da cidade de Alegrete-RS, localizada no oeste do estado do Rio Grande do Sul, como mostra a Figura 5 e a Figura 6.

Figura 5 – Localização do município de Alegrete no estado do Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Associação dos Municípios da Fronteira Oeste

A escola em estudo possui o maior número de alunos regularmente matriculados do município. Com ofertas de ensino fundamental, ensino médio, Educação de Jovens e Adultos (EJA) e cursos profissionalizantes, a instituição contém cerca de 1500 estudantes que frequentam diariamente as dependências da escola divididos em três turnos. Toda a edificação é térrea, e é composta basicamente por salas de aula, cozinha, refeitório, biblioteca, banheiros, sala de reunião, ginásio de esportes e áreas de lazer. A Figura 6 apresenta a vista aérea de toda a estrutura da escola.

Figura 6 – Vista aérea da área de implantação do projeto



Fonte: Google Earth (2018)

Com o intuito de diminuir despesas, a escola decidiu manter o funcionamento dos banheiros para atendimento dos alunos em apenas dois prédios, os blocos 2 e 4. A instalação do sistema de captação de água pluvial será realizada nesses dois prédios, utilizando áreas de captação de três telhados: dos blocos 2, 3 e 4.

A estrutura física dos dois prédios que farão uso do sistema de captação de água pluvial contém 16 vasos sanitários, 6 mictórios e 12 lavatórios, divididos em dois banheiros masculinos e dois banheiros femininos. Apenas os vasos sanitários e os mictórios, como visto na Figura 7, farão uso da água da chuva, pois são itens que não necessitam de água potável. Além destes, a água pluvial também será utilizada para a limpeza das salas de aula e calçadas, bem como para a irrigação da vegetação existente no local.

Figura 7 - Mictórios e vasos sanitários que serão abastecidos com água pluvial



Fonte: Acervo do Autor

3.2 Viabilidade Técnica

3.2.1 Delimitação da Área de Captação

Inicialmente foi realizada a quantificação da área de captação da água da chuva. Realizando uma vistoria no local, estabeleceu-se que o sistema deveria ser instalado inicialmente nos dois blocos, 2 e 4, em que a escola mantém o funcionamento dos banheiros para atendimento dos alunos e a captação da água realizada em três blocos, 2, 3 e 4.

A Figura 8 apresenta um dos blocos em que a instalação do sistema de captação de água pluvial será realizada. A quantificação da área de captação se dará com base nas plantas da edificação (planta baixa e/ou planta de cobertura), disponibilizadas pela escola e observadas na Figura 9.

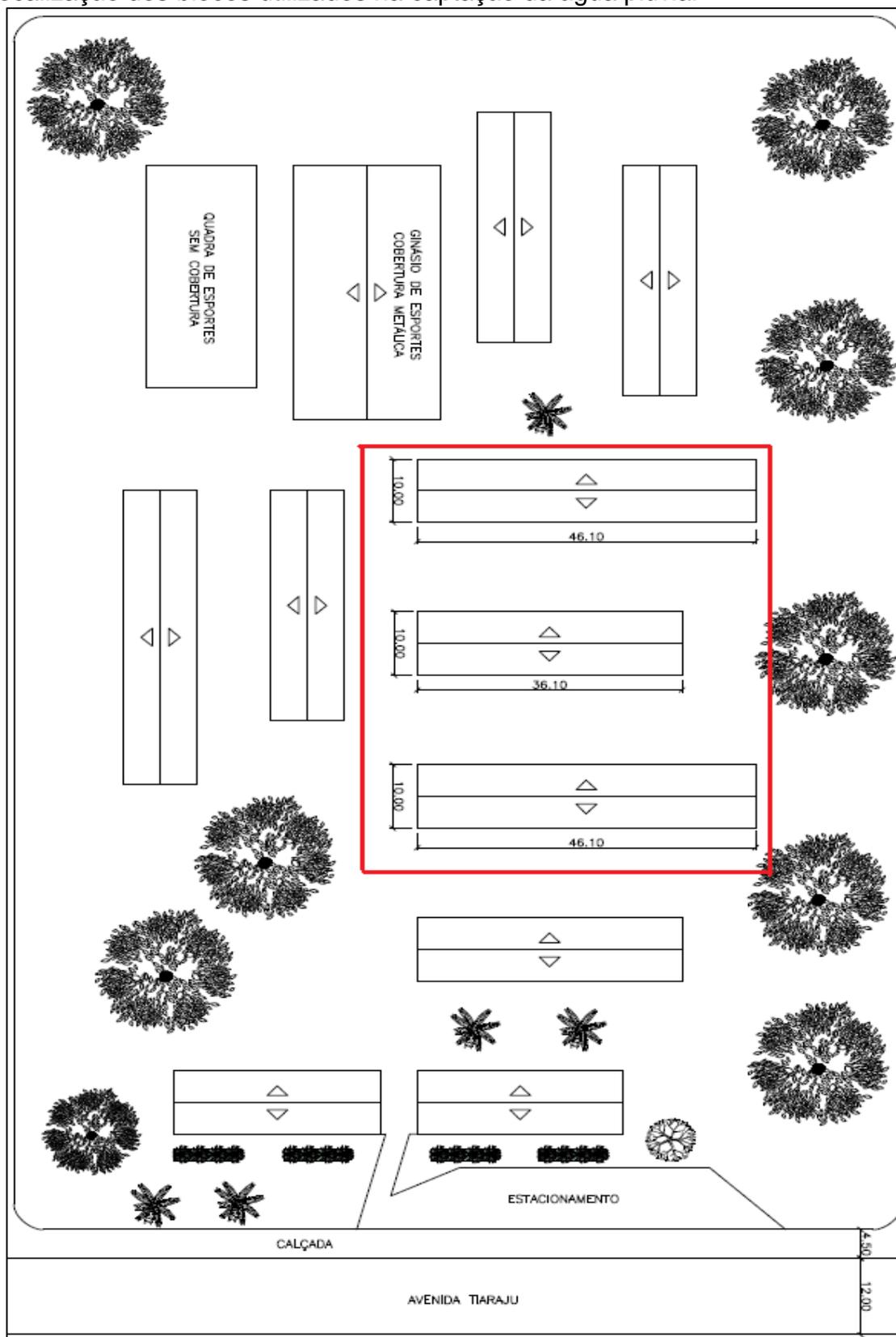
Também foi levado em consideração que nas instalações da escola não há calhas de captação da água da chuva, sendo necessário a instalação das mesmas nos blocos que será realizada a captação de água, elevando assim os custos do projeto.

Figura 8 – Bloco de instalação do sistema de captação pluvial



Fonte: Acervo do autor

Figura 9: Localização dos blocos utilizados na captação da água pluvial



Fonte: Acervo do Autor

3.2.2 Levantamento de Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados neste estudo foram obtidos junto ao site da Agência Nacional das Águas (ANA), que traz informações necessárias das precipitações diárias. Os resultados foram obtidos da estação 2955013, situada na cidade de Alegrete-RS.

3.2.3 Demanda Hídrica da Edificação

A demanda hídrica da edificação é composta pela utilização diária de torneiras, bebedouro, bacia sanitária, mictório, refeitório, limpeza do estabelecimento, entre outros. Para ter acesso à quantidade de água consumida pela escola, o departamento financeiro da instituição forneceu os gastos e as faturas de água dos anos de 2017 e 2018, contendo os volumes mensais de água utilizados, registrados pela CORSAN, concessionária que administra o fornecimento de água do município.

3.2.4 Previsão de Consumo de Água Não Potável da Instituição

Contando com um alto fluxo de alunos durante o dia, em torno de 1500 matriculados, e funcionando em três turnos, não há como ter um controle exato do número de pessoas que frequentam a escola diariamente, também devido ao fato de alguns cursos profissionalizantes oferecidos pela escola apenas terem aulas durante um ou dois dias na semana. Portanto, não há como saber com exatidão a frequência do uso de mictórios e vasos sanitários.

Dessa forma, seguindo os estudos relatados por Ana, Fiesp e Sinduscon (2005), que indicam que o consumo de água em ambientes sanitários de edificações públicas, como escolas, universidades, entre outros, pode variar de 35% a 50% do consumo total de água, estimou-se que o consumo de água destinado às descargas dos vasos sanitários e dos mictórios será calculado pela Equação 15:

$$\text{Consumo}_{(\text{Descargas})} = 0,5 \times \text{Consumo}_{(\text{Água Potável})} \quad \dots(15)$$

Sendo que:

$Consumo_{(Descargas)}$ = Consumo total de água não potável destinado mensalmente às descargas dos vasos sanitários e mictórios ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Água Potável)}$ = Consumo total mensal de água potável ($m^3/mês$).

Também deve ser levado em consideração a água utilizada na limpeza dos banheiros e salas de aula, além de um montante para irrigação à vegetação do local. Essa quantificação foi realizada com auxílio de entrevistas junto aos funcionários responsáveis pela limpeza da escola, buscando informações aproximadas da quantidade de água utilizada e do número de vezes que as limpezas e as irrigações são realizadas.

A limpeza das salas e banheiros é realizada com auxílio de um lava-jato de alta pressão da marca ZM 7, que possui uma vazão aproximada de 420 litros a cada hora de uso. Já irrigação é realizada com regadores de 5 litros, em uma frequência de aproximadamente dois dias. A Equação 16 é destinada para calcular o consumo de água destinado para a limpeza e irrigação.

$$Consumo_{(Limp.; Irrig.)} = Consumo_{(Salas de Aula; Banheiros)} + Irrigação \quad \dots(16)$$

Sendo que:

$Consumo_{(Limp.; Irrig.)}$ = Consumo de água mensal destinado à limpeza e à irrigação da escola ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Salas de Aula; Banheiros)}$ = Consumo de água mensal destinado à limpeza das salas de aula e banheiros ($m^3/mês$);

$Irrigação$ = Consumo de água mensal destinado à irrigação da vegetação ($m^3/mês$).

Tomaz (2000) cita que ainda deve ser considerada uma margem de segurança de 1,5% para possíveis vazamentos de água e outros usos. Dessa forma, a Equação 17 é utilizada para o consumo de água para outros fins.

$$Consumo_{(Outros)} = 0,015 \times Consumo_{(Água Potável)} \quad \dots(17)$$

Sendo que:

$Consumo_{(Outros)}$ = Consumo mensal de água não potável destinado a outros fins ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Água Potável)}$ = Consumo total mensal de água potável ($m^3/mês$).

Por fim, a Equação 18 apresenta o consumo total de água não potável utilizado pela escola.

$$Consumo_{(T)} = Consumo_{(Descargas)} + Consumo_{(Limp.;Irrig.)} + Consumo_{(Outros)} \quad \dots(18)$$

Sendo que:

$Consumo_{(T)}$ = Consumo total mensal de água não potável utilizado pela escola ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Descargas)}$ = Consumo total de água não potável destinado mensalmente às descargas dos vasos sanitários e mictórios ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Limp.;Irrig.)}$ = Consumo de água mensal destinado à limpeza e irrigação da escola ($m^3/mês$);

$Consumo_{(Outros)}$ = Consumo mensal de água não potável destinado a outros fins ($m^3/mês$);

3.2.5 Dimensionamento e Localização dos Reservatórios

Dispondo da quantificação das variáveis dos blocos da escola em que serão implementados o sistema de captação de água, tais como disponibilidade hídrica, demanda da edificação e área de captação, o dimensionamento dos reservatórios de armazenamento da água da chuva foi realizado com auxílio da ABNT NBR 15527/07, aplicando-se os métodos de Rippl, Simulação, Azevedo Neto, Prático Alemão, Prático Inglês e Prático Australiano.

No dimensionamento dos métodos e para efeitos de cálculo, o volume de água da chuva que poder ser aproveitado não é o mesmo que o real precipitado. Para isso, faz-se a utilização de um coeficiente de escoamento superficial, conhecido como coeficiente de runoff, que é determinado pelo quociente da água que esco

superficialmente pelo total da água precipitada. No caso em estudo, utilizou-se um coeficiente de runoff no valor de 0,90, que corresponde aos coeficientes utilizados para telhados constituídos de telhas de fibrocimento, como é o caso dos telhados da presente escola.

O local de implementação dos reservatórios de armazenamento foi definido em conjunto com a direção da escola, analisando o espaço físico do local, bem como as distâncias de captação e futuros pontos de consumo da água.

3.3 Viabilidade Econômica

Após o dimensionamento de todos os elementos necessários para a instalação de um sistema de captação e reutilização de água pluvial, foi necessário avaliar a viabilidade econômica entre o custo de implantação do sistema e a economia que será gerada financeiramente. Após a estimativa dos custos do sistema e calculados os benefícios econômicos produzidos, foram apurados o tempo de retorno do capital que foi investido na implementação do sistema.

Os valores de referência utilizados na composição de preços foram retirados da tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil), do mês de novembro de 2018, que leva em consideração o material utilizado na instalação e a mão de obra.

Também é necessário ser levado em consideração os custos de manutenção, que fazem com que o sistema se mantenha em funcionamento. Aqui, são considerados gastos com a manutenção dos dispositivos hidráulicos, equipamentos elétricos, reposição de grades e energia elétrica para o funcionamento das bombas.

Vale ressaltar que, com relação ao valor energia elétrica, há um reajuste tarifário anual da RGE Sul (empresa responsável pela distribuição de energia elétrica na região em estudo) homologado pela ANEEL (2018) (Agência Nacional de Energia Elétrica). Desde 2014 até o ano de 2018, houve um reajuste tarifário anual de 6,83%. Este percentual foi utilizado como base para o aumento anual do preço do kWh.

Mesmo procedimento ocorre com o reajuste tarifário anual da conta de água que é distribuída pela CORSAN. De 2014 a 2018 a agência teve um reajuste médio anual de 6,29%. Esse valor foi utilizado no cálculo do valor do metro cúbico economizado durante o período de análise.

Para os custos de manutenção do sistema de captação de água pluvial, a Acquacon (2012), empresa especializada na manutenção desse tipo de sistema, estima que sejam gastos, em média, anualmente, em torno de 2% do valor inicial investido para eventuais reparos e troca de equipamentos. Sobre esse valor, considerou-se a taxa de inflação média brasileira anual, que de acordo com a Inflation (2018), tomando como base o intervalo de tempo do ano de 2009 a 2018, girou em torno de 5,92%. Essa inflação incidirá apenas sobre os custos de manutenção do sistema, pois os reajustes da energia elétrica e da água são praticados pelas próprias empresas responsáveis pela distribuição das mesmas.

Foi realizada uma estimativa de economia de água potável que é calculada pela diferença entre o custo mensal de água potável sem a utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial e após a implantação do sistema.

Também foi analisado o resultado do Valor Presente Líquido (VPL) com auxílio da Equação 12, Taxa Interna de Retorno (TIR) utilizando a Equação 13 e o tempo de retorno do investimento apurado pelo payback descontado com a utilização da Equação 14. Para tais cálculos utilizou-se como auxílio as Planilhas do Excel, além de Taxa Mínima Atrativa (TMA) de 6,5% ao ano, que é o valor da taxa SELIC imposta pelo Banco Central, referente ao mês de dezembro de 2018.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

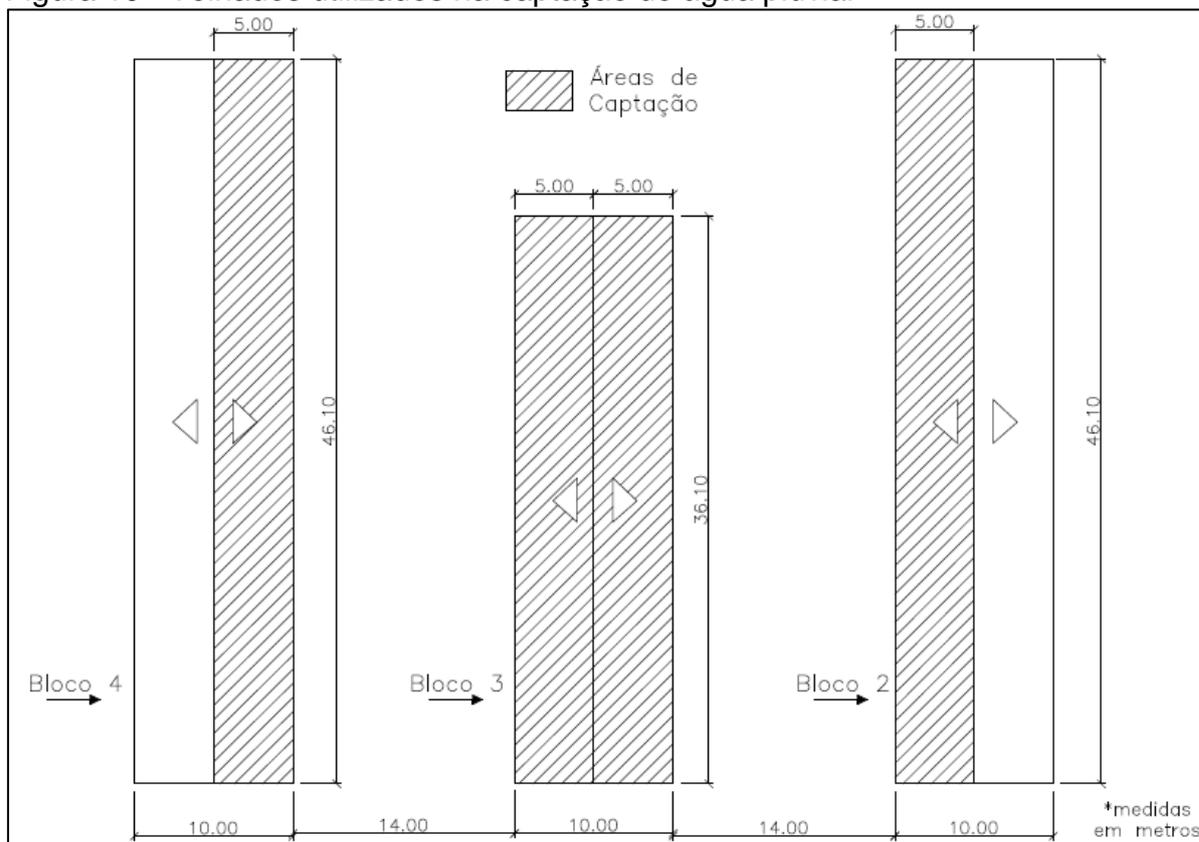
Neste capítulo estão apresentados os resultados de viabilidade econômica da implantação de um sistema de captação e reutilização de águas pluviais para fins não potáveis na Escola Estadual de Educação Básica Dr. Lauro Dornelles.

Inicialmente, foi realizada uma verificação da economia de água que poderia ser gerada com a implantação do sistema. Após, realizou-se um cálculo da demanda hídrica da instituição, fazendo-se uma estimativa do volume de água necessário para suprimento dos consumos para fins não potáveis. Com isso, definiu-se as superfícies de captação, bem como o dimensionamento dos reservatórios, realizando-se, por fim, a viabilidade econômica da implantação do sistema.

4.1 Delimitação da Área de Captação

Nesta pesquisa, definiu-se que as áreas de captação seriam compostas apenas por telhados, pelo fato de os mesmos não necessitarem de tratamento especial e serem considerados áreas limpas. Com auxílio da planta de cobertura, foi possível quantificar as áreas de captação da água pluvial escolhidas em comum acordo com a direção da escola, como mostra a Figura 10.

Figura 10 - Telhados utilizados na captação de água pluvial



Fonte: Acervo do Autor

De acordo com as áreas hachuradas na Figura 10, o sistema de captação de água pluvial abrangerá uma área total de 822 m², oriundos de 50% da área de telhado dos blocos 2 e 4 e 100% da área de telhado do bloco 3. A composição do telhado é feita de telhas onduladas de fibrocimento.

4.2 Levantamento dos Dados Pluviométricos

Foi realizado o levantamento dos dados pluviométricos da cidade de Alegrete-RS através das séries históricas de precipitação disponíveis no endereço eletrônico - www.ana.gov.br - da Agência Nacional das Águas (ANA). A estação analisada foi a de número 2955013, que continha dados do ano de 1986 até o ano de 2017. Entretanto, constatou-se a existência de inúmeros meses com falhas de registro a partir do ano de 1999. Dessa maneira, optou-se por levar em consideração o período de janeiro de 1986 a dezembro de 1998, realizando uma análise de 13 anos para o presente estudo.

A Tabela 4 apresenta as precipitações ocorrentes no período analisado, dispondo informações mensais, anuais e médias mensais de 1986 a 1998.

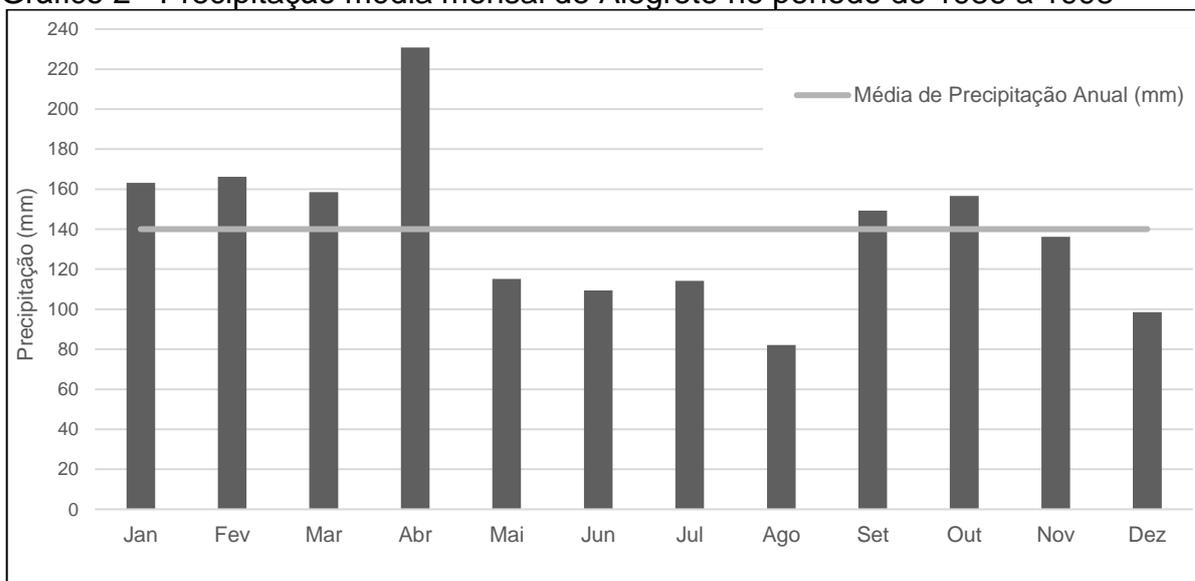
Tabela 4 - Dados Pluviométricos de Alegrete-RS

Ano	Precipitação mensal (mm)												Precipitação Anual (mm)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1986	204,8	203,4	224	221	372,9	137,4	125,2	68	184,8	146,1	326,4	27,3	2241,3
1987	94,1	191,2	259,7	442	71,7	55,6	299,6	155,5	117,3	123,8	52,4	46,6	1909,5
1988	282,7	140,1	33,5	105,6	58,1	138,6	11,2	60,5	241,1	138,3	95,1	53,3	1358,1
1989	92,9	26	108,1	184	8,6	71,3	27,5	161,4	108,3	92,1	125,5	109,5	1115,2
1990	90	107,5	250,8	401,1	86,1	64,2	66,1	9,5	162	138,3	284,6	174,7	1834,9
1991	82,6	25	111,7	258,4	56,3	104,9	72,4	9,5	168,6	95,7	82,4	149,1	1216,6
1992	91,4	292,8	193,1	339,8	206,1	202,6	132,9	51,7	59	152,2	74,2	44,5	1840,3
1993	254	50,7	114,8	130,4	205,8	227,2	95,2	0,4	64,8	161,5	325,3	104,4	1734,5
1994	16	192,7	55,3	151,9	81,1	60,8	153	91,2	196,7	199,7	79,2	0	1277,6
1995	165,7	182,3	275,7	68,4	191,2	49,9	144,2	35,5	165,3	121,8	38,6	34,8	1473,4
1996	303,9	69,5	171,2	227,8	3,9	47,5	13,5	67,5	87,9	152,1	70,2	108	1323
1997	111,9	435,7	83,6	115,5	102,3	103,9	51,5	32,6	68	428	146,3	278,5	1957,8
1998	331	242,7	180,2	354,9	53,2	158,3	162	64,3	213,6	85,2	69,4	47,1	1961,9
Média Mensal (mm)	163,2	166,1	158,6	230,8	115,2	109,4	114,2	82,12	149,3	156,5	136,1	98,6	-

Fonte: Adaptado de Agência Nacional das Águas (2018)

Através da série histórica apresentada na Tabela 4, tem-se uma constatação de que há uma boa distribuição de chuvas no município de Alegrete-RS. A precipitação mínima média é registrada no mês de agosto, que atinge cerca de 82,12 mm, sendo o mês de março o período de maior concentração de chuva, com 230,8 mm. O Gráfico 2 exibe de forma detalhada a distribuição temporal das precipitações médias mensais ocorrentes em Alegrete-RS.

Gráfico 2 - Precipitação média mensal de Alegrete no período de 1986 a 1998



Fonte: Elaboração Própria

Com auxílio do Gráfico 2, percebe-se que os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, setembro, outubro e novembro possuem índices pluviométricos acima da média anual, que gira em torno de 140 mm mensais, podendo ser considerados como períodos chuvosos. Os demais tendem a apresentar períodos mais secos, ficando abaixo da média de precipitação anual.

4.3 Consumo de Água Potável da Instituição

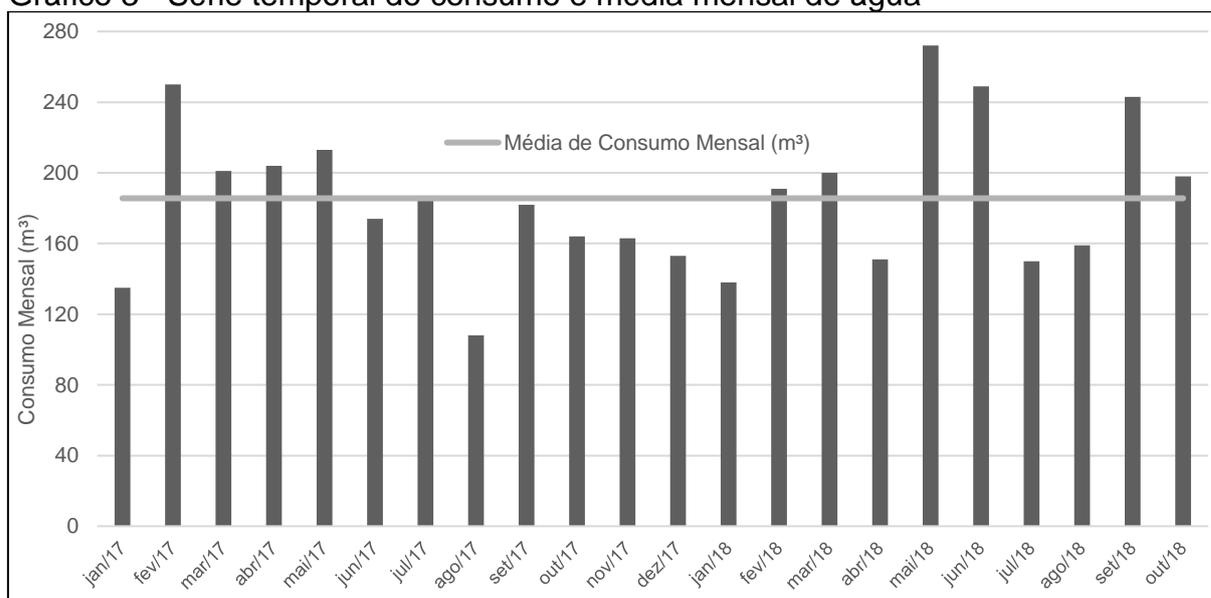
Fornecidos pelo departamento de finanças da escola, a Tabela 5 apresenta as faturas mensais dos anos de 2017 e 2018 pagas à CORSAN, bem como o volume de água gasto durante o mês, e logo abaixo o Gráfico 3 exibe a distribuição temporal do consumo de água potável do período analisado.

Tabela 5 - Valores e consumo de água potável mensal da escola

COMPETÊNCIA	CONSUMO MEDIDO DE ÁGUA (m³)	VALOR
out/18	198	R\$1.741,32
set/18	243	R\$2.395,16
ago/18	159	R\$1.368,16
jul/18	150	R\$1.283,12
jun/18	249	R\$2.409,67
mai/18	272	R\$2.656,29
abr/18	151	R\$1.265,92
mar/18	200	R\$1.724,26
fev/18	191	R\$1.639,21
jan/18	138	R\$1.146,48
dez/17	153	R\$1.284,37
nov/17	163	R\$1.376,98
out/17	164	R\$1.386,16
set/17	182	R\$1.554,38
ago/17	108	R\$875,57
jul/17	185	R\$1.582,67
jun/17	174	R\$1.421,05
mai/17	213	R\$1.947,57
abr/17	204	R\$1.856,55
mar/17	201	R\$1.747,86
fev/17	250	R\$2.324,83
jan/17	135	R\$1.075,08
Média	185,6	R\$1.639,21

Fonte: Elaboração Própria

Gráfico 3 - Série temporal do consumo e média mensal de água



Fonte: Elaboração Própria

Através da Tabela 5 e do Gráfico 3, percebe-se que a média mensal de consumo de água potável foi de 185,6 m³, com um gasto mensal de R\$ 1.639,21. Nota-se também que devido às férias letivas da escola, o mês de janeiro costuma ficar muito abaixo da média mensal de consumo. O mês de agosto de 2017 também teve uma queda brusca de consumo, justificada pela greve dos professores, período em que a escola não esteve em funcionamento.

4.4 Previsão de Consumo de Água Não Potável da Instituição

A previsão de consumo de água não potável mensal será dada pelas equações dispostas no item 3.2.4, estimando o consumo de água para os vasos sanitários, mictórios, limpeza, irrigação e outros fins.

Através da Equação 15, tem-se o consumo destinado aos vasos sanitários e mictórios:

$$\text{Consumo}_{(\text{Descargas})} = 0,5 \times 185,6 = 92,8 \text{ m}^3/\text{mês}$$

Com relação ao consumo de água destinado à limpeza de salas de aula, banheiros e irrigação, em entrevistas com os funcionários, foi relatado que as limpezas ocorrem numa frequência de 5 dias, totalizando 6 limpezas durante o mês. Em cada limpeza, o lava-jato é utilizado por cerca de duas horas, totalizando 12 horas de uso durante o mês. Além do lava jato, ainda são utilizados cerca de 10 baldes de 20 litros na finalização da limpeza das salas de aula e banheiros. Na irrigação, utilizam-se cerca de 10 regadores a cada molhagem de plantas, com uma frequência 2 dias, totalizando 15 dias mensais de irrigação.

A Tabela 6 apresenta o consumo destinado à limpeza de salas de aula, banheiros e irrigação de forma detalhada, e em seguida, a Equação 16 fornece a previsão de consumo de água destes itens.

Tabela 6: Consumo de água mensal destinado à limpeza e irrigação

Local de Uso	Consumo (litros/dia)	Frequência mensal	Consumo (litros/mês)
Salas de Aula/Banheiros	1040	6	6240
Irrigação	50	15	750
Total (litros/mês)			6990
Total (m³/mês)			6,99

Fonte: Elaboração Própria

$$Consumo_{(Limp.; Irrig.)} = 6,24 + 0,75 = 6,99 \text{ m}^3$$

Para o cálculo do consumo de água para outros fins ou para possíveis vazamentos que devem ser considerados, utiliza-se a Equação 17.

$$Consumo_{(Outros)} = 0,015 \times 185,6 = 2,78 \text{ m}^3$$

Dessa maneira, a Equação 18 apresenta o consumo total de água não potável utilizada pela instituição mensalmente.

$$Consumo_{(T)} = 92,8 + 6,99 + 2,78 = 102,57 \text{ m}^3$$

Assim, verifica-se que, aproximadamente, a demanda de água não potável utilizada pela escola mensalmente é de 102,57 m³/mês, que representa cerca de 56% do consumo total de água da instituição. O restante do percentual é utilizado em bebedouros, lavatórios e na cozinha, onde são preparadas refeições em três turnos para os alunos que frequentam as dependências da escola.

4.5 Dimensionamento e Localização dos Reservatórios

Com auxílio da ABNT NBR 15527 realizou-se o dimensionamento dos reservatórios responsáveis por armazenar a água da chuva. O coeficiente superficial utilizado em todos os métodos de dimensionamento foi de 0,90, que corresponde ao telhado composto por material fibrocimento, como explicado no item 3.2.5.

4.5.1 Método Rippl

A Tabela 7 apresenta o dimensionamento realizado através do Método Rippl.

Tabela 7 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Rippl

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	D(t) - Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Q(t) - Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Volume de demanda e de chuva (m ³)	Diferença Acumulada dos valores positivos
janeiro	163,15	102,57	822,0	120,70	-18,13	0
fevereiro	166,12	102,57	822,0	122,90	-20,33	0
março	158,59	102,57	822,0	117,33	-14,76	0
abril	230,83	102,57	822,0	170,77	-68,20	0
maio	115,18	102,57	822,0	85,21	17,36	17,36
junho	109,40	102,57	822,0	80,93	21,64	39,00
julho	114,17	102,57	822,0	84,46	18,11	57,11
agosto	82,12	102,57	822,0	60,75	41,82	98,92
setembro	149,33	102,57	822,0	110,47	-7,90	98,92
outubro	156,52	102,57	822,0	115,80	-13,23	98,92
novembro	136,12	102,57	822,0	100,70	1,87	100,79
dezembro	98,60	102,57	822,0	72,94	29,63	130,42
TOTAL	1680,14 (mm/ano)	1230,84 (m ³ /ano)		1242,97 (m ³ /ano)		

Fonte: Elaboração Própria

Tomando como base as Equações 1 a 3 e os valores dispostos na Tabela 7, o volume do reservatório que deve atender os banheiros dos blocos 2 e 4 e ainda a demanda de limpeza, irrigação e outros fins deverá ser de 130,42 m³, correspondente ao maior valor resultante da diferença acumulada dos valores positivos.

4.5.2 Método da Simulação

Este método estabelece um volume fixo inicial para um determinado reservatório, calculando o volume restante para atender a demanda anual, além de obter a quantidade de água que irá extravasar.

Tabela 8 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método da Simulação

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	D(t) - Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Q(t) - Volume de Chuva Mensal (m ³)	Volume de reservatório fixado (m ³)	Vol. Do Res. No Tempo (t-1) - (m ³)	Vol. Do Res. No Tempo (t) - (m ³)	Owerflow (m ³)	Suprimento de água externo (m ³)
janeiro	163,15	102,57	822,0	120,70	75	75	18,13	18,13	0
fevereiro	166,12	102,57	822,0	122,90	75	18,13	38,46	0,00	0
março	158,59	102,57	822,0	117,33	75	38,46	53,22	0,00	0
abril	230,83	102,57	822,0	170,77	75	53,22	53,22	46,41	0
maio	115,18	102,57	822,0	85,21	75	53,22	35,85	0,00	0
junho	109,40	102,57	822,0	80,93	75	35,85	14,22	0,00	0
julho	114,17	102,57	822,0	84,46	75	14,22	-3,89	0,00	-3,89
agosto	82,12	102,57	822,0	60,75	75	0,00	-41,82	0,00	-41,82
setembro	149,33	102,57	822,0	110,47	75	0,00	7,90	0,00	0
outubro	156,52	102,57	822,0	115,80	75	7,90	21,13	0,00	0
novembro	136,12	102,57	822,0	100,70	75	21,13	19,26	0,00	0
dezembro	98,60	102,57	822,0	72,94	75	19,26	-10,36	0,00	-10,36
TOTAL	1680,14	1230,84		1242,97					-56,07

Fonte: Elaboração Própria

Com base nas Equações 4 a 6 e fixando um reservatório de 75 m³ na simulação do método, obteve-se um reservatório adicional de 131,07 m³ para o suprimento de água, totalizando 113,96 m³ de necessidade de reserva.

4.5.3 Método Azevedo Neto

Nesta metodologia, faz-se uso apenas da média das precipitações anuais, área de captação e número de meses com pouca chuva. Não há uma especificação na ABNT NBR 15527 em relação à determinação do número de meses com pouca chuva, sendo assim, adotou-se os meses de agosto e dezembro como meses críticos, por apresentarem índices pluviométricos inferiores a 30% da média de precipitação mensal.

Tabela 9 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Azevedo Neto

Média de Precipitação Anual (1986 - 1998) - (mm)	1680,14
Área de Captação (m²)	822
Nº de meses com pouca chuva	2
Volume do Reservatório (m³)	116,01

Fonte: Elaboração Própria

Com auxílio da Equação 7 verifica-se que o volume do reservatório a ser adotado deve ser de 116,01 m³.

4.5.4 Método Prático Alemão

É considerado um método empírico que analisa o menor valor do volume de reservatório dentre duas opções: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

Tabela 10 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Prático Alemão

	m ³	Volume do Reservatório (m ³)
Demanda Anual	1230,84	73,85
Disponibilidade Anual	1242,97	74,58

Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a Equação 8 e a Tabela 10 e escolhendo o menor valor dentre os dois volumes apresentados, o reservatório escolhido deve ser o de 73,85 m³.

4.5.5 Método Prático Inglês

Similar ao Método Azevedo Neto, o Método Prático Inglês faz uso apenas da média de precipitação anual e da área de captação para calcular o volume do reservatório a ser utilizado.

Tabela 11 - Dimensionamento dos reservatórios através do Método Prático Inglês

Média de Precipitação Anual (1986 - 1998) - (mm)	1680,14
Área de Captação (m²)	822
Volume do Reservatório (m³)	69,05

Fonte: Elaboração Própria

Dessa forma, a Equação 9 permite dimensionar o reservatório necessário a atender a demanda anual, que para esta metodologia ficou em 69,05 m³

4.5.6 Método Prático Australiano

A Tabela 12 traz as informações necessárias para a utilização do Método Prático Australiano.

Tabela 12 - Dimensionamento dos reservatórios através do Mét. Prático Australiano

Meses	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Volume de reservatório (m ³)
janeiro	163,15	102,57	822,0	120,55	17,98
fevereiro	166,12	102,57	822,0	122,75	38,16
março	158,59	102,57	822,0	117,18	52,77
abril	230,83	102,57	822,0	170,62	120,82
maio	115,18	102,57	822,0	85,06	103,31
junho	109,40	102,57	822,0	80,79	81,53
julho	114,17	102,57	822,0	84,32	63,27
agosto	82,12	102,57	822,0	60,60	21,31
setembro	149,33	102,57	822,0	110,33	29,06
outubro	156,52	102,57	822,0	115,65	42,14
novembro	136,12	102,57	822,0	100,56	40,13
dezembro	98,60	102,57	822,0	72,80	10,35
TOTAL	1680,14	1230,84		1241,19	

Fonte: Elaboração Própria

Com auxílio das Equações 10 e 11 definiu-se que para atender a demanda anual da escola seria necessária uma reserva de água de 120,82 m³.

4.6 Comparação das Metodologias Analisadas

Analisando os dados obtidos através das metodologias de dimensionamento de reservatórios dispostas na ABNT NBR 15527, observa-se que há uma discrepância dos valores encontrados nos Métodos Prático Alemão e Prático Inglês, em comparação com os demais métodos, como exposto na Tabela 13. Essa diferença pode ter relação com as poucas variáveis utilizadas no dimensionamento desses dois métodos, com relação às outras metodologias.

Tabela 13 - Comparação dos volumes dos reservatórios de cada método analisado

Metologia	Volume do Reservatório (m ³)
Rippl	130,42
Simulação	131,07
Azevedo Neto	116,01
Prático Alemão	73,85
Prático Inglês	69,05
Prático Australiano	120,82

Fonte: Elaboração Própria

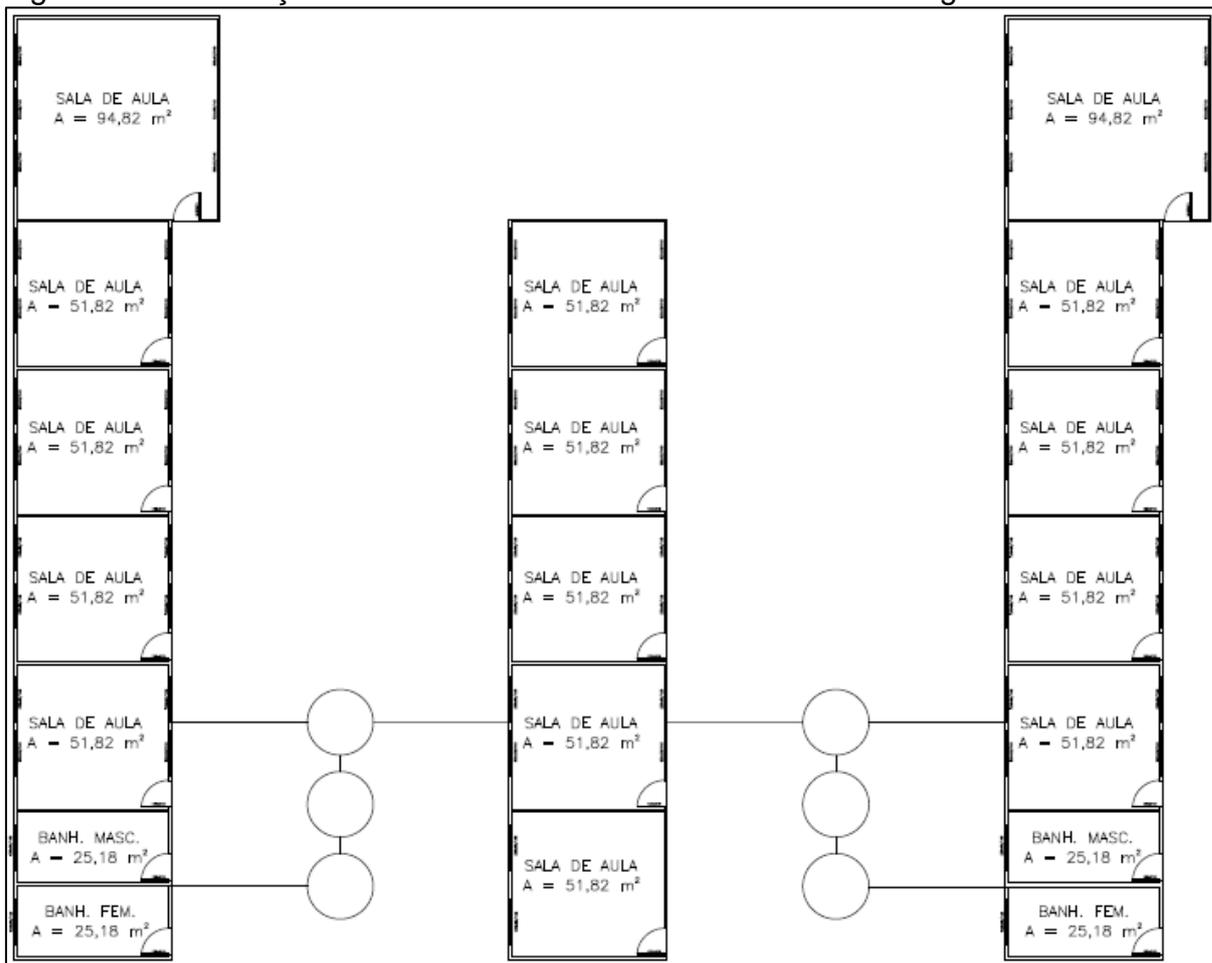
Para a análise de econômica do presente trabalho, adotou-se o volume de reservatório da metodologia que apresentou maior capacidade de reserva de água. Dessa maneira, o volume do reservatório levado em consideração no processo de viabilidade econômica foi de 131,07 m³, apresentado pela Método da Simulação.

4.7 Definição dos Reservatórios e Locais de Implantação

Definido o volume de água a ser armazenado, definiu-se, em conjunto com a direção da escola, a localização dos reservatórios e quais reservatórios seriam implantados no sistema a fim de suprir o volume de 131,07 m³ de água. Considerando as dimensões comerciais, estabeleceu-se que seriam instalados nos blocos 2 e 4, de acordo com a Figura 11:

- 6 reservatórios inferiores de 20 m³ (3 reservatórios para suprir a demanda de cada bloco);
- 2 reservatórios superiores de 5 m³ (1 reservatório para suprir a demanda de cada bloco).

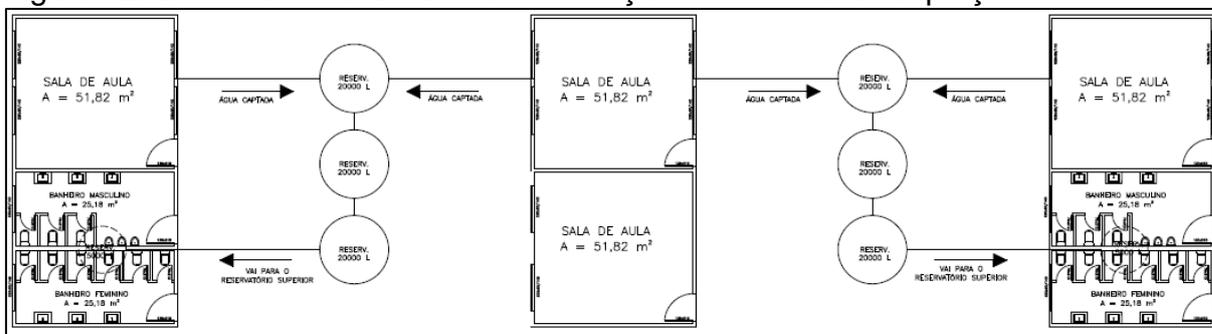
Figura 11: Localização dos reservatórios de armazenamento de água da chuva



Fonte: Elaboração Própria

A Figura 12 apresenta um detalhamento da área onde será instalado o sistema de captação de água pluvial:

Figura 12: Detalhamento da área de instalação do sistema de captação



Fonte: Elaboração Própria

De acordo com a Figura 12, toda água pluvial captada será direcionada por dispositivos de condução (calhas e condutores verticais) aos reservatórios inferiores,

de 20 m³ cada. Após, a água será bombeada aos reservatórios superiores, de 5 m³, com auxílio de uma moto bomba, para ser distribuída aos pontos de uso.

4.8 Viabilidade Econômica do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva

A fim de avaliar a eficácia da implantação do sistema de captação de água pluvial, é necessário dispor de todas as despesas que envolvem o projeto, além de avaliar a economia de água que o sistema gerará. Dessa maneira, foi proposto a realização de uma avaliação econômica baseado no Valor Presente Líquido (VPL), na Taxa Interna de Retorno (TIR) e no tempo de retorno de investimento (payback descontado).

4.8.1 Despesas Relacionadas à Implantação do Sistema De Captação de Água Pluvial

Inicialmente, foi realizado os cálculos dos custos para instalação de calhas e condutores verticais, pois a escola ainda não possui dispositivos de condução de água. Os valores de referência foram retirados da tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil), do mês de novembro de 2018, que leva em consideração o material utilizado na instalação e a mão de obra. A Tabela 14 apresenta os custos relativos à instalação dos condutores horizontais e verticais do sistema de captação de água pluvial.

Tabela 14 - Custos Relativos à instalação dos dispositivos de condução da água

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total
Calhas	3 m	55	R\$ 71,35	R\$ 3.924,25
Condutores Verticais	3 m	4	R\$ 54,10	R\$ 216,40
TOTAL				R\$ 4.140,65

Fonte: Elaboração Própria

O próximo passo foi calcular as despesas dos reservatórios, motobombas, tubulações, conexões e outros materiais necessários à implantação do sistema de captação de água pluvial, baseado no dimensionamento do Método da Simulação, que apresentou um volume de reserva de 131,07 m³. A Tabela 15 apresenta a composição dos custos relativos a todos esses itens. A escolha das motobombas se

deu através de catálogos de fabricantes que forneceram as especificações necessárias para o correto funcionamento do sistema.

Tabela 15 - Custos dos materiais destinado à instalação do sistema

Material	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Total
Reservatório de 5000 litros	Unid.	2	R\$ 2.110,00	R\$ 4.220,00
Reservatório de 20000 litros	Unid.	6	R\$ 6.233,00	R\$ 37.398,00
Motobomba	Unid.	2	R\$ 243,00	R\$ 486,00
Tubulação/Conexões	-	-	5% do total	R\$ 2.105,20
TOTAL				R\$ 44.209,20

Fonte: Elaboração Própria

Também foi realizado o cálculo dos custos de mão de obra relativos à instalação do sistema. Levou-se em consideração a hora trabalhada de um encanador e de um servente, tendo esses profissionais aptidão para a execução deste tipo de serviço. O custo horário foi obtido junto SINAPI (ref. novembro/2018) e o detalhamento da mão de obra para a implantação do sistema de captação de água pluvial está disposto na Tabela 16. Foi estimado que o período de execução dos serviços fosse de 30 dias.

Tabela 16 - Custos com relação à mão de obra

	Jornada de Trabalho (h)	Custo (h)	Período (dias)	Total
Encanador	6	R\$ 18,71	30	R\$ 3.367,80
Servente	6	R\$ 15,68	30	R\$ 2.822,40
TOTAL				R\$ 6.190,20

Fonte: Elaboração Própria

Dessa maneira, a Tabela 17 apresenta o custo total para a implantação do sistema de captação de água pluvial, levando em consideração a instalação de dispositivos de condução de água, materiais, reservatórios e mão de obra.

Tabela 17: Custo total da implantação do sistema de captação de água pluvial

	Total
Dispositivos de condução de água	R\$ 4.140,65
Reservatórios, motobombas e tubulações	R\$ 44.209,20
Mão de obra	R\$ 6.190,20
TOTAL	R\$ 54.540,05

Fonte: Elaboração Própria

Há ainda, de acordo com a Acquacon (2012), a incidência anual de 2% sobre os custos de implantação do sistema de captação de água pluvial, que servirá para a manutenção e/ou possível troca de equipamentos que fazem parte do sistema. Assim, serão gastos anualmente em torno de R\$ 1090,00, com correção da inflação de 5,92%, para manter o correto funcionamento do sistema de captação de água pluvial.

Também foi realizado o cálculo da energia elétrica consumida pela operação das bombas, responsáveis por transportar a água da chuva captada para os reservatórios superiores. Se baseando em catálogos de fabricantes de motobombas, estimou-se que cada motobomba deva funcionar no máximo durante 1 hora diariamente. Como o sistema utiliza duas motobombas, mensalmente as motobombas funcionarão durante 60 horas. Cada motobomba possui uma potência de 480W para cada hora trabalhada. Dessa forma, serão gastos em torno de 28,8 kWh mensalmente. Como o preço médio do kWh praticado pela RGESul é de R\$ 0,54, serão gastos com energia elétrica cerca de R\$ 15,55 mensalmente, ajustados em 6,83% anualmente.

4.8.2 Análise Econômica da Implantação do Sistema de Captação de Água Pluvial

Tendo em mãos o volume e a demanda de água potável e não-potável necessária a atender a edificação em estudo, bem como dos custos envolvidos na implantação do sistema de captação de água pluvial, faz-se necessário avaliar o qual a economia gerada pelo sistema.

Dessa maneira, de acordo com os dados da Tabela 5, que apresenta uma média de consumo mensal de água potável de 185,6 m³, estimou-se que o custo de cada m³ de água gasta equivale a R\$ 8,84. Como o sistema captará 102,57 m³ de água da chuva, a economia média gerada mensalmente no 1º ano será de cerca de R\$ 906,72. Esse valor será reajustado anualmente em 6,29% pela CORSAN, fazendo com que aumente a economia com água ao passar dos anos. Há ainda os gastos com energia elétrica, que totalizará em um valor de R\$ 186,60 ao longo do 1º ano. Esse valor será reajustado anualmente pela RGESul em 6,83%. Os gastos com manutenção totalizarão R\$ 1090,00 ao longo do 1º ano, sendo esse valor reajustado pela inflação em 5,92%. A Tabela 18 apresenta os dados referentes à economia gerada pelo sistema em seu 1º ano de funcionamento.

Tabela 18: Economia gerada pelo sistema de captação de água pluvial no 1º ano

Consumo mensal de água não potável (m³)	102,57
Valor do m³ de água potável (R\$)	8,84
Gastos com energia elétrica	186,60
Gastos com manutenção	1090,00
Economia mensal de água (R\$)	906,72
Economia do sistema no 1º ano (R\$)	9604,03

Fonte: Elaboração Própria

Partindo dos dados da Tabela 18, efetuou-se uma análise econômico financeira levando em consideração alguns aspectos importantes:

- Estimou-se como Taxa Mínima Atrativa (TMA) o valor corrente da taxa SELIC, que é a taxa básica de juros, correspondente à taxa que serve de referência para toda a economia. O valor adotado foi de 6,5% ao ano, referência de novembro de 2018;
- Considerou-se um período de avaliação de 10 anos do presente projeto, considerado razoável junto à direção da escola, para os cálculos do Fluxo de Caixa, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Payback Simples e Descontado.

Sendo assim, a Tabela 19 apresenta a economia gerada pelo sistema de captação de água pluvial no período analisado de 10 anos. Já as Tabelas 20 e 21 apresentam os cálculos realizados para obtenção dos índices citados acima.

Tabela 19: Economia gerada pelo sistema para uma análise de 10 anos

	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Consumo mensal de água não potável (m³)	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57	102,57
Valor do m³ de água potável (R\$)	8,84	9,40	9,99	10,62	11,28	11,99	12,75	13,55	14,40	15,31
Gastos com energia elétrica	186,60	199,34	212,96	227,51	243,04	259,64	277,38	296,32	316,56	338,18
Gastos com manutenção	1090,00	1154,53	1222,88	1295,27	1371,95	1453,17	1539,20	1630,32	1726,83	1829,06
Economia mensal (R\$)	906,72	963,75	1024,37	1088,80	1157,29	1230,08	1307,46	1389,69	1477,11	1570,02
Economia anual (R\$)	9604,03	10211,14	10856,62	11542,88	12272,49	13048,19	13872,90	14749,70	15681,89	16672,96

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 20: Fluxo de Caixa Descontado para uma análise de 10 anos

Anuais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Investimento	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
	-R\$ 54.540,05	9604,03	10211,14	10856,62	11542,88	12272,49	13048,19	13872,90	14749,70	15681,89	16672,96
VP (R\$)	R\$ 89.499,44	9017,86	9002,75	8987,64	8972,54	8957,45	8942,37	8927,30	8912,23	8897,17	8882,12
VPL (R\$)	R\$ 34.959,39	-45522,19	-36519,44	-27531,79	-18559,25	-9601,79	-659,42	8267,87	17180,10	26077,27	34959,39

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 21: Resultado de investimento e retorno para uma análise de 10 anos

	Descontado
VPL	R\$ 34.959,39
Payback	6 anos e 27 dias
TIR	10,22%

Fonte: Elaboração Própria

Realizando uma análise da Tabela 20, percebe-se a importância de considerar a TMA como parte dos cálculos de viabilidade econômica, que equaciona valores futuros e os traz para o presente por meio do cálculo do fluxo de caixa e do VPL. Através da Tabela 20, nota-se que o VPL atingiu o valor de R\$ 34.959,39 considerando uma TMA de 6,5% ao ano. Para o tempo de retorno de investimento (payback descontado), são necessários 6 anos e 27 dias. A TIR, também considerando a TMA, obteve um valor de 10,22%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa analisou a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis em três blocos de uma instituição de ensino localizada na cidade de Alegrete-RS.

Para a realização do dimensionamento do sistema de captação de água pluvial, foi necessário avaliar a disponibilidade hídrica da cidade, com uma série histórica que fosse capaz de representar dados reais aos cálculos sem comprometer o sistema, visto que há meses com volumes baixos de chuva na cidade analisada.

Após realizar o cálculo da demanda de água potável de toda a instituição, através de dados de faturas de água dos últimos 2 anos, e avaliar a quantidade de água destinada a usos menos nobres (descargas de vasos sanitários, mictórios, limpeza e irrigação), que foi de 102,57 m³, cerca de 56% da água utilizada em toda a instituição, foi possível determinar a capacidade dos reservatórios de armazenamento da água pluvial, que atendessem a toda a demanda mensal dos blocos estudados.

O dimensionamento dos reservatórios foi realizado através de 6 métodos disponíveis na ABNT NBR 15527, que resultaram em diferentes volumes de armazenamento. Para efeito de cálculos de custo e da viabilidade econômica, utilizou-se o Método da Simulação, que obteve o maior volume de reserva dentre as metodologias analisadas, resultando em 131,07 m³.

Composta por payback descontado, fluxo de caixa e pelo Valor Presente Líquido, a avaliação econômica estimou o período de retorno do investimento de capital de todo o sistema analisado para um período de 10 anos, que para o payback descontado foi de 6 anos e 27 dias.

Além disso, obteve-se a Taxa Interna de Retorno (TIR), que foi de 10,22 para uma Taxa Mínima Atrativa de 6,5% ao ano.

Analisando os resultados obtidos na pesquisa, constatou-se que a implantação de um sistema de captação e reaproveitamento de água pluvial para fins não potáveis mostrou-se economicamente viável, proporcionando um grande potencial de economia de água potável, trazendo benefícios financeiros a médio prazo, além de contribuir com aspectos ambientais, preservando uma considerável parcela de recursos hídricos utilizados na instituição.

5.1 Sugestões de Trabalho Futuros

Com a conclusão deste trabalho, surgem algumas sugestões que podem ser utilizadas em futuros trabalhos:

- Aumentar a confiabilidade de dados pluviométricos da região, além de realizar a coleta de dados mais recentes, através de pesquisas de diferentes estações;
- Analisar a qualidade da água pluvial captada pelas áreas de coleta.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10844. **Instalações de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.
- ABNT NBR 15527. **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos**, 2007.
- ACQUACOM. **Manutenção de sistemas de águas (2012)**. Rio de Janeiro. Disponível em: www.acquacom.com.br – 2018. Acesso em: nov/2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Relatório de conjuntura dos recursos hídricos**. Disponível em: www.ana.gov.br - 2018. Acesso em: nov/2018.
- ALBINO, M. R. **O uso do fluxo de caixa como ferramenta estratégica nas micro e pequenas empresas**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis - SC, 2003.
- ALICE, C. F. **Método de avaliação de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2014.
- AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. **Estudo Comparativo dos Métodos de Dimensionamento para Reservatórios Utilizados em Aproveitamento de Água Pluvial**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n4/a15v10n4.pdf>>. Acesso em: nov/2018.
- ANA, FIESP & SINCUSCON-SP. **Conservação e reúso de água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST: Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Brasília: ANEEL, 2018.
- ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. 2005.
- Associação dos Municípios da Fronteira Oeste, disponível em: '<http://amfro.org.br/cidades/alegrete/>' - Acesso em: set/2018.
- BRASIL, Decreto Federal Nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 10 jul, 1934.

BROM, L. G.; BALIAN J. E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CASAROTTO FILHO, N. **Projeto de Negócio: estratégias e estudos de viabilidade: redes de empresas, engenharia simultânea, plano de negócio**. São Paulo: Atlas, 2002.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº274 de 29 de novembro de 2000**.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Nº430 de 13 de maio de 2011**.

CURITIBA, Lei Municipal Nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba, o programa de conservação e uso racional da água nas edificações - purae. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Curitiba, PR, 18 set, 2003.

DORNELLES, F. **Aproveitamento de Água de Chuva no Meio Urbano e seu Efeito na Drenagem Pluvial**. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

FERREIRA, A. D. D. **Habitação autossuficiente interligação e integração de sistemas alternativos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

FERREIRA, R. G. **Engenharia Econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação, financiamentos e benefícios fiscais, análise de sensibilidade e risco**. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES, J. L. **Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no estado de São Paulo: um novo modelo de política pública**. Cadernos EBAPE.BR, Rio de Janeiro, V.2, N.3, 2004.

GOOGLE Earth-Mapas. [Http://google.mapas.com](http://google.mapas.com). Acessado em: nov/2018.

GOULD, J. **Rainwater is sake to drink? A review of recent findings**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 1999. Petrolina. Anais eletrônicos. Disponível em: <http://www.cpatasa.embrapa.br/catalogo/start_inicio.html>. Acesso em: nov/2018.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da Água da Chuva**. In: KOBİYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; AFONSO, M. A. Editora Organic Trading – Curitiba/PR, 2002.

[Http://www.joli.com.br/blog/index.php/2013/03/20/como-reaproveitar-a-agua-da-chuva](http://www.joli.com.br/blog/index.php/2013/03/20/como-reaproveitar-a-agua-da-chuva). Acesso em: nov/2018.

INFLATION. **Inflação histórica Brasil – IPC**. 2018. Disponível em:< <https://pt.inflation.eu/taxas-de-inflacao/brasil/inflacao-historica/ipc-inflacao-brasil.aspx> >. Acesso em dez/2018.

LAGE, E. de S. **Aproveitamento de água pluvial em concessionárias de veículos na cidade de Belo Horizonte: Potencial de economia de água potável e estudo da viabilidade econômica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

LAPPONI, Juan Carlos. **Projetos de Investimento: construção e avaliação do fluxo de caixa: modelos em excel.** São Paulo: Lapponi Treinamento e Editora, 2000.

LEE, K. T. et al. **Probabilistic design of storage capacity for rainwater cistern systems.** J. agric. Engng Res, v. 3, n. 77, 2000.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso- Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2007.

_____. **Método para avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Florianópolis, SC, 2010.

MARQUES, C. M. **Proposição de Sistemas de Aproveitamento de Água de chuva para o Campus Campina Grande do IFPB: Estudo de caso da viabilidade econômica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 2012.

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

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria Nº2914 de 12 de dezembro de 2011.**

MORAIS, J. W. A. **Viabilidade Técnica/econômica no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em uma instituição de ensino do Amazonas.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas, 2017.

PÊGO, C. S.; JUNIOR, M. E. **Dimensionamento e viabilidade econômica da coleta e uso de águas pluviais no município de Campos dos Goytacazes, RJ.** Revista Perspectiva Online: Exata e Eng., Campos dos Goytacazes, 2012.

PORTO ALEGRE, Lei Municipal Nº 10.506, de 5 de agosto de 2008. Institui o Programa de Conservação, Uso Racional e Reaproveitamento das Águas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Porto Alegre, RS, 5 de agosto, 2008.

POZZEBON, P. H. B. **Viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento das águas de chuva e cinzas para consumo não potável na cidade de Santa Maria/RS/Pedro**. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Santa Maria, 2013.

REBELATOO, D. A. N. **Projeto de Investimento: com estudo de caso completo na área de serviços**. Barueri: Manole, 2004.

RIGO, P. D.; SCHRIPE, P.; MEDEIROS, F. S. B.; WEISE, A. D. **Viabilidade econômico-financeira de um projeto de produção de arroz na cidade de Agudo – RS**. Revista Engevista, Niterói, v. 17, n. 1, p. 105-112, mar. 2015.

SAMPAIO, F. E. O. V. **Análise da viabilidade de implantação e pré-dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial em centros urbanos**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos), Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2013.

SÃO PAULO, Lei Municipal Nº 13.276 de 05 de janeiro de 2002. Torna obrigatória a execução de reservatório para as águas coletadas por coberturas e pavimentos nos lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500m². **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, São Paulo, SP, 04 jan, 2002.

SCHERER, F. A. **Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes Para Secretarias de Educação**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources. A new appraisal and assessment for the 21st century. Shiklomanov**. United National Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 1998.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2013, Brasília.

TOMAZ, P. **Conservação da Água**. São Paulo: Ed. Digihouse, 1998.

_____. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar, 2000.

_____. **Economia de água**. São Paulo: Navegar, 2001.

_____. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

_____. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 4^a Ed. Editora navegar: São Paulo, 2011.

_____. **Dimensionamento de reservatórios de água de chuva**. Guarulhos, 2012.

VILLIERS, M. **Água: Como o uso deste precioso recurso natural poderá acarretar a mais séria crise do século XXI.** Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

WATERFALL, P. H. **Harvesting rainwater for landscape use.** University of Arizona Cooperative. 2005.

WEIERBACHER, L. **Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada – RS.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.

ZDANOWICZ, J. E. **Fluxo de caixa: uma decisão de planejamento e controle financeiros.** 7ª ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.