



AValiação DE USO DA ÁGUA DA CHUVA NO TERMINAL RODOVIÁRIO DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL - PR

OLIVEIRA, Rhay¹
BERTUOL, Suellem Cristine²

RESUMO: O uso sustentável da água da chuva contribui para a conservação ambiental, a diminuição de custos com o abastecimento público e o aumento da resiliência em regiões com escassez de água. É uma medida importante no contexto de sustentabilidade e gestão de recursos hídricos, essa prática visa reduzir o consumo de água tratada e minimizar o impacto sobre os recursos hídricos. A pesquisa no Terminal Rodoviário Dra. Helenise Pereira Tolentino, em Cascavel/PR, teve como objetivo analisar a viabilidade técnica do uso de água da chuva para fins não potáveis. O estudo incluiu a avaliação das condições físicas do terminal, a compatibilidade dos sistemas propostos com a infraestrutura existente e o potencial de redução do consumo de água potável. Os dados pluviométricos dos últimos dez anos foram analisados para estimar os volumes de água a serem coletados e utilizados. A análise dos dados envolveu métodos descritivos, estatísticos e técnicos, considerando a área de captação, a precipitação média e o coeficiente de escoamento. O estudo destaca a importância de garantir a conformidade legal, a qualidade da água e a eficiência operacional dos sistemas, enfrentando desafios técnicos e regulatórios para assegurar a viabilidade e eficácia dessas iniciativas sustentáveis.

Palavras-chave: Aproveitamento; consumo; sustentável.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a vida humana e para o desenvolvimento socioeconômico das sociedades. No entanto, o aumento da população, a intensificação da agricultura e a expansão da indústria geram um crescente consumo de água potável, ameaçando a segurança hídrica global.

Nesse contexto, o aproveitamento da água da chuva surge como uma solução estratégica para reduzir a dependência das fontes tradicionais de água potável. A coleta e armazenamento da água pluvial para fins não potáveis, como irrigação de jardins, lavagem de calçadas e descargas de vasos sanitários, pode contribuir significativamente para a preservação dos recursos hídricos e para a promoção da sustentabilidade ambiental. (BERTOLO, 2006)

No mundo moderno da engenharia civil, a análise técnica do aproveitamento de água da chuva é um assunto relevante. Ao revisar a bibliografia existente, são destacados elementos

¹Rhay Henrique, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: rhmoliveira@minha.fag.edu.br.

² Bertuol, Suellem Cristine, Professora Orientadora, Mestre, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR.



essenciais, como a história do aproveitamento da água da chuva, as situações atuais que impulsionam sua utilização e os vários benefícios associados. (OLIVEIRA, 2008)

Dentre os pontos essenciais a serem abordados, a análise do sistema de aproveitamento de água da chuva deve envolver uma descrição detalhada de seu funcionamento geral, a definição da área de captação da água pluvial, os processos de condução para o armazenamento adequado, as estratégias de armazenamento implementadas e a identificação da demanda e dos usos específicos dessa água reutilizada, visando otimizar sua aplicação de forma sustentável e eficiente NBR 16783 (ABNT, 2019).

Explorar esses aspectos é essencial para analisar a viabilidade assegurando a eficiência e a sustentabilidade do uso da água da chuva no Terminal Rodoviário de Cascavel/PR, enfatizando a importância da qualidade e tratamento adequado desse recurso natural tão valioso.

Devido à crescente demanda por soluções sustentáveis na construção civil, a análise da viabilidade técnica para implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no Terminal Rodoviário de Cascavel/PR, servirá como exemplo no poder público para projetos de natureza sustentável.

Ao adquirir uma compreensão dos elementos regulatórios e técnicos envolvidos no processo, é possível promover uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos, além de contribuir para a redução dos efeitos econômicos e ambientais.

A efetiva implantação desses sistemas enfrenta desafios técnicos e regulatórios que precisam ser endereçados. O problema central reside na necessidade de garantir a conformidade legal, a qualidade da água armazenada e a eficiência operacional dos sistemas de uso de água da chuva no Terminal Rodoviário de Cascavel/PR. Portanto, é fundamental investigar e propor soluções para superar esses obstáculos, assegurando a viabilidade e a eficácia dessas iniciativas sustentáveis.

A pesquisa teve como foco a análise técnica do uso de água da chuva no Terminal Rodoviário de Cascavel/PR. Isso incluirá a descrição detalhada do funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial.

O objetivo geral deste estudo foi analisar se é viável o uso da água da chuva no Terminal Rodoviário de Cascavel/PR, para fins não potáveis, considerando aspectos como: funcionamento do sistema, conformidade legal e eficiência dessa prática.



Salienta-se que, para pleno êxito do trabalho, os seguintes objetivos específicos foram seguidos:

- a) Avaliar as condições físicas do terminal para instalação de sistemas de captação, armazenamento e tratamento da água da chuva para fins não potáveis.
- b) Verificar a compatibilidade dos sistemas propostos com a infraestrutura existente.
- c) Avaliar o potencial de redução do consumo de água potável no terminal rodoviário.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

O aproveitamento da água da chuva é a coleta e o armazenamento de água pluviais para uso posterior. É uma alternativa sustentável ao uso da água potável. Com a captação e armazenamento das águas provenientes da chuva, é possível reduzir a demanda sobre os recursos hídricos convencionais, promovendo a conservação e o uso racional da água. (REYNOSO, 2019)

Silva (2017) destaca que o tratamento adequado da água abre portas para sua reutilização em diferentes aplicações, sendo a qualidade do tratamento o fator determinante para a escolha da aplicação mais adequada.

A implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial requer uma abordagem integrada que considere não apenas nas questões técnicas e estruturais, mas também aspectos normativos e de planejamento urbano. (REYNOSO, 2019)

Segundo Anecchini (2005), o aproveitamento da água da chuva é caracterizado por ser uma das soluções mais econômicas para preservar a água potável.

É essencial avaliar a viabilidade da instalação de tais sistemas em edificações existentes e novas construções, considerando fatores como a demanda de água, a capacidade de armazenamento, a qualidade da água captada e as condições climáticas locais. Dessa forma, é possível garantir a eficiência e a adequação dos sistemas de aproveitamento, maximizando seus benefícios e minimizando possíveis impactos negativos. (REYNOSO, 2019)

2.1.1 Histórico coleta pluvial

A prática de coletar água da chuva tem sido amplamente adotada em várias partes do mundo e evoluiu conforme as características únicas de cada região ao longo de milênios. Essa técnica foi desenvolvida especialmente em áreas onde as chuvas são escassas e ocorrem apenas em alguns meses do ano. Um exemplo notável remonta à antiga Pedra Moabita, localizada no Oriente Médio e datada de 850 a.C., onde o rei Mesha dos Moabitas menciona a construção de reservatórios para aproveitar a água da chuva. (GNADLINGER 2000)

Thomaz (2015), menciona que, nesta região, há cerca de 3000 anos antes de Cristo, eram escavados reservatórios nas rochas para fornecer água para consumo humano.

O México possui tecnologias antigas de coleta de água da chuva, evidenciadas nas civilizações pré-colombianas, como os Maias. Na região ao sul de Oxtutzcab, próximos ao Monte Puuc, havia uma prática agrícola no século X baseada na coleta de água da chuva, onde cisternas subterrâneas forneciam água potável, com capacidade entre 20 mil e 45 mil litros, e uma área de captação de 100 a 200 m² (OLIVEIRA, 2008).

No entanto, o advento da modernidade e o desenvolvimento de infraestrutura urbana levaram a uma diminuição do uso da água da chuva como fonte de água potável, à medida que as comunidades passaram a depender mais de sistemas centralizados de abastecimento de água. Nas últimas décadas, houve um ressurgimento do interesse no aproveitamento da água da chuva, impulsionado por preocupações ambientais, econômicas e de sustentabilidade. (REYNOSO, 2019)

Segundo Silva (2003), uma ideia tem ganhado destaque central: a relevância do reuso da água. Dentre os propósitos do reuso da água estão o uso racional e eficiente para irrigação, reserva de proteção contra incêndios, paisagismo, descargas sanitárias e lavagem de automóveis.

Hoje, tecnologias avançadas permitem a captação, filtragem e armazenamento eficientes da água da chuva em diferentes escalas, desde sistemas residenciais simples até projetos de grande escala em áreas urbanas. Esses sistemas podem ser integrados a edifícios, residências,



instalações agrícolas e industriais, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos, a redução dos custos de água e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas. (REYNOSO, 2019)

2.1.2 Benefícios da coleta pluvial

O uso da água da chuva contribui para a economia de água potável e a redução de custos associados ao seu tratamento e distribuição. Essa prática também promove a sustentabilidade ao minimizar o impacto ambiental relacionado à captação e ao uso de água, além de reduzir o escoamento pluvial e melhorar a qualidade da água. (REYNOSO, 2019)

Segundo Bertolo (2006), a coleta de água da chuva não se limita apenas a preservar recursos hídricos, mas também tem um impacto positivo na conservação de energia, uma vez que reduz a necessidade de energia para operar sistemas de distribuição de água centralizados.

Soares (2010) chama a atenção para o enorme potencial do reuso da água. Ele enfatiza “que a reutilização é viável em muitos casos, com baixo custo e simplicidade, já que a água frequentemente apresenta baixo nível de contaminação e pode ser facilmente tratada para uso posterior”.

May (2004) enfatiza que investir em estruturas para captação e uso da água da chuva é altamente rentável, podendo ocorrer em apenas 2,5 anos.

Aquastock (2008) salienta que a utilização de água não potável para descarga, irrigação e lavagem de pisos apresenta benefícios e se configura como uma alternativa adequada para esses fins.

2.2 SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Anecchini (2005) classifica quatro modelos de sistemas de aproveitamento de água da chuva que se destacam:

- ◆ Sistema de Fluxo Total:

Captação: A água da chuva é coletada da superfície do local.

Filtração: Materiais grosseiros são removidos por filtros ou telas.

Armazenamento: A água filtrada é direcionada para o reservatório de armazenamento



Excesso: A água que excede a capacidade do reservatório é direcionada para o sistema de drenagem.

◆ Sistema com Derivação:

A água da chuva é coletada da superfície local.

Derivação: A primeira água da chuva é descartada para o sistema de drenagem por um sistema de tubulação vertical.

Filtração (opcional): Em alguns casos, materiais grosseiros são removidos na tubulação de derivação.

Armazenamento: A água coletada após a derivação é direcionada para o reservatório.

Excesso: A água não aproveitada é direcionada para o sistema de drenagem.

Sistema com Volume Adicional de Retenção:

Armazenamento: Um reservatório é projetado para armazenar o volume necessário para a demanda e um volume adicional para evitar inundações.

Válvula de Retenção: Uma válvula regula a saída do volume adicional para o sistema de drenagem conforme a necessidade.

◆ Sistema com Infiltração no Solo:

Captação: Semelhante ao sistema de fluxo total, toda a água da chuva é coletada.

Armazenamento: A água coletada é direcionada para o reservatório.

Infiltração: A água não utilizada é direcionada para um sistema de infiltração no solo.

Ainda segundo o autor, a captação da água da chuva em superfícies como telhados é seguida pelo seu direcionamento para as cisternas através de calhas e dispositivos de condução, onde fica armazenada para reutilização (WEIERBACHER, 2008).

No início da chuva, a água que escorre pela superfície carrega consigo impurezas. Para evitar que essas impurezas obstruam o sistema de captação, Flesch (2011) recomenda descartar as primeiras águas coletadas.

Bertolo (2006) defende a ideia a instalação dos reservatórios próximos aos pontos de fornecimento e consumo para otimizar a eficiência do sistema.



2.2.1 Tratamento da água da chuva armazenada

Para garantir a segurança e a qualidade da água para o reuso, a Norma Brasileira NBR 15527 (ABNT, 2019) recomenda instalar dispositivos, como grades e telas, para remoção de sólidos indesejáveis (detritos, folhas, insetos, etc.) que devem ser retidos e/ou desviados.

A água utilizada para fins não potáveis não exige um tratamento de purificação rigoroso, mas geralmente precisa de um nível básico de filtragem. Para um tratamento simples, métodos como sedimentação natural, filtração básica e cloração podem ser suficientes (MAY e PRADO, 2004).

Segundo Brown et al. (2005), o volume do primeiro fluxo de água de chuva a ser descartado varia conforme a quantidade de poeira acumulada na superfície do telhado, sendo uma função do número de dias secos, da quantidade e tipo de resíduos, e da estação do ano.

Vieira e Mendonça (2011) propõem utilizar um sistema de cloração simples e eficiente para a água da chuva, utilizando um clorador flutuante.

2.3 REGULAMENTAÇÕES

2.3.1 Regulamentação de aproveitamento

A norma técnica mais recente é a NBR 15527 (ABNT, 2019), que trata do aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas para usos não potáveis. Esta norma incorpora atualizações das normas ABNT NBR 5626 (ABNT, 1998), que trata da instalação predial de água fria; ABNT NBR 10844 (ABNT, 1989), referente às instalações prediais de águas pluviais; e também da norma ABNT NBR 12213 (ABNT, 1992), que aborda o projeto de captação de água de superfície para abastecimento.

A Norma Técnica NBR 15527 (ABNT, 2019) está voltada para o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis, como vasos sanitários, irrigação, lavagem de veículos e limpeza domiciliar. Ela define como água não potável aquela que não atende aos padrões estabelecidos pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde. Segundo a NBR 2019 p.2), o sistema de aproveitamento da água da chuva deve estar em conformidade com as normas ABNT NBR



5626 e ABNT NBR 10844. No caso da ABNT NBR 10844, a norma específica que não deve ser utilizada caixa de areia, mas sim caixa de inspeção.

2.3.2. Exemplos de regulamentação de implantação no Brasil

A legislação brasileira, desde os tempos do Brasil Império, evidenciava preocupação com questões hídricas. A Lei nº1, de 1/10/1828, estabelecia diretrizes ambientais e demonstrava cuidado com a relação entre saúde e água, visando melhorar a qualidade de vida. Conforme mencionado por Rivelli (2005), essa lei abordava aspectos ambientais e atribuía à polícia a responsabilidade de cuidar de poços, tanques, fontes, aquedutos e chafarizes.

Em relação à política ambiental direcionada aos recursos hídricos, é notável a promulgação da Lei 9.433 em 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Popularmente conhecida como Lei das Águas, essa legislação proporciona instrumentos que visam aprimorar a gestão sistemática dos recursos hídricos.

A Lei nº 11445/2007, conhecida como lei do Saneamento Básico, estabelece, indiretamente, critérios para o manejo de água pluvial. Em seu artigo 3º, define a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas como:

Conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Em diversos municípios, foi estabelecido um programa destinado à conservação e uso racional da água em edificações. Curitiba-PR (Lei nº 10.785/2003); Vitória-ES (Lei nº 7.079/2007); Blumenau-SC (Lei nº 691/2008); Brusque -SC (Lei nº 114/2005); Passo Fundo-RS (Lei nº 198/2008); Canoas-RS (Lei nº 5.434/2009); Americana-SP (Lei nº 4.389/2006); Ponta Grossa-PR (Lei nº 8.718/2006); Porto Alegre-RS (Lei nº 1.056/2008); Garibaldi-RS (Lei nº 4.038/2010); Rio de Janeiro-RJ (Lei nº 5.279/2011); São José dos Pinhais-PR (Lei nº 554/2004); Pato Branco-PR (Lei nº 2.349/2004); Diadema-SP (Lei nº 2.451/2005); Biguaçu-SC (Lei nº 2.783/2009); Foz do Iguaçu-PR (Lei nº 2.896/2004); Gaspar-SC (Lei nº 2.904/2007); Santana de Parnaíba-SP (Lei nº 2.942/2009); Guarujá-SP (Lei nº 3.153/2004) e Amparo-SP



(Lei nº 3.286/2007). Em âmbito estadual, Maranhão (Lei nº 10.309/15) e Paraíba (Lei nº 9.130/2010).

O Paraná estabeleceu uma legislação voltada para a gestão eficiente dos recursos hídricos, enfatizando a reutilização da água em diversos setores, incluindo áreas urbanas, rurais, industriais e de produção. A Resolução nº 122, elaborada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR) e vinculada ao Instituto Água e Terra (IAT), entrou em vigor em junho de 2023 e regula o reuso da água para diferentes fins, como uso urbano, agrícola, florestal, ambiental e industrial.

Uma ampla gama de atividades é contemplada por essa medida, abrangendo desde a irrigação de espaços verdes e a lavagem de veículos e superfícies até a construção civil, o uso em edificações, o combate a incêndios, a agricultura e a manutenção do fluxo adequado dos corpos hídricos, entre outras aplicações.

A Lei nº 6.971, de 11 de abril de 2019 do município de Cascavel /PR, institui a Política Municipal de Recursos Hídricos, em seu art.4º inciso IV, aborda como objetivos da Política Municipal dos Recursos Hídricos “promover a captação, armazenamento e aproveitamento das águas pluviais, tanto nos espaços públicos como nos espaços privados”.

O vereador Cidão da Telepar (PSB) propôs ao Secretário Municipal de Planejamento e Gestão, Edson Zorek, a realização de estudos para integrar nos projetos arquitetônicos de construção ou reforma dos prédios públicos do município de Cascavel a implementação de sistemas de coleta para aproveitamento da água da chuva. Essa solicitação foi formalizada por meio da Indicação nº 1380, datada de 2021.

3. METODOLOGIA

Nesse capítulo, são apresentadas as metodologias utilizadas para coleta de dados, junto com a caracterização de pesquisa e sua delimitação.

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

A pesquisa foi conduzida como estudo de campo, de natureza descritiva e análise técnica. O estudo de campo envolveu a coleta direta de dados no local do Terminal Rodoviário Dr.^a Helenise Pereira Tolentino, permitindo uma análise detalhada das condições existentes, bem como a avaliação prática da viabilidade do uso da água da chuva. A abordagem descritiva foi



utilizada para fornecer uma análise detalhada das características do terminal e dos sistemas propostos, enquanto a análise técnica foi empregada para avaliar os aspectos técnicos envolvidos na implementação dos sistemas de uso da água da chuva.

A análise envolveu várias etapas, incluindo:

- a) Avaliação das condições físicas do terminal para instalação de sistemas de captação, armazenamento e tratamento da água da chuva.
- b) Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável através do uso da água da chuva.
- c) Levantamento e análise de dados pluviométricos

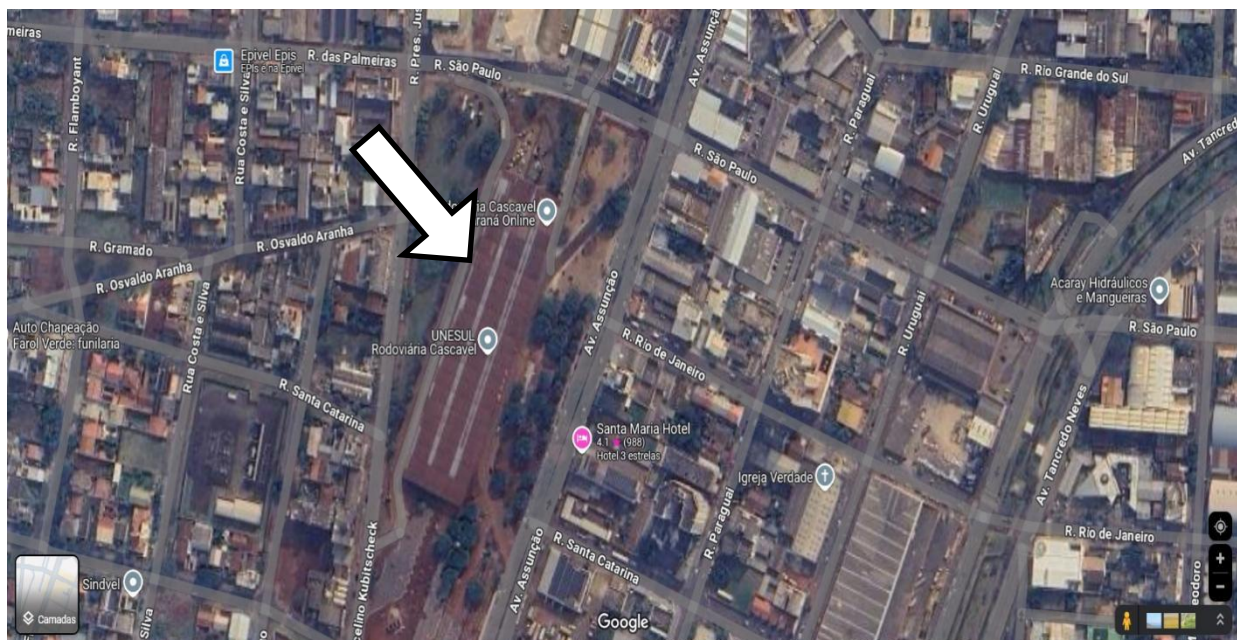
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

A pesquisa foi realizada no Terminal Rodoviário Dra. Helenise Pereira Tolentino, localizado no município de Cascavel, no estado do Paraná. O terminal foi selecionado devido à sua relevância como infraestrutura pública e à sua localização estratégica na região. Esse local oferece uma oportunidade ideal para avaliar a viabilidade do uso da água da chuva em uma infraestrutura de transporte urbano, contribuindo para uma gestão sustentável da água.

Inaugurado em 4 de julho de 1987, o terminal possui uma área total de 58.965 m² e está situado nas coordenadas geográficas -24.956102969136452, -53.47567851748257.

O Terminal conta com um poço artesiano para o consumo de água da estrutura, a qual é tratada e utilizada tanto para fazer o uso na limpeza quanto para consumo potável. O novo projeto prevê a construção de reservatórios para armazenamento de água. A localização do terminal rodoviário está representado na Figura 1.

Figura 1: Mapa localização do terminal



Fonte: Google Maps (2024).

3.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Foi realizada uma avaliação no local de estudo visando verificar os pontos de captação de água. Além disso, foi possível acessar os projetos da reforma que está em andamento. No entanto, a ausência dos projetos antigos do terminal limitou o acesso a algumas informações, especialmente no que se refere à estrutura e à localização das tubulações de drenagem pluvial.

Durante a avaliação, foram examinados aspectos como, extensão da área de captação, a presença de calhas para drenagem pluvial e as opções de sistemas a serem instalados.

Para determinar os melhores pontos de captação deu-se prioridade a identificação de locais que proporcionassem a maior área de captação possível. Garantiu-se também, o máximo aproveitamento do volume de água coletada, visando selecionar os locais mais adequados que oferecessem uma combinação ideal entre eficiência de captação, facilidade de implementação e operação, garantindo assim um sistema sustentável e eficaz de gestão da água no local.

Também foram analisadas informações sobre o consumo de água por meio do método de dimensionamento de Rippl que é uma técnica empregada para determinar o volume ideal de um reservatório destinado à captação de água da chuva. Essa abordagem permite calcular a



capacidade necessária para armazenar uma quantidade suficiente de água, considerando as flutuações entre a quantidade captada e o consumo ao longo do ano, bem como a infraestrutura existente do terminal rodoviário de Cascavel, bem como, possíveis problemas encontrados e as dificuldades na avaliação.

Os índices pluviométricos dos últimos dez anos foram considerados para análise, utilizando o banco de dados das séries históricas disponíveis no aplicativo IDR Clima - Paraná. A análise dos dados pluviométricos permite o monitoramento detalhado do clima ao longo dos anos, fornecendo *insights* sobre padrões e variações climáticas significativas.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados coletados foram analisados utilizando uma combinação de métodos descritivos, estatísticos e técnicos, permitindo uma avaliação abrangente da viabilidade do uso da água da chuva no Terminal Rodoviário Dra. Helenise Pereira Tolentino, estimando os volumes de água a serem utilizados pelo sistema e volumes de captação, bem como o melhor sistema de captação a ser implantado.

Este método é utilizado para dimensionar reservatórios de água, levando em consideração a variação na demanda ao longo do tempo. Em vez de supor uma demanda constante, como em métodos tradicionais, o Rippl considera que os picos de consumo não ocorrem simultaneamente, o que permite otimizar o volume do reservatório. O método usa uma curva de probabilidade para calcular o volume necessário com base na flutuação da demanda e na segurança do abastecimento. Para isso, são analisados a média, o desvio padrão e o fator de variação da demanda. O objetivo é garantir que o reservatório tenha capacidade suficiente para suprir a demanda durante períodos críticos, sem ser excessivamente grande. Esse método é útil para sistemas urbanos e rurais com consumo variável, proporcionando um dimensionamento mais eficiente e econômico.

A partir do consumo registrado no hidrômetro do terminal nos meses de coleta, foi realizado um levantamento do período de 10 anos de precipitação de chuva na região. Para calcular o volume potencial de água coletada, utilizou-se a vazão média das chuvas na região, obtida por meio de dados meteorológicos do IDR Clima - Paraná. A equação para o cálculo do volume de água coletada (V) que é apresentada a seguir:

$$V = A \times P \times C$$

Onde:

V representa o volume, em m³;

A representa a área de captação em m²;

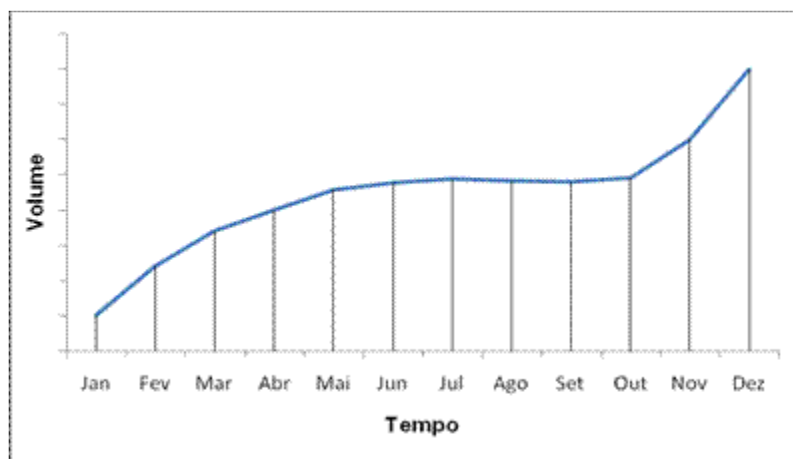
P é a precipitação média em metros;

C é o coeficiente de escoamento, considerando perdas e eficiência do sistema de coleta, geralmente entre 0,75 e 0,90.

3.5 MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO E RESERVATÓRIO UTILIZADO.

A base do método de Rippl é a construção do diagrama de massa através das séries históricas das chuvas e tal diagrama pode ser definido como a integral do hidrograma mensal, Figura 2.

Figura 2: Integral do hidrograma mensal



Fonte: Adaptado de Mcmahon; Mein (1978)

Para a construção do diagrama de massas consideram-se duas hipóteses, a primeira considerando o reservatório cheio no tempo zero, o que caracteriza o início do período crítico e a segunda ao adotar uma série de dados históricos assume-se que estes dados não são alterados na sequência de tal série. O volume do reservatório é encontrado através da equação:



**CENTRO
UNIVERSITÁRIO**

$$S(t) = D(t) - Q(t)$$

$$Q(t) = C \times P \times A$$

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

$$\text{Sendo que: } \sum D(t) < \sum Q(t)$$

Onde:

$S(t)$ = 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;

P = Precipitação da chuva;

A = Área de captação

Para o dimensionamento de reservatório, utilizou-se a planilha do método de Rippl desenvolvida por Faria (2016) e apresentada na Figura 3.

Figura 3: Planilha dimensionamento Rippl

USE CHUVA Área de captação (A): 10.814 m² Coeficiente de escoamento (C): 0,9 Volume mínimo do reservatório: 50% da demanda mensal média. Eficiência do sistema: 0,85															
MÉTODO DA SIMULAÇÃO															
Cenário 1 DEMANDA INVULSIVEL P: 230,0 D₁₀: 68527,57 Q₁₀: 1902,72 S₁₀: -66619,35															
Cenário 2 DEMANDA INVULSIVEL P: 230,0 D₁₀: 68400,00 Q₁₀: 1902,72 S₁₀: -66491,78															
Cenário 3 Predeterminar volume de reservatório: P: 230,0 D₁₀: 127,57 Q₁₀: 1902,72 S₁₀: 5,50															
Planilha desenvolvida por Suellen Bertoni, com base no modelo apresentado por Faria, 2016.															

Fonte: Faria (2016)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 EXTENSÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO E LOCAÇÃO DO RESERVATÓRIO

A extensão da área de captação é de aproximadamente 10.815 m². A estrutura já existente possui calhas para drenagem pluvial com escoamentos por tubos verticais de 150 mm em PVC, posicionados, na sua maioria, de forma aparente na área externa da edificação, conforme é possível verificar na Figura 4. Atualmente, a água é destinada para a galeria de águas pluviais.

Figura 4: Tubulação vertical da pluvial.



Fonte: Autor (2024).

A tubulação pré-existente poderá ser reutilizada no sistema proposto para reduzir custos, tendo em vista que será necessário apenas interligar esse trajeto, deslocando o fluxo da água coletada na saída da calha e direcionando para o reservatório que ficará apoiado no chão ao lado da edificação.

Para determinar o melhor ponto para a instalação do reservatório foi analisado o espaço existente. Contudo, há pouco espaço disponível próximo à edificação sendo necessário alocar

o reservatório na parte da frente da edificação em um canto promissor que não afeta a estética nem o deslocamento dos usuários.

Figura 5: Local para implantação do reservatório.



Fonte: Autor (2024).

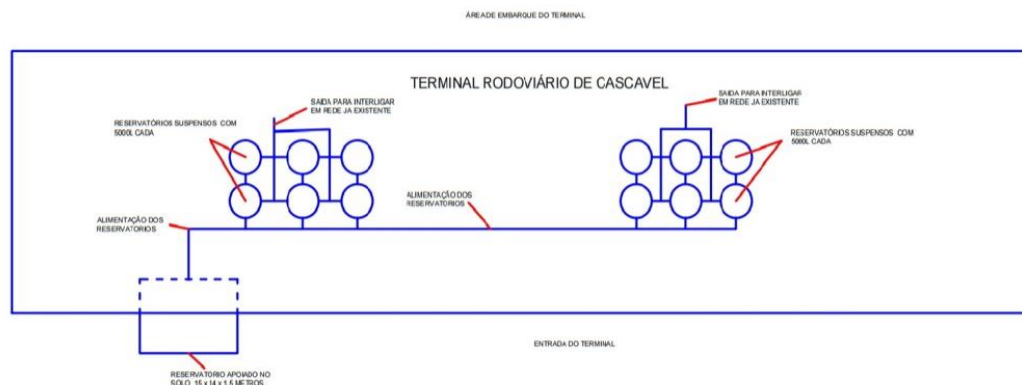
Na Figura 5, é possível ver o local onde o reservatório poderá ser alocado ficando bem próximo do ponto de captação da água.

O reservatório deve conter um volume de 370 m³ para atender a estrutura sem falta, porém esse volume exige uma estrutura de grande porte para armazenar essa quantidade. Pensando nisso foi analisado a opção de colocar pequenos reservatórios de água em cima dos banheiros reduzindo assim o tamanho do reservatório principal e alocando parte da água coletada nesses reservatórios suspensos.

Os reservatórios serão interligados de modo que quando o primeiro encha a água se nivele com os outros reservatórios em sequência, e conforme o gasto eles sempre permanecerão ao nível e sendo alimentados pelo recalque do reservatório principal.

Na Figura 6 a seguir, o croqui representa como seria a projeção dos reservatórios.

Figura 6: Croqui da projeção dos reservatórios



Fonte: Autor (2024)

4.2 Estimativa de consumo de água não potável e cálculo do volume de reserva

Devido à impossibilidade de levantamento de dados para estimativa do consumo de água não potável por métodos empíricos, optou-se por adotar o método de estimativa de consumo com base nas faturas de esgoto dos últimos três meses da edificação. Com essa nova análise, foi possível determinar que a estrutura consome, em média, 546 m³ de água por mês. Conforme NBR 15527 (ABNT, 2019), a porcentagem de água utilizada para uso para lavagem de piso, áreas externas e descargas de banheiro corresponde, em média, a 60% do consumo total da edificação. Através da média calculada pelas faturas adquiridas no terminal, foi feito um cálculo para o uso dessa água apenas para limpeza do piso e na utilização dos banheiros.

Com a média de consumo em mãos foi possível determinar o volume necessário do reservatório para poder atender a demanda do terminal. Por tanto, o gasto com água não potável é cerca de 330 m³ mensais. Para estimar a capacidade de coleta de água no local, foi feito o levantamento da precipitação da região utilizando os últimos 10 anos de série histórica de chuva, chegando a uma média de 160 mm mensal.

Para atender a demanda do terminal foi calculado a área necessária para a captação do volume pretendido. Onde uma área de 2575 m² cerca de ¼ do telhado foi suficiente para suprir essa demanda. O telhado da estrutura é dividido em 21 caimentos, o que corresponde a uma área de 515 m² cada, sendo possível utilizar apenas 5 desse total interligando essas calhas diretamente ao reservatório.



Para calcular o volume potencial de água coletada, utilizando a vazão média das chuvas na região, obtida mediante dados meteorológicos do IDR Clima - Paraná. A fórmula básica para o cálculo do volume de água coletada (V) é: $V = A \times P \times C$. Onde:

- ◆ V representa o volume em m^3
- ◆ A representa a área de captação em m^2 .
- ◆ P é a precipitação média em metros.
- ◆ C é o coeficiente de escoamento, considerando perdas e eficiência do sistema de coleta de 0,90.

$$V = 2575 \times 0,16 \times 0,90 = 370,00 m^3.$$

A porcentagem de redução no consumo de água potável ao adotar fontes de água não potável varia consideravelmente, como a edificação é de grande porte se torna viável. Porém, com a captação de água da chuva e uso de água para irrigação e limpeza podem reduzir o consumo de água potável em 60%.

Economia: A edificação consome $546 m^3$ de água potável por mês, com a adoção de sistemas de reuso e aproveitamento de água não potável, o consumo reduz para $216 m^3$ de água potável. Essa redução de 60% implica em uma economia de $330 m^3$ por mês.

Quanto à economia na fatura de esgoto, que geralmente é calculada com base no consumo de água (em torno de 80% a 100% do valor da água consumida), a redução do consumo de água impacta diretamente a fatura de esgoto. O custo do m^3 água, informado na fatura é R\$ 9,41/ m^3 , a economia mensal com a fatura de esgoto será de R\$ 3.105,30 ($330 m^3 \times R\$ 9,41/m^3$).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada sobre o uso de água da chuva no Terminal Rodoviário Dra. Helenise Pereira Tolentino, em Cascavel/PR, destacou a viabilidade técnica e a importância dessa prática para a gestão sustentável dos recursos hídricos em infraestruturas urbanas. O objetivo geral do estudo foi analisar o funcionamento do sistema de aproveitamento de água pluvial,

considerando aspectos legais, qualidade da água e os tratamentos necessários para garantir sua eficiência em usos não potáveis.

Os objetivos específicos delineados, como a avaliação das condições físicas do terminal para a instalação de sistemas de captação, a compatibilidade dos sistemas propostos com a infraestrutura existente e a potencial redução do consumo de água potável, foram abordados de maneira sistemática. O estudo de campo, de natureza descritiva e análise técnica, permitiu uma coleta de dados detalhada, evidenciando as características estruturais e a infraestrutura disponível para a implementação do sistema.

A análise dos dados pluviométricos ao longo de dez anos, somada à avaliação das condições de captação, possibilitou a definição de um sistema que se mostrou não apenas viável, mas também sustentável. A área de captação estimada em 2800 m² demonstrou ser suficiente para atender a demanda de aproximadamente 330 m³ mensais de água não potável, considerando o consumo real da edificação e a capacidade de armazenamento necessária.

Os resultados deste estudo indicaram que o aproveitamento da água da chuva pode contribuir significativamente para a redução do consumo de água potável no terminal. A utilização dessa atividade não apenas promove a sustentabilidade, mas também reduz os custos operacionais ao diversificar as fontes de água para usos não potáveis. A proposta de interligação de pequenos reservatórios a um reservatório principal demonstrada é uma solução eficaz para melhorar o espaço disponível e garantir um gerenciamento mais eficiente da água captada.

Assim, este trabalho apresentou uma análise técnica e estratégica, destacando a viabilidade do reaproveitamento de recursos hídricos como a água da chuva. A adoção de sistemas integrados de coleta e reutilização pode representar um avanço significativo na gestão sustentável de recursos hídricos, melhorando o uso racional de fontes naturais e reduzindo a dependência de água potável. Espera-se que os resultados e recomendações deste estudo sirvam como inspiração para iniciativas futuras e para a implementação de práticas mais eficientes e ambientalmente responsáveis.

REFERÊNCIAS

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

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

_____. **NBR 12213/92: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12214/92: Projeto de sistema de bombeamento de agua para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12217/94: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.** Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 15527/07: Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5626/98: Instalações de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

AQUASTOCK, S. B. Q - **Reuso da água pluvial em edificações residenciais.** 44f. Monografia (Especialização em construção civil) – Curso de especialização em construção civil da Escola de engenharia da UFMG, Universidade federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG 2008.

ANNECCHINI, K. P. V. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis na cidade de Vitória (ES).** 2005. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

BRASIL, **Lei 9.043 de 08 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília. 2017.

_____. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Lei Do Saneamento Básico. Brasília 2007.

_____. **Lei nº 6.971, de 11 de abril de 2019.** Política Municipal de Recursos Hídricos Cascavel - PR, 2019.

BERTOLO, E. J. **Aproveitamento da água da chuva em Edificações.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade de Porto- Portugal, 2006.



BROWN, C.; JAN G.; COLLEY, S.; KRISHNA, H. J. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Texas Water Development Board. Third Edition.** Austin, Texas, 2005.

FARIA, R. L. P. de. **Manual de dimensionamento de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.

FLESCH, V. da C. **Aproveitamento de águas pluviais: Análise do projeto de um edifício vertical.** 2011. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2011.

GNADLINGER, J. **Impressões e lições da Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva.** Oficina Internacional de Captação e Manejo de Água de Chuva, 2004, Landzou. Anais... Landzou: Associação Brasileira de captação e manejo de Água de Chuva, 2004.

KARLINSKI, T. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis Em edificações de ensino:** Estudo de caso em São Luiz Gonzaga. Alegrete. RS. 2015.

LEMO, P. R, FAGUNDES, R. M, SCHERER, M. J - **Reaproveitamento de água para fins não potáveis em habitações de interesse social.** X Salão de Iniciação Científica – PUC - RS, 2009.

McMahon, T. A & Mein, R.G. **Reservoir Capacity And Yield. Department of Civil Engineering, Monash University, Clayton, Vic.,** Australia. Elsevier Scientific Publishing Company. 1978.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

OLIVEIRA, F. M. **Aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis no capus da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto, 2008.p.18.24.

PEREIRA J, José de Sena Pereira. **Recursos Hídricos – Conceituação, disponibilidade e usos.** [S.l.]: Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados, 2004.

REYNOSO, W. R. **Construção Civil: Importância do Reuso da Água de Chuva para fins não Potáveis Embasado na NBR 15527/2007,** 2019

RIVELLI, E. A. L. **Evolução da Legislação Ambiental no Brasil:** Políticas de Meio Ambiente, Educação Ambiental e Desenvolvimento Urbano. In: Educação Ambiental e Sustentabilidade. Org. por Philippi Jr, A. e Pelicioni, M. C. F., Manole, São Paulo, (2005) p. 285-304.



SILVA, A.J.M. **A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil.** Departamento de Pós-Graduação em Geografia Humana. FFLCH-USP, 2017.

SILVA, A. K. P. FLORES, L.C. GALDEANO, M.M. VAL P.T. **Reuso da Água e suas implicações jurídicas.** 1ª Edição. São Paulo: Editora Navegar, 2003.



**CENTRO
UNIVERSITÁRIO**



**CENTRO
UNIVERSITÁRIO**



ENGENHARIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

RHAY HENRIQUE MARTINS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE USO DA ÁGUA DA CHUVA NO TERMINAL RODOVIÁRIO DO
MUNICÍPIO DE CASCAVEL - PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professora **Mestre Engenheira Civil SUÉLLEM CRISTINE BERTUOL**

BANCA EXAMINADORA

Orientadora Prof. **Mestre SUÉLLEM CRISTINE BERTUOL**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil - Mestre

Professora **Mestre MARIA VÂNIA NOGUEIRA DO NASCIMENTO PERES**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheira Civil - Mestre

Professor **Mestre RODRIGO BRESSAN**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil - Mestre

Cascavel, 28 de novembro de 2024.