



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

FELIPE CARON DE ALMEIDA PRADO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA APAE DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO
BONITO - SP**

Sorocaba

2024

FELIPE CARON DE ALMEIDA PRADO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA APAE DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO
BONITO - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof. Dr. Leandro Cardoso de Morais

Sorocaba

2024

P896e Prado, Felipe Caron de Almeida
Estudo de viabilidade econômica do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na APAE do município de Ribeirão Bonito - SP / Felipe Caron de Almeida Prado. -- Sorocaba, 2024
59 p. : tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Leandro Cardoso de Moraes

1. Econometria. 2. Água - Captação. 3. Água - Represamento. I. Título.

FELIPE CARON DE ALMEIDA PRADO

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS NA APAE DO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO
BONITO - SP**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista (UNESP), como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 04/12/2024

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 04 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Ao concluir esta importante etapa da minha vida acadêmica, expresso minha profunda gratidão a todos que fizeram parte desta jornada.

À minha família, agradeço por todo amor, carinho e suporte. Em especial, ao meu falecido avô Beto, cujo amor e suporte tornaram este caminho possível. Tenho certeza de que um dia nos reencontraremos. À minha irmã Elis, sou grato pelo amor genuíno que sempre demonstrou. E à minha mãe Larissa, meu eterno agradecimento por todo o suporte, acolhimento e amor incondicional.

Aos docentes e funcionários da UNESP, meu sincero obrigado por todo o conhecimento compartilhado e suporte oferecido. Seus ensinamentos foram fundamentais não apenas para minha formação profissional, mas também para meu desenvolvimento como cidadão.

Aos meus amigos da República 5 Bola, minha gratidão por terem se tornado minha segunda família. Vocês tornaram os desafios diários mais leves e transformaram minha experiência universitária em algo verdadeiramente especial.

RESUMO

A água é considerada um dos recursos mais valiosos para a humanidade, e o aproveitamento de águas pluviais surge como um método consciente de utilização desse bem. A substituição da água potável por água da chuva pode ser aplicada em diversos contextos, gerando um grande potencial de economia e preservação. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis na APAE (Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais) do município de Ribeirão Bonito - SP. Para realizar este estudo, foi necessário calcular o volume do reservatório por meio de três métodos distintos: Método de Rippl, Método Prático Brasileiro (Azevedo Netto) e o Software Netuno. Para a execução dos métodos, foram coletados dados essenciais, como o histórico de precipitação, o consumo de água, a área de captação de água da chuva na estrutura, os usuários da instituição e a frequência das atividades que potencialmente economizariam água potável. Assim, foi realizado um levantamento do consumo de água potável com potencial de ser substituído por água pluvial, verificando-se um volume de 17 m³, que representa 75,2% do consumo médio mensal de 23 m³. No entanto, a aplicação dos métodos revelou uma grande disparidade nos volumes dos reservatórios, tornando inviável a implementação do sistema com base em 100% de substituição. Diante disso, optou-se por seguir o potencial de utilização de água pluvial estimado pelo Software Netuno, que indicou a possibilidade de atender 65,35% do consumo total de água potável da instituição. Este percentual foi então aplicado aos demais métodos avaliados para calcular os volumes dos reservatórios. Os volumes calculados apresentaram grandes variações, principalmente devido às diferentes entradas de dados de precipitação. O Método de Rippl apresentou o maior volume, com 17,5 m³, sendo o mais conservador. O Método de Azevedo Netto resultou no menor volume, 6,5 m³, enquanto o Software Netuno apresentou um valor intermediário de 10,2 m³. Por fim, uma análise econômica foi realizada utilizando o Software Netuno, levando em consideração os custos de implantação e mão de obra do sistema. O custo inicial de implantação foi de R\$6.287,38. Os resultados mostraram-se positivos, com um tempo de retorno do investimento de 7 anos, um valor presente líquido positivo e uma taxa interna de retorno de 1,76% ao mês. Além disso, destacam-se os ganhos ambientais associados

à conservação dos recursos hídricos, maior segurança em casos de irregularidade no abastecimento, e a promoção de projetos sustentáveis para a comunidade.

Palavras-chave: análise econômica; aproveitamento de água; água pluvial; netuno.

ABSTRACT

Water is considered one of the most valuable resources for humanity, and rainwater harvesting emerges as a conscious method of utilizing this asset. The replacement of potable water with rainwater can be applied in various contexts, offering significant potential for saving and preserving water. The aim of this study is to evaluate the feasibility of implementing a rainwater harvesting system for non-potable purposes at the APAE (Association of Parents and Friends of Exceptional Children) in the municipality of Ribeirão Bonito - SP. To conduct this study, it was necessary to calculate the reservoir volume using three different methods: the Rippl Method, the Practical Brazilian Method (Azevedo Netto), and the Netuno Software. Essential data such as rainfall history, water consumption, the rainwater catchment area on the structure, the institution's users, and the frequency of activities that could potentially save potable water were collected for the execution of the methods. A survey was then conducted on potable water consumption that could potentially be replaced by rainwater, revealing a volume of 17 m³, representing 73.9% of the average monthly consumption of 23 m³. However, the application of the methods showed a significant disparity in the reservoir volumes, making it unfeasible to implement the system based on 100% replacement. Thus, it was decided to follow the potential rainwater usage estimated by the Netuno Software, which indicated the possibility of meeting 65.35% of the institution's total potable water consumption. This percentage was then applied to the other methods evaluated to calculate the reservoir volumes. The calculated volumes showed large variations, mainly due to different rainfall data inputs. The Rippl Method presented the largest volume, with 17.5 m³, being the most conservative. The Azevedo Netto Method resulted in the smallest volume, 6.5 m³, while the Netuno Software provided an intermediate value of 10.2 m³. Finally, an economic analysis was conducted using the Netuno Software, taking into account the implementation, labor, and maintenance costs of the system. The initial implementation cost was R\$6,287.38. The results were positive, with a return on investment period of 7 years, a positive net present value, and an internal rate of return of 1.76% per month. Additionally, the environmental benefits stand out, such as the conservation of water resources, increased security in case of irregular water supply, and the promotion of sustainable projects for the community.

Keywords: economic analysis; water use; rainwater; netuno.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivo Específico.....	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1	Princípios e Técnicas de Aproveitamento de Água Pluvial	12
3.2	Legislação e Normas Técnicas Relacionadas à Captação de Água Pluvial.....	14
3.3	Aplicações Práticas DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL	16
3.4	Impacto Ambiental e Econômico do Aproveitamento de Água Pluvial	17
4	METODOLOGIA	20
4.1	Área de Estudo.....	20
4.2	Objeto de Estudo.....	21
4.3	Levantamento de Dados	23
4.3.1	Dados pluviométricos	23
4.4	Dados de consumo da edificação.....	24
4.4.1	Cálculo do potencial de substituição de água não potável por água da chuva 24	
4.4.2	Descarga aparelhos sanitários.....	24
4.4.3	Irrigação	25
4.4.4	Área de cobertura	26
4.5	Cálculo do volume do reservatório	26
4.5.1	Método de Rippl	27
4.5.2	Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto	28
4.5.3	Método Computacional Netuno.....	29
4.6	Sistema de bombeamento.....	30
4.7	Análise de viabilidade econômica.....	34
5	RESULTADOS.....	37
5.1	Levantamento de Dados	37
5.1.1	Dados pluviométricos	37
5.1.2	Dados de consumo da instituição	39
5.1.3	Cálculo do potencial de substituição de água potável por pluvial.....	40
5.1.4	Descarga dos vasos sanitários	40
5.1.5	Irrigação	41
5.1.6	Área de captação da água pluvial.....	42
5.2	Cálculo do volume do reservatório	43

5.2.1	Método Computacional Netuno.....	44
5.2.2	Método de Rippl	48
5.2.3	Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto	49
5.3	Análise de viabilidade econômica.....	50
6	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da modernidade e das tecnologias, a sociedade enfrenta um grande desafio: encontrar meios que promovam o desenvolvimento humano, garantindo o equilíbrio e a sustentabilidade para as futuras gerações. Esses avanços, além de assegurar a qualidade dos serviços, devem estar alinhados com os desafios de conservação ambiental e preservação do ecossistema (GOMES; FERREIRA, 2018).

A água é um recurso natural imprescindível para a existência humana. Portanto, seu uso consciente e o aproveitamento eficiente são medidas essenciais para garantir um desenvolvimento sustentável. A disponibilidade de água potável tornou-se uma preocupação crescente na sociedade. Durante muitos anos, a água foi vista como um recurso infinito devido à sua abundância no planeta. No entanto, com o início do século XXI, os debates sobre sua preservação têm se intensificado, destacando a necessidade urgente de estratégias de conservação (CARMO et al., 2013).

Com o crescimento populacional desenfreado, principalmente nos grandes centros urbanos, observa-se também um aumento significativo na demanda por água potável (MARTINE; CAMARGO, 1984). Além disso, os efeitos das mudanças climáticas e o aumento acelerado das temperaturas globais têm provocado longos períodos de estiagem e uma distribuição irregular das chuvas. Esses fatores impulsionam, cada vez mais, a necessidade de um uso consciente e otimizado da água (GOMES; WEBER; DELONG, 2010).

É fundamental a conscientização da população para a utilização racional da água, assim como a importância da implementação de sistemas que possibilitem um abastecimento de água seletivo. Na maioria das residências e comércios, a água potável é utilizada para diversas atividades, independentemente do uso específico ao qual está destinada. O uso consciente e otimizado desse recurso consiste na capacidade de orquestrar a utilização da água de forma adequada para cada atividade a ser realizada. Ou seja, atividades menos nobres devem ser supridas por águas de menor qualidade (DIAS, 2007).

Diante dessa situação, devem ser consideradas estratégias e metodologias que proporcionem um uso consciente e otimizado do recurso hídrico. O reaproveitamento de água pluvial é um método amplamente difundido para o uso racional do recurso

em atividades que demandam menor potabilidade. Kammers e Ghisi (2006) e Proença e Ghisi (2009) demonstram a viabilidade da utilização da água da chuva em aparelhos hidrossanitários, levando em conta o grande consumo nesse contexto. Além disso, o sistema apresenta um considerável valor econômico, uma vez que sua aplicação influencia diretamente na redução dos custos das tarifas de água e esgoto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da implementação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis na APAE (Associação dos Pais e Amigos dos Excepcionais), localizada no município de Ribeirão Bonito, no interior do estado de São Paulo.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Realizar o levantamento do consumo de água não potável na associação, com base nas atividades regulares dos usuários.

Realizar o levantamento da área de captação e da disponibilidade hídrica da associação.

Analisar, técnica e financeiramente, a viabilidade da implementação do sistema de aproveitamento de água pluvial.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste segmento da revisão bibliográfica, exploramos diversos aspectos relacionados ao aproveitamento de água pluvial, começando pelos princípios e técnicas fundamentais para a sua captação e uso eficiente. Aprofundamos na legislação e nas normas técnicas que orientam a prática, assegurando a conformidade e a segurança desses sistemas. Em seguida, examinamos as aplicações práticas desses sistemas, especialmente em contextos urbanos, onde a gestão eficiente da água é crítica. Por fim, avaliamos o impacto ambiental e econômico da adoção dessa prática, destacando como o aproveitamento de água pluvial contribui para a sustentabilidade e oferece benefícios financeiros para as comunidades. Cada um desses aspectos fornece uma compreensão abrangente de como a captação de água pluvial pode ser implementada de maneira eficaz e responsável em diferentes cenários.

3.1 PRINCÍPIOS E TÉCNICAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

De acordo com Siqueira, (2021) o aproveitamento de água pluvial representa uma estratégia crucial e sustentável no gerenciamento de recursos hídricos, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. A coleta e utilização de água da chuva não só alivia a demanda sobre os sistemas municipais de abastecimento de água, mas também contribui para a mitigação de problemas relacionados com a gestão de águas pluviais, como inundações urbanas e poluição de corpos d'água.

A coleta de água pluvial em edifícios residenciais envolve a captação da água da chuva que cai sobre as superfícies do telhado e outras áreas impermeáveis. Esta água é então direcionada para um sistema de coleta, que geralmente inclui calhas e canos. O design eficiente desses sistemas é fundamental para maximizar a quantidade de água coletada, evitando ao mesmo tempo a contaminação e o entupimento do sistema (PACHECO; ALVES, 2023).

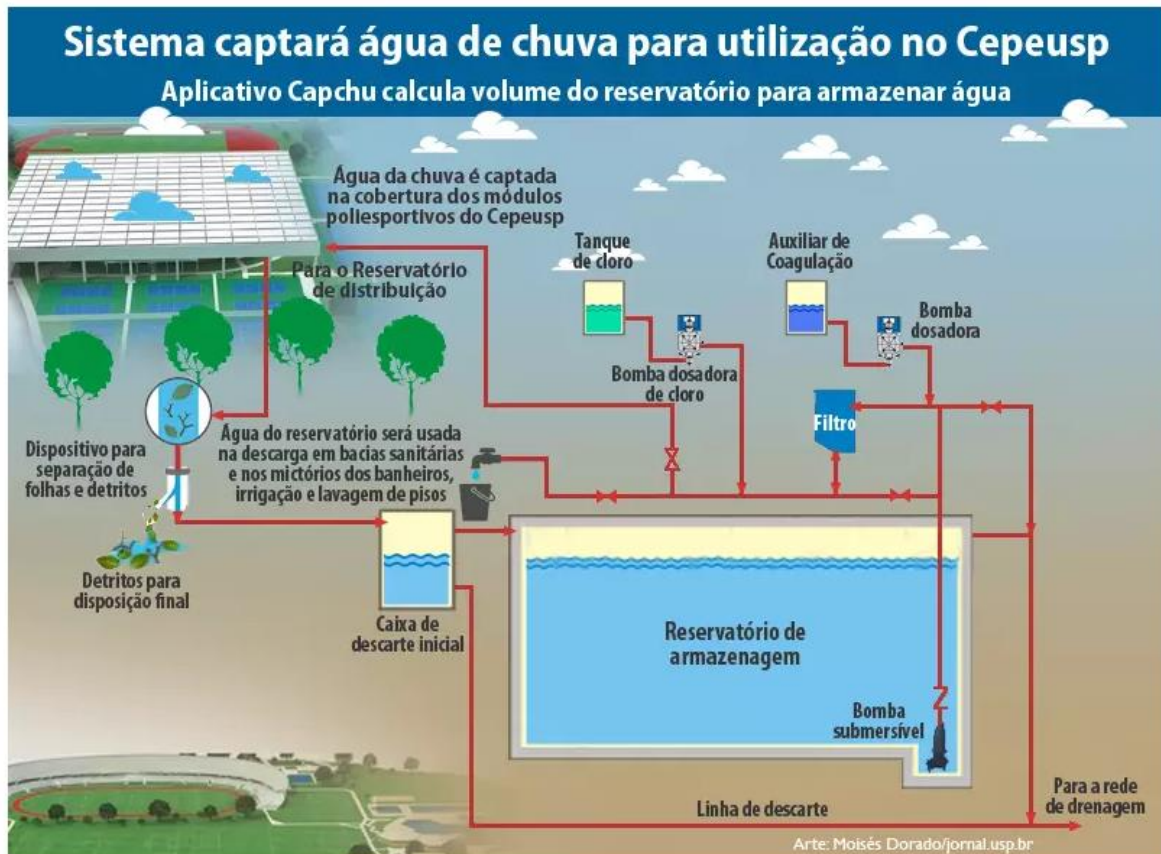
Após a coleta, a água pluvial é conduzida a um sistema de armazenamento, que pode variar em tamanho e complexidade, dependendo da quantidade de água coletada e do espaço disponível. As soluções de armazenamento frequentemente necessitam ser inovadoras, aproveitando espaços subutilizados e garantindo a segurança estrutural da edificação. O armazenamento da água da chuva, no entanto,

é apenas uma etapa do processo. Para que esta água seja utilizada de forma segura, é essencial um tratamento adequado. O tratamento inicial geralmente envolve a remoção de detritos e sedimentos por meio de filtros ou decantação. Este passo é crucial para proteger os sistemas de filtragem mais finos e outros componentes do sistema de tratamento de água (VIVAS; PERTEL, 2020).

Segundo Da Silva et al., (2021) para que a água pluvial seja utilizada em aplicações que exijam um padrão de qualidade mais elevado, como na lavagem de roupa ou no banho, sistemas de purificação mais sofisticados são necessários. Estes sistemas podem incluir processos como a filtração por membrana, a desinfecção ultravioleta e o tratamento químico. Estas tecnologias garantem que a água atenda aos padrões de qualidade para uso residencial. A integração eficaz desses sistemas requer uma abordagem multidisciplinar. Arquitetos, engenheiros e gestores de recursos hídricos precisam trabalhar juntos para criar sistemas que sejam não apenas eficientes e seguros, mas também esteticamente agradáveis e fáceis de manter.

Além das considerações técnicas, é fundamental abordar o aspecto da conscientização e educação dos moradores. A aceitação e o uso adequado desses sistemas pelos residentes são essenciais para o sucesso de qualquer programa de aproveitamento de água pluvial. A educação sobre os benefícios ambientais e potenciais economias pode incentivar a adoção e o apoio a essas iniciativas. A manutenção regular do sistema de coleta e tratamento de água pluvial é outra consideração importante. A limpeza periódica das calhas, a verificação dos filtros e o monitoramento da qualidade da água são essenciais para garantir a eficiência e a segurança do sistema ao longo do tempo (SILVA et al., 2021).

Figura 1 - Sistema de captação de água pluvial



Fonte: USP (2016)

Como bem define De Araújo et al., (2019) adicionalmente, a inovação contínua em tecnologias de tratamento e coleta de água pluvial é vital. À medida que novas tecnologias emergem, elas oferecem oportunidades para aumentar a eficiência, reduzir os custos e melhorar a qualidade da água recolhida e tratada. O aproveitamento de água pluvial é uma abordagem promissora para a gestão sustentável de recursos hídricos. Com a combinação correta de design eficaz, tecnologias de tratamento apropriadas, conscientização dos residentes e manutenção regular, esses sistemas podem desempenhar um papel crucial na redução da pressão sobre os recursos hídricos municipais e na promoção de práticas ambientalmente responsáveis.

3.2 LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS RELACIONADAS À CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

Para Hilgenberg e Tavares, (2021) a legislação e as normas técnicas relativas à captação de água pluvial são fundamentais para orientar a implementação de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Essas normas têm como objetivo garantir a segurança, eficiência e sustentabilidade desses sistemas, contribuindo para a gestão eficaz dos recursos hídricos urbanos. As leis estabelecem diretrizes específicas para a coleta, armazenamento e uso de água pluvial. Estas leis são complementadas por regulamentos estaduais e federais, que juntos formam um quadro regulatório abrangente. Este quadro assegura que as práticas de captação de água pluvial estejam alinhadas com os padrões ambientais e de segurança, enquanto promovem a conservação de água.

As normas técnicas, como as da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), desempenham um papel crucial na definição de padrões para o design e a construção de sistemas de captação de água pluvial. Elas especificam critérios como a dimensão dos componentes do sistema, materiais adequados, métodos de filtragem e tratamento de água, garantindo que os sistemas sejam não apenas eficazes, mas também seguros e duráveis. Um aspecto importante da legislação é a exigência de um estudo de viabilidade para a instalação de sistemas de captação de água pluvial em novos edifícios. Este estudo deve avaliar fatores como a precipitação local, a área de captação disponível e a demanda potencial de água no edifício, assegurando que o sistema projetado seja adequado às necessidades específicas do local (DE OLIVEIRA; JÚNIOR, 2021).

Além disso, a legislação incentiva a utilização de sistemas de captação de água pluvial através de incentivos fiscais e subsídios. Estas medidas visam encorajar os desenvolvedores a integrar a captação de água pluvial nos seus projetos, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência dos recursos hídricos. A legislação também estabelece normas para a manutenção e inspeção de sistemas de captação de água pluvial. Isto inclui a limpeza regular de calhas e filtros, a inspeção de reservatórios e a monitorização da qualidade da água. Essas medidas são cruciais para garantir que o sistema continue a funcionar eficientemente e para prevenir riscos para a saúde pública (SANTOS, 2019).

Para a implementação de sistemas de captação de água pluvial em construções existentes, estabelece procedimentos para a avaliação estrutural e a conformidade com as normas de segurança. Isto é particularmente importante em

construções mais antigas, onde a instalação de tais sistemas pode requerer modificações significativas (BEATI et al., 2019).

Como bem define Rodriguez et al., (2019) além das normas técnicas, a legislação também enfatiza a importância da educação e conscientização ambiental. Isto inclui a promoção de práticas sustentáveis entre os usuários e o incentivo ao uso responsável da água pluvial coletada. A legislação e as normas técnicas formam um quadro robusto para a implementação e gestão de sistemas de captação de água pluvial. Este quadro não só garante a eficácia e segurança desses sistemas, mas também promove práticas sustentáveis de gestão da água, essenciais para o futuro dos recursos hídricos urbanos.

3.3 APLICAÇÕES PRÁTICAS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

A implementação de sistemas de aproveitamento de água pluvial apresenta uma série de desafios, soluções inovadoras e resultados significativos, refletindo a complexidade e a praticidade desses sistemas em ambientes urbanos. A crescente pressão sobre os recursos hídricos urbanos torna essas iniciativas não apenas ambientalmente responsáveis, mas também economicamente viáveis, especialmente em áreas com alta densidade populacional (DE SOUZA; JÚNIOR, 2021).

Um desafio primordial na instalação de sistemas de captação de água pluvial é a limitação de espaço. Os sistemas requerem soluções criativas para a coleta e armazenamento de água. Isso muitas vezes envolve a utilização de áreas comuns, como terraços e jardins no telhado, e a adaptação de espaços subutilizados para acomodar tanques de armazenamento. Outro aspecto desafiador é a necessidade de sistemas de filtragem e tratamento de água mais sofisticados, devido ao volume maior de água coletada e ao uso potencialmente mais diversificado da água pluvial em ambientes residenciais. Isso requer um investimento inicial e conhecimento técnico para garantir que a água coletada atenda aos padrões de segurança para os usos pretendidos (DE SOUZA; JÚNIOR, 2021).

Para Frate et al., (2023) a integração desses sistemas em construções existentes pode ser particularmente desafiadora, exigindo frequentemente remodelações estruturais. Isso inclui a instalação de tubulações adicionais e a integração dos sistemas de coleta de água pluvial com a infraestrutura existente do

edifício, o que pode ser tanto complexo quanto dispendioso. A gestão e manutenção desses sistemas também apresentam desafios únicos. A responsabilidade pela manutenção regular e pelo monitoramento da qualidade da água pluvial exige a elaboração de políticas claras e uma comunicação eficaz com os usuários.

Por outro lado, as soluções inovadoras para esses desafios têm demonstrado resultados promissores. Por exemplo, a implementação de sistemas modulares de armazenamento de água pluvial, que podem ser ajustados às dimensões disponíveis da planta, tem se mostrado uma alternativa eficiente. Adicionalmente, o uso de tecnologias avançadas de tratamento de água, como a filtração por membranas e a desinfecção ultravioleta, tornou possível a utilização segura da água pluvial para uma variedade de aplicações, desde a irrigação de jardins até o uso em sistemas de descarga de sanitários, contribuindo para uma redução significativa no consumo de água potável (FRATE et al., 2023).

Os resultados obtidos em ambientes que implementaram esses sistemas têm sido notáveis, com relatos de redução substancial nas contas de água e melhorias na gestão sustentável dos recursos hídricos. Além disso, essas iniciativas muitas vezes levam a um aumento da conscientização ambiental entre os residentes, promovendo práticas sustentáveis de consumo de água. A aplicação desses sistemas também tem mostrado benefícios na gestão de águas pluviais urbanas, reduzindo o escoamento superficial e diminuindo a carga sobre os sistemas municipais de drenagem. Isso é particularmente relevante em áreas urbanas propensas a inundações durante períodos de chuva intensa (BET et al., 2020).

Além disso, Segundo Ramos, (2023) os projetos de captação de água pluvial podem oferecer benefícios estéticos e de bem-estar, como a criação de jardins de chuva e áreas verdes que utilizam a água coletada, melhorando o microclima local e proporcionando espaços agradáveis para os residentes. A aplicação de sistemas de aproveitamento de água pluvial demonstra ser uma abordagem prática e benéfica, enfrentando desafios com soluções inovadoras e gerando resultados positivos tanto para o meio ambiente quanto para os moradores. Essas iniciativas destacam a importância e a viabilidade de incorporar práticas sustentáveis de gestão de recursos hídricos em ambientes urbanos densamente povoados.

3.4 IMPACTO AMBIENTAL E ECONÔMICO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL

De acordo com Brandão e Campos, (2019) a integração de sistemas de captação de água pluvial traz impactos ambientais e econômicos significativos, contribuindo para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos urbanos. A crescente urbanização e a conseqüente pressão sobre os recursos naturais tornam essencial a busca por soluções inovadoras e sustentáveis, como o aproveitamento de água pluvial, para enfrentar os desafios ambientais contemporâneos. Do ponto de vista ambiental, a captação de água pluvial contribui para a redução do escoamento superficial, um dos principais problemas associados à urbanização. Ao capturar e utilizar a água da chuva, diminui-se a quantidade de água que flui para os sistemas de drenagem urbana, reduzindo o risco de inundações e erosão, além de minimizar a contaminação dos corpos d'água por escoamento superficial.

Além disso, a utilização de água pluvial reduz a dependência de água potável para usos não potáveis, como irrigação de jardins, lavagem de áreas comuns e descarga de sanitários. Isso não apenas alivia a pressão sobre os recursos hídricos municipais, mas também contribui para a conservação de água potável, recurso cada vez mais escasso e valioso. Do ponto de vista econômico, a captação de água pluvial oferece benefícios significativos. A redução do consumo de água potável resulta em economias substanciais nas contas de água. Com o aumento das tarifas de água em muitas cidades, o retorno sobre o investimento em sistemas de captação de água pluvial pode ser bastante atraente em longo prazo (DA SILVA et al., (2020).

Segundo Monteiro e Polli, (2021) os sistemas de captação de água pluvial podem aumentar o valor de mercado dos imóveis. Construções que adotam práticas sustentáveis são cada vez mais valorizados por compradores e investidores conscientes do impacto ambiental, o que pode resultar em um preço de venda ou aluguel mais alto. A implementação de sistemas de captação de água pluvial também pode qualificar os edifícios para certificações de sustentabilidade, como o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Tais certificações não só aumentam o valor do imóvel, mas também demonstram um compromisso com práticas ambientais responsáveis.

No entanto, os custos iniciais de instalação e manutenção de sistemas de captação de água pluvial podem ser consideráveis. O projeto e a instalação requerem investimento em equipamentos, como calhas, filtros e tanques de armazenamento, além de possíveis adaptações estruturais da planta. Apesar disso, os benefícios econômicos em longo prazo e as economias nas contas de água podem compensar

esses custos iniciais. A captação de água pluvial também contribui para a mitigação das mudanças climáticas. Ao reduzir a demanda por água potável, diminui-se a energia necessária para o tratamento e a distribuição de água, resultando em uma redução da pegada de carbono. Esta redução é um passo importante na luta contra as mudanças climáticas, dada a crescente necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa nas cidades (TOPPEL; WIERZBICKI, 2022).

Para Bitti et al., (2023) a adoção de sistemas de captação de água pluvial também pode promover uma maior conscientização ambiental entre os usuários. Ao participar ativamente da gestão sustentável da água, os usuários tornam-se mais conscientes da importância da conservação da água e mais propensos a adotar outras práticas sustentáveis em suas vidas diárias. No entanto, para maximizar os benefícios ambientais e econômicos, é crucial garantir a adequada manutenção e operação dos sistemas de captação de água pluvial. A manutenção regular é essencial para assegurar a eficácia e a segurança do sistema, evitando problemas como a contaminação da água e a deterioração dos componentes do sistema.

4 METODOLOGIA

Este estudo propõe-se a elaborar a análise técnica e econômica da aplicabilidade de um sistema de aproveitamento de água pluvial na APAE em Ribeirão Bonito, neste módulo serão abordadas as metodologias para aplicação desse sistema, bem como da execução da análise financeira.

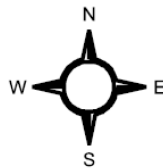
Para execução do sistema de captação será considerada a atual estrutura da edificação, sobretudo sua área de cobertura para captação, as medições pluviométricas do local, a população da edificação, conjuntamente a demanda de consumo, entre outros dados relevantes para o estudo. Para análise financeira, será realizada uma avaliação das despesas, vantagens e desvantagens, apresentando os investimentos para implantação e operação do sistema e o potencial econômico gerado por ele. Deve-se ressaltar que nesse estudo não estarão contemplados os custos para modificação do sistema de distribuição de água proveniente da edificação.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo definida foi a APAE (Associação de Pais e Amigos Excepcionais), uma organização social localizada no município de Ribeirão Bonito, no interior do estado de São Paulo.

O município de Ribeirão Bonito localiza-se no Estado de São Paulo na região Sudeste, com latitude de 22°04'00" sul e longitude de 48°10'34" oeste (Figura 4). A cidade pertence à Zona Fisiográfica de Araraquara, tendo como limites as cidades de São Carlos, Dourado, Brotas, Trabiju, Boa Esperança do Sul, Ibaté e Araraquara. A cidade possui uma área de 471,553 km² e encontra-se a 270 km da capital São Paulo, além de possuir o distrito de Guarapiranga. A região apresenta clima do tipo Aw, segundo a classificação de Koppen, com altitude média de 590 metros, temperaturas anuais médias de 22 °C e precipitações anuais médias de 1.266.9 mm (CEPRAGI, 2012).

Figura 2 - Mapa da localização do município de Ribeirão Bonito no estado de São Paulo - Unidades de Gerenciamento dos recursos hídricos.



1:160.000

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente (2024)

4.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo foi a APAE (Associação de Pais e Amigos Excepcionais) unidade de Ribeirão Bonito. A APAE é uma organização social que luta pela defesa e garantia dos direitos das pessoas com deficiência intelectual e deficiência múltipla da América Latina. O movimento APAEano foi fundado por um grupo pioneiro de pais e profissionais dedicados, motivados pela urgência de promover a desinstitucionalização e garantir o direito à educação e a vida comunitária para pessoas com deficiência intelectual. A unidade de estudo se localiza na Rua Professor Alfredo Noronha Jorge, 322 no Centro de Ribeirão Bonito. Nas figuras 3 e 4 é possível observar as imagens da fachada e cobertura da instituição.

Figura 3 - Fachada da APAE unidade Ribeirão Bonito.



Fonte: Google Street View (2024)

Figura 4 - Cobertura da APAE unidade Ribeirão Bonito.



Fonte: Google Earth Pro (2024)

4.3 LEVANTAMENTO DE DADOS

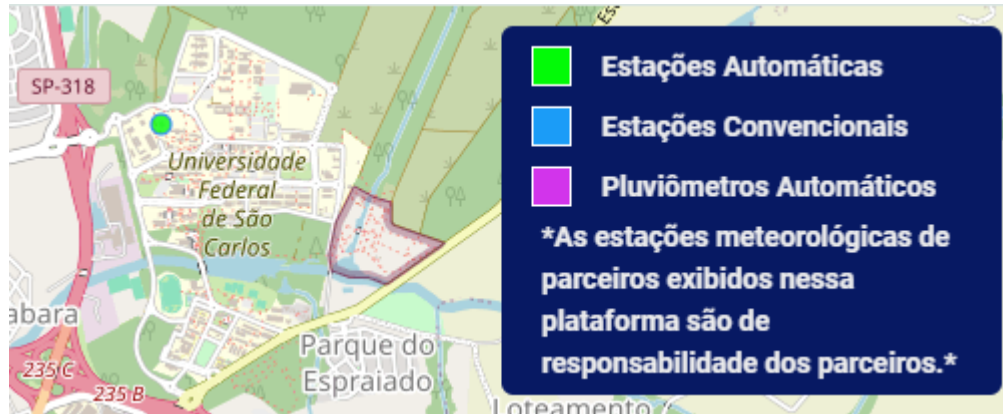
Neste módulo serão expostas as metodologias utilizadas para o levantamento dos dados.

4.3.1 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos para o dimensionamento do reservatório foram captados do Banco de Dados Meteorológicos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O banco registra as medições de dados de precipitação, pressão e temperatura de diferentes estações em todo o país. Para este estudo foi selecionada a estação A711, localizada dentro da UFSCAR (Universidade Federal de São Carlos) no município de São Carlos, sendo sua latitude -21.980353 de longitude -47.883927.

A Figura 5 apresenta um mapa da localização da estação A711 nas UFSCAR campus São Carlos.

Figura 5 - Mapa da estação pluviométrica A711 instalada na Universidade Federal de São Carlos.



Fonte: Mapa de Estações do INMET (2024)

O portal disponibiliza dados diários, mensais e anuais, possibilitando que esses valores sejam exportados por meio de planilhas. A escolha da estação se deu pela grande quantidade de dados oferecidos e proximidade com a área de estudo (30 Km), para a estação selecionada no estudo os dados disponibilizados se iniciam no ano de 2013 e se estendem até o ano de 2023.

4.4 DADOS DE CONSUMO DA EDIFICAÇÃO

Para apurar o potencial de substituição de água não potável na edificação, solicitou-se para o diretor da unidade os dados de consumo dos últimos 6 meses, esses valores foram atestados através da conta de água da associação. Através destes dados foi possível identificar o consumo de água anual da associação, possibilitando a futura geração do potencial médio mensal de substituição.

4.4.1 Cálculo do potencial de substituição de água não potável por água da chuva

Para avaliar o potencial de volume de água não potável que pode ser substituído por água pluvial, foi considerado no estudo o consumo de água por meio de descargas de vasos sanitários e a irrigação de um sistema de cultivo de hortaliças.

4.4.2 Descarga aparelhos sanitários.

O volume de utilização das descargas dos vasos sanitários e a frequência de utilização, necessitou de uma estimativa que foi realizada por meio da coleta de dados com a direção da associação.

Em razão da complexidade, e a falta de equipamentos adequados para realizar as medições de vazão das descargas sanitárias, a mesma foi adotada. A vazão dos vasos sanitários foi estipulada de acordo com a NBR 15857:2011 (ABNT, 2011), adotando 6,8 L por descarga.

Para avaliar a frequência de utilização do uso dos vasos sanitários foi efetuado um levantamento em conjunto com a direção da associação. Desta forma, foi possível estipular a quantidade de alunos e funcionários, juntamente com a periodicidade de operação da organização.

Para os cálculos considerou-se que a instituição opera de segunda-feira a sexta-feira das 7h até às 17h, totalizando 10 horas diárias de funcionamento. Foi pressuposto que cada indivíduo utiliza o vaso sanitário duas vezes ao longo do dia. Na equação 1 são apresentados os cálculos referentes aos volumes potenciais consumidos pelo uso do vaso sanitário.

$$v1 = N^{\circ} \text{ de pessoas} \times \text{Frequência mensal} \times \text{Vazão da descarga} \quad (1)$$

4.4.3 Irrigação

Para os cálculos do volume de água consumido na irrigação do sistema de cultivo da instituição, foram realizadas consultas com os responsáveis pelo manejo da horta. Nessa consulta, buscou-se compreender a rotina de irrigação, incluindo a frequência mensal e o tempo necessário para irrigar todo o sistema.

Para determinar as vazões das mangueiras utilizadas nessa atividade, foram realizados experimentos práticos no local. Esses experimentos consistiram em cronometrar o tempo necessário para preencher um frasco de 2 litros, conforme ilustrado na figura 6. Com base nas medições realizadas, obteve-se uma vazão média de 0,13 L/s. A equação 2 apresenta os cálculos do volume utilizado para a realização dessa atividade.

$$v2 = \text{Frequência mensal} \times \text{Tempo demandado} \times \text{Vazão da mangueira} \quad (2)$$

Figura 6 - Ensaio realizado para medição da vazão na mangueira.



Fonte: Autoria própria (2024)

Dessa forma, para o cálculo do volume de água potável que poderia ser substituído por água pluvial na instituição, utilizamos a equação 3, que representa a soma de todos os potenciais volumes de água potável utilizados nas atividades.

$$V_t = v_1 + v_2 + v_n \quad (3)$$

4.4.4 Área de cobertura

A área de cobertura é um dos elementos mais relevantes para um sistema de captação de aproveitamento de água da chuva, sendo um fator crucial que influencia diretamente no cálculo do dimensionamento do reservatório.

Por meio de validações in loco e do uso do software Google Earth, foi possível calcular as dimensões da área de cobertura disponível para a captação de água da chuva. Além disso, foi possível identificar o tipo de telha utilizada na cobertura da instituição, que é a telha francesa de cerâmica.

4.5 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO

Para o dimensionamento do volume do reservatório neste trabalho, foram adotadas três metodologias distintas de cálculo: o Método de Rippl, o Método Prático Brasileiro (Azevedo Neto) e o Método Computacional Netuno.

4.5.1 Método de Rippl

O Método de Rippl é uma das técnicas utilizadas para o dimensionamento de reservatórios, conforme apontado pela NBR 15527 (2007). Essa abordagem baseia-se no uso de séries históricas de precipitações, preferencialmente as mais extensas, que são convertidas em vazões para abastecer o reservatório. O cálculo envolve a diferença entre o volume de demanda da edificação e o volume de água captado pelas precipitações nas superfícies de cobertura, o que permite determinar o volume necessário do reservatório ao longo do tempo estipulado.

Neste estudo, o Método de Rippl foi implementado com o auxílio do Google Sheets, utilizado para a execução dos cálculos. Foram necessários os seguintes dados de entrada para a sua aplicação:

Demanda média de água pluvial;
 Área da superfície de captação;
 Coeficiente de rugosidade;
 Precipitações médias mensais;

Com base nos dados de entrada, é possível calcular o volume de água pluvial no tempo t utilizando a Equação 4, e o volume de água pluvial armazenado no reservatório no tempo t por meio da Equação 5.

$$Q(t) = C * P * AV \quad (4)$$

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad (5)$$

Onde:

$Q(t)$: volume de água pluvial no tempo t (m^3);

C : coeficiente de escoamento superficial;

P : precipitação média no tempo t (mm);

A : área de captação (m^2);

$S(t)$: volume de água de chuva no reservatório no tempo t (m^3);

$D(t)$: demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (m^3).

Em seguida, é calculada a capacidade do reservatório por meio da equação 6.

$$V = \sum S(t), \text{ somente para valores em que } S(t) > 0 \quad (6)$$

Onde,

V : volume final do reservatório (m^3).

Sendo $\sum D(t) < \sum Q(t)$, ou seja, o volume da demanda deve ser inferior ao volume de chuva.

4.5.2 Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto

O Método de Azevedo Neto é uma das técnicas utilizadas para o dimensionamento de reservatórios, conforme apontado pela NBR 15527 (2007). Neste método, a área de captação, os volumes de precipitações anuais e as poucas chuvas ou ausência, são aplicados na Equação 7.

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

Onde:

V : volume do reservatório (L);

Pa : precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/ m^2 por ano);

A : área de captação (m^2);

T : número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

Para quantificar os meses com baixa precipitação ou períodos de seca, foram analisados os dados pluviométricos da estação A711, fornecidos pelo INMET conforme descrito previamente. Após a coleta dos dados de precipitação, foi realizada a média mensal utilizando toda base de dados. Para definir os meses de baixa precipitação ou seca, levou-se em consideração aqueles em que o volume pluviométrico foi inferior a 50 mm por mês.

4.5.3 Método Computacional Netuno

O software Netuno, desenvolvido em 2004 pelo Laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal de Santa Catarina, sob a coordenação de Ghisi e Cordova, tem como objetivo determinar o potencial de economia de água potável em sistemas que utilizam água não potável.

Essa ferramenta possui a capacidade de realizar cálculos estimados do potencial de economia de água potável, tanto para um volume de reservatório previamente definido quanto para múltiplos volumes simultaneamente. Além disso, o software disponibiliza gráficos comparativos que permitem analisar os diferentes tamanhos de reservatórios e seus respectivos potenciais de economia, facilitando a escolha do volume que melhor atenda às necessidades específicas do projeto.

Os dados de entrada requeridos para os cálculos do software Netuno são:

Dados diários de precipitação pluviométrica;

Descarte de escoamento inicial;

Área de captação;

Coefficiente de rugosidade;

Demanda diária de água *per capita*;

Número de consumidores;

Percentual de água potável a ser substituída por água pluvial;

A Figura 7 apresenta o painel de controle do programa Netuno, destinado à inserção dos dados necessários para a realização dos cálculos.

Figura 7 - Painel de controle inicial do Software Netuno.

The screenshot shows the 'Netuno 4' software interface. At the top, there is a menu bar with options: 'Simulação', 'Ajuda', 'Citação', 'Validação', and 'Sobre'. Below the menu bar, there are several sections for configuring the simulation:

- A button labeled 'Carregar simulação previamente salva'.
- A table for loading precipitation data:

Carregar dados de precipitação	
Número de registros	
Data inicial (dd/MM/yyyy)	
Descarte escoamento inicial (mm)	
- Buttons for 'Reservatório superior' and 'Reservatório inferior'. Under 'Reservatório inferior', there are two radio button options:
 - Simulação para reservatório com volume conhecido
 - Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Input fields for:
 - Área de captação (m²)
 - Demanda total de água (litros per capita/dia) with a 'Variável...' button.
 - Número de moradores with a 'Variável...' button.
 - Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial (dropdown menu).
 - Coefficiente de escoamento superficial (dropdown menu).
- An 'Observações' text area with the instruction: 'Preencha este campo para consultas futuras, caso queira salvar a simulação. Este campo não afeta os cálculos.'

Fonte: Software Netuno (2024)

4.6 SISTEMA DE BOMBEAMENTO

O sistema de bombeamento foi dimensionado conforme descrito por Azevedo Netto et al. (1998), e com base nas informações de perda de carga descritas na NBR 5626 (ABNT, 2020). Portanto, para determinar a motobomba ideal, foi calculada a altura manométrica do sistema, de acordo com a equação 8.

$$H_{man} = H_{rec} + H_{suc} \quad (8)$$

Onde,

H_{man} : altura manométrica (m);

H_{rec} : altura de recalque (m);

H_{suc} : altura de sucção (m);

As alturas de recalque e sucção foram definidas pelas equações 9 e 10, respectivamente.

$$H_{suc} = J * \Sigma L_s + H_{geos} \quad (9)$$

Onde,

H_{suc} : altura de sucção (m);

J : perda de carga unitária (m/m);

L_s : comprimento virtual da sucção (m);

H_{geos} : desnível geométrico na sucção (m);

$$H_{rec} = J * \Sigma L_r + H_{geor} \quad (10)$$

Onde,

H_{suc} : altura de recalque (m);

J : perda de carga unitária (m/m);

L_r : comprimento virtual do recalque (m);



H_{geor} : desnível geométrico no recalque (m);

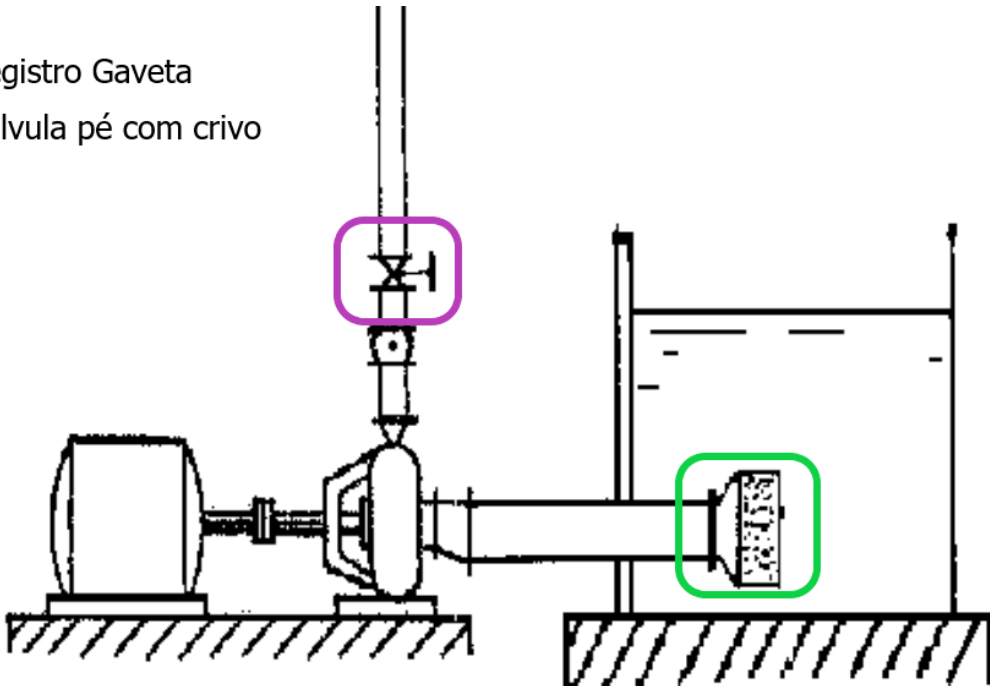
O sistema de sucção foi projetado com base em uma bomba afogada, onde o eixo da bomba está localizado abaixo do nível da coluna de água, com um desnível geométrico de sucção de 0,2 m. Essa altura foi definida considerando um cenário em que o nível de abastecimento do reservatório estivesse extremamente baixo, exigindo maior esforço da motobomba. Dessa forma, independentemente de o reservatório estar cheio ou vazio, haveria potência suficiente para garantir o abastecimento da instituição. Para o desnível de recalque, foi considerada a altura indicada na planta estrutural, acrescida de 1 metro, correspondente à altura do reservatório superior.

Para os sistemas de recalque e sucção, foi definida a utilização de tubulação de PVC com diâmetro de 1 polegada (25 mm), incluindo os seguintes acessórios: uma válvula de pé com crivo e um registro gaveta e para a sucção; uma válvula de retenção

e quatro cotovelos de 90° para o recalque, conforme ilustrado nos esquemas das Figuras 8 e 9.

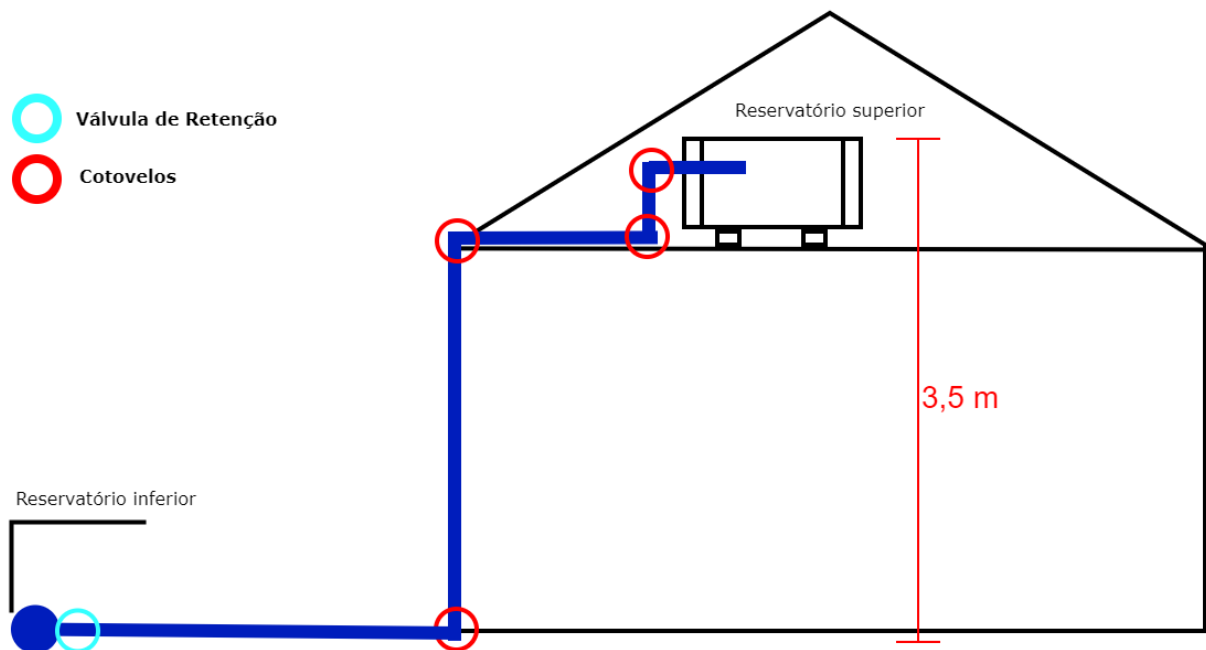
Figura 8 - Sucção do sistema de aproveitamento de água pluvial

-  Registro Gaveta
-  Válvula pé com crivo



Fonte: Adaptado Bombas Centrífugas (2024)

Figura 9 - Recalque do sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: Autoria própria (2024)

Para o cálculo do comprimento virtual do recalque e da sucção, foram utilizados os valores estabelecidos pela NBR 5626 (ABNT, 2020) para os acessórios, os quais foram somados ao comprimento da tubulação.

A perda de carga foi calculada através da fórmula de Hazen-Williams definida pela equação 11.

$$J = 10,67 * \frac{1}{D^{4,87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,852} \quad (11)$$

Onde,

J : perda de carga unitária (m/m);

D : diâmetro da tubulação (m);

Q : vazão (m³/s);

C : coeficiente de Hazen Willians;

Para estabelecer a vazão no sistema foi utilizada a equação 12.

$$Q = \frac{Cd}{t} \quad (12)$$

Onde,

C_d : Vazão a ser recalçada (L/min);

t : tempo de funcionamento da bomba;

Após a definição da vazão do sistema e do cálculo da altura manométrica, foi possível selecionar uma motobomba que atendesse às necessidades do sistema, respeitando suas características.

4.7 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para avaliar a viabilidade econômica deste projeto, é necessário analisar diversas variáveis, sendo o software Netuno escolhido para a realização dos cálculos. A ferramenta permite a elaboração de um fluxo de caixa, no qual estima o valor presente líquido e o tempo de retorno do investimento, fornecendo uma análise detalhada da viabilidade financeira do sistema.

Os dados de entrada requeridos para os cálculos da viabilidade econômica no software Netuno são:

Volume do reservatório (litros);

Tarifas de água e esgoto;

Inflação (% ao mês);

Reajuste da tarifa de água e energia elétrica (meses);

Período de análise (anos);

Taxa mínima de atratividade (% ao mês);

Custos iniciais;

Custos operacionais;

A Figura 10 apresenta a interface do software utilizada para a inserção dos dados necessários à análise econômica.

Figura 10 - Painel de controle para análise econômica do software Netuno

Análise Econômica

Volume do reservatório inferior: 10250 litros

Inflação (% ao mês)

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais
Jan

∨ **Custos iniciais**

Reservatórios / Tubulações / Mão de obra

∨ **Custos operacionais**

Motobomba

Manutenção / Tratamento de água / Outros

Fonte: Software Netuno (2024)

Para o levantamento dos custos de implantação, foi realizada uma visita técnica à instituição, com o objetivo de compreender o sistema de captação já instalado e projetar um esboço da proposta para o aproveitamento de água pluvial. Com base no desenho preliminar, foi possível identificar os materiais necessários para a execução do projeto e estimar os gastos com mão de obra. É importante ressaltar que este projeto não considera os custos associados a reformas na rede de distribuição de água interna atualmente vigente na instituição.

O orçamento dos materiais e da mão de obra foi elaborado por meio de cotações, considerando os preços praticados no mercado. O potencial de economia de água pluvial foi analisado com base nas tarifas de água e esgoto.

Para estimar os custos com energia elétrica, foi necessário, inicialmente, determinar qual modelo de motobomba seria utilizado no projeto. A identificação do modelo compatível com as necessidades do sistema exigiu o cálculo da altura

manométrica e da vazão de funcionamento da bomba. Em seguida, foram analisados os custos relacionados ao consumo de energia elétrica.

Os valores encontrados foram organizados em uma planilha no Google Sheets, onde todos os cálculos referentes aos custos envolvidos na implantação do sistema foram realizados. Com os dados obtidos, foi possível inseri-los no software Netuno. Os resultados gerados incluíram o valor presente líquido, o tempo de retorno do investimento e a taxa interna de retorno.

5 RESULTADOS

Neste módulo, serão apresentados os resultados obtidos no estudo de viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais na APAE, unidade Ribeirão Bonito, considerando a metodologia descrita no módulo anterior.

5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados utilizados para o desenvolvimento do projeto foram coletados por meio de estudos, pesquisas e visitas técnicas, os quais serão apresentados a seguir.

5.1.1 Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos do portal INMET, conforme detalhado na seção 4.3.1 utilizando informações da estação A711 e abrangendo o período de 2013 a 2023. Assim, foram coletados os dados pluviométricos necessários para o cálculo do reservatório, sendo analisados os dados mensais, anuais e diários conforme exigido por cada método.

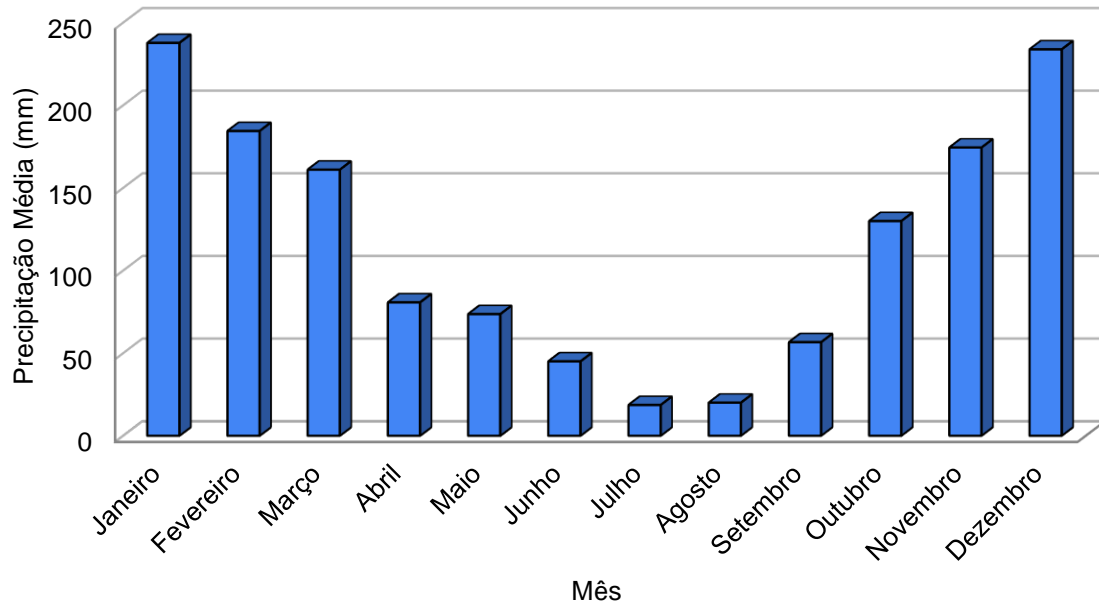
Conforme indicado no manual do software Netuno, os dados de precipitação foram organizados diariamente em uma planilha do Google Sheets. Para a aplicação nos outros métodos, utilizou-se a média mensal e anual, que resultou em um valor médio mensal de 117,98 mm e 1.415,70 mm anual. A Tabela 1 apresenta as médias de precipitações mensais, enquanto a Figura 11 ilustra a distribuição das chuvas ao longo dos meses.

Tabela 1 - Precipitações médias nos meses do ano

Mês	Precipitação Média (mm)
Janeiro	237,7
Fevereiro	184,4
Março	161
Abril	80,7
Mai	73,6
Junho	45
Julho	18,6
Agosto	20
Setembro	56,6
Outubro	129,9
Novembro	174,4
Dezembro	233,8

Fonte: Adaptado de INMET (2024)

Figura 11 - Hietograma A711 de 2013 a 2023



Fonte: Adaptado de INMET (2024)

5.1.2 Dados de consumo da instituição

Os dados de consumo da instituição foram obtidos por meio das medições do hidrômetro disponíveis na conta de água da instituição. Esses dados, fornecidos pelo Departamento de Água e Esgoto, contemplam o consumo de seis meses, de janeiro a junho de 2024. Assim, foi possível determinar o consumo médio mensal da instituição, que é de 23 m³, e o consumo médio per capita diário, de 14 L. A Tabela 2 apresenta os dados de consumo conforme os meses avaliados.

Tabela 2 - Consumo de água potável ao longo dos meses

Mês	Consumo de água (m³)
Janeiro	14
Fevereiro	18
Março	22
Abril	32
Maio	33
Junho	19

Fonte - Adaptado do Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Bonito (2024)

5.1.3 Cálculo do potencial de substituição de água potável por pluvial

Para o cálculo do potencial de substituição de água potável por água pluvial, foram definidas as seguintes atividades de uso não potável: a utilização nos vasos sanitários e a irrigação do sistema de cultivo (horta).

5.1.4 Descarga dos vasos sanitários

Para calcular o volume de água consumido pelos vasos sanitários, foi realizado um levantamento junto à diretoria da instituição, que informou a quantidade de 55 usuários, considerando alunos, colaboradores e a equipe diretiva.

Para estimar a frequência de uso, considerou-se que cada pessoa, independentemente de sua função, utilizava o vaso sanitário duas vezes ao dia durante sua permanência na instituição.

Para o cálculo do volume de água consumido, era necessário aferir a vazão das descargas. Devido à dificuldade de realizar essa medição, adotou-se a vazão padrão de 6,8 L. Assim, o volume total foi calculado conforme a Equação 12.

$$V = N^{\circ} \text{ de pessoas} \times \text{Frequência mensal} \times \text{Vazão da descarga} \quad (12)$$

A tabela 3 expressa os dados de volume de descargas obtidos.

Tabela 3 - Volume de descargas de acordo com a frequência de uso

Nº pessoas	Freq. Diária	Freq. Mensal	Q. descarga (L)	L/ mês
55	2	40	6,8	14.960

Fonte: Autoria própria (2024)

O volume total obtido pelo consumo das descargas foi de aproximadamente 15 m³ ao mês.

5.1.5 Irrigação

Para calcular o volume de água consumido mensalmente na irrigação do sistema de cultivo de hortaliças (horta), foi realizada uma entrevista com os funcionários responsáveis pelo manejo do sistema de irrigação, com o objetivo de entender a frequência e o tempo médio gastos na atividade.

De acordo com as informações obtidas, a irrigação ocorre 5 vezes por semana, com uma duração de 15 minutos por sessão. A atividade é realizada com o uso de mangueiras, cuja vazão média estimada é de 0,13 L/s. O cálculo foi feito utilizando a Equação 13, resultando em um consumo de 2,3 m³ de água para a irrigação do sistema de cultivo.

$$V \text{ irrigação} = \text{Frequência mensal} \times \text{Tempo gasto} \times \text{Vazão da mangueira} \quad (13)$$

Para estimar o percentual de água potável que pode ser substituída por água pluvial, utilizou-se a Equação 14, somando os volumes referentes às descargas e à irrigação, a fim de calcular o volume total passível de substituição.

$$V_{total} = 15 + 2,3 = 17,3 \quad (14)$$

Com o volume total calculado, foi realizada uma proporção entre o consumo médio mensal de água potável e o volume estimado. A partir dessa análise, concluiu-se que 75,2% da água potável consumida na instituição pode ser potencialmente substituída por água pluvial.

5.1.6 Área de captação da água pluvial

Para o cálculo da área de captação de água da chuva, foi considerada a cobertura da construção, conforme ilustrado na Figura 12. A medida da área foi obtida por meio do software Google Earth, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.

Figura 12 - Área de cobertura da instituição



Fonte: Google Earth (2024)

Tabela 4 - Área de cobertura da instituição

Cobertura	Perímetro (m)	Área (m²)
1	80	365

Fonte: Autoria própria (2024)

5.2 CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO

O volume do reservatório foi calculado utilizando três métodos distintos, seguidos por uma análise comparativa entre eles. É importante destacar que as entradas de dados variam conforme o método, especialmente em relação às precipitações, resultando em divergências significativas nos resultados.

Nas análises comparativas, verificou-se que, para a substituição do volume potencial de 17,3 m³, os volumes calculados dos reservatórios eram excessivamente grandes, tornando inviável a implementação do sistema. No entanto, por meio dos cálculos realizados com o software Netuno, que ajusta o percentual de substituição

com base nas precipitações e nas demandas diárias, foi possível alcançar um percentual viável de 65,35% de substituição da demanda por água potável.

Dessa forma, optou-se por uma substituição parcial da demanda total por água pluvial, correspondente a 15 m³, o que representa 86,8% dos 17,3 m³. O software Netuno se mostrou mais preciso ao considerar os dados de precipitação diária, justificando a aplicação desse percentual nos demais métodos.

Em seguida, serão apresentados os cálculos realizados, juntamente com seus respectivos resultados, para todos os métodos utilizados, começando pelo método aplicado no software Netuno.

5.2.1 Método Computacional Netuno

Os dados de entrada no software Netuno foram:

Dados diários de precipitação pluviométrica;

Descarte de escoamento inicial;

Área da superfície de captação;

Coefficiente de rugosidade;

Demanda diária de água *per capita*;

Número de usuários;

Os dados de precipitação diária foram obtidos no site do INMET, referentes à estação A711, e formatados em uma planilha no Google Sheets, conforme as instruções do manual do software Netuno. O descarte de escoamento inicial seguiu as recomendações da NBR 15527 (2019), sendo adotado o valor de 2 mm.

A área de captação foi calculada por meio do Google Earth, conforme detalhado na Seção 5.1.6, totalizando 365 m². O coeficiente de escoamento superficial adotado foi de 0,9, representando um aproveitamento de 90% e um desperdício de 10% da chuva incidente sobre a superfície de captação.

A demanda diária per capita foi calculada com base no volume mensal de água consumido pela instituição, que foi de 23 m³. Dividindo esse valor pelo número de usuários da instituição, que totaliza 55 pessoas, e considerando um período de 30 dias, obteve-se uma demanda de 14 L per capita por dia.

Além desses dados, foi necessário definir o volume do reservatório superior, estabelecido em 770 L, levando em conta a demanda diária por água da chuva.

Além disso, foi necessário inserir outros dados, como o volume máximo do reservatório, para o qual foi escolhido um valor de 50.000 L, e o intervalo entre os volumes, que foi definido como 250 L. Por fim, também foi preciso estabelecer a diferença entre os potenciais de economia de água potável através do aproveitamento de água pluvial, adotando-se uma taxa de 1% por m³.

A Tabela 5 apresenta os dados de entrada, enquanto a Figura 13 ilustra as informações inseridas no painel de controle do software Netuno.

Tabela 5 - Dados de entrada no software Netuno

Variável	Valor
Descarte de escoamento inicial (<i>mm</i>)	2
Área de captação (<i>m²</i>)	365
Demanda total de água (<i>L per capita/dia</i>)	14
Número de usuários	55
% da demanda total a ser substituída por água pluvial	100
Coeficiente de escoamento superficial	0,9
Volume máximo (<i>L</i>)	50.000
Intervalo entre volumes (<i>L</i>)	250
Diferença entre potenciais de economia de água potável (<i>%/m³</i>)	1

Fonte: A autoria própria (2024)

Figura 13 - Painel de controle inicial do software Netuno com os dados de entrada introduzidos

The screenshot shows the Netuno 4 software interface. The window title is "Netuno 4". The menu bar includes "Simulação", "Ajuda", "Citação", "Validação", and "Sobre".

On the left side, there is a button "Carregar simulação previamente salva". Below it is a table for loading precipitation data:

Carregar dados de precipitação	Viabilidade - APAE.
Número de registros	4017
Data inicial (dd/MM/yyyy)	01/01/2013
Descarte escoamento inicial (mm)	2

Below the table are several input fields and dropdown menus:

- Área de captação (m²): 365
- Demanda total de água (litros per capita/dia): 14, with a "Variável..." button.
- Número de moradores: 55, with a "Variável..." button.
- Percentual da demanda total a ser substituída por água pluvial: 100% (dropdown).
- Coefficiente de escoamento superficial: 0,9 (90% de aproveitamento) (dropdown).
- Observações: (empty text area)

On the right side, there are simulation options:

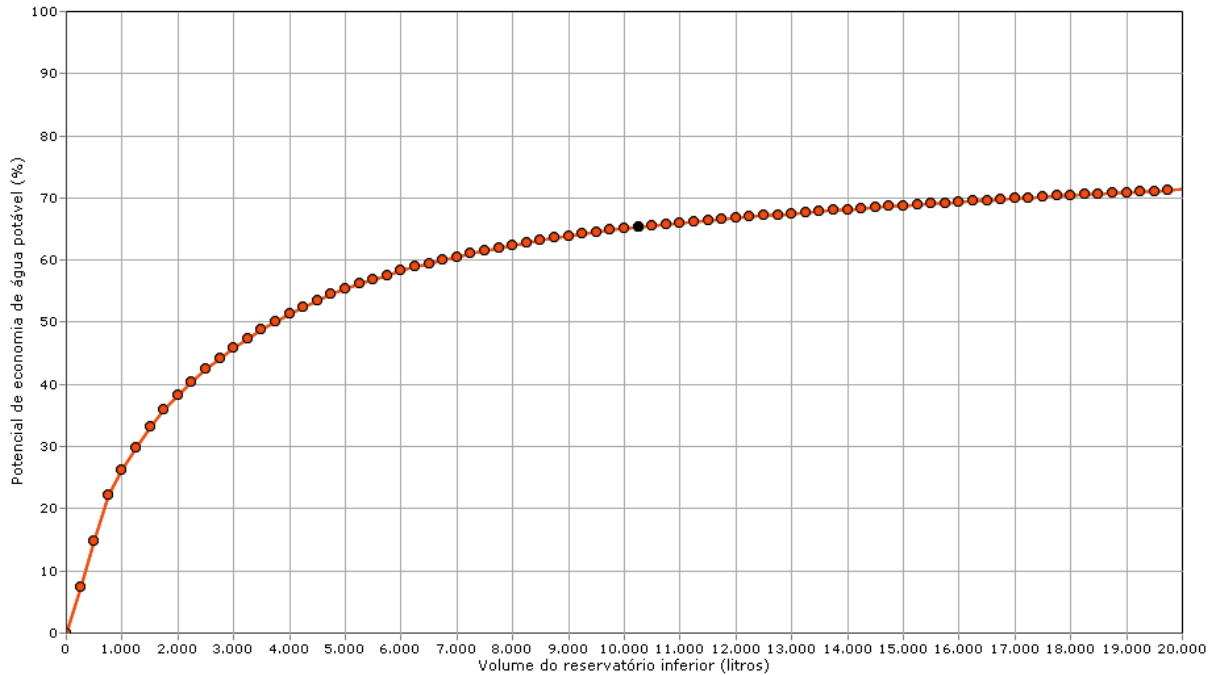
- Reservatório superior: (empty text field)
- Reservatório inferior:
 - Simulação para reservatório com volume conhecido
 - Simulação para reservatórios com diversos volumes
- Intervalo da simulação:
 - Volume máximo (litros): 50000
 - Intervalo entre volumes (litros): 250
 - Indicar volume ideal para o reservatório inferior
 - Diferença entre potenciais de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial (%/m³): 1

At the bottom right, there are buttons for "Simular", "Salvar simulação atual", "Limpar campos", and "Análise Econômica".

Fonte: Adaptado Software Netuno (2024)

Após a introdução dos dados no menu de controle, as simulações foram realizadas pelo software Netuno. O programa indicou um volume ideal para o reservatório inferior de 10.250 L, com um potencial de utilização de água da chuva de 65,35% do consumo total de água. Os dados de saída estão expressos na Figura 14.

Figura 14 - Resultado do cálculo de reservatório realizado no software Netuno



Volume ideal para o reservatório inferior: 10250 litros. Potencial de utilização de água pluvial: 65,35%

Fonte: Software Netuno (2024)

Com o potencial de utilização de água pluvial encontrado pelo Netuno, que foi de 65,35% da demanda total de água utilizada na instituição (23 m^3), foi possível determinar um volume potencial de 15 m^3 para utilização de água pluvial. Esse volume foi comparado ao volume de substituição de água potável por água pluvial calculado na Seção 4.3.3, que totalizou $17,3 \text{ m}^3$. Após realizar as comparações, foi feita uma proporcionalidade entre os volumes, resultando em um percentual de 86,8% do volume de substituição calculado que poderia ser substituído de acordo com os dados do Netuno.

Considerando que o Software Netuno utiliza a relação diária entre precipitações e consumo, decidiu-se aplicar o percentual de substituição encontrado por ele aos demais métodos.

O software Netuno também permite calcular a volumetria necessária para o reservatório superior. Neste estudo, foi definido um volume de 770 litros, considerando a demanda diária média de água pluvial da instituição. Na Figura 15, é possível

observar a interface do software, onde é oferecida a opção de definir o volume do reservatório.

Figura 15 - Interface de cálculo do reservatório superior no software Netuno

Fonte: Software Netuno (2024)

5.2.2 Método de Rippl

Para o cálculo utilizando o Método de Rippl, foram empregadas as equações 4, 5 e 6, juntamente com os respectivos dados de entrada:

Precipitações médias mensais;
 Demanda mensal por água pluvial;
 Área de captação da chuva;
 Coeficiente de rugosidades.

Os dados de precipitação mensais foram obtidos no site do INMET, referentes à estação A711, o coeficiente de escoamento superficial seguiu o valor de 0,90 conforme apresentado anteriormente. A área de captação da água da chuva seguiu a

medida calculada na seção 5.1.6, de 365m². A tabela 6 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 6 - Cálculos e resultados obtidos através do Método de Rippl

Meses	Média chuva mensal (mm)	Coef. escoam.	Área Captação (m ²)	Volume água pluvial mensal (m ³)	Demanda mensal por água pluvial (m ³)	Diferença v. demanda e v. de chuva (m ³)
Janeiro	237,7	0,9	365	78,08	15	-63,08
Fevereiro	184,4	0,9	365	60,58	15	-45,58
Março	161	0,9	365	52,89	15	-37,89
Abril	80,7	0,9	365	26,51	15	-11,51
Maio	73,6	0,9	365	24,18	15	-9,18
Junho	45	0,9	365	14,78	15	0,22
Julho	18,6	0,9	365	6,11	15	8,89
Agosto	20	0,9	365	6,57	15	8,43
Setembro	56,6	0,9	365	18,59	15	-3,59
Outubro	129,9	0,9	365	42,67	15	-27,67
Novembro	174,4	0,9	365	57,29	15	-42,29
Dezembro	233,8	0,9	365	76,8	15	-61,8
Volume do Reservatório						17,54

Fonte: Autoria própria (2024)

Para determinar o volume do reservatório, somaram-se os valores positivos destacados em vermelho na coluna St, resultando em um volume total de 17,5 m³. Ao analisar os resultados da coluna St, é possível observar que os meses de baixa precipitação, junho, julho e agosto, foram os principais responsáveis pelos valores de diferença positiva.

5.2.3 Método Prático Brasileiro ou Método de Azevedo Neto

Para o método de Prático Brasileiro os dados de entrada são:

Precipitação pluviométrica anual média;

Número de meses de pouca chuva ou seca;
 Área de captação da chuva;

A precipitação pluviométrica média anual foi obtida pela soma das médias mensais, resultando em 1.415,70 mm/ano. A área de captação da água da chuva seguiu a mesma medida já aplicada anteriormente e calculada na Seção 5.1.6, sendo de 365 m². Para os meses de baixa precipitação ou seca, foram considerados aqueles com volume pluviométrico inferior a 50 mm por mês, totalizando 3 meses ao ano.

Para definir o volume do reservatório foi utilizada a equação 7, expressa abaixo:

$$V = 0,042 \times 1415,70 \times 365 \times 3 = 6510,80 \text{ L} = 6,51 \text{ m}^3$$

O volume do reservatório calculado foi de 6,51 m³. É importante salientar que este método considera apenas os dados de precipitação e a área de captação, sem levar em conta outras variáveis, como a demanda de água da instituição.

5.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para análise da viabilidade econômica realizada através do Software Netuno, foram necessários os seguintes dados de entrada:

Volume do reservatório (*L*);
 Tarifas de água e esgoto;
 Inflação (*% ao mês*);
 Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (*meses*);
 Período de análise (*anos*);
 Taxa mínima de atratividade (*% ao mês*);
 Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais;
 Custos iniciais (*reservatórios, tubulações e mão de obra*);
 Custos operacionais (*motobomba, manutenção, tratamento de água e outros*);

O volume adotado para o reservatório inferior foi de 10 m³ e 1 m³ para o reservatório superior, levando em consideração a demanda diária dos usuários que é de 0,77 m³ e também os modelos de reservatórios disponíveis comercialmente.

Em relação às tarifas de água e esgoto, não foram encontrados dados consistentes específicos para a cidade de Ribeirão Bonito. Diante dessa limitação, optou-se por utilizar os dados da cidade de Araraquara, localizada a 43 km de distância, que apresenta maior disponibilidade e consistência de informações na literatura.

Os valores observados variam conforme a faixa de consumo do usuário, conforme apresentado na figura 16. Para o intervalo de reajuste das tarifas, foi considerado um período de 12 meses.

Figura 16 - Tarifa de água e esgoto para categoria residencial social

CATEGORIA RESIDENCIAL SOCIAL					
FAIXA DE CONSUMO	UNIDADE	ÁGUA		ESGOTO	
		TARIFA (R\$/m³)	PARCELA A DEDUZIR (R\$)	TARIFA (R\$/m³)	PARCELA A DEDUZIR (R\$)
0 a 10	m³	1,11	0,00	1,11	0,00
11 a 20	m³	2,99	18,75	2,99	18,75
21 a 30	m³	5,67	72,59	5,67	72,59
31 a 40	m³	7,43	125,24	7,43	125,24
41 a 50	m³	8,82	180,41	8,82	180,41
51 a 100	m³	10,52	266,13	10,52	266,13
101 a 200	m³	12,41	454,98	12,41	454,98
Acima de 201	m³	14,79	929,11	14,79	929,11

Fonte: DAAE Araraquara (2023)

O valor previsto para a inflação foi de 0,39% ao mês, com base na inflação acumulada do ano de 2023. A taxa mínima de atratividade foi definida de acordo com a taxa Selic, que é de 0,84% para o mês de setembro de 2024.

No que diz respeito ao sistema de bombeamento, ele foi projetado para encher o reservatório superior em um período de uma hora. Assim, utilizando a equação 12, determinamos que a vazão mínima do sistema deve ser de 0,00027 m³/s. Para a tubulação do sistema de sucção e de recalque, optou-se pelo uso de PVC com diâmetro de 1 polegada (25 mm). Conforme indicado por Azevedo Netto et al. (1998), o PVC possui um coeficiente de Hazen-Williams de 140. Aplicando a equação 11, calculamos uma perda de carga de 0,0186 m/m.

$$Q = \frac{1}{3600} = 0,00027 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$J = 10,67 * \frac{1}{0,025^{4,87}} * \left(\frac{0,000278}{140}\right)^{1,852} = 0,0186 \text{ (m/m)}$$

Considerando os acessórios utilizados na sucção e o desnível geométrico apresentados na seção 4.5, além da perda de carga e do comprimento virtual da sucção de 0,5 metros, foi possível, por meio da equação 9, calcular a altura de sucção em - 0,26 metros.

$$H_{suc} = 0,0186 * (14,1 + 0,2) = - 0,26 \text{ m}$$

O comprimento virtual do recalque foi determinado com base em um esboço elaborado a partir da planta da instituição. A ele foi adicionado um desnível geométrico de 3,5 metros, sendo 2,5 metros correspondentes à altura da estrutura e 1 metro referente ao reservatório superior. Com essas informações e considerando os acessórios utilizados no sistema, utilizando a equação 10, foi possível calcular a altura de recalque, resultando em 0,65 metros.

$$H_{rec} = 0,0186 * (31,5 + 3,5) = 0,65 \text{ m}$$

Utilizando os valores obtidos para a altura de sucção e recalque, foi possível através da equação 8 calcular a altura manométrica, resultando em 0,91 mca

$$H_{man} = 0,26 + 0,65 = 0,91 \text{ mca}$$

Com uma altura manométrica calculada de 0,91 m e uma vazão de 1 m³/h, foi buscado na tabela de seleção de bombas e motobombas da Schneider (FRANKLIN ELETRIC, 2023) o modelo que melhor atendesse às necessidades do sistema. Optou-se pelo modelo BC-98 1/3 CV, que é indicado para aplicação em residências, fontes, cascatas e chácaras. As informações do modelo da bomba estão disponíveis na Figura 17.

Deste modo, todos os custos foram devidamente segmentados e inseridos no painel de análise econômica do software Netuno, sendo então realizado o cálculo, conforme representado na figura 18.

Figura 18 - Painel de análise econômica do software Netuno

Análise Econômica ✕

Volume do reservatório inferior: 10250 litros Modificar volume

Definir tarifas de água e esgoto Estimativas de consumo de água

Inflação (% ao mês)
0,39

Reajuste das tarifas de água e energia elétrica (meses)
12

Período de análise (anos) Taxa mínima de atratividade (% ao mês)
20 0,84

Mês de instalação do sistema de captação de águas pluviais
Jan

∨ **Custos iniciais**
 Reservatórios / Tubulações / Mão de obra
 ∨ **Custos operacionais**
 Motobomba
 Manutenção / Tratamento de água / Outros

Calcular Economia e custos mensais

Valor presente líquido: R\$ 6287,38
Tempo de retorno do investimento: 85 meses
Taxa interna de retorno: 1,76% ao mês

Limpar análise econômica

Fonte: Software Netuno (2024)

O valor presente líquido obtido foi de R\$ 6.287,38, indicando que o investimento é vantajoso, já que o resultado foi positivo. O tempo de retorno do investimento, entretanto, mostrou-se relativamente elevado, com 85 meses. A taxa interna de retorno, de 1,76%, embora não muito alta, superou a taxa Selic, que é de 0,84% ao mês. Assim, apesar de os resultados não serem excepcionalmente atrativos, a

implantação do sistema para a substituição de 65,35% do consumo de água potável por água pluvial ainda se mostra viável.

6 CONCLUSÃO

O aproveitamento de águas pluviais é uma excelente alternativa tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Trata-se de um sistema de baixa complexidade, que possibilita a captação de água com baixa concentração de poluentes, representando uma ótima opção para reduzir os custos relacionados às tarifas de água. Além disso, auxilia na mitigação dos riscos de enchentes e erosões em áreas urbanas e pode ser aplicado em diversas atividades.

O presente trabalho permitiu avaliar a viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na APAE (Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais) do município de Ribeirão Bonito - SP. Os resultados obtidos indicam que a implantação do sistema na instituição é economicamente viável, com um tempo de retorno do investimento de 7 anos, um valor presente líquido positivo e uma taxa interna de retorno de 1,76% ao mês.

Embora os resultados econômicos não sejam significativamente vantajosos, é fundamental considerar os benefícios ambientais, como a preservação dos recursos hídricos e a redução da pressão sobre infraestruturas de abastecimento, além da disponibilidade de água em períodos de racionamento.

Os benefícios sociais e educacionais também são relevantes, pois o sistema oferece um exemplo prático de sustentabilidade para os alunos, demonstra à comunidade a responsabilidade socioambiental da instituição e pode inspirar a implementação de novos projetos voltados à sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** 1 ed. **Rio de Janeiro:** Abnt Editora, 2019. 8 p.

ABNT - **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente.** **Rio de Janeiro:** Abnt Editora, 2020. 15 p.

AGÊNCIA REGIONAL DE ENERGIA DO INTERIOR DE SÃO PAULO. **Resolução ARES-PCJ 543/2023:** reajuste tarifário em Araraquara. 2023. Disponível em: https://daearaquara.com.br/wp-content/uploads/2024/03/Resolucao_ARES-PCJ_543-2023_Reajuste_Tarifario_Araraquara.pdf. Acesso em: 2 out. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15857:2011 – Válvula de descarga para limpeza de bacias sanitárias – Requisitos e métodos de ensaio. **Rio de Janeiro:** ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Instalação de sistemas de aquecimento solar de água. **Rio de Janeiro,** 2007.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. **Manual de Hidráulica.** **São Paulo:** Ed. Edgard Blucher, 1998.

BEATI, André Augusto Gutierrez Fernandes et al. **POTABILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA: APLICAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS.** Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 8, n. 3, p. 521-549, 2019.

BET, Luís Gustavo et al. **Educação Ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos: a iniciativa inovadora do Programa Condomínio Sustentável.** Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), v. 15, n. 5, p. 282-298, 2020.

BITTI, Gabriela Araújo; DA SILVA BARROS, Larissa Cabalini; PERTEL, Josete. **PROPOSTA DE UM PROJETO PARA USO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM RESIDÊNCIAS DOMÉSTICAS.** Temática: Tecnologia, p. 26, 2023.

BRANDÃO, Verônica Ribeiro; CAMPOS, Marcus André Siqueira. **Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial: um mapeamento da literatura.** Paranoá, n. 23, p. 93-111, 2019.

CEPRAGI. **Clima dos municípios paulistas, Ribeirão Bonito.** Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_483.html. Acesso em: 22 set. 2024.

DA SILVA PIZZO, Henrique et al. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL: CAPTAÇÃO E UTILIZAÇÃO PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA RESIDÊNCIA DE ALTO PADRÃO NA CIDADE DE JUIZ DE FORA–MG**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 7, n. 6, p. 749-771, 2021.

DA SILVA, Emerson Thiago et al. **Viabilidade econômica da implantação de sistemas de reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em um bloco universitário no semiárido brasileiro**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 13, n. 05, p. 2503-2514, 2020.

DE ARAÚJO NUNES, Aline et al. **Jardim autoirrigável: solução sustentável para o aproveitamento de águas pluviais**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 11, p. 22744-22750, 2019.

DE OLIVEIRA, Rosita Maria Ferreira; JÚNIOR, William Paiva Marques. **Reaproveitamento de águas pluviais: desperdício de ouro azul em uma terra de secas**. Revista da Faculdade de Direito, v. 38, n. 2, p. 85-108, 2021.

DE SOUZA GUEDES, Natália; JÚNIOR, Gilson Barbosa Athayde. **MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO VERTICAL NA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica, UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, p. 1139-1155, 2021.

FERREIRA, D. F. **Aproveitamento de águas pluviais e reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um condomínio residencial localizado em Florianópolis - SC**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2005.

FRANCO, Cynthia Akemi Anno; MOURA, Lidia; MOSCHINI, Luiz Eduardo. **Alternativas sustentáveis para a mobilidade urbana no município de Ribeirão Bonito (SP)**. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 7, n. 2, p. 136-146, 2016.

FRATE, Cláudio Albuquerque; CARVALHO, PCM; SHAYANI, Rafael Amaral. **Barreiras para adoção de sistemas FV em condomínios residenciais: vozes de especialistas do planalto central do Brasil**. Revista Brasileira de Energia| Vol, v. 29, n. 2, 2023.

GOOGLE STREET VIEW. Disponível em: <https://www.google.com/maps>. Acesso em: 2 out. 2024.

HILGENBERG, Fabíola; TAVARES, Sérgio Fernandes. **O REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO COLETIVA EM CURITIBA APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES (PURA E)**. ENCONTRO LATINO AMERICANO E EUROPEU SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, p. 688-697, 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Seleção de bombas**. 2014. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/2/2c/Selecaobombas.pdf>. Acesso em: 1 out. 2024.

MONTEIRO, Tania Thais; POLLI, Henrique Quero. **CISTERNAS – UMA ALTERNATIVA AO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E AMBIENTAL NOS MEIOS RURAL E URBANO**. Revista Interface Tecnológica, v. 18, n. 1, p. 256-264, 2021.

PACHECO, Gabriela Cristina Ribeiro; ALVES, Conceição de Maria Albuquerque. **Influência das incertezas no regime pluviométrico no aproveitamento de água pluvial em três cidades de Goiás-Brasil**. Paranoá, n. 34, 2023.

RAMOS, Sérgio Augusto Portocarrero. **Desenvolvimento de um sistema de prevenção de incêndio provocado por vazamento de gás GLP em condomínios**. Peer Review, v. 5, n. 20, p. 496-513, 2023.

RODRIGUEZ, Victória Karoline Santos et al. **ANÁLISE DA VIABILIDADE AMBIENTAL DA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL PARA SISTEMA DE REUSO**. Revista Pesquisa e Ação, v. 5, n. 4, p. 98-108, 2019.

SANTOS, Cristiano. **UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA USO NÃO POTÁVEL: UM ESTUDO DE CASO APLICADO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM MARINGÁ-PR**. Revista Técnico-Científica, n. 19, 2019.

SILVA, Frederico Fonseca et al. **Viabilidade técnica e econômica da captação e aproveitamento da água da chuva para o IFPR-campus Curitiba: Technical and economic possibility of caption and acquisition of rainwater to the Federal Institute of Paraná (Brazil)-Campus Curitiba**. Revista Macambira, v. 5, n. 2, p. e052005-e052005, 2021.

SIQUEIRA, Rogério Alves. **APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: UMA FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE**. Unimontes, p. 118-123, 2018.

TEIXEIRA, Luis Carlos. **Métodos e tecnologias para captação e uso de água da chuva**. 2019. Disponível em: https://www.sabesp.com.br/download/AguaDeChuva_MetodoseTecnologias.pdf. Acesso em: 2 out. 2024.

VIEIRA, Nilton Lopes et al. **Reuso de água: análise da viabilidade econômica e ambiental em edificações urbanas**. Rev. Eng. Agríc. Ambiental, v. 17, n. 9, p. 211-219, 2013.