

**Engenharia aplicada à Sustentabilidade Urbana: captação e automação  
da irrigação com águas pluviais em horta comunitária****Ana Paula Branco do Nascimento**Professora Doutora do Mestrado Profissional em Engenharia Civil, USJT, Brasil  
prof.ananascimeto@ulife.com.br**Rafael Silva de Araújo**Mestrando em Engenharia Civil, USJT, Brasil  
engenharia.rafael89@gmail.com**Thais Reis Rocha**Mestranda em Engenharia Civil, USJT, Brasil  
thaisreisrocha02@gmail.com**Ramoel Serafini**Professor Doutor do Mestrado Profissional em Engenharia Civil, USJT, Brasil  
prof.ramoelserafini@ulife.com.br

Submissão: 22/09/2025

Aceite 21/12/2025

NASCIMENTO, Ana Paula Branco do; ARAÚJO, Rafael Silva de; ROCHA, Thais Reis; SERAFINI, Ramoel. Engenharia aplicada à Sustentabilidade Urbana: Captação e automação da irrigação com águas pluviais em horta comunitária. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. l.], v. 14, n. 91, p. e2533, 2026.DOI: [10.17271/23188472149120266227](https://doi.org/10.17271/23188472149120266227). Disponívelem: [https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento\\_de\\_cidades/article/view/6227](https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/6227).  
Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Engenharia aplicada à Sustentabilidade Urbana: captação e automação da irrigação com águas pluviais em horta comunitária

### RESUMO

**Objetivo** – Elaborar e implantar um sistema de captação e automação da irrigação com águas pluviais para canteiros de plantas alimentícias localizados em uma horta comunitária sob cobertura impermeável, reduzindo a dependência de irrigação manual realizada por voluntários e promovendo a gestão sustentável da água.

**Metodologia** – O estudo, de natureza aplicada e abordagem exploratória e experimental, envolveu levantamento bibliográfico e técnico sobre sistemas de captação de águas pluviais, automação de irrigação e agricultura urbana sustentável. O projeto foi desenvolvido com base em medições locais, testes de eficiência hidráulica e adequação dos componentes, resultando na instalação de um sistema automatizado de irrigação na *Horta das Flores*, localizada na zona leste de São Paulo.

**Relevância** – A proposta integra engenharia e sustentabilidade urbana, aplicando tecnologia acessível ao reaproveitamento de recursos hídricos em um contexto comunitário e educativo. A horta estudada constitui um espaço pedagógico, onde ocorrem eventos e ações de educação ambiental que abordam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e este projeto fortaleceu ainda mais essa conexão com a Agenda 2030. Destaca-se pela replicabilidade em hortas urbanas de pequeno porte e pela contribuição direta aos ODS 2, 3, 4, 6, 11, 12 e 13.

**Resultados** – O sistema demonstrou viabilidade técnica e operacional, garantindo regularidade no fornecimento hídrico e redução do esforço humano. A avaliação em campo possibilitou aperfeiçoamentos hidráulicos e ajustes na automação, comprovando o potencial de otimização no uso da água e de promoção da eficiência no manejo hídrico urbano.

**Contribuições metodológicas** – O trabalho amplia a discussão sobre a aplicação de tecnologias sustentáveis e sistemas de automação em agricultura urbana, fornecendo subsídios técnicos e acadêmicos para a replicação de modelos semelhantes em outros contextos urbanos.

**Contribuições sociais e ambientais** – O projeto fortaleceu a integração entre universidade e comunidade, estimulando práticas de educação ambiental, participação social e corresponsabilidade na gestão da água. Ao promover o uso racional dos recursos hídricos e a produção local de alimentos, reforça a importância de soluções integradas para cidades mais sustentáveis.

2

**PALAVRAS-CHAVE:** Captação de água pluvial. Horta urbana. Sustentabilidade. ODS. Automação hidráulica.

## Urban Sustainability Engineering: Design of a Rainwater Harvesting and Automated Irrigation System in a Community Garden

### ABSTRACT

**Objective** – To design and implement a rainwater harvesting and irrigation automation system for food plant beds located in a community garden under an impermeable roof, reducing dependence on manual irrigation by volunteers and promoting sustainable water management.

**Methodology** – This applied research, with an exploratory and experimental approach, included bibliographic and technical surveys on rainwater harvesting systems, irrigation automation, and sustainable urban agriculture. The project was developed through field measurements, hydraulic efficiency tests, and component adjustments, resulting in the installation of an automated irrigation system at *Horta das Flores*, located in the eastern region of São Paulo, Brazil.

**Relevance** – The proposal integrates engineering, automation, and urban sustainability by applying accessible technology for rainwater reuse in a community and educational context. The studied garden functions as a pedagogical space, hosting events and educational activities on sustainability and the Sustainable Development Goals (SDGs), thus reinforcing the connection with the 2030 Agenda. It stands out for its replicability in small-scale urban gardens and its direct contribution to SDGs 2, 3, 4, 6, 11, 12, and 13.

**Results** – The system proved technically and operationally feasible, ensuring regular water supply and reducing manual effort. Field evaluation enabled hydraulic improvements and automation adjustments, confirming the potential for optimizing water use and increasing efficiency in urban water management.

**Methodological contributions** – The study broadens the debate on the application of sustainable technologies and automated systems in urban agriculture, providing technical and academic foundations for replication in other urban contexts.

**Social and environmental contributions** – The project strengthened the integration between university and community, encouraging environmental education, social participation, and shared water governance. By promoting rational water use and local food production, it reinforces the importance of integrated solutions for sustainable cities.

**KEYWORDS:** Rainwater harvesting. Urban garden. Sustainability. SDGs. Irrigation automation.

### **Ingeniería Aplicada a la Sostenibilidad Urbana: captación y automatización del riego con aguas pluviales en un huerto comunitario**

#### **RESUMEN**

**Objetivo** – Elaborar e implementar un sistema de captación y automatización del riego con aguas pluviales para canteros de plantas alimenticias ubicados en un huerto comunitario bajo una cubierta impermeable, reduciendo la dependencia del riego manual realizado por voluntarios y promoviendo la gestión sostenible del agua.

**Metodología** – El estudio, de carácter aplicado y con enfoque exploratorio y experimental, incluyó una revisión bibliográfica y técnica sobre sistemas de captación de aguas pluviales, automatización del riego y agricultura urbana sostenible. El proyecto se desarrolló a partir de mediciones de campo y pruebas de eficiencia hidráulica, culminando con la instalación de un sistema automatizado en el huerto *Horta das Flores*, situado en la zona este de São Paulo, Brasil.

**Relevancia** – La propuesta integra ingeniería, automatización y sostenibilidad urbana mediante la aplicación de tecnología accesible para el aprovechamiento de recursos hídricos en un contexto comunitario y educativo. El huerto estudiado funciona como un espacio pedagógico, donde se realizan eventos y actividades de educación ambiental relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), fortaleciendo así su conexión con la Agenda 2030. Se destaca por su potencial de replicación en huertos urbanos de pequeña escala y su contribución directa a los ODS 2, 3, 4, 6, 11, 12 y 13.

**Resultados** – El sistema demostró viabilidad técnica y operativa, garantizando la regularidad en el suministro de agua y reduciendo el esfuerzo manual. Las pruebas de campo permitieron mejoras hidráulicas y ajustes en la automatización, evidenciando su potencial de optimización del uso del agua y eficiencia en la gestión hídrica urbana.

**Contribuciones metodológicas** – El trabajo amplía la discusión sobre la aplicación de tecnologías sostenibles y sistemas automatizados en la agricultura urbana, aportando bases técnicas y académicas para su replicación en otros contextos urbanos.

**Contribuciones sociales y ambientales** – El proyecto fortaleció la integración entre la universidad y la comunidad, fomentando la educación ambiental, la participación social y la corresponsabilidad en la gestión del agua. Al promover el uso racional de los recursos hídricos y la producción local de alimentos, refuerza la importancia de soluciones integradas para ciudades más sostenibles.

**PALABRAS CLAVE:** Captación de agua de lluvia. Huerto urbano. Sostenibilidad. ODS. Automatización del riego.

## 1. INTRODUÇÃO

A intensificação da urbanização, combinada aos efeitos das mudanças climáticas têm gerado pressão crescente sobre os recursos hídricos, comprometendo tanto a disponibilidade quanto a qualidade de água destinada ao abastecimento de residências, empresas e espaço coletivos (Li et al., 2020; Medeiros et al., 2024). O atual modelo de saneamento urbano ainda se caracteriza pelo uso intensivo de água potável, contribuindo para escassez de água e contaminação de mananciais, o que representa um dos desafios da sustentabilidade (Cohim e Kiperstok, 2008; Tundisi, 2014).

Nesse cenário, o aproveitamento de águas pluviais se apresenta como alternativa promissora para reduzir a pressão sobre os sistemas públicos de abastecimento e ampliar a resiliência hídrica urbana (Gaitán e Teixeira, 2020, Batista et al., 2021). Estudos recentes demonstram que os sistemas de coleta e armazenamento de água de chuva, quando devidamente dimensionados, podem contribuir para a redução do consumo de água potável, a diminuição de enchentes e a mitigação de impactos climáticos, ao mesmo tempo em que fornecem alternativas seguras para usos não potáveis, como irrigação de áreas verdes (Campisano et al., 2017). Entretanto, sua adoção requer análises técnicas e sanitárias, incluindo o dimensionamento adequado de calhas, tubulações e reservatórios, bem como a análise de riscos associados à qualidade da água armazenada (Guimarães et al., 2015; ABNT NBR 15527, 2007).

A integração entre captação pluvial e agricultura urbana amplia os co-benefícios ambientais e sociais, articulando educação ambiental, segurança alimentar e participação comunitária (Thwaites et al., 2025). Experiências internacionais e nacionais têm demonstrado que hortas comunitárias e escolares são instrumentos eficazes de promoção de alimentação saudável, educação para a cidadania e sensibilização ecológica (Golba et al., 2014; Santos; Silva, 2019; Nascimento et al., 2022). Quando associadas a tecnologias de irrigação automatizada alimentadas por captação pluvial, essas iniciativas podem maximizar a eficiência no uso da água, reduzir custos operacionais e fortalecer os vínculos entre gestão ambiental e segurança alimentar.

Revisões recentes destacam que a agricultura urbana, quando planejada dentro do contexto da sustentabilidade, contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU. Dentre os ODS, destacam-se o 2, 11 e 12, fortalecendo sistemas alimentares locais e a resiliência de cidades (Thwaites et al., 2025). No âmbito da produção de alimentos em pequena escala, estudos de modelagem apontam que o armazenamento de água de chuva pode incrementar a produtividade e a segurança hídrica domiciliar, desde que acompanhado de boas práticas agronômicas (Amos et al., 2021). De forma complementar, sínteses críticas sobre sistemas urbanos de captação de águas pluviais, em inglês “Rainwater Harvesting Systems” (RHS), ressaltam a natureza multifuncional desses sistemas e as principais barreiras à adoção (custo de capital, percepção pública e incertezas de qualidade) (Ali et al., 2025).

A crescente conscientização ambiental e a busca por práticas sustentáveis reforçam a necessidade de adoção de tecnologias alternativas de gestão hídrica. Como destaca Capra

(2006), os problemas globais não podem ser compreendidos de forma isolada, mas sim como parte de um sistema interdependente que integra sociedade e natureza. Dessa forma, torna-se essencial promover a disseminação do saber ambiental e a construção de uma ética ecológica que valorize práticas sustentáveis, como propõe Leff (2001). Nesse sentido, os espaços acadêmicos configuram-se como ambientes importantes para o desenvolvimento de práticas socioambientais. Entre as inúmeras atividades pedagógicas, as hortas escolares destacam-se como instrumentos de educação nutricional, ambiental e cidadã, possibilitando o aprendizado prático sobre sustentabilidade e gestão de recursos naturais (Golba; Serpe; Brun, 2014; Santos; Silva, 2019).

Diante desse contexto, este artigo tem como objetivo elaborar e implantar um sistema de captação de água pluvial destinado à irrigação automatizada em canteiros de plantas alimentícias em uma horta comunitária urbana. A proposta demonstrou viabilidade técnica, econômica e ambiental, além de demonstrar sua contribuição como alternativa sustentável e replicável em contextos urbanos, alinhada aos princípios da sustentabilidade e aos ODS da Agenda 2030 (ONU, 2015).

## 2. METODOLOGIA

O presente estudo adotou uma abordagem exploratória, com o propósito de proporcionar uma compreensão inicial e sistemática do fenômeno investigado, conforme proposto por Gil (2008). Simultaneamente, foi empregada uma abordagem experimental em ambiente controlado, seguindo os princípios metodológicos descritos por Lakatos e Marconi (2003). O foco central da pesquisa consistiu no desenvolvimento e na implantação de um sistema de captação de águas pluviais, integrado a tecnologias de irrigação automatizada, aplicadas em uma horta urbana comunitária.

5

O percurso metodológico foi estruturado em três etapas principais: levantamento teórico-conceitual, dimensionamento do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais e implantação do sistema automatizado de irrigação. Na etapa 1, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e documental voltada à fundamentação técnica do projeto, especialmente ao que se refere ao uso sustentável da água e às tecnologias de automação em irrigação. Na etapa 2, o dimensionamento do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, contemplando o estudo do regime pluviométrico local, da área de captação disponível e das necessidades hídricas da horta, com base em princípios de engenharia hidráulica. E Na etapa 3, a implantação do sistema automatizado de irrigação, a partir do projeto técnico desenvolvido pela equipe de engenheiros, autores deste artigo, considerando a viabilidade técnica, econômica e ambiental da proposta.

Para a segunda etapa, foram analisados parâmetros essenciais ao dimensionamento do sistema hidráulico, incluindo a definição do volume do reservatório, das calhas, tubulações e filtros, em conformidade com as recomendações da ABNT NBR 15527:2007, que estabelece critérios para aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas. O projeto foi desenvolvido considerando o regime pluviométrico da região, a capacidade de captação e a demanda de irrigação da horta. A implantação do sistema compreendeu a instalação de reservatórios de

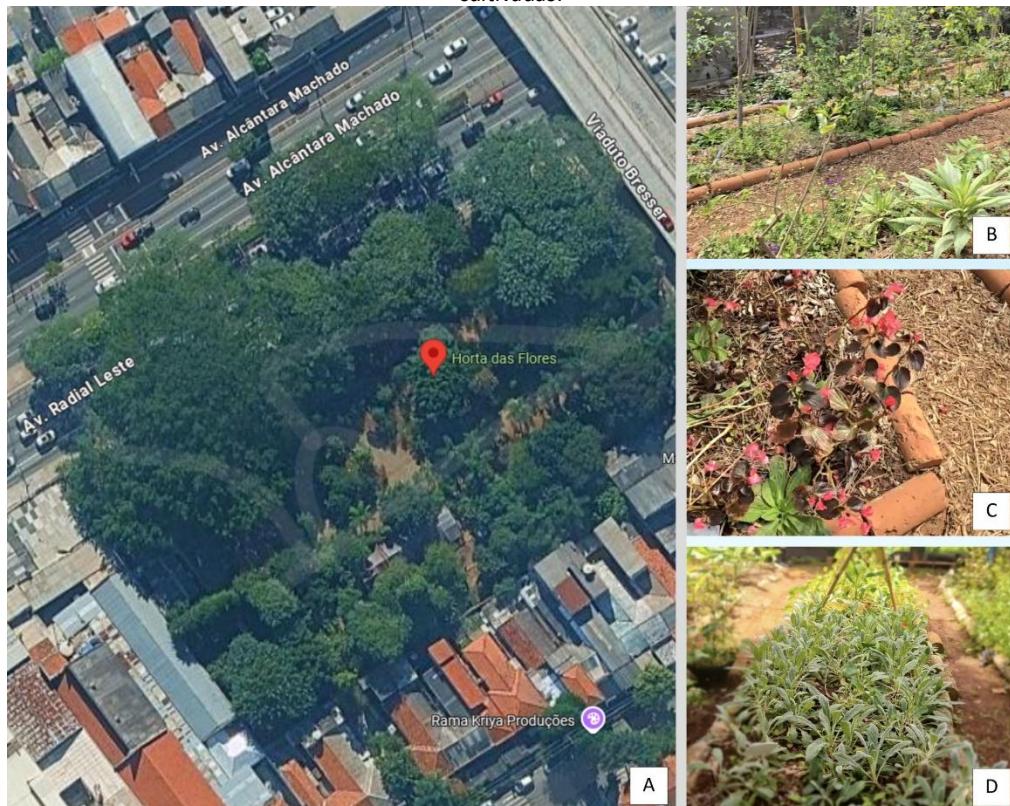
armazenamento, tubulações de condução por gravidade, bomba auxiliar para recalque, e temporizadores para automação do processo de irrigação, além de aspersores estrategicamente distribuídos nas áreas delimitadas da horta.

A terceira etapa envolveu a execução da obra de implantação, precedida de discussões técnicas, análises de viabilidade e adequações do projeto, com base nos princípios da engenharia civil aplicada à sustentabilidade urbana. Todas as fases priorizaram o reaproveitamento eficiente das águas pluviais, a redução da dependência de irrigação manual e a adoção de soluções tecnicamente viáveis em contextos urbanos.

## 2.1 Área de Estudo

Localizada na Praça Alfredo Di Cunto, no bairro da Mooca, região Leste da cidade de São Paulo (Figura 1), a Horta das Flores foi implantada em 2004 pela Prefeitura Municipal por meio do Programa de Agricultura Urbana e Periurbana (PROAURP). Desde então, o espaço tem sido mantido de forma coletiva e voluntária por moradores da Mooca e de bairros adjacentes, contando com o apoio de estudantes de graduação e pós-graduação, tanto na conservação dos canteiros quanto na oferta de cursos voltados à comunidade (Nascimento et al., 2023). A localização da Horta das Flores evidencia a inserção de áreas verdes no tecido urbano, com entrada pela famosa Radial Leste, avenida Alcantara Machado e ao lado o Viaduto Bresser.

Figura 1. Vista geral da Praça Alfredo Di Cunto, popularmente conhecida como Horta das Flores, zona leste do município de São Paulo, SP (1A). Ao lado imagens dos canteiros com plantas alimentícias não convencionais (PANC), cultivadas.



Fonte: Google maps e Autores, 2025.

A área de cultivo de plantas alimentícias é denominada pelos gestores de “estufa”, a qual neste ano foi reinaugurada e está inserida dentro do Programa Sampa + Rural. Neste espaço, atualmente possui 10 canteiros de plantas, sendo 7 deles de plantas alimentícias não convencionais (PANC), somando 60 m<sup>2</sup> de cultivo. Este destina-se a educação, ou seja, o cultivo tem caráter pedagógico. A Figura 1A permite visualizar parte da área que o projeto foi implantado, a Figura 1B e 1C mostram canteiros de PANC. Este registro é fundamental para compreender a acessibilidade do espaço, sua integração com o potencial de articulação com iniciativas de educação ambiental e agricultura urbana.

### 3.2 Elaboração do Projeto

O sistema de captação e irrigação automatizada foi concebido com a participação de engenheiros e docentes do Mestrado Profissional em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu, assegurando a consistência técnica da proposta. Durante a fase de concepção, foram realizadas reuniões, avaliados os materiais mais adequados, a viabilidade executiva da proposta e as condições estruturais da edificação, considerando a necessidade de eventuais reforços civis para a instalação das calhas de captação.

A concepção técnica do sistema baseou-se em premissas fundamentais: 1. a captação da água pluvial por meio de calhas estrategicamente posicionadas ao longo da cobertura e direcionadas para o reservatório de armazenamento e; 2. a integração de um sistema de bombeamento hidráulico automatizado, responsável pela transferência da água do reservatório aos aspersores, garantindo pressão e vazão suficientes para atender à área de irrigação prevista. O controle automatizado do bombeamento buscou otimizar o uso da água reduzindo desperdícios e assegurando que toda a área cultivada da horta fosse irrigada.

O dimensionamento do sistema de captação e reaproveitamento de água da chuva foi realizado com base na análise das necessidades específicas da horta urbana onde o projeto foi implantado, levando em consideração a área disponível para coleta, as restrições físicas do local e a viabilidade de implantação sem a necessidade de obras estruturais adicionais. O sistema foi concebido para garantir eficiência hidráulica, facilidade de manutenção e compatibilidade com os recursos disponíveis, seguindo as diretrizes da norma ABNT NBR 5626 (ABNT, 2020), que trata dos sistemas prediais de água fria.

O projeto hidráulico foi desenvolvido com base nos princípios de hidráulica, adotando o método da vazão total descrito na NBR 5626 (ABNT, 2020), uma vez que todos os aspersores funcionam simultaneamente, tornando inadequado o uso do método dos pesos previsto na mesma norma. A perda de carga unitária (J) foi calculada segundo o método de Fair-Whipple-Hsiao para tubulações de PVC ou cobre, conforme apresentado por Fernández e Netto (2015), sendo expressa pela equação:

$$J = 0,0008695 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (1)$$

onde J é a perda de carga unitária (m/m), Q corresponde à vazão (m<sup>3</sup>/s), e D o diâmetro interno da tubulação (m). Considerando as restrições de espaço físico no local de implantação, optou-se pela utilização de um conjunto motobomba para o recalque da água de chuva coletada e armazenada nos reservatórios. O dimensionamento do conjunto motobomba foi realizado com

base em ábacos de correlação entre a altura manométrica total do sistema (incluindo as perdas de carga) e a potência de bombas comerciais disponíveis no mercado, garantindo eficiência e viabilidade técnica da instalação.

### 3.2.1 Visitas técnicas

Localizada na Praça Alfredo Di Cunto, no bairro da Mooca, a Horta das Flores foi concebida com o propósito de constituir um espaço verde urbano acessível, de uso coletivo e voluntário por moradores da Mooca e de bairros adjacentes. O local tem contado com o apoio de estudantes de graduação e pós-graduação da Universidade São Judas, tanto na manutenção dos canteiros quanto na oferta de atividades educativas e de extensão voltadas à comunidade (Nascimento et al., 2023).

Com o intuito de aprofundar o conhecimento técnico e espacial da área, foi realizada uma visita de reconhecimento inicial, conduzida por um grupo de estudantes acompanhados por professores especialistas. Nessa etapa, foram realizados levantamentos métricos e fotográficos, além de discussões técnicas em campo, voltadas à análise das condições estruturais e à compreensão da organização espacial do terreno. Durante a visita, observou-se o estado geral das instalações físicas, incluindo sistemas de iluminação, locais de armazenamento de materiais e logística das atividades cotidianas, que foram utilizados para auxiliar na tomada de decisão.

### 3.2.2 Estudo de viabilidade

8

A etapa de estudo de viabilidade compreendeu três reuniões técnicas, realizadas com o objetivo de definir, revisar e aprovar o projeto, o qual recebeu financiamento institucional da Universidade São Judas Tadeu. Essas discussões permitiram consolidar o dimensionamento técnico do sistema, em consonância com as recomendações de Campisano et al. (2017), que destacam a importância da correta calibração dos parâmetros hidráulicos e do planejamento da automação em projetos de captação de águas pluviais urbanos. Além disso, a abordagem interdisciplinar adotada reflete as orientações de Ali et al. (2025), segundo as quais o êxito dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais depende do envolvimento de múltiplos atores, técnicos, acadêmicos e comunitários, e da consideração de barreiras operacionais e sociais durante o planejamento.

### 3.2.3 Compras de materiais

O processo de aquisição dos materiais foi iniciado após a finalização do projeto executivo e a elaboração do levantamento quantitativo dos materiais necessários para a execução da obra de implantação. Diante da necessidade de obtenção dos valores de referência, optou-se por realizar o mapeamento de preços por meio do comércio eletrônico, estratégia que permitiu ampla pesquisa de mercado em curto período de tempo.

Foram consultados sete sites de lojas especializadas em materiais de construção, cujos valores foram organizados e comparados em planilha eletrônica elaborada no Microsoft Excel. Essa planilha teve como finalidade a análise comparativa de custos e o cálculo da média de preço

unitário de cada item, assegurando transparência e fundamentação técnica ao processo decisório. Após a obtenção do valor total estimado e a aprovação da proposta orçamentária em reunião com a equipe do projeto, optou-se pela aquisição integral dos materiais em uma única loja virtual. Essa decisão foi motivada por questões administrativas e financeiras da instituição proponente, além de favorecer a otimização logística e o prazo de entrega.

Durante a etapa de execução, identificou-se a necessidade de aquisição complementar de itens não previstos no orçamento inicial, em razão de ajustes técnicos realizados em campo. O procedimento de cotação seguiu os mesmos critérios metodológicos descritos anteriormente. Entretanto, considerando a urgência de fornecimento dos materiais, a equipe optou pela compra direta em loja física, onde os materiais se encontravam disponíveis para pronta entrega, garantindo a continuidade das atividades de implantação sem comprometimento do cronograma.

### 3.3 Implantação do projeto

A mobilização para a implantação do projeto ocorreu após a chegada de todos os materiais necessários. As atividades foram conduzidas por um engenheiro de campo, responsável pelo acompanhamento técnico, e dois profissionais com experiência em execução de projetos civis. O engenheiro executor realizou visitas prévias ao local, com o objetivo de reconhecer as condições estruturais da área, elaborar o cronograma de atividades e definir a logística operacional da obra.

9

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados foi estruturada em quatro blocos complementares: (I) visitas técnicas e estudo de viabilidade; (II) elaboração do projeto, em que se descrevem o dimensionamento do sistema, a seleção de componentes hidráulicos e as decisões técnico-econômicas; (III) execução do projeto, com ênfase nos desafios operacionais, nos ajustes realizados em campo e no desempenho obtido; e (IV) contribuições do projeto para os ODS, destacando efeitos sociais, ambientais e econômicos.

### 3.1 Visitas técnicas e estudo de viabilidade

Durante as visitas técnicas ao local, verificou-se que a iluminação natural é predominante, favorecida pela transparência da cobertura em domo plástico, que intensifica a incidência de radiação solar e, consequentemente, eleva a temperatura interna da estrutura. A cobertura é sustentada por pilares de madeira roliça cravados no solo até metade de sua extensão, solução que assegura estabilidade estrutural e resistência às ações do vento e demais cargas atuantes, características que demonstram a adequação da infraestrutura às condições locais.

No primeiro encontro, foi discutida a proposta conceitual do sistema e delineado o planejamento preliminar das ações. Além dos aspectos técnicos, foram considerados indicadores de viabilidade operacional, como a disponibilidade de tempo dos participantes, a

compatibilidade dos cronogramas e os dias da semana destinados ao acompanhamento das atividades práticas. No segundo encontro, os estudantes do curso de Engenharia apresentaram o projeto preliminar ao professor especialista da área, com o propósito de obter orientações técnicas e parecer consultivo para o aprimoramento da proposta. Durante a apresentação, surgiram questionamentos relevantes, sobretudo acerca do processo de automação do sistema de irrigação, elemento que impactaria diretamente tanto o dimensionamento hidráulico quanto a definição da lista de materiais. As incertezas concentraram-se na necessidade de uma bomba hidráulica de reforço para assegurar a pressão adequada e a eficiência do sistema automatizado. Discutiu-se ainda a viabilidade da utilização de dois reservatórios independentes, considerados essenciais para garantir a regularidade da irrigação sob diferentes condições de operação.

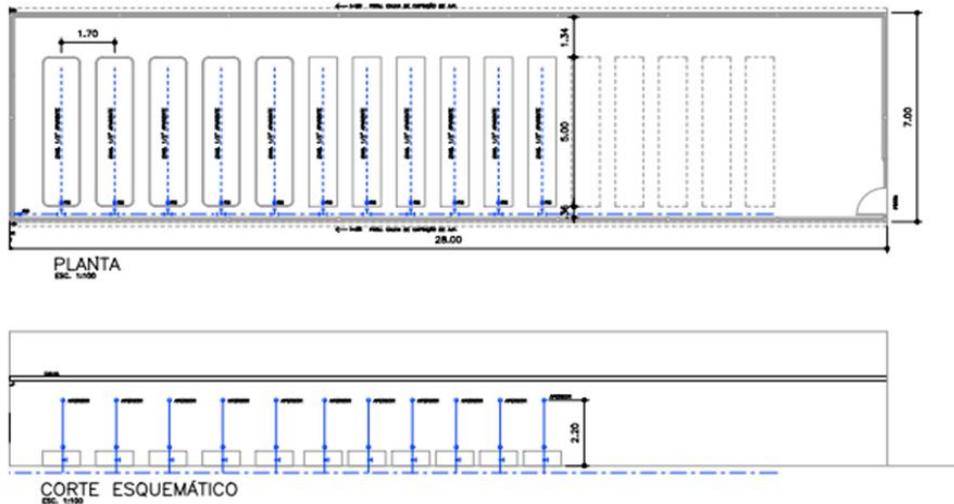
No terceiro encontro, o projeto foi apresentado ao coordenador do curso de Mestrado, com a proposta de enquadrá-lo como uma atividade de extensão universitária, dada sua relevância social e ambiental para a comunidade local. Foram apresentados o memorial descritivo técnico, a planilha orçamentária e a estimativa de custos, abrangendo materiais, mão de obra e equipamentos. Durante essa reunião, surgiram questionamentos pontuais quanto à viabilidade técnica e financeira do sistema, os quais foram prontamente esclarecidos com base nas análises realizadas na fase anterior. Após a validação institucional, a verba foi aprovada e liberada pela coordenação, autorizando o início efetivo das atividades. Essa etapa concluiu a fase de planejamento e viabilidade, dando início à organização logística para aquisição dos materiais e à preparação para a implantação em campo.

### 3.2 Elaboração do Projeto

10

Com base na configuração da captação, adotou-se uma estratégia de captação pluvial composta por calhas metálicas galvanizadas, conformadas ao longo do perfil para ampliar a área de coleta. Essas calhas, integradas a cabeceiras também galvanizadas, direcionam o fluxo para o sistema de condução. Tubulações auxiliares conectadas às calhas transportam a água até os reservatórios de armazenamento (bombonas plásticas), assegurando eficiência no aproveitamento hídrico e no abastecimento do sistema de irrigação automatizado. A Figura 2 apresenta o projeto desenhado para instalação das calhas.

Figura 2. Projeto - planta baixa para instalação das calhas para coleta de água pluvial na Horta das Flores.



Fonte: Autores, 2025.

Para a captação da água pluvial, foram utilizadas calhas metálicas em moldura galvanizada, instaladas lateralmente à cobertura da estufa, com função de direcionar o escoamento superficial da chuva para a tubulação de condução. A escolha do material galvanizado deve-se à sua resistência à oxidação e à durabilidade, características importantes considerando-se a exposição contínua às intempéries. As tubulações de condução e distribuição foram compostas por tubos e conexões de PVC marrom soldável, com diâmetro nominal de  $\frac{3}{4}$ ", sendo utilizados cotovelos de  $90^\circ$ , joelhos, Tês e luvas do mesmo padrão, o que possibilita um encaixe eficiente e a realização de emendas/conexões, garantindo estanqueidade e menor risco de vazamentos ao longo do tempo. A padronização das conexões também favoreceu a manutenção do sistema, ao reduzir a complexidade de eventuais substituições.

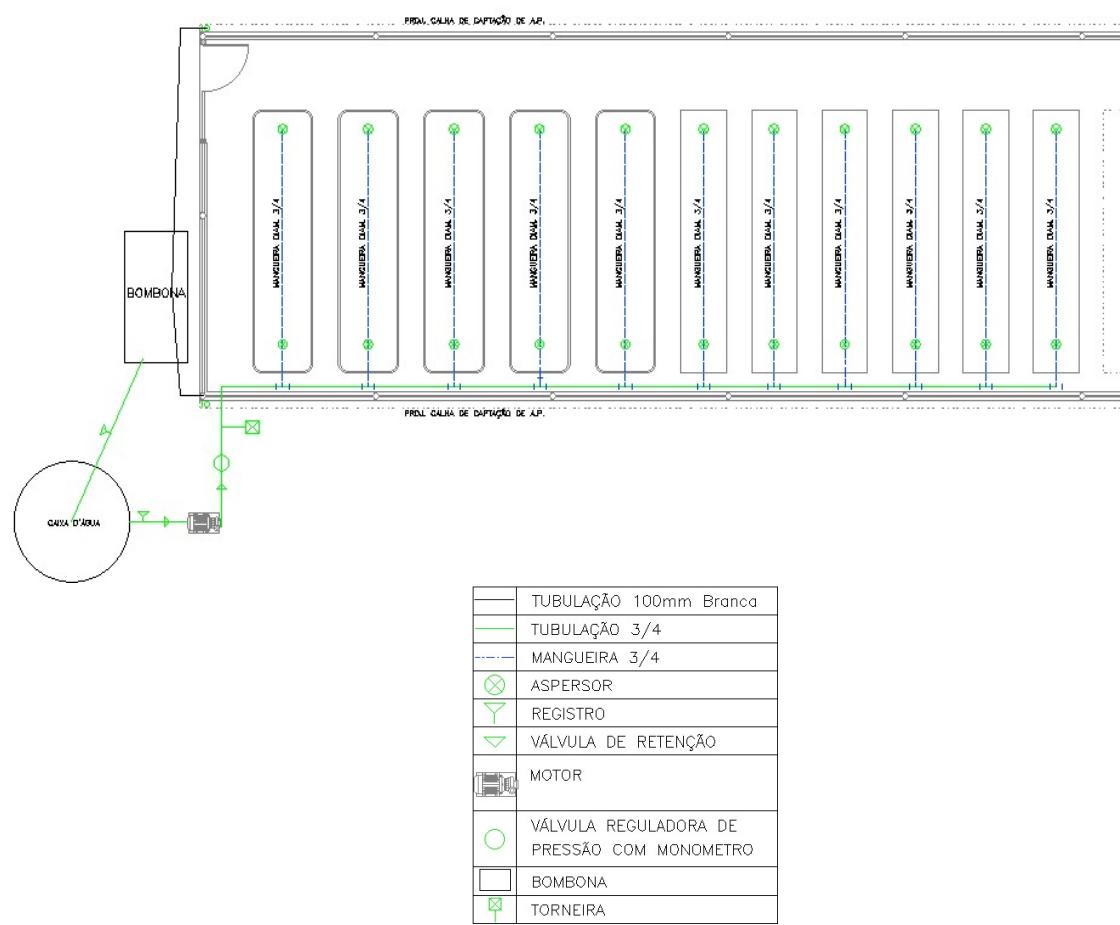
O sistema de irrigação foi projetado a partir de um reservatório de 500 litros destinado ao armazenamento de água pluvial, além de um tanque para servir como um compartimento de reserva de água. A distribuição ocorre por meio de tubulações e mangueiras de  $\frac{3}{4}$ ", dimensionadas para atender uma horta em terreno plano de 100 metros lineares, equipada com 22 aspersores. Para garantir pressão e vazão adequadas, especificou-se uma bomba hidráulica (pressão nominal de 30 m.c.a. e vazão nominal de 66 L/min), instalada em caixa plástica impermeável para proteção contra intempéries e acesso facilitado à manutenção. Essa concepção técnica está alinhada às recomendações de Li et al. (2020) e Amos et al. (2021), que enfatizam o papel dos sistemas RHS (Rainwater Harvesting Systems) no aumento da eficiência do uso da água e na segurança hídrica urbana.

A escolha da capacidade do reservatório foi feita com base na disponibilidade de espaço físico para instalação, uma vez que não estavam previstas obras de adaptação ou expansão estrutural. Assim, optou-se por um reservatório compatível com a área útil, ainda que sem a adoção de cálculos mais aprofundados com base na média pluviométrica da região. A decisão priorizou a aplicabilidade imediata da solução em campo, respeitando as limitações logísticas do local. O sistema de armazenamento foi integrado a uma rede de irrigação automatizada, composta por 22 aspersores, distribuídos de forma estratégica para cobrir uma área total de aproximadamente  $60\text{m}^2$ . A rede de distribuição contou com uma bomba hidráulica de pequeno

porte, cuja instalação foi fundamental para garantir a vazão e a pressão necessárias ao pleno funcionamento dos emissores, atendendo às especificações técnicas dos aspersores utilizados.

A linha hidráulica foi complementada com registro de gaveta, válvula de retenção e válvula reguladora de pressão com manômetro, assegurando controle operacional, segurança do sistema e manutenção preventiva. A operação é automatizada por meio de temporizador programável, que controla o acionamento da bomba em horários pré definidos, garantindo eficiência no uso da água e homogeneidade na irrigação. A Figura 3 apresenta o projeto hidráulico para irrigação.

Figura 3. Projeto hidráulico para irrigação de canteiros de plantas alimentícios para a Horta das Flores, bairro da Mooca na cidade de São Paulo, SP.



Fonte: Autores, 2025.

12

A irrigação foi automatizada por meio de um temporizador de baixo custo alimentado por pilhas, cuja principal vantagem é a dispensa de ligação elétrica, além de permitir programação simples e eficiente dos ciclos de irrigação. O equipamento utilizado já vem de fábrica com funcionalidades que possibilitam a definição de horários e frequências, eliminando a necessidade de programação adicional ou integração com sistemas complexos de controle.

Em relação à viabilidade econômica do projeto, inicialmente estimou-se um custo aproximado de R\$8.000,00 para a aquisição dos materiais necessários, considerando-se orçamento prévio baseado em valores de mercado e compras online. Contudo, durante a

execução em campo, observou-se a necessidade de ajustes, principalmente devido à incompatibilidade de conexões adquiridas especificamente com os tubos efetivamente utilizados, o que gerou a necessidade de novas compras. Além disso, a inclusão da bomba hidráulica, que se revelou indispensável para o desempenho adequado do sistema. Esses fatores levaram a um acréscimo de aproximadamente R\$1.500,00, elevando o custo total de materiais para cerca de R\$9.500,00.

Considerando também os custos com mão de obra especializada para a montagem e execução do sistema, que foi de R\$2500,00, o valor total do projeto implantado foi de R\$12.000,00. Os custos se mantiveram dentro de um orçamento viável para propostas sustentáveis de pequeno porte. O resultado final demonstrou que o projeto apresenta viabilidade técnica e funcional do sistema, além de sua relevância enquanto alternativa replicável em contextos urbanos, com forte potencial de contribuição para práticas de agricultura urbana sustentável e economia no consumo de água potável. Essa estratégia segue as abordagens de baixo custo e replicabilidade defendidas por Thwaites et al. (2025), ao proporem a integração entre infraestrutura verde e agricultura urbana como elementos centrais da sustentabilidade local.

### **3.3 Execução do projeto na horta comunitária**

O desenvolvimento da implantação foi estruturado em etapas sucessivas, conforme o cronograma inicial de dois dias de trabalho, destinado à instalação das calhas e tubulações e à definição do posicionamento das caixas d'água (Figura 4A). Durante essa fase preliminar, o engenheiro executor, em conjunto com os projetistas e idealizadores, realizou a conferência do material e verificou a necessidade de aquisição de materiais adicionais, como conexões de tubulação, uma boia elétrica para proteção da bomba, e tubulações pluviais compatíveis, que não haviam sido previstas na listagem inicial. Essa constatação reflete uma característica recorrente de projetos sustentáveis experimentais, em que ajustes ocorrem em função da disponibilidade de insumos locais, uma condição destacada por Ali et al. (2025) como um dos desafios à implementação sistemas de captação de água de chuva.

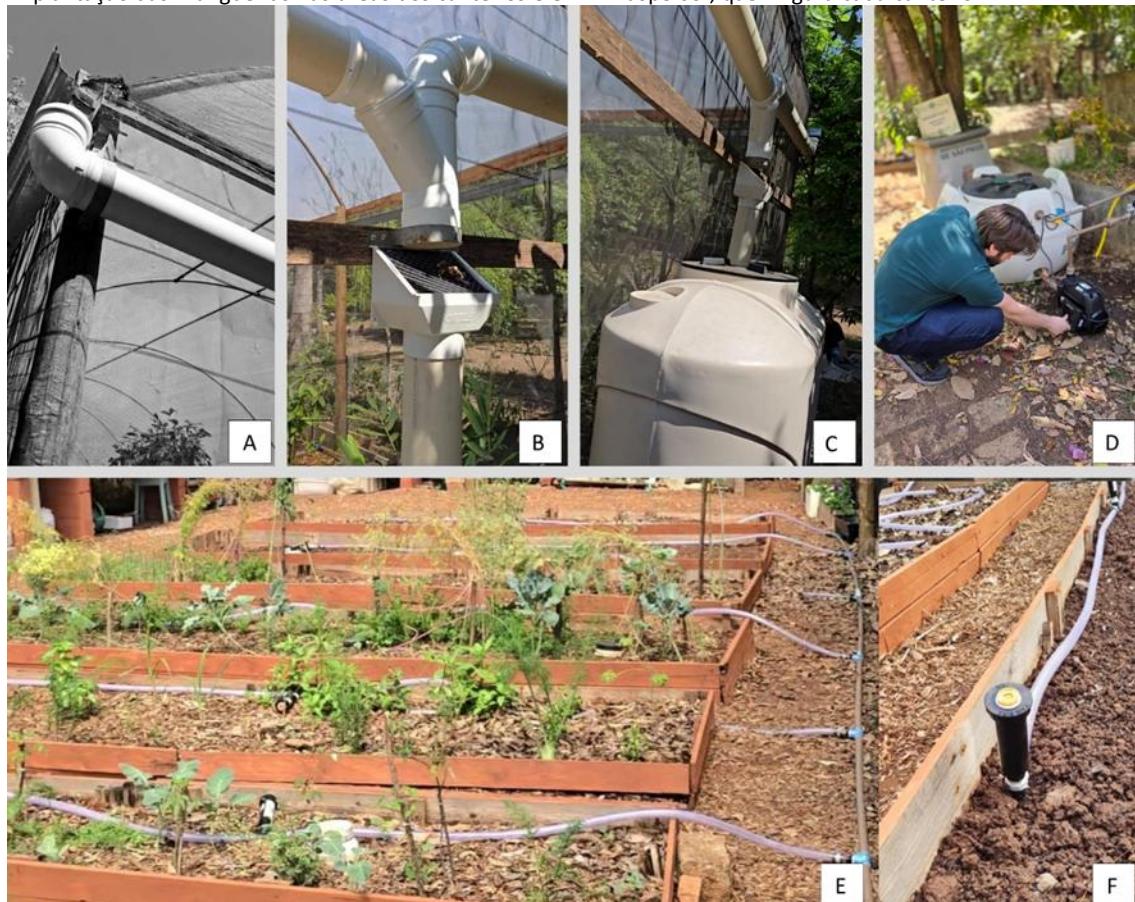
A fase de execução teve início com a organização e conferência de todos os materiais, previamente mapeados na etapa de planejamento. Essa verificação inicial foi essencial para assegurar a conformidade dos insumos com as especificações técnicas estabelecidas, prevenindo atrasos e inadequações durante a instalação. Na sequência, a equipe de campo iniciou a instalação das calhas coletoras na cobertura da estufa, marcando o início da implantação prática do sistema de captação de águas pluviais (Figura 4A). Paralelamente, com o apoio dos engenheiros responsáveis pelo projeto e do executor técnico, iniciou-se a montagem do sistema hidráulico, incluindo o posicionamento das tubulações, o traçado do layout hidráulico e o alinhamento com os canteiros da horta comunitária.

Durante a execução, foram identificadas necessidades de ajustes não previstas no projeto original. Um dos principais desafios foi a adaptação dos suportes das calhas, uma vez que a estrutura da estufa não possuía cobertura rígida adequada para fixação. Como solução, os suportes foram fixados por meio de fitas metálicas e parafusos galvanizados, garantindo estabilidade e resistência mecânica adequadas, conforme as recomendações de Campisano et

al. (2017), que destacam a importância de soluções de fixação seguras e resistentes à oxidação em sistemas expostos às intempéries.

Durante as etapas de montagem, também foram identificadas incompatibilidades entre componentes hidráulicos, exigindo a aquisição de materiais complementares, como: um manômetro adicional, instalado junto à bomba para controle da pressão de operação; conexões e tubulações adicionais (aproximadamente 100 metros), necessárias para a interligação entre os coletores e o reservatório (Figura 4B); adaptações nas conexões dos aspersores, cujos modelos adquiridos não apresentavam especificações técnicas compatíveis; e a inclusão de uma boia elétrica de segurança, destinada à proteção da bomba contra funcionamento a seco (Figura 4D).

Figura 4. Imagens demonstram a execução do projeto de captação e água pluvial na Horta das Flores para Irrigação de canteiros de PANC. Em 4A: instalação de calhas; 4B: junção das tubulações provenientes das calhas laterais da estufa; 4C: reservatório de coleta; 4D: reservatório que distribuirá água para os 10 canteiros e a bomba; 4E: Implantação das mangueiras nas áreas dos canteiros e em 4F: aspersor, que irrigará cada canteiro.



Fonte: Autores, 2025.

14

Essas adequações foram incorporadas durante a execução, com acompanhamento técnico contínuo da equipe de engenharia, o que garantiu a funcionalidade e a eficiência do sistema implantado. Após o mapeamento das novas demandas, realizou-se uma reunião com a coordenação do curso para apresentação das necessidades identificadas em campo. Com a aprovação e liberação de recursos adicionais, foi possível efetuar as novas aquisições e dar continuidade à etapa final da instalação.

Na semana seguinte, a equipe retornou ao local para finalizar a implantação do sistema hidráulico completo, composto pelo reservatório principal, bomba hidráulica, conexões de sucção e recalque, mangueiras de interligação (Figura 4E) entre a bomba e os aspersores (Figura 4F) e os componentes elétricos de acionamento. Após a instalação de todos os elementos, foram realizados testes de funcionamento e calibração do sistema.

Como o período de execução coincidiu com dias de estiagem, os testes operacionais foram realizados com água proveniente da rede pública, utilizada para simular o abastecimento dos reservatórios. A utilização desse método experimental possibilitou verificar o desempenho do sistema sob condições controladas, permitindo avaliar a pressão, vazão e uniformidade de irrigação.

As imagens registradas durante essa etapa ilustram as instalações hidráulicas finalizadas na Horta das Flores, destacando o posicionamento estratégico das calhas, reservatórios e tubulações, bem como o padrão técnico da montagem, como demonstradas na Figura 4. O processo de implantação, conduzido com acompanhamento técnico e caráter formativo, reforça a integração entre ensino, pesquisa e extensão, consolidando o projeto como uma experiência de engenharia aplicada à sustentabilidade urbana.

A substituição da tubulação pluvial de 80 mm por 100 mm, considerada padrão em obras civis, garantiu maior compatibilidade entre conexões, redução de perdas de carga localizadas e facilidade de manutenção. Essa decisão está em consonância com as boas práticas de desempenho hidráulico e durabilidade descritas por Campisano et al. (2017), que ressaltam a importância de empregar materiais padronizados e resistentes à corrosão em sistemas expostos.

No primeiro dia de execução, foram concluídas a conferência de materiais e a instalação das calhas coletoras. No entanto, a necessidade de ajustes e a aquisição de novos componentes exigiram a extensão do cronograma em dois dias adicionais, para garantir a conclusão da montagem hidráulica. Essa reprogramação demonstra que projetos aplicados, em que a execução retroalimenta o processo de projeto, uma dinâmica essencial em contextos experimentais e comunitários, conforme indicado por De Moraes e Rocha (2013) em seu estudo sobre a adaptação de tecnologias de captação no semiárido brasileiro.

Após a chegada dos novos itens, a equipe prosseguiu com a ligação das tubulações, a configuração da bomba e a instalação do sistema elétrico associado. Os testes de funcionamento revelaram vazão insuficiente nos aspersores mais distantes, comprometendo a uniformidade da irrigação e, portanto, a eficiência do sistema. O problema foi atribuído ao uso de tubulações de  $\frac{3}{4}$ ", que aumentaram a perda de carga unitária, agravada pelo comprimento linear da rede alimentada em apenas uma extremidade. Essa configuração resultou em pressões diferenciais significativas, irrigando efetivamente apenas 7 dos 10 canteiros.

Esses resultados encontram respaldo técnico na literatura. Campisano et al. (2017) apontam que a alimentação unidirecional e o subdimensionamento dos diâmetros de tubulação são fatores críticos que reduzem a eficiência dos sistemas RWH, sobretudo quando o uso é pressurizado. Alternativas clássicas, como aumento do diâmetro das tubulações, elevação da potência da bomba e reposicionamento do ponto de alimentação para o centro do sistema, foram discutidas pela equipe, com o objetivo de reduzir as perdas de carga totais. Tais soluções dialogam com recomendações de Gaitán e Teixeira (2020), que indicam que melhorias

hidráulicas localizadas, ainda que impliquem custos adicionais, podem resultar em ganhos substanciais de desempenho e eficiência operacional.

A proposta de reposicionar o reservatório para o centro da estufa foi descartada devido às altas temperaturas internas, que poderiam elevar a temperatura da água armazenada, comprometendo a qualidade microbiológica e o equilíbrio térmico das plantas. Este cuidado é coerente com as preocupações destacadas por Campisano et al. (2017) e Ali et al. (2025) sobre a degradação da qualidade da água em sistemas de captação expostos a calor excessivo ou longos períodos de estagnação.

Devido à inviabilidade térmica e aos custos associados à substituição integral da rede, optou-se pela substituição da bomba existente (38 m.c.a.) por uma de maior potência (55 m.c.a.), mantendo a disposição original das tubulações. No entanto, essa alternativa também se mostrou economicamente desvantajosa, dado o aumento cumulativo dos custos do projeto durante a execução. Esse tipo de restrição orçamentária é frequente em projetos de infraestrutura hídrica comunitária, nos quais o equilíbrio entre custo e desempenho deve ser constantemente reavaliado — uma limitação também apontada por Li et al. (2020) ao discutir a escassez hídrica em megacidades e a necessidade de soluções de baixo custo e alta eficiência.

Durante os testes subsequentes, verificou-se que o temporizador instalado em linha reduzia a pressão disponível para os aspersores, impedindo a irrigação completa da área. A remoção do temporizador possibilitou a distribuição uniforme de água em todos os canteiros, ainda que à custa da automação, que constitui um dos pilares do projeto. Essa limitação evidencia a importância de componentes de automação de baixa perda hidráulica, uma diretriz também destacada por Ali et al. (2025) na busca por soluções tecnológicas simplificadas e eficientes.

O cenário final alcançado contemplou a irrigação integral dos canteiros com a bomba de 38 m.c.a., ainda sem o restabelecimento da automação. Os próximos passos envolvem testes com temporizadores externos e by-pass hidráulico, para viabilizar a automação sem comprometer a pressão do sistema. Essa fase experimental reforça a necessidade de verificação empírica em campo, conforme salientado por Amos et al. (2021), para validar modelos de irrigação e identificar as condições de eficiência em diferentes configurações urbanas.

Para garantir a sustentabilidade operacional do sistema, recomenda-se a adoção de rotinas preventivas de manutenção, incluindo limpeza periódica das calhas, inspeção do sistema hidráulico e possibilidade de reabastecimento do reservatório pela rede pública em períodos de estiagem. Tais medidas são coerentes com as boas práticas indicadas por Gaitán e Teixeira (2020), que demonstram que a manutenção contínua é essencial para preservar a eficiência hídrica e o desempenho dos reservatórios. Além disso, práticas educativas de monitoramento comunitário e gestão participativa, como observadas por De Moraes e Rocha (2013), podem fortalecer o vínculo entre o sistema implantado e os usuários, assegurando longevidade técnica e social ao projeto.

Em síntese, a execução do projeto evidenciou que a interação entre engenharia, educação e comunidade é o principal fator para o sucesso de tecnologias sustentáveis em contextos urbanos. A integração prática-acadêmica permitiu que ajustes técnicos fossem discutidos em campo, de forma colaborativa, consolidando o sistema como um protótipo de

baixo custo, replicável e pedagogicamente relevante para cidades em busca de resiliência hídrica e ambiental.

### 3.4 Contribuições do projeto com os ODS

A implementação de hortas urbanas associadas a sistemas de captação de água da chuva dialoga diretamente com os ODS, ao promover soluções que integram aspectos ambientais, sociais e econômicos. Esse tipo de iniciativa contribui para o ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao incentivar a produção local de alimentos frescos e saudáveis, e para o ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ao qualificar os espaços urbanos e fortalecer práticas de resiliência comunitária.

O aproveitamento da água pluvial, por meio de tecnologias de captação e armazenamento, está alinhado ao ODS 6 (Água Potável e Saneamento), pois estimula o uso racional dos recursos hídricos e reduz a pressão sobre os sistemas convencionais de abastecimento. Além disso, a integração entre horta urbana e gestão sustentável da água reforça o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao incentivar práticas curriculares, baseadas na eficiência e na redução de desperdícios.

Nesse contexto, projetos que unem produção de alimentos e reaproveitamento da água da chuva representam não apenas soluções técnicas, mas também ferramentas de educação socioambiental, sensibilizando comunidades urbanas sobre a importância da sustentabilidade e contribuindo para a consolidação da Agenda 2030. O quadro 1 representa os eixos temáticos e os ODS vinculados nesse projeto.

17

Quadro 1. Contribuições do projeto de captação de água pluvial em horta urbana, conectando aos ODS.

Eixo temático	Descrição	ODS Relacionado
Integração entre tecnologias sustentáveis e práticas educativas	Destaca a articulação entre sistemas de captação de águas pluviais e hortas escolares, promovendo educação ambiental e cidadania.	ODS 4: Educação de qualidade; ODS 6: Água potável e saneamento.
Hortas e espaços urbanos como espaços socioambientais e multifuncionais	As hortas urbanas são apresentadas como locais de inclusão, aprendizagem, segurança alimentar e gestão ambiental.	ODS 2: Fome zero e agricultura sustentável; ODS 3: Saúde e bem-estar; ODS 11: Cidades e comunidades sustentáveis.
Resiliência socialmente urbana	A integração entre hortas e captação de água pluvial contribui para a adaptação às mudanças climáticas urbanas, como solução baseada na natureza.	ODS 13: Ação contra a mudança global do clima.
Sistematização de práticas e modelos replicáveis	Propõe diretrizes teórico-práticas para políticas públicas e projetos replicáveis em escolas e contextos urbanos diversos.	ODS 4, 11 e 17: relacionados à sustentabilidade urbana e educação.
Campo interdisciplinas em sustentabilidade aplicada	Reforça a necessidade de integrar engenharia, educação, ecologia e planejamento urbano em abordagens sustentáveis.	Interdisciplinar: ODS 4, 6, 11, 13 e transversalmente aos demais.

Fonte: Autores, 2025.

A literatura reconhece a agricultura urbana como vetor para ODS 2 (Fome Zero), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), fortalecendo sistemas alimentares locais, serviços ecossistêmicos e resiliência (Thwaite et al.,

2025). Em São Paulo, hortas urbanas também contribuem para a drenagem sustentável e sensibilização ambiental (Souza et al., 2022). A incorporação de PANC amplia benefícios ecológicos e educativos, com aderência a ODS 2 e 15 (Rocha Silva et al., 2023).

Sob a ótica da gestão hídrica, a captação e o reuso em escala local apoiam ODS 6 (Água Potável e Saneamento) e ODS 13 (Ação Climática) ao diminuir pressão sobre sistemas convencionais, aumentar resiliência em estiagens e sensibilizar para o uso racional (Li et al., 2020; Medeiros et al., 2024). Por fim, a literatura mais recente reforça que a adoção ampliada de RWH requer apoio institucional e aceitação social, dimensões que este projeto aborda por meio de educação, participação e demonstração tecnológica (Ali et al., 2025; Amos et al., 2021).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estudo demonstrou a viabilidade técnica e a pertinência social da captação e automação de irrigação com águas pluviais em horta comunitária sob cobertura impermeável, reduzindo a necessidade de recursos humanos. O caráter pedagógico do espaço ampliou o impacto social, conectando comunidade e universidade, como também aos ODS. Recomenda-se, para a próxima etapa, otimização hidráulica e de automação, monitoramento de desempenho e avaliações pluviométricas, com monitoramento do regime de chuvas.

A implantação do sistema de captação de água pluvial e irrigação automatizada apresentou alguns desafios que merecem destaque. Entre eles, ressalta-se a necessidade de avaliação estrutural prévia da edificação para instalação das calhas metálicas, garantindo segurança e durabilidade do sistema. Outro aspecto relevante refere-se à proteção dos equipamentos hidráulicos e elétricos contra intempéries, o que demandou o uso de caixas plásticas impermeáveis e medidas adicionais de manutenção preventiva.

A estrutura proposta aproveitou o telhado translúcido e impermeável da horta como área de captação, direcionando a água da chuva por meio de calhas galvanizadas para um reservatório de 500 litros, alimentando um sistema de irrigação com 22 aspersores, operado por automação programável. A solução permite economia hídrica, otimiza a manutenção da horta e reduz a necessidade de operação manual, com um investimento estimado em R\$12.000,00, incluindo materiais e mão de obra. Além de sua funcionalidade técnica, os resultados reforçam a importância das hortas urbanas como espaços multifuncionais, que promovem saúde, educação, segurança alimentar e engajamento social. A execução deste projeto contribuiu para os ODS, especialmente os ODS 2 (fome zero), 3 (saúde e bem-estar), 4 (educação de qualidade), 6 (água potável e saneamento) e 11 (cidades e comunidades sustentáveis).

Para estudos futuros, recomenda-se o acompanhamento do regime pluviométrico local ao longo das próximas estações do ano, de modo a correlacionar a eficiência do sistema de captação com a variabilidade das chuvas na região. Também se faz necessário o ajuste e automatização do sistema de irrigação, ainda em fase de calibração, visando otimizar o uso da água armazenada. Por fim, destaca-se o potencial de replicabilidade do sistema em outros espaços urbanos, como escolas e hortas comunitárias, adaptando-se o dimensionamento conforme a área disponível e a demanda hídrica local. Essa perspectiva amplia o alcance da proposta, consolidando-a como uma prática sustentável com forte contribuição para os ODS. O

estudo oferece subsídios teóricos e práticos para futuras iniciativas que visem integrar tecnologia e inovação com práticas sustentáveis.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à mestrandra **Camila Andrade**, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade São Judas Tadeu, pelo apoio nas etapas de aquisição e controle de materiais necessários à execução deste projeto. Sua colaboração foi fundamental para a viabilização prática das ações desenvolvidas. Agradecemos ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC)** pelo apoio financeiro, essencial para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e extensão que integram este projeto. A autora também agradece ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)** pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa, que viabilizou a dedicação às atividades científicas relacionadas a este trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527. Água de chuva — Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:2020 — Instalação predial de água fria e quente.** Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ALI, S.; SANG, Y.-F.; PILLA, F.; SINGH, V.P.; DILAWAR, A. Implementing urban rainwater harvesting systems: multiple potential performances, barriers, challenges, solutions, and future perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 218, p. 115793, ago. 2025. DOI: 10.1016/j.rser.2025.115793.
- AMOS, C. C., RAHMAN, A., JAHAN, S., GATHENYA, J. M., ALIM, M. A. Improving household agriculture with roof-harvested rainwater: a case study in Sydney and Nairobi. **Water**, v. 13, n. 20, 2021. DOI: 10.3390/w13203329.
- BATISTA, K. J. M.; NUNES DE MELO, A. J.; DUARTE MARQUES SOARES, M. C.; DA SILVA, S.R. Analysis of the feasibility of the use of rainwater: A case study for standard school infrastructures. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, [S. I.], v. 9, n. 70, 2021. DOI: 10.17271/2318847297020212769.
- CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BURNS, M. J.; FRIEDLER, E.; DEBUSK, K.; FISHER-JEFFES, L. N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. **Water Research**, v. 115, p. 195-209, 2017. DOI: 10.1016/j.watres.2017.02.056.
- CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos.** 3. ed. São Paulo: Cultrix, 2006.
- COHIM, E.; KIPERSTOCK, A. **Saneamento e saúde ambiental.** São Paulo: Editora Atlas, 2008.
- DE MORAES, C. K.; ROCHA, I. A. A. Gendered waters: the participation of women in the “One Million Cisterns” rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region. **Journal of Cleaner Production**, 2013. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.03.015.
- EMBRAPA. **Circular técnica ensina como construir horta urbana de médio porte.** Brasília: Embrapa Hortalícias, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/31188155/circular-tecnica-ensina-como-construir-horta-urbana-de-medio-ponte>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- FERNÁNDEZ, M.F; NETTO, J. M. A. **Manual de Hidráulica.** 9ª edição, 2015. p. 632. Disponível em <[https://www.blucher.com.br/manual-de-hidraulica\\_9788521205005](https://www.blucher.com.br/manual-de-hidraulica_9788521205005)>
- GAITÁN, K.; TEIXEIRA, B. Aproveitamento de água pluvial e sua relação com ações de conservação de água: estudo de caso em hospital universitário, São Carlos (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 25, n. 1, p. 133-144, jan./fev. 2020. Disponível em <10.1590/S1413-41522020189032>
- GOLBA, M.; SERPE, J.; BRUN, R. Hortas escolares: estratégias de educação ambiental e cidadania. **Revista Brasileira de Educação**, v. 30, n. 95, p. 215–230, 2014.

GUIMARÃES, R. et al. Captação e aproveitamento de águas pluviais em edificações urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 30, n. 03, p. 245–260, 2015.

LEFF, E. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001.

LI, W.; HAI, X.; HAN, L.; MAO, J.; TIAN, M. Does urbanization intensify regional water scarcity? Evidence and implications from a megaregion of china. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, 118592, 2020. Disponível em: 10.1016/j.jclepro.2019.118592.

MEDEIROS, C. K.; RUFINO, I. A. A.; ARAGÃO, R. Consumo de água e crescimento urbano: análises espaciais e relações possíveis. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.16, 2024. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230039>

Nascimento, Ana Paula Branco do; SANTOS, S.R.; Gaudereto, Guilherme ; GALLARDO, A. L. C. F. Ecosystem services in urban green areas: Contributions to the United Nations 2030 Agenda. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 10, p. 108-120, 2022.

ONU. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas, 2015.

RAHMAN, A. Rainwater harvesting for sustainable developments: non-potable use, **household irrigation and stormwater management**. Water, v. 13, n. 23, p. 3460, 2021.

SILVA, R. D.R.; PAULINO, A. S.; FEITOZA, M. C.; SOUZA, A. O.; NASCIMENTO, A. P. B. Plantas Alimenticias No Convencionales (PANC): alternativa para los huertos urbanos y metas de la Agenda 2030. **Revista Latino-americana de Ambiente Construído & Sustentabilidade**, v. 4, n. 15, 2023. DOI: <https://doi.org/10.17271/rlass.v4i15.4518>.

SANTOS, A.; SILVA, B. Educação ambiental e hortas escolares: práticas de sustentabilidade. **Revista Educação e Meio Ambiente**, v. 28, n. 02, p. 115–130, 2019.

SOUZA, A. O. de; FEITOZA, M. de C.; BORSATTO, R. S.; NASCIMENTO, A. P. B. do. Urban gardens: contribution of small green spaces to sustainable drainage. **Forum Ambiental da Alta Paulista**, v. 8, n. 3, 2022. DOI: 10.17271/1980082718320223400.

THWAITE, J.; HUME, M.; CAVAGNARO, E. The case for urban agriculture: Opportunities for sustainable development. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 110, p. 128861, ago. 2025.

TUNDISI, J. G. **Água no Brasil: disponibilidade, uso e gestão**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

## DECLARAÇÕES

## CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e design do estudo:** Ana Paula Branco do Nascimento e Thais Reis Rocha
- **Curadoria de dados:** Ramoel Serafini e Ana Paula Branco do Nascimento
- **Metodologia:** Thais Reis Rocha e Rafael Silva de Araújo
- **Análise formal:** Ana Paula Branco do Nascimento
- **Investigação:** Thais Reis Rocha e Rafael Silva de Araújo
- **Redação – versão original:** Thais Reis Rocha e Rafael Silva de Araújo
- **Revisão crítica:** Ana Paula Branco do Nascimento
- **Revisão e edição final:** Ramoel Serafini e Ana Paula Branco do Nascimento
- **Supervisão:** Ramoel Serafini
- **Aquisição de financiamento:** Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Civil da Universidade São Judas Tadeu.

## DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Thais Reis Rocha, Rafael Silva de Araújo, Ramoel Serafini e Ana Paula Branco do Nascimento** declaramos que o manuscrito intitulado “**Engenharia aplicada à Sustentabilidade Urbana: captação e automação da irrigação com águas pluviais em horta comunitária**”:

- 21
- 
1. **Vínculos Financeiros:** Este trabalho foi apoiado pelo Programa de Pós Graduação Mestrado Profissional em Engenharia Civil.
  2. **Relações Profissionais:** Nós professores, mantemos vínculo empregatício na Universidade São Judas Tadeu.
  3. **Conflitos Pessoais:** Não possui.
-