

## **Gestão Sustentável da Água em Instituições de Ensino: Estratégias de Resiliência Hídrica Baseadas no Aproveitamento de Águas Pluviais**

*Valéria Lopes Rodrigues<sup>1</sup>; Cesar Ultramari<sup>2</sup>*

**RESUMO** - A intensificação das pressões sobre os recursos hídricos urbanos, agravada pelas mudanças climáticas e pela ampliação das demandas institucionais, exige das instituições públicas a adoção de estratégias estruturantes e tecnicamente fundamentadas de gestão da água. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo consolidar uma metodologia replicável, baseada na ABNT NBR 15527:2019, para o aproveitamento de água de chuva destinada à irrigação e a usos não potáveis no Campus da FATEC Jahu e na ETEC Professor Urias Ferreira, unidades do Centro Paula Souza (CPS) localizada no município de Jaú. A pesquisa é aplicada, de abordagem quantitativa, fundamentada na análise de séries históricas pluviométricas de 13 anos, no levantamento das áreas de captação e na avaliação do consumo real de água. O dimensionamento seguiu os critérios da norma, com aplicação do Método de Rippl para definição do volume ótimo de reserva, complementado por simulação hidrológica. Os resultados indicaram viabilidade técnica e econômica para a FATEC Jahu, com reservatório recomendado de 50 m<sup>3</sup> e *payback* estimado em 5,1 anos. Para a ETEC, a demanda agrícola e limitações estruturais inviabilizam a implantação atual. Desenvolveu-se ainda a plataforma “SCUNP”, ferramenta de apoio à decisão para replicação da metodologia.

**Palavras-Chave** – Aproveitamento de água de chuva; Modelagem hidrológica; Segurança hídrica.

**ABSTRACT** - The intensification of pressures on urban water resources, exacerbated by climate change and the expansion of institutional demands, requires public institutions to adopt structured and technically grounded water management strategies. In this context, this study aimed to consolidate a replicable methodology, based on ABNT NBR 15527:2019, for rainwater harvesting intended for irrigation and non-potable uses at the FATEC Jahu Campus and ETEC Professor Urias Ferreira, units of Centro Paula Souza (CPS) located in the municipality of Jaú. The research is applied in nature, with a quantitative approach, grounded in the analysis of 13-year historical rainfall series, the survey of catchment areas, and the assessment of actual water consumption. System sizing followed the criteria established by the standard, applying the Rippl Method to determine the optimal storage volume, complemented by hydrological simulation. The results indicated technical and economic feasibility for FATEC Jahu, with a recommended 50 m<sup>3</sup> reservoir and an estimated simple payback of 5.1 years. For ETEC, agricultural demand and structural limitations currently prevent implementation. The digital platform “SCUNP” was also developed as a decision-support tool to facilitate replication of the methodology.

**Key-words** – Rainwater harvesting; Hydrological modeling; Water security.

1) Docente e Pesquisadora na FATEC Jahu: Rua Frei Galvão, S/N, Jd. Pedro Ometto, Jaú -SP, [valeria.rodrigues@cps.sp.gov.br](mailto:valeria.rodrigues@cps.sp.gov.br)

2) Discente na FATEC Jahu: Rua Frei Galvão, S/N, Jd. Pedro Ometto, Jaú SP. [cesar.ultramari@aluno.cps](mailto:cesar.ultramari@aluno.cps)

## INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por água potável, tanto no Brasil quanto em escala global, constitui uma realidade crescente, impulsionada principalmente pelo crescimento populacional nos centros urbanos e pelo avanço tecnológico. Esse cenário é agravado pela insuficiência de infraestrutura voltada à distribuição adequada de água potável, pelo uso intensivo na agricultura, pela poluição de mananciais, pelas mudanças climáticas, que elevam a frequência e a intensidade de secas e estiagens, e pelo elevado consumo industrial. Esses fatores combinados intensificam a pressão sobre os recursos hídricos, comprometendo a segurança hídrica e evidenciando a necessidade de estratégias integradas de gestão e uso sustentável da água (Villa e Tavares, 2022).

A gestão eficiente dos recursos hídricos tornou-se um dos maiores desafios contemporâneos, impulsionada pelo crescimento da demanda urbana e pela intensificação dos eventos climáticos extremos. Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2023), a segurança hídrica global depende fundamentalmente de parcerias e inovações que promovam o uso sustentável da água. Nesse cenário, o aproveitamento de águas pluviais surge como uma alternativa técnica e economicamente viável para a mitigação da escassez em centros urbanos.

O aproveitamento de águas pluviais alinha-se diretamente aos princípios das Soluções Baseadas na Natureza (SbN), um conceito guarda-chuva que abrange ações para enfrentar desafios sociais por meio da proteção e restauração de ecossistemas. Ao integrar sistemas de captação e reservação que mimetizam o ciclo hidrológico natural, as unidades de ensino contribuem para a redução do escoamento superficial (*runoff*), aliviando os sistemas de drenagem urbana e mitigando riscos de alagamentos (UNESCO, 2018).

Instituições de ensino, pelo seu papel social e extensão territorial, possuem um potencial significativo para a implementação de sistemas de captação de água de chuva (SAAC), além disso, a implementação dessas tecnologias em campi escolares transforma as unidades em "laboratórios vivos".

Este trabalho apresenta a metodologia e os resultados do estudo de capacidade de aproveitamento de água de chuva nestas unidades. O objetivo principal foi desenvolver uma metodologia replicável para as demais unidades do CPS, fundamentada nos parâmetros da ABNT NBR 15527:2019 e verificar o *pay-back* para a instituição.

## **METODOLOGIA**

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada e quantitativa, estruturada sob a forma de um estudo de caso comparativo entre duas unidades distintas do Centro Paula Souza: a Fatec Jahu e a ETEC Urias Ferreira. A investigação seguiu seis etapas integradas, fundamentadas nas recomendações da ABNT NBR 15527 (2019).

### **Levantamento de Dados e Caracterização das Unidades**

A primeira etapa consistiu no levantamento das áreas de captação (telhados) e das áreas externas. Utilizou-se o mosaico de levantamento aéreo por drone para a Fatec Jahu (Figura 1), permitindo a identificação da geometria das coberturas e dados para modelagem. A análise das plantas arquitetônicas foi complementada por inspeções de campo para verificar o estado de conservação dos materiais (barro vs. metal) e a existência de pontos de uso não potável, para ambas Unidades.

Para garantir a confiabilidade estatística, foram coletadas séries históricas de precipitação diária do município de Jaú (SP), abrangendo o período de 2006 a 2025. Os dados foram obtidos da estação hidrometeorológica instalada no campus da Fatec Jahu, complementados por informações do CEMADEN e CIAGRO. A análise focou na identificação da sazonalidade e na determinação da precipitação média mensal e anual, essencial para o cálculo do potencial de captação.

### **Cálculo do Potencial de Captação e Demanda**

O volume de água passível de ser coletado ( $V$ ) foi determinado pela equação clássica orientada pela NBR 15527 (2019):

$$V = PAC \quad (1)$$

Onde:

$P$  é a precipitação média mensal ou anual (mm)

$A$  é a área de captação ( $m^2$ );

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial (runoff), ajustado para cada tipo de material de cobertura.

A demanda hídrica foi estabelecida através da análise das faturas mensais de água e da estimativa volumétrica para usos específicos, como lavagem de pátios e irrigação agrícola, utilizando parâmetros da literatura técnica e dados operacionais das unidades



Figura 1 – Levantamento da área da Fatec Jahu realizado com drone.

## **Modelagem Hidrológica e Dimensionamento de Reservatórios**

A escolha do Método de Rippl para o dimensionamento do reservatório fundamenta-se em evidências técnicas previamente consolidadas na literatura. Conforme demonstrado por Rezende e Tecedor (2017), no estudo de dimensionamento de cisterna aplicado à FATEC Jahu, o método baseado no balanço hídrico acumulado mensal apresentou melhor desempenho quando comparado a outros procedimentos de estimativa volumétrica. Tal resultado evidencia sua maior aderência às condições pluviométricas locais e à variabilidade entre oferta e demanda ao longo do ano.

Complementarmente, foi realizada uma simulação hidrológica no software EPA SWMM 5.2 para verificar o desempenho do sistema sob cenários de chuvas intensas (chuva de projeto para Tempo de Retorno de 5 anos). Esta etapa permitiu avaliar não apenas a economia de água, mas a eficiência do sistema como dispositivo de controle de escoamento superficial.

## **Avaliação de Viabilidade Econômica e Digital**

A análise financeira baseou-se no cálculo do *Payback* Simples, comparando os custos estimados de implantação (obras civis, reservatórios, bombas, filtros) com a economia operacional gerada pela redução do consumo da rede pública. Adicionalmente, desenvolveu-se uma ferramenta digital de simulação (plataforma SCUNP), utilizando lógica de programação em HTML e assistência de Inteligência Artificial Generativa (IA Gemini) para facilitar a replicabilidade do modelo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O sucesso de qualquer SAAC depende da compreensão da variabilidade pluviométrica, a Fatec Jahu possui uma estação hidrometeorológica dentro de seu Campus com coleta de dados automatizados desde 2006. Tais dados históricos indicam precipitação média anual em torno de 1.333 mm (Tabela 1), com forte sazonalidade: período chuvoso de outubro a março, e período seco de abril a setembro, o que impõe desafios para o armazenamento de longo prazo.

Tabela 1 - Síntese de Médias Pluviométricas Mensais de 2006-2025 (Jaú - SP)

| Mês          | Média (mm)    |
|--------------|---------------|
| Janeiro      | 271,4         |
| Fevereiro    | 166           |
| Março        | 131,7         |
| Abril        | 67,5          |
| Maio         | 58,9          |
| Junho        | 48,1          |
| Julho        | 30,8          |
| Agosto       | 28,4          |
| Setembro     | 49,1          |
| Outubro      | 105,1         |
| Novembro     | 156,8         |
| Dezembro     | 219,3         |
| <b>Total</b> | <b>1333,1</b> |

Fonte: Estação Hidrometeorológica IBICA RE IG - Fatec Jahu.

A Fatec Jahu e a ETEC Urias Ferreira apresentam tipologias de cobertura e estados de conservação contrastantes, o que influencia diretamente no coeficiente de escoamento (C) e na viabilidade técnica do projeto (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparativo de Coberturas e Áreas de Captação

| Parâmetro               | Fatec Jahu (Campus)       | ETEC Urias Ferreira         |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Área de Telhado Total   | 6.169 m <sup>2</sup>      | 5.691 m <sup>2</sup>        |
| Materiais Predominantes | Barro (Francesa) e Telha  | Barro (Francesa)            |
| Estado de Conservação   | Bom (Bloco 3 e Estaleiro) | Razoável a Ruim             |
| Drenagem                | Calhas e canaletas        | Estrutura de madeira/telhas |
| Coeficiente C Adotado   | 0,90 (Telha Metálica)     | 0,80 (Telha de Barro)       |
| Área Selecionada Estudo | 2.500 m <sup>2</sup>      | 4.000 m <sup>2</sup>        |

Fonte: Levantamento técnico institucional.

Na Fatec Jahu, a seleção do Bloco 3 e do Estaleiro Escola deve-se à superioridade das telhas galvanizadas e sanduíche, que minimizam perdas por absorção e facilitam a coleta via calhas robustas. Já na ETEC Urias Ferreira, embora a área total seja expressiva, o estado crítico de conservação das telhas de barro e das estruturas de madeira representa um limitador técnico severo. Telhados classificados como "ruins" ou "razoáveis" aumentam o risco de contaminação da água por detritos e reduzem a eficiência da captação, exigindo investimentos em reforma estrutural antes da implementação do SAAC.

Os resultados obtidos revelam cenários distintos para as duas unidades estudadas, evidenciando a importância da análise técnica individualizada para sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

## Estudo de Caso I: Fatec Jahu

A Fatec Jahu é uma unidade consolidada com aproximadamente 1.200 alunos e 10.000 m<sup>2</sup> de área construída. O consumo médio de água potável da unidade, excluindo anos de pandemia ou vazamentos atípicos, estabilizou-se em torno de 4.860 m<sup>3</sup>/ano (média 2022-2025).

### *Análise da Demanda Não Potável*

Para este projeto, a demanda foi estruturada em três tipos de uso não potável, conforme detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 - Cálculo da Demanda Não Potável - Fatec Jahu

| Demanda                            | Base de Cálculo      | Parâmetro Adotado                          | Volume Mensal (L) |
|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------|-------------------|
| Lavagem de Pátios                  | 2.000 m <sup>2</sup> | 1,5 L/m <sup>2</sup> (2x/mês)              | 6.000             |
| Irrigação Arboreto                 | 1.000 m <sup>2</sup> | 4,0 L/m <sup>2</sup> (2x/sem, meses secos) | 32.000 (Sazonal)  |
| Tanque de Provas                   | 148 m <sup>3</sup>   | Reposição evaporação/filtro                | 10.866            |
| <b>Total Anual (m<sup>3</sup>)</b> | -                    | -                                          | <b>410,4</b>      |

Fonte: Elaboração baseada em parâmetros de Tomaz (2000) e Embrapa (2025).

A demanda anual de 410,4 m<sup>3</sup> representa cerca de 8,4% do consumo total da unidade. Contudo, o impacto financeiro e ambiental é relevante, pois esses usos externos são os primeiros a serem restringidos em períodos de racionamento.

### *Dimensionamento, Simulação e projeção econômica*

Ao aplicar o Método de Rippl para uma área de captação de 2.500 m<sup>2</sup> com  $C = 0,90$  e a média pluviométrica local, observou-se que a oferta mensal supera a demanda em praticamente todos os meses (Tabela 4). Matematicamente, o volume de reserva técnica para compensação sazonal seria nulo devido ao superávit hídrico. Entretanto, para garantir a segurança operacional frente a estiagens atípicas e manutenções do sistema, recomendou-se um reservatório de 50 m<sup>3</sup>.

Tabela 4. Aplicação do Método de Rippl na Fatec Jahu

| Mês | Precipitação (mm) | Volume Captado (m <sup>3</sup> ) | Demanda (m <sup>3</sup> ) | Vc - D (m <sup>3</sup> ) | Acumulado (m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Jan | 271,4             | 610,7                            | 16,9                      | 593,8                    | 593,8                       |
| Fev | 166               | 373,5                            | 16,9                      | 356,6                    | 950,4                       |
| Mar | 131,7             | 296,3                            | 16,9                      | 279,5                    | 1229,9                      |
| Abr | 67,5              | 151,9                            | 51,5                      | 100,3                    | 1330,2                      |
| Mai | 58,9              | 132,5                            | 51,5                      | 81,0                     | 1411,2                      |
| Jun | 48,1              | 108,2                            | 51,5                      | 56,7                     | 1467,9                      |
| Jul | 30,8              | 69,3                             | 51,5                      | 17,8                     | 1485,7                      |
| Ago | 28,4              | 63,9                             | 51,5                      | 12,4                     | 1498,0                      |
| Set | 49,1              | 110,5                            | 51,5                      | 58,9                     | 1557,0                      |
| Out | 105,1             | 236,5                            | 16,9                      | 219,6                    | 1776,6                      |
| Nov | 156,8             | 352,8                            | 16,9                      | 335,9                    | 2112,5                      |
| Dez | 219,3             | 493,4                            | 16,9                      | 476,6                    | 2589,1                      |

O investimento estimado para a implantação na Fatec Jahu é de aproximadamente R\$ 80.000,00, englobando a cisterna, bombas e pré-tratamento. Com uma economia anual projetada de R\$ 15.600,00 nas contas de água, o *Payback* Simples é de 5,1 anos.

## Estudo de Caso II: ETEC Urias Ferreira

A análise da ETEC Urias Ferreira traz uma perspectiva distinta e necessária para a gestão hídrica. Criada na década de 1970 com foco agropecuário, a escola possui uma demanda hídrica robusta, voltada principalmente para a pecuária e irrigação de lavouras. Atualmente, o abastecimento provém de um poço profundo com extração média de 50 m<sup>3</sup>/dia.

Diferente da Fatec Jahu, onde os usos são predominantemente de limpeza e paisagismo, a ETEC Urias Ferreira possui demandas produtivas elevadas. A Tabela 5 detalha a demanda calculada.

Tabela 5: Demanda Hídrica ETEC Urias Ferreira

| Atividade               | Detalhamento                        | Demanda Mensal (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Pecuária                | 200 galinhas, 80 suínos, 80 bovinos | 38,4                             |
| Agricultura (Irrigação) | 0,5 ha de milho (Período seco)      | 600                              |
| Agricultura (Irrigação) | 0,5 ha de milho (Período chuvoso)   | 100                              |
| Total Mensal (Seca)     | -                                   | 638,4                            |

Fonte: Dados da administração da Unidade ETEC Urias Ferreira.

Ao realizar a simulação de Rippl para uma área de captação de 4.000 m<sup>2</sup> de telhados o sistema revelou-se estruturalmente deficitário. Entre os meses de abril e outubro, o volume captado é insuficiente para cobrir até mesmo 10% da demanda de irrigação (Tabela 6). O saldo acumulado atinge um pico negativo de -1.519,5 m<sup>3</sup> em outubro, e mesmo o retorno das chuvas em novembro e dezembro não é capaz de zerar o déficit anual, que encerra o ciclo em -394,8 m<sup>3</sup>.

Este resultado, embora aparentemente negativo, é fundamental para o planejamento estratégico do Centro Paula Souza. Ele indica que a implantação de AAC em unidades agrícolas exige abordagens diferentes, possivelmente focando em reservação de águas pluviais via solo (barragens subterrâneas ou bacias de retenção) em vez de captação em coberturas prediais.

Tabela 6. Aplicação do Método de Rippl na Etec Urias Ferreira

| Mês | Precipitação (mm) | Volume Captado (m³) | Demanda (m³) | Vc - D (m³) | Acumulado (m³) |
|-----|-------------------|---------------------|--------------|-------------|----------------|
| Jan | 271,4             | 868,5               | 138,4        | 730,1       | 730,1          |
| Fev | 166               | 531,2               | 138,4        | 392,8       | 1122,9         |
| Mar | 131,7             | 421,4               | 138,4        | 283,0       | 1405,9         |
| Abr | 67,5              | 216,0               | 638,4        | -422,4      | 983,5          |
| Mai | 58,9              | 188,5               | 638,4        | -449,9      | 533,6          |
| Jun | 48,1              | 153,9               | 638,4        | -484,5      | 49,1           |
| Jul | 30,8              | 98,6                | 638,4        | -539,8      | -490,7         |
| Ago | 28,4              | 90,9                | 638,4        | -547,5      | -1038,2        |
| Set | 49,1              | 157,1               | 638,4        | -481,3      | -1519,5        |
| Out | 105,1             | 336,3               | 138,4        | 197,9       | -1321,6        |
| Nov | 156,8             | 501,8               | 138,4        | 363,4       | -958,2         |
| Dez | 219,3             | 701,8               | 138,4        | 563,4       | -394,8         |

## Ferramenta SCUNP – Simulador de Cisterna para Usos Não Potáveis

Como resultado transversal, o projeto desenvolveu o SCUNP, um simulador interativo em HTML elaborado com suporte de Inteligência Artificial (Gemini). A ferramenta permite que gestores das unidades do Centro Paula Souza (CPS) realizem diagnósticos preliminares de viabilidade técnica a partir da inserção de dados de área e demanda local para usos não potáveis. O recurso está disponível em <https://pluvio.fatecjhau.edu.br/>, conforme ilustrado na Figura 2.

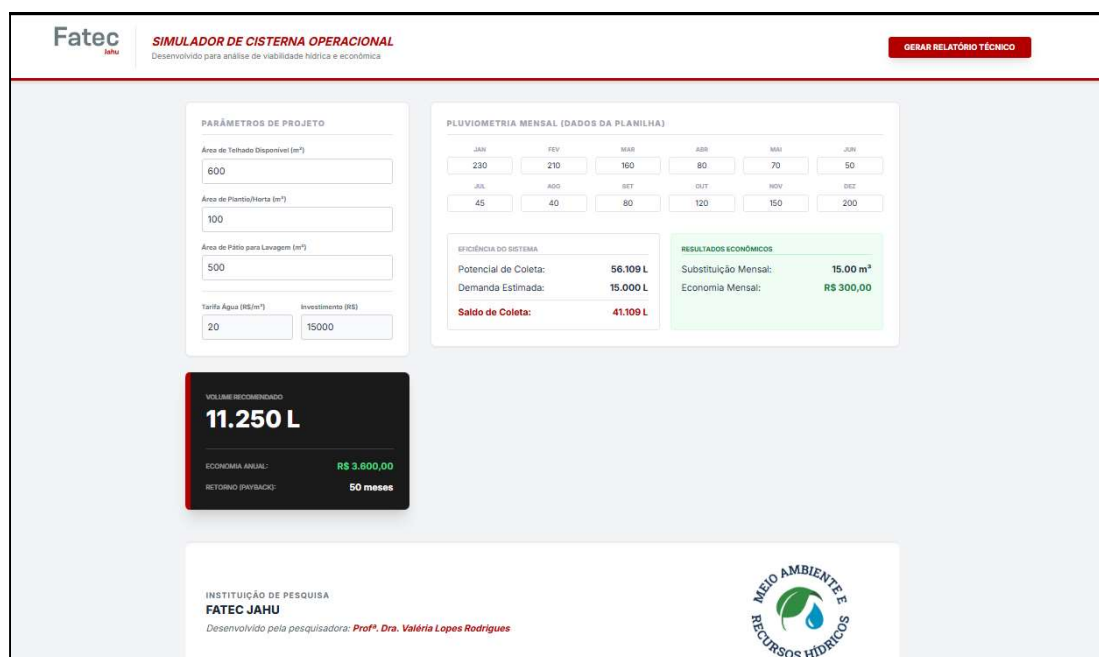


Figura 2. Tela do SCUNP -Simulador de Cisterna para Usos Não Potáveis

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstrou que o aproveitamento de águas pluviais é uma estratégia assertiva e viável para a promoção da segurança hídrica no contexto das instituições de ensino. O estudo de caso na Fatec Jahu validou a eficácia da metodologia baseada na NBR 15527:2019, apresentando um tempo de retorno do investimento (*payback*) de 5,1 anos, o que é considerado atrativo para infraestruturas públicas de longa vida útil.

Por outro lado, o diagnóstico realizado na ETEC Prof. Urias Ferreira evidenciou que a viabilidade de sistemas de captação não depende apenas da pluviosidade, mas da integridade estrutural das coberturas e do equilíbrio rigoroso entre oferta e demanda. A identificação dessa inviabilidade momentânea reforça a importância da etapa de diagnóstico técnico para evitar investimentos ineficientes.

A ferramenta interativa "SCUNP" projetada em HTML representa uma importante ferramenta de suporte à decisão para gestores do CPS, permitindo que qualquer unidade, ao inserir dados de área de telhado, demanda não potável e valor médio do sistema, receba um diagnóstico preliminar de viabilidade técnica e financeira.

Ao transformar modelos matemáticos em uma interface acessível, o projeto permite a replicabilidade da metodologia para outras unidades educacionais e assim promove a democratização da metodologia para sustentabilidade hídrica.

Conclui-se que a implementação desses critérios técnicos otimiza a aplicação de recursos públicos e robustece a gestão hídrica nas bacias hidrográficas paulistas. Ao atenuar a pressão sobre mananciais urbanos saturados, a metodologia converte as unidades físicas em modelos de adaptação climática, integrando eficiência operacional à preservação dos ecossistemas regionais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

CIIAGRO. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Monitoramento de precipitação - Município de Jaú/SP. Disponível em: <http://www.ciiagro.org.br>. Acesso em: jan. 2025.

EMBRAPA. Consumo de água na produção animal. Circular técnica. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2025.

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1040-1053, 2017

TOMAZ, Plínio. Previsão de consumo de água. São Paulo: Navegar, 2000.

UNESCO. United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. Paris: UNESCO, 2023.

VILLA, R. T.; TAVARES, P. D. Viabilidade econômica de sistemas de aproveitamento de água de chuva em instituições de ensino. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 12, n. 1, p. 45-60, 2022.

### **AGRADECIMENTOS**

Ao Centro Paula Souza pelo apoio ao projeto em Regime de Jornada Integral (RJI), à FATEC JAHU e ETEC Urias Ferreira pela cooperação institucional.