



APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM HORTA COMUNITÁRIA

Luana Mattos de Oliveira Cruz*

Jaine Israel Custódio

DOI: <https://doi.org/10.23901/1679-4605.2025v19n1p1-18>

RESUMO

Embora seja um recurso primordial ao mantimento da sobrevivência humana, até 2019, cerca de 2,7% da população brasileira não tinha acesso ao abastecimento de água potável. As consequências desta privação atingem principalmente indivíduos que residem em comunidades ou assentamentos socioeconomicamente vulneráveis, impactando em suas atividades de subsistência, à exemplo da agricultura comunitária/familiar. Desta forma, como alternativa facilitadora ao acesso a este bem natural, está o aproveitamento de água de chuva, que também permite poupar volumes de água tratada para usos mais nobres. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso de água de chuva precipitada para suprimento da demanda de irrigação de uma horta comunitária existente na Comunidade Feminista Menino Chorão, localizada em Campinas (SP). Para tanto, foi utilizada uma metodologia de avaliação da oferta de chuva no local de estudo baseada nos dados de séries históricas de precipitação, bem como da demanda a ser suprida, com a estimativa da área irrigada. A determinação do volume a ser armazenado foi feita a partir de três métodos propostos para essa finalidade, sendo estes: o método Rippl, o método Azevedo Neto e o método da Norma NBR 15527:2019. A partir dos métodos aplicados, foi sugerido um volume de 35 m³ a ser armazenado, por meio de um reservatório inferior e com distribuição da água por gravidade, como permite a topografia do local. Conclui-se, portanto, uma viabilidade favorável ao aproveitamento de água de chuva na região estudada, cuja pluviosidade alterna entre períodos de grandes volumes precipitados e quem podem ser utilizados em períodos de seca. Como análises que podem ser complementares ao trabalho, aponta-se o estudo da qualidade da água de chuva, por meio dos seus parâmetros de químicos.

Palavras-chave: Água de chuva. Sustentabilidade hídrica. Agricultura comunitária.

RAINWATER REUSE IN A COMMUNITY GARDEN

ABSTRACT

Despite its critical role in sustaining human life, approximately 2.7% of the Brazilian population lacked access to potable water as of 2019. This scarcity disproportionately affects individuals in socioeconomically vulnerable communities, hindering activities like

*Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo/Universidade Estadual de Campinas (FECFAU/UNICAMP). Contato: luanamoc@unicamp.br

community and family agriculture. Rainwater reuse emerges as a viable alternative to improve access to this resource, conserving treated water for essential uses. This study examines the feasibility of rainwater reuse for irrigating a community garden in the Menino Chorão Feminist Community, located in Campinas, São Paulo. Using historical precipitation data, the study evaluated rainfall patterns, the estimated irrigation area, and corresponding water demand. Storage volume was calculated using three methods: the Ripple method, the Azevedo Neto method, and the NBR 15527:2019 standard. Results indicated a recommended storage capacity of 35 m³, utilizing a lower reservoir with gravity-based water distribution, suitable for the site's topography. The findings confirm the feasibility of rainwater reuse in the region, where high precipitation periods can offset drier seasons. Future research should include chemical analyses of rainwater quality to ensure its suitability for irrigation.

Keywords: Rainwater. Water Sustainability. Community Agriculture.

APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA EN HUERTA COMUNITARIA

RESUMEN

Aunque es un recurso fundamental para mantener la supervivencia humana, hasta el 2019, aproximadamente el 2,7% de la población brasileña carecía de acceso al suministro de agua potable. Las consecuencias de esta privación afectan principalmente a las personas que residen en comunidades o asentamientos socioeconómicamente vulnerables, impactando sus actividades de subsistencia, como la agricultura comunitaria/familiar. Así, como alternativa para facilitar el acceso a este recurso natural, el aprovechamiento del agua de lluvia es una opción que también permite ahorrar agua tratada para usos más nobles. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad del uso del agua de lluvia para satisfacer la demanda de riego de una huerta comunitaria existente en la Comunidad Feminista Menino Chorão, ubicada en Campinas (SP). Para ello, se utilizó una metodología para evaluar la precipitación en el área de estudio, basada en datos históricos de precipitación, así como en el área de riego estimada y su demanda a satisfacer. La determinación del volumen de almacenamiento se realizó utilizando tres métodos propuestos para este fin: el método Ripple, el método Azevedo Neto y el método estándar NBR 15527:2019. Basándose en los métodos aplicados, se sugirió un volumen de 35 m³ para almacenarse, a través de un depósito inferior con distribución de agua por gravedad, según lo que permite la topografía del sitio. Por lo tanto, se concluye una viabilidad favorable para el aprovechamiento del agua de lluvia en la región estudiada, donde la pluviosidad alterna entre períodos de altos volúmenes de precipitación que pueden utilizarse durante los períodos de sequía. Como análisis complementarios al estudio, se sugiere examinar la calidad del agua de lluvia a través de sus parámetros químicos.

Palabras clave: Agua de lluvia. Sostenibilidad hídrica. Agricultura comunitaria.

INTRODUÇÃO

Desde o estabelecimento da sociedade humana, a água é um recurso primordial e limitante para seu desenvolvimento. No entanto, apesar dos inúmeros avanços tecnológicos e científicos inseridos no mundo moderno, o acesso à água potável não é universal. No Brasil, de acordo com o PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico – de 2019) (Brasil, 2019) e a PNAD-Contínua (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua) de 2016 e 2017, cerca de 124.045.000 habitantes (59,9%) possuíam atendimento adequado de abastecimento de água potável, 77.451.000 habitantes (37,4%) possuíam atendimento precário e 5.591.000 habitantes (2,7%) não possuíam atendimento de abastecimento de água potável (IBGE, 2021). Neste sentido, a privação do acesso à água e ao saneamento básico pode impactar de diversas formas os indivíduos. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a escolaridade média das pessoas (medidas em anos de educação formal) com acesso ao saneamento básico é de 9,18 anos (com atraso escolar de 1,53 anos), contra 5,31 anos (e atraso de 2,35 anos) de pessoas que não possuem este acesso. No âmbito econômico, os efeitos também são significativos, sendo que, segundo o IBGE (2021), o rendimento médio do trabalho de pessoas que moram em residências atendidas com água potável e saneamento foi de R\$ 2.859,78/mês, contra R\$ 468,37/mês daqueles não atendidos.

Assim, as adversidades resultantes da privação da água atingem principalmente o público de maior vulnerabilidade socioeconômica, tal como moradores de comunidades e assentamentos irregulares. Em estudo realizado acerca do direito a água potável e do saneamento básico para populações residentes em favelas e periferias, Miranda e Silva Filho (2023) destacam que a falta de acesso a estes recursos afeta a saúde pública, contribuindo para doenças como desinteria, doença de Chagas e dengue, além da precarização do mantimento de hábitos simples de higiene pessoal, tão evidenciados no combate a recente pandemia do COVID-19. Analogamente, através de um estudo de caso realizado no Assentamento Periurbano Milton Santos, Sugahara et al. (2023) avaliaram os impactos da dificuldade de acesso a água nas atividades produtivas dos moradores, onde a escassez do recurso comprometia a produção de hortaliças para comercialização e geração de renda local.

Sendo assim, uma alternativa para minimizar as dificuldades relacionadas ao acesso a água diz respeito ao aproveitamento de água pluviais. Esta atividade, além de contribuir para minimizar os volumes de água potável utilizados para fins mais nobres, pode suprir necessidades específicas de localidades carentes do recurso (com finalidades que podem depender dos padrões de potabilidade). Como aplicação deste aproveitamento, está o uso de água de chuva na agricultura, como proposto por Araújo (2019), num estudo de viabilidade do armazenamento e aproveitamento de águas pluviais para produção de hortaliças no sertão paraibano. Em função da área analisada de 10 m² de produção de coentro, foi determinado um reservatório de 3,3 m³ de capacidade, evidenciando ainda que o investimento necessário para implementação do sistema seria revertido em aproximadamente um ano e quatro meses se considerado o custo mensal de água até então utilizado para mantimento da produção. É evidente, portanto, que o aproveitamento de água de chuva voltado para produção agrícola, especificamente em locais de agricultura comunitária e/ou familiar, pode ser uma alternativa economicamente viável no que diz respeito a permanência e continuidade desta atividade. Sendo assim, também é possível aplicar esta técnica no caso de áreas de irrigação maiores, bem como em localidades onde,

apesar de existir disponibilidade suficiente de água para usos potáveis e secundários, o volume de chuva precipitado é favorável ao armazenamento deste recurso.

Deste modo, esta pesquisa objetiva a verificação da possibilidade de aproveitamento de águas pluviais de acordo com a precipitação na região e a demanda de água para suprimento das atividades de irrigação de uma horta comunitária. Como estudo de caso, foi avaliada a Comunidade Feminista Menino Chorão, localizada no sul da cidade de Campinas (SP - Brasil) e que abriga cerca de 350 famílias (Sei *et al.*, 2021). Este local, embora esteja integrado à área urbanizada do município, não possui acesso pleno e suficientemente adequado à água potável encanada, situação que, muitas vezes, torna o fornecimento do recurso oneroso para sua população. Atualmente, a horta integra um projeto de plantio de uma agrofloresta com auxílio da Pertim (coletivo de jovens agricultores), com uma área abrangida de aproximadamente 1300 m², com cultivos principais de milho, feijão e mandioca, além de hortaliças e temperos.

OBJETIVOS

O presente projeto tem como objetivo verificar se um projeto de coleta, armazenamento e distribuição de água de chuva destinada à irrigação de uma horta comunitária é viável em termos quantitativos. Além disso, será verificado se o volume de água de chuva que pode ser armazenado será suficiente para a demanda de uso na irrigação da horta comunitária.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada a pesquisa foi dividida em quatro partes: descrição e justificativa do local escolhido, estudo sobre a oferta de água pluvial; determinação da demanda de água para fins de irrigação utilizada na comunidade; dimensionamento do possível reservatório para armazenamento da água de chuva.

O estudo de caso desta pesquisa foi a Comunidade Feminista Menino Chorão, localizada em Campinas (SP – Brasil).

Descrição e justificativa do local de estudo

Para descrição do local escolhido neste estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico acerca do seu histórico de surgimento e consolidação. A Comunidade Feminista Menino Chorão nasceu de uma ocupação organizada de terra urbana, no ano de 2010, localizada no sul da cidade de Campinas e na região do Jardim do Campo Belo (Rizzatti, 2021). O nome da comunidade foi uma homenagem ao cantor Chorão, da banda *Charlie Brown Jr.*, que foi o primeiro homem fora da comunidade a ajudá-los voluntariamente através de doações de alimentos e materiais de construção.

De acordo com Rizzatti (2021), a ocupação, desde que foi fundada, sofre grande pressão do poder público municipal para sua remoção, devido a localização estratégica em uma área de grande especulação imobiliária, uma vez que é próxima ao Aeroporto Internacional de Viracopos. Apesar da resistência local, e de aproximadamente 350 famílias residentes na comunidade (Sei *et al.*, 2021), esta possui uma das piores situações de implantação de extensores urbanos e equipamentos coletivos da região, não sendo incluída no Projeto de Inclusão Social Vip-Viracopos, que fazia parte do Programa de Urbanização

de Assentamentos Precários do Programa de Aceleração do Crescimento, de âmbito Federal, realizado entre os anos de 2007 e 2010. Dentro deste contexto, o local possui sistemas de distribuição de água e energia elétrica, instalados inicialmente de maneira irregular e informal e que, já no ano de 2021 foram formalizados, embora mantendo ligações irregulares (os sistemas, inclusive, foram construídos pelas próprias mulheres no início da comunidade).

Um aspecto interessante acerca dos mecanismos de resistência dos moradores está relacionado a autonomia alimentar que por eles e suas famílias vem sendo conquistada. Foi através da líder Carmen Souza, que nasceu a ideia de uma horta comunitária para abastecimento interno, através da produção de alimentos orgânicos que pudessem ser acessados com mais facilidade. Em 2020, nos primeiros meses da pandemia de Covid-19, as atividades da horta foram impulsionadas pelo incentivo da Pertim, um coletivo recém-formado de jovens agricultores, inicialmente através da doação emergencial de alimentos orgânicos. A área abrangida pelo Sistema Agroflorestal (SAF) da Comunidade Menino Chorão é de mais de 1300 m², tendo como foco principal (de frutos futuros), as 54 mudas de mais de 13 espécies de árvores frutíferas, além de 90 mudas de árvores secundárias, como banana e eucalipto. Os cultivos principais são de milho, feijão e mandioca, além de quiabo, maxixe, pepino, hortaliças e temperos (Sei et al., 2021).

Neste sentido, a justificativa para a escolha da comunidade como local de estudo levou em consideração as limitações e adversidades enfrentadas por seus moradores, principalmente aquelas relacionadas ao acesso a água e seus impactos no cotidiano. Além disso, esta é uma comunidade onde várias unidades da UNICAMP tem atuado e têm um relacionamento estreito e de confiança. A demanda por um reservatório de água surge de conversas com as mulheres sobre necessidades locais. Deste modo, este estudo visa dar base para a futura instalação do aproveitamento de água de chuva.

No Brasil, à difícil realidade de acesso insuficiente a recursos básicos, como a água, também é enfrentada por outras diversas comunidades e assentamentos. Sendo assim, a aplicação dos objetivos da pesquisa no local escolhido pode favorecer não só o uso da água e seu acesso de forma inteligente e facilitada, como estender a ideia a localidades similares, que lidam com as mesmas dificuldades.

Oferta de água pluvial

A oferta de águas pluviais da região de estudo foi realizada segundo seu comportamento pluviométrico, através da avaliação de uma série histórica dos dados de 1992 a 2022. A escolha deste período foi baseada em estudos anteriores (Silva; Cruz, 2021), que utiliza o *Guide to Hydrological Practices* (World Meteorological Organization, 2008-2009), o qual indica que para dados representativos deve-se ter como amostra de análise pelo menos 30 anos.

Estes dados foram fornecidos pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), tendo como referência o Posto de Campinas (Prefixo D4-044), localizado à aproximadamente 18 km da comunidade. Neste caso, apesar de existir o Posto Viracopos (Prefixo E4-123) que é mais próximo do local de estudo, os dados de séries históricas desta estação só compreendiam o período entre os anos de 1970 e 1996, optando-se, portanto, do posto com maior proximidade do local e que oferecesse um intervalo de dados representativo. A fim de garantir a descrição coerente da oferta de chuva na região, estes dados foram comparados com os fornecidos pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e

Climáticas aplicadas à Agricultura (CEPAGRI, 2023), coletados na estação de Barão Geraldo (Campinas, SP) e com dados fornecidos pelo IAC (Instituto Agrônomo de Campinas), coletados no Centro Experimental Central (Campinas, SP).

Demanda de água para fins de irrigação da horta comunitária

Para determinar o consumo de água necessário para a irrigação da horta, considerando que não foi viável estimá-lo diretamente, como, por exemplo, através da leitura de hidrômetros, adotou-se uma abordagem simplificada com base nas diretrizes do "Movimento Agro" (Qual [...], 2020). Em essência, a quantidade de água requerida para irrigar uma determinada área pode ser calculada levando em consideração a evapotranspiração potencial. Isso implica no processo de perda de água para a atmosfera por meio de uma superfície gramada natural padrão, sem restrições hídricas, para atender às demandas de evaporação do solo e transpiração, conforme descrito na Equação 1. (eq. 1).

$V_d = E_{pot} \times A$ (eq. 1), onde

V_d = volume de demanda [L]

E_{pot} = evapotranspiração potencial $\left[\frac{L}{dia.m^2} \right]$

A = área a ser irrigada [m^2]

Para obtenção do valor de E_{pot} , foi utilizado o mapa de Evapotranspiração Potencial do estado de São Paulo, fornecido pelo CEPAGRI (2023), no período de 14/10/2023 a 18/10/2023. A área de irrigação foi estimada com auxílio do software Google Earth (2023).

Dimensionamento do reservatório

Em termos de bibliografia, diversos são os métodos para dimensionamento do volume de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais, inclusive sugeridos pela norma brasileira NBR 15527:2019 (ABNT, 2019). Em seu estudo de comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial, Brandão e Marcon (2018) analisaram os métodos sugeridos pela norma, sendo estes: método Rippl Mensal ou Diário, método da Simulação, método Azevedo Neto, método Prático Alemão, método Prático Inglês, e método Prático Australiano. No método Rippl, considera-se que o volume do reservatório é a soma acumulada dos valores positivos resultantes da diferença entre demanda e volume de água de chuva aproveitável. Este método permite um equacionamento simples, e depende da disponibilidade de dados como séries históricas de precipitação e estimativa do consumo de água que deva ser suprido.

O método da simulação mensal é aplicado com base num volume pré-definido do reservatório, compondo uma simulação do comportamento deste volume ao longo da série histórica estudada, avaliando os meses do ano em que o volume armazenado atende ou não a demanda requerida. Neste sentido, o resultado obtido com a utilização do método é a constatação de em quais meses a demanda pela água pluvial é suprida. Já o método Azevedo Neto utiliza do produto entre as médias totais anuais de precipitação, a área de captação a quantidade de meses de seca e de um coeficiente de 0,042 (que assegura um

tempo máximo de retenção da água no reservatório). Apesar de considerar estes períodos de pouca chuva, a norma não deixa claro como os meses de seca devem ser definidos, implicando no uso de histogramas e séries históricas para esta determinação, como realizado por Brandão e Marcon (2018).

O método prático Alemão estipula o volume de água de chuva a ser reservado considerando 6% do menor valor entre a demanda de água pluvial anual e o volume de água de chuva aproveitável durante um ano, trabalhando em uma situação crítica tanto de consumo quanto de oferta. Por outro lado, o método Prático Inglês induz ao dimensionamento similar ao proposto pelo método Azevedo Neto, uma vez que o volume resulta da multiplicação entre as médias dos totais anuais de precipitação pela área da superfície de captação e um coeficiente de 0,05. O método Prático Australiano assemelha-se ao método da Simulação, uma vez que é fixado um volume do reservatório, realizando-se tentativas até o alcance da garantia de abastecimento desejada. Por fim, a norma apresenta um método particular, onde o volume do reservatório pode ser calculado por meio do produto entre a área da superfície de captação, seu correspondente coeficiente de Runoff, a precipitação média anual e um coeficiente de eficiência.

Desta forma, a partir dos métodos apresentados, foram eleitos três para aplicação neste trabalho, sendo o método de Rippl, o método Azevedo Neto e o método da Norma NBR 15527:2019 (ABNT, 2019). Justifica-se esta escolha pelas considerações que cada um aplica, como o balanço entre demanda e oferta explorado pelo método Rippl e o período de seca ou pouca chuva do método Azevedo Neto. No caso do método proposto pela norma, este foi escolhido para avaliação comparativa com as outras opções propostas, objetivando verificar a convergência dos resultados a partir de uma referência nacional indicada para este tipo de dimensionamento. Além disso, todos os métodos possuem equacionamento simplificado (conforme apresentado posteriormente) e utilizam de variáveis de fácil acesso em função do objeto de estudo. Sendo assim, os métodos escolhidos são apresentados a seguir:

a) Método Rippl

Neste método, o reservatório é calculado considerando que haja armazenamento de água suficiente para os períodos de seca. Para tanto, utiliza-se a diferença positiva entre a demanda de água e o volume aproveitável de chuva $Q_{(t)}$, respectivamente, resultando no volume de água no reservatório $S_{(t)}$. Os parâmetros levados em consideração pelo método são: precipitação da região, a demanda $D_{(t)}$ a partir de um certo período (definida como mensal para este estudo), a área de captação (A) e o coeficiente de escoamento superficial (C). Além disso, para o cálculo de $Q_{(t)}$ considerou-se o volume de descarte $V_{des(t)}$ de primeira chuva, volume este que tem por função a remoção de folhagens e sólidos eventuais que se depositam sobre a área do telhado. O cálculo do reservatório é equacionado de acordo com as equações 2, 3, 4 e 5:

$$V_{des(t)} = A \times C_{des} \times D_c \text{ (eq. 2)}$$

$$Q_{(t)} = (C \times P_{(t)} \times A) - V_{des(t)} \text{ (eq. 3)}$$

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \text{ (eq. 4)}$$

$$Volume = \sum S_{(t)}, \text{ para } S_{(t)} > 0 \text{ (eq. 5)}$$

Onde $V_{des(t)}$ é o volume de descarte de primeira chuva, C_{des} é o coeficiente de volume de descarte, D_c é a quantidade de dias com chuvas maiores que 1 mm por mês e $P_{(t)}$ é a precipitação. Este método, apesar de apresentar pouca complexidade de cálculos, foi uma metodologia desenvolvida para grandes reservatórios, podendo resultar, em escalas menores, no superdimensionamento do sistema, além de não haver uma definição apropriada para qual período de precipitações que deve ser considerada.

b) Método Azevedo Neto

Neste método, o volume do reservatório é calculado a partir da precipitação média anual (P) da região de estudo, da área de captação (A) e do período de seca (T), estimado a partir da quantidade de meses sem chuva (período de seca). A determinação de T foi realizada com base nos meses em que a precipitação média anual era menor que o valor médio no período de 1922 a 2022. Desta forma, o cálculo do volume do reservatório pode ser descrito pela Equação 6 (eq.6):

$$Volume = 0,042 \times P \times A \times T \text{ (eq. 6)}$$

Alguns pesquisadores elogiam essa metodologia segundo o resultado de um valor reduzido para o reservatório, além de levar em consideração os valores relativos ao período de seca. Por outro lado, o método não leva em consideração a demanda pela água pluvial que deve ser suprida.

c) Método da Norma ABNT NBR 15527:2019

A norma NBR 15527:2019 (ABNT, 2019) propõe uma metodologia que pode ser utilizada no dimensionamento de reservatório de água de chuva. Considera-se, portanto, a precipitação média anual (P), a área de captação (A), o coeficiente de escoamento superficial (C), e a eficiência de captação (n), adotado como valor usual de 0,85. A vantagem deste método é a simplicidade de sua aplicação, que precede informações básicas, como a área de captação de chuva, no entanto, não leva em consideração a demanda nem os períodos de seca ou pouca chuva durante o ano hidrológico, podendo resultar em super ou subdimensionamento do sistema. O método pode ser descrito por meio da Equação 7 (eq. 7)

$$Volume = C \times P \times A \times n \text{ (eq. 7)}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos em função da metodologia adotada são apresentados a seguir, sendo divididos em subseções principais, que seguem: oferta de água pluvial, caracterizando o comportamento pluviométrico da região onde a comunidade está inserida e comparando as três bases de dados consultadas para a análise; a demanda de água para fins de irrigação da horta, por meio da apresentação da área atendida e o resultado obtido através da equação 1; uma seção dedicada ao dimensionamento do reservatório, apresentado os resultados adquiridos de cada método e suas implicações; e uma seção a respeito do volume sugerido para o reservatório de acordo com os métodos analisados,

apontado uma possível configuração do sistema de coleta e armazenamento de água de chuva.

Oferta de água pluvial

De modo a caracterizar o comportamento pluviométrico da região de estudo, resumem-se as médias de precipitações mensais na Tabela 1, obtidas com base num período de 30 anos (1992 a 2022) através dos dados do DAEE, CEPAGRI e IAC. Nota-se que há uma pequena diferença nos resultados de precipitação em função dos diferentes locais de coleta, mesmo que todos eles estejam localizados na cidade de Campinas. No caso dos dados do IAC, que são coletados no posto da Fazenda Santa Elisa, houve uma insuficiência de dados dos meses do primeiro semestre de 1992. Os dados da CEPAGRI (2023), apesar de não estarem defasados no período estabelecido, foram coletados no posto localizado no distrito de Barão Geraldo, local que está mais longe da região de estudo se comparado ao posto D4-044 do DAEE.

Foram assumidos, portanto, os dados do DAEE como referência de oferta hídrica, uma vez que estes atendem o período de 30 anos e sua estação de coleta é mais próxima da comunidade. Esta série histórica foi apresentada na Figura 1, por meio do gráfico tipo box-plot, com o objetivo de facilitar a visualização da variação de precipitação entre os meses do ano hidrológico. Nota-se que a partir do mês de outubro, ocorrem os maiores volumes precipitados, cenário que se estende até o mês de março subsequente, indicando que o maior volume de águas pluviais precipitado está contido neste período. Por outro lado, entre os meses de abril e setembro ocorre o período de menores precipitações, sendo julho o mês com valor mínimo. Sendo assim, este período pode ser crítico no que diz respeito ao aproveitamento de água de chuva, dado que nestes meses a demanda pela água pode ultrapassar o volume precipitado.

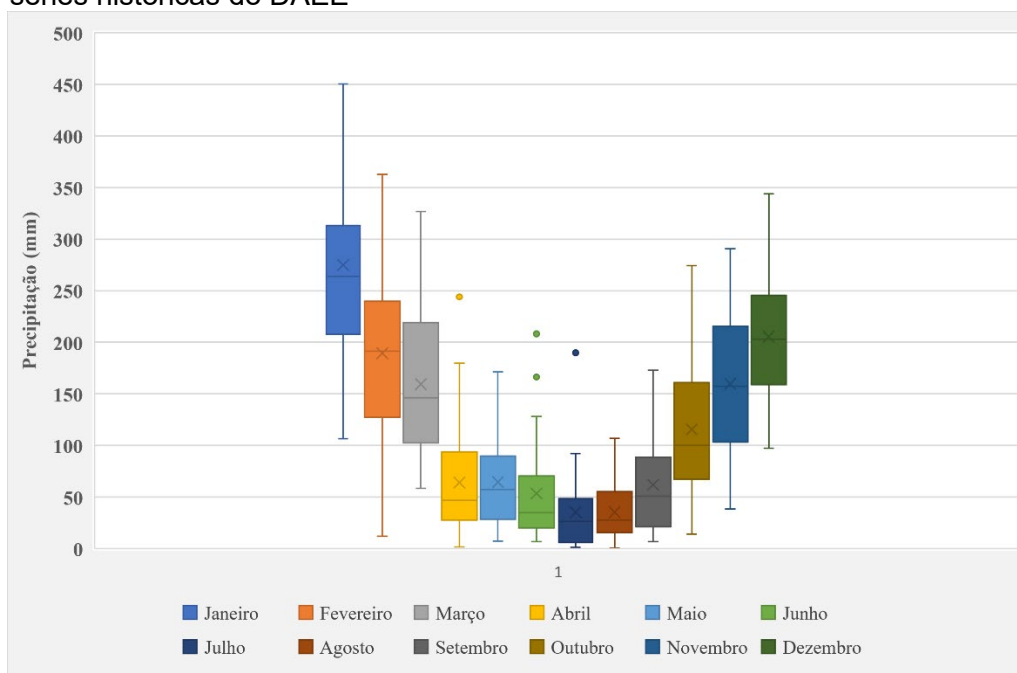
Ainda, foi avaliado o comportamento pluviométrico ao longo do período de 1941 a 2022 a partir das precipitações totais anuais, uma vez que há uma distinção entre períodos úmidos e secos, como exhibe a Figura 2, através dos valores médios de precipitação de cada período (evidenciado pelas linhas em vermelho). Através destes resultados, é evidente que durante o período de 1940 a 1965 as precipitações totais anuais são menores, indicando um intervalo de anos com menor incidência de chuvas. A partir de 1965, essa média atinge seus maiores valores, demonstrando um período em que houve maior disponibilidade de precipitações, e que perdurou até meados dos anos 2000. Desde então, observou-se uma tendência de diminuição de volumes precipitados, embora ainda superiores aos observados no primeiro período (1940 a 1965).

Tabela 1. Comparação das médias mensais de precipitação fornecidas pelo DAEE, CEPAGRI e IAC (de 1992 a 2022), em mm

Fonte	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
DAEE	274,9	189,4	159,4	62,0	62,2	49,9	31,7	28,4	59,7	115,5	159,7	205,3
CEPAGRI	272,1	199,7	154,9	62,5	60,9	44,2	36,1	25,6	61,0	116,9	166,2	210,3
IAC	266,9	183,8	153,8	61,3	59,8	47,0	32,2	26,0	59,5	108,8	153,3	209,7

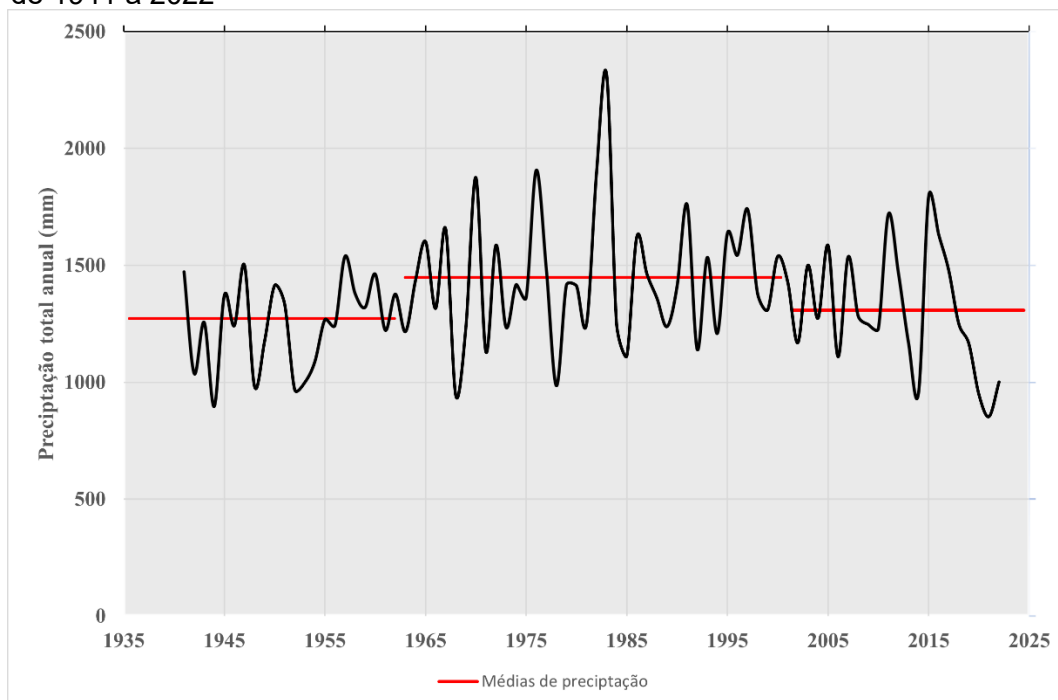
Fonte: Autores, 2023.

Figura 1. Análise gráfica de precipitações mensais baseadas nos dados de séries históricas do DAEE



Fonte: Autores, 2023.

Figura 2. Comportamento pluviométrico ao longo de precipitações totais anuais de 1941 a 2022



Fonte: Autores, 2023.

Levando em consideração a localização geográfica do município onde a comunidade é localizada (na região sudeste do país), tem-se um comportamento pluviométrico favorável

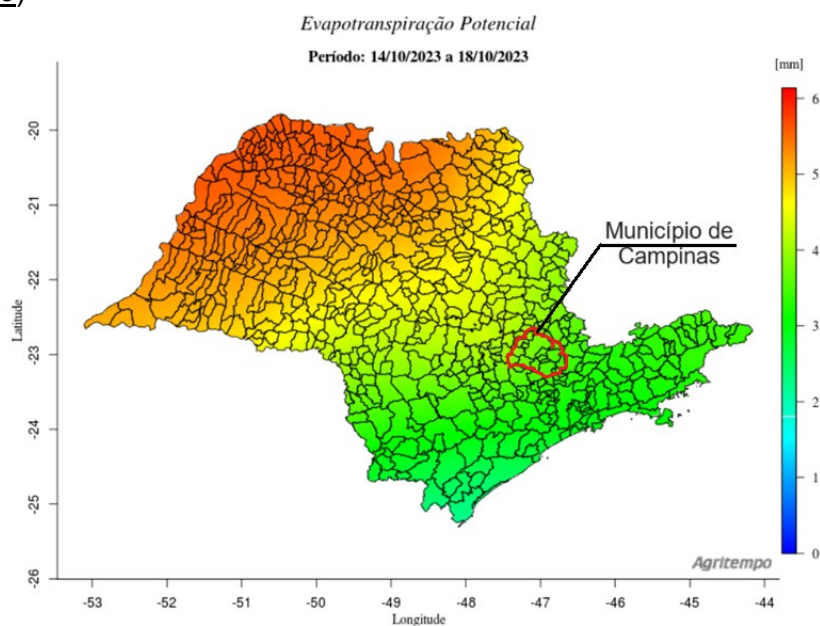
no quesito de disponibilidade de chuvas na região e seu aproveitamento. Este cenário climático, por outro lado, não é observado em outras regiões do Brasil, como evidenciado por Araújo (2019), que descreveu os volumes de chuva precipitados em Pombal (PB), de 1994 a 2018. Nesta região, a maior média mensal foi de 159,0 mm (referente ao mês de abril), valor relativamente inferior aos encontrados para Campinas, conforme evidencia a Tabela 1. Além disso, este mesmo estudo, aponta uma queda dos volumes de chuva precipitados a partir do mês de maio (com base nos valores de médias mensais entre 1994 e 2018), estendendo-se, portanto, um período de seca até dezembro (cuja média de precipitação foi de 24,4 mm). É evidente, desta forma, a variabilidade de precipitações entre localidades no Brasil, no qual algumas regiões compreendem períodos de seca maiores. Sendo necessário, justamente nesses períodos, suprir a demanda pela água, por exemplo, nas atividades de irrigação, e de forma análoga ao investigado em Pombal e neste trabalho.

Demanda de água para fins de irrigação da horta comunitária

Para estimativa da demanda de água a ser atendida na irrigação da horta, e como comentado na seção de metodologia, foi empregado um método baseado no balanço de evapotranspiração do solo. Sendo assim, na Figura 3 é apresentado o mapa de evapotranspiração potencial do estado de São Paulo, fornecido pelo CEPAGRI (2023). Levando em consideração a localização de Campinas, foi adotado o valor de $E_{pot} = 3\text{mm} = 3\text{ L/m}^2.\text{dia}$ e a área a ser irrigada foi determinada com a delimitação em planta através do Google Earth (2023). Para fins comparativos de atendimento de demanda, foram delimitadas duas possíveis áreas a serem atendidas (1 e 2), conforme Figura 4, com valores de $105,14\text{ m}^2$ e $105,74\text{ m}^2$, respectivamente. Sendo assim, o consumo de água obtido pela Equação 1 foi de $315,42\text{ L/dia}$, ou em base mensal, $9.462,6\text{ L/mês}$ para a Área 1 e $317,22\text{ L/dia}$ ($9.516,6\text{ L/mês}$) para a Área 2, considerando o período mensal de 30 dias.

Comparando os resultados encontrados com os obtidos por Araújo (2019), que utilizou do produto da vazão de abastecimento pela área de irrigação para obter a demanda, tem-se um resultado de 1.212 L/mês para irrigação de 10 m^2 de cultura de coentro, ou de $121,2\text{ L/mês.m}^2$. No caso das áreas 1 e 2 investigadas neste trabalho, tem-se, então, um volume aproximado de 90 L/mês.m^2 , equivalente a aproximadamente 75% do volume encontrado por Araújo (2019). Apesar da diferença entre os métodos de cálculo de demanda que culminaram nestes resultados, há uma similaridade entre eles, uma vez que a vazão utilizada no estudo de Pombal foi de $4,04\text{ L/m}^2$, enquanto o coeficiente de evapotranspiração potencial utilizado nesta pesquisa foi de 3 mm , que equivale, consequentemente, a 3 L/m^2 . Sendo assim, caso a comunidade Feminista Menino Chorão fosse localizada em uma região do estado cujo coeficiente de evapotranspiração potencial fosse maior (ou seja, onde a necessidade de reposição da água no solo também fosse maior, situação típica do nordeste do Brasil), a diferença entre os resultados analisados poderia ser reduzida.

Figura 3. Mapa de evapotranspiração potencial de São Paulo (CEPAGRI, 2023)



Fonte: Autores, 2023.

Figura 4. Projeções das possíveis áreas de irrigação (1 e 2) e área de captação de águas pluviais (Google Earth, 2023)



Fonte: Autores, 2023.



Dimensionamento do reservatório

Segundo os métodos apresentados na seção metodológica deste trabalho, obtiveram-se os seguintes resultados para o volume do reservatório:

a) Método Rippl

Para a aplicação das equações 2, 3, 4 e 5, foram considerados os valores de demanda calculados anteriormente (Área 1 = 9.462,6 L/mês e Área 2 = 9.516,6 L/mês), e uma área de captação por meio do telhado (Figura 4) de 95 m². Assumiu-se o valor médio de $C = 0,85$, considerando a cobertura do telhado sendo de material do tipo fibrocimento, conforme Tomaz (2009). Como coeficiente de descarte foi adotado o valor de $C_{des} = 1 \text{ L/m}^2$. No caso dos volumes precipitados, foram utilizados os valores médios de precipitação a cada mês, de 1992 a 2022, resultando, portanto, em um volume a ser armazenado de $V1 = 37 \text{ m}^3$ para a Área 1, $V2 = 37 \text{ m}^3$ para a Área 2 e $V3 = 103 \text{ m}^3$ (considerando a soma da demanda das Áreas 1 e 2, de 18.979,2 L/mês).

Analisando os valores de $V1$ e $V2$, obteve-se, portanto, um volume convergente para o valor de 37 m³, o que era esperado, pois as áreas 1 e 2 se diferenciam em apenas 0,60 m². Ainda, uma vez que o volume do reservatório obtido pelo método Rippl advém dos meses em que a demanda pela água de chuva é maior que a oferta (ou seja, nos meses em que há a necessidade de utilização de fonte alternativa), era esperado que, considerando um valor de demanda maior para cada mês (como a demanda resultante da soma das áreas 1 e 2), o volume do reservatório resultaria num maior valor. Neste caso, apesar do valor de demanda ter praticamente sido dobrado na consideração de atendimento das áreas 1 e 2, o volume do reservatório foi aumentado em quase três vezes. Isso pode ser justificado pelo fato de que o volume de descarte e a quantidade de água ofertada não dependem da área a ser irrigada (que influenciam na demanda), mas sim da área de captação, que é fixa em 95 m².

b) Método Azevedo Neto

Como premissa de aplicação do método, o período de seca foi estipulado segundo a avaliação do gráfico da Figura 1, definindo os meses com pouca chuva. A média mensal precipitada ao longo dos 30 anos de análise foi de 117 mm. Assim, foram definidos como meses de pouca chuva aqueles que apresentassem a média de precipitação menor que 100 mm. Desta forma, foram contabilizados seis meses incluídos no período de seca, compreendidos entre abril e setembro. Mantendo-se a área de captação igual a 95 m² e uma precipitação anual de 1348,8 mm, calculada com a média das precipitações totais anuais de 1992 a 2022, com o auxílio dos dados do DAEE, o volume encontrado para o reservatório foi de 32 m³. Apesar de não considerar a demanda pela água de chuva, o método aplicado resultou em um volume significativamente próximo ao obtido com o método Rippl, para as áreas 1 e 2 (de forma individual), o que pode ser justificado pela escolha coerente do período de seca T , pois esta variável é a única que não foi utilizada para a aplicação do método anterior. No entanto, apesar da consideração do período de seca nos cálculos e do volume do reservatório obtido ter sido similar ao encontrado para o método Rippl, a demanda requerida por área não é contabilizada. Isso pode levar a uma

estimativa errônea, à medida que se pretenda atender a uma demanda maior (tal qual considerando as áreas de irrigação 1 e 2 simultaneamente), não podendo-se constatar com coerência se o volume dimensionado atenderia de forma suficiente o objetivo do aproveitamento de águas pluviais.

c) Método da Norma ABNT NBR 15527:2019

As variáveis necessárias para aplicação do método da norma foram estabelecidas de forma análoga ao método Azevedo Neto. Conservando, portanto, o valor de precipitação anual média de 1348,8 mm, a área de captação de 95 m² e coeficiente de escoamento superficial de 0,85. Como variável específica deste método, o coeficiente de eficiência foi adotado como 0,85, o que resultou num valor de 93 m³ para o volume do reservatório. Nota-se que foi um resultado semelhante ao encontrado pelo método Rippl quando foram consideradas as áreas de irrigação 1 e 2 de forma conjunta. Por outro lado, este resultado tende a induzir um superdimensionamento se tratadas as áreas de forma individual, o que indica a insuficiência do método da norma de absorver e considerar especificidades ocorrentes nos diversos casos de aproveitamento de águas pluviais, como a demanda e o período de seca de uma determinada região.

Sugestão do volume a ser utilizado e desdobramentos

Após análise dos resultados obtidos para o volume do reservatório (conforme Tabela 2), e com o objetivo de estimar os aportes econômicos necessários para a implantação de um sistema como este, sugere-se a adoção de um reservatório de 35 m³ no estudo de caso da comunidade Feminista Menino Chorão. Justifica-se a escolha deste volume devida aos métodos que apresentaram considerações que melhor atendessem as particularidades do estudo, a exemplo da demanda e do volume de descarte no método Rippl, e o período de seca no método Azevedo Neto. Ainda, é importante pontuar que esta escolha foi feita com a premissa de que, inicialmente, somente haverá o uso de águas pluviais para irrigação da área 1 (Figura 4).

Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos pelos métodos Rippl, Azevedo Neto e da Norma NBR 15527:2019

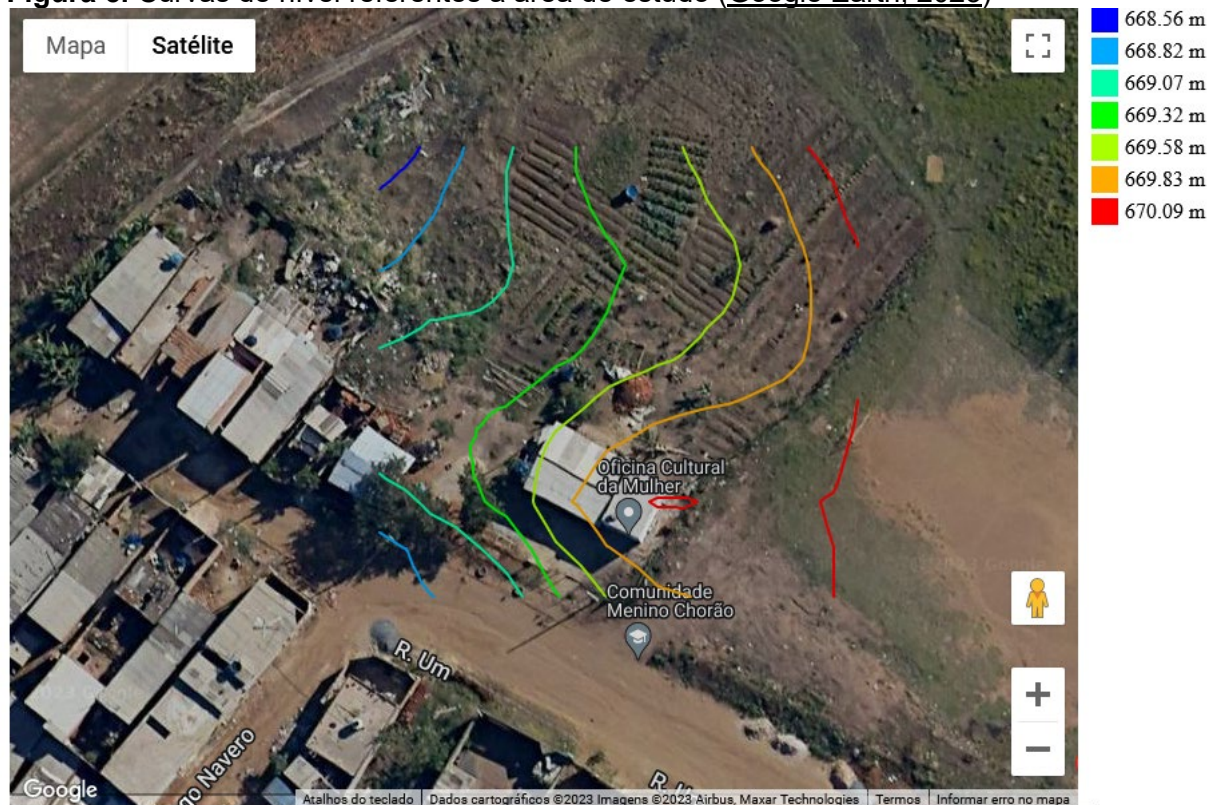
Método	Rippl	Azevedo Neto	Norma NBR 15527:2019
Volume (m ³)	37	32	93

Fonte: Autores, 2023.

Essa consideração foi feita devido à insuficiência do volume de 35 m³ em atender as duas áreas de forma conjunta (uma vez que demandam o volume total de 103 m³), adicionado ao fato de que, atualmente, é na área 1 onde há maior atividade da horta comunitária. Sendo assim, levando em consideração a topografia da área onde planeja-se a implantação do sistema (Figura 5), observa-se que há uma diferença de níveis a ser considerada para a escolha do posicionamento do reservatório (superior, acima do nível do solo, ou inferior, posicionado sobre o solo). Neste caso, pode-se constatar que há uma área favorável para implantação de um reservatório inferior (a ser posicionado entre as cotas 670,09 m e 669,83 m), favorecendo o regime de transporte de água por gravidade (já que a área a ser irrigada está compreendida em uma área de cotas de menor valor). É válido

ressaltar que a implantação de um reservatório sobre uma superfície topográfica que não necessite de grandes estruturas adicionais de sustentação ou elevatórias, contribui para uma instalação do sistema menos onerosa, mais rápida e cuja manutenção seja mais simples.

Figura 5. Curvas de nível referentes a área de estudo (Google Earth, 2023)



Fonte: Autores, 2023.

Desta forma, em relação aos componentes necessários à coleta e distribuição das águas pluviais, de forma simplificada, estes podem ser divididos em três grupos: componentes para coleta de água de chuva, componentes para armazenamento e componentes de limpeza/tratamento da água captada. Para a coleta, inicialmente, é necessária a instalação de um conjunto de calhas, responsáveis pelo transporte da água escoada do telhado para um condutor vertical (que tem por função direcionar a água ao reservatório). No intermédio entre a água captada e o reservatório, é importante que haja algum tipo de mecanismo responsável pela limpeza inicial da água captada, com o objetivo de remover materiais grosseiros, folhagens e quaisquer sólidos que possam ser movimentados dentro dos condutores verticais durante escoamento da água no telhado. É também por esta razão que durante os cálculos de dimensionamento do reservatório considerou-se o volume de descarte de primeira chuva, que pode ser dispensado através de uma ramificação nos condutores utilizados. Assim, o material grosseiro pode ser filtrado ou retirado a partir do uso de telas que funcionem como peneiras, ou por meio de um pré-filtro (com grades que retenham sólidos de maior dimensão), além de um meio filtrante, composto por brita ou areia, instalado em algum ponto entre o condutor vertical e o reservatório.

O reservatório, apontado como inferior para este projeto, pode estar aterrado parcialmente ou totalmente, construído por meio de alvenaria ou por meio da implantação de reservatório plástico do tipo tanque ou caixa d'água posicionado no local de interesse. Esta alternativa protege o sistema das ações desfavoráveis de intempéries, como fortes

chuvas e ventos, no entanto, pode dificultar a inspeção e manutenção do local onde a água é armazenada. Por outro lado, se preferível a implantação de um reservatório inferior do tipo tanque plástico locado sobre o terreno de estudo, apesar da exposição ao ambiente e intempéries, as atividades de instalação e manutenção do sistema são favorecidas. Finalmente, a partir do reservatório, pode-se instalar tubulações e registros que transportem a água até pontos onde seja desejável utilizá-la. Em termos de recursos financeiros, levando em consideração o volume de 35 m³ estipulado anteriormente, e com base no Relatório de Insumos e Composições de setembro de 2023 do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023) para o estado de São Paulo, obteve-se o custo unitário para caixa d'água em poliéster reforçado com fibra de vidro, de 20.000 L, de R\$11.070,43 (com fornecimento e instalação). Assim, a estimativa do custo total para atendimento dos 35 m³ foi realizada com a proposição de utilização de duas caixas d'água, resultando em 40.000 m³ e R\$22.140,86.

A respeito da qualidade da água de chuva a ser aplicada neste estudo, é válido também citar que alguns parâmetros devem ser levados em consideração. A Lei nº 14.546/023 (Brasil, 2023) deixa claro que a União deve estimular o uso das águas de chuva e reúso não potável das águas cinzas em novas edificações e nas atividades paisagísticas, agrícolas, florestais e industriais. Para tanto, define como regulamento que as águas de chuva e águas cinzas devem passar por processo de tratamento que assegure sua utilização segura, previamente a acumulação e ao uso na edificação. Deste modo, a garantia do aproveitamento de águas pluviais de modo seguro pode ser realizada da análise de parâmetros como cálcio, magnésio, cloretos, condutividade elétrica, pH, turbidez, ferro e sódio, analogamente ao investigado por Queiroz, Melo e Ferreira (2018), em seu estudo sobre a qualidade da água para irrigação em uma comunidade quilombola em Barra do Bugres (MT). No entanto, vale ressaltar que tais verificações, apesar de complementares e relevantes no que tange a viabilidade do aproveitamento de águas pluviais, podem ser limitadas pela disponibilidade de recursos financeiros e sociais do local onde são aplicadas.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível verificar a viabilidade quantitativa do aproveitamento de águas pluviais para irrigação na Comunidade Feminista Menino Chorão nos períodos de seca. Desta forma, constatou-se a ocorrência de uma oferta de água de chuva capaz de suprir a demanda estimada de irrigação, sugerindo-se um volume do possível reservatório inferior de 35 m³, com custo estimado em R\$22.140,86 e com funcionamento por gravidade favorecido pela topografia local. É importante ressaltar que esta análise foi realizada segundo condições específicas da área de irrigação a ser atendida, bem como da área de captação disponível no local de estudo atualmente. Sendo assim, o volume obtido pode ser variável, sendo dependente das superfícies de expansão agrícola e de captação disponíveis. Como análises complementares ao estudo, sugere-se a realização de uma análise qualitativa da água de chuva precipitada na região da comunidade, através de amostras coletadas na região, com o intuito de caracterizá-las segundo parâmetros influentes no desenvolvimento da cultura de plantio, sendo possível a identificação e necessidade de aplicação de métodos de tratamento na água aproveitada.

SUBMETIDO EM: 16/11/2023.

ACEITO EM: 04/06/2024.

REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR 15527**: aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ARAÚJO, Daniel Ramalho Dantas. **A captação da água de chuva para regularizar a vazão de irrigação da agricultura familiar**. 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, 2019.

BRANDÃO, João Luiz Boccia; MARCON, Priscila. Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [s. l.], v. 23, n. 6, p. 1031-1041, nov./dez. 2018.

BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. Altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Lei de Saneamento Básico), para estabelecer medidas de prevenção a desperdícios, de aproveitamento das águas de chuva e de reúso não potável das águas cinzas. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 66, p. 1, 5 abr. 2023.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB)**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

CEPAGRI. **Descrição dos dados distribuídos nos arrays**: estação sinótica. Campinas: Cepagri, 2023.

GOOGLE EARTH. **Campinas, São Paulo**. 1 imagem de satélite, color. Satélite Airbus Maxar Technologies. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 8 nov. 2023

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua (PNAD Contínua)**. Rio de Janeiro: IBGE; 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html>. Acesso em: 9 ago. 2023.

MIRANDA, Kanthya Pinheiro de; SILVA FILHO, Erivaldo Cavalcanti e. Direito de acesso à água potável e saneamento básico para as populações que residem em favelas e áreas periféricas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 9, n. 6, p. 19077-19089, jun. 2023.

QUAL a quantidade de água para irrigar 1 hectare? [S. l.: s. n.], 2 out. 2020. 1 vídeo (9 min). Publicado pelo canal Movimento Agro. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Ju6P3r4cBSs&t=281s>. Acesso em: 5 out. 2023.

QUEIROZ, Tadeu Miranda de; MELO, Martins Toledo de; FERREIRA, Fernanda da Silva. Qualidade da água para irrigação na comunidade quilombola Vão Grande, município de Barra do Bugres/MT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 3, p. 2613-2620, 2018.

RIZZATTI, Helena. O pacto contra violência doméstica na comunidade Menino Chorão (Campinas/SP): vitórias efêmeras. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 23, n. 50, p. 233-252, jan./abr. 2021.

SEI, Alicia; GARBIN, Ana; BERTOLINI, Ana Maria; TANAKA, Jennifer; JUNQUEIRA, Júlia; ARCARI, Thaís Martínez. Mulheres agroflorestais na luta pela segurança Alimentar e nutricional”. **Sustentarea**, 1 ago. 2022. Disponível em: <https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2022/08/01/o-poder-da-comunidade-feminista-menino-chorao/>. Acesso em: 1 out. 2023.

SILVA, Isabela Assis da; CRUZ, Luana Mattos de Oliveira. Estudo sobre a viabilidade quantitativa do aproveitamento de água de chuva em campus universitário. **Revista DAE**, São Paulo, v. 69, n. 233 (ed. especial), p. 119-129, nov. 2021.

SINAPI. Relatório de insumos e composições: set/23: sem desoneração. Brasília: Caixa Econômica Federal: IBGE, 2023. Disponível em: [https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-sp/SINAPI ref Insumos Composicoes SP 202309 NaoDesonerado Retificacao01.zip](https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-sp/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_SP_202309_NaoDesonerado_Retificacao01.zip). Acesso em: 8 nov. 2023.

SUGAHARA, Cibele Roberta; FERREIRA, Denise Helena Lombardo; MENDES, Jakeline Pertile; CONTRIGIANI, Ariele Carolina. A questão da água em assentamentos: um estudo de caso no assentamento periurbano Milton Santos. **Revista Grifos**, Chapecó, v. 32, n. 60, p. 1-23, 2023.

TOMAZ, Plínio. Coeficiente de runoff. In: TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. [S. l.: s. n.], 2009.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Guide to hydrological practices. 6. ed. Geneva: World Meteorological Organization, 2008-2009. 2 v.