

Influência da demanda no volume de reservatórios para armazenamento de água de chuva dimensionados pelo Método de Rippl

Influence of demand on the volume of rainwater harvesting reservoir dimensioned by the Rippl Method

- **Data de entrada:**
22/02/2021
- **Data de aprovação:**
27/09/2021

Cinthya Santos da Silva^{1*} | Gilson Barbosa Athayde Junior¹ | Cristiano das Neves Almeida¹

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.073>

ORCID ID

Silva CS  <https://orcid.org/0000-0003-4347-6861>

Athayde Junior GB  <https://orcid.org/0000-0003-2815-7600>

Almeida CN  <https://orcid.org/0000-0002-3655-5396>

Resumo

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva possui no reservatório o componente de maior complexidade de mensuração; seu volume é determinado com base nos valores de oferta e demanda de água da chuva, sendo a distribuição da oferta ao longo do ano diretamente influenciada pela distribuição temporal das chuvas. Desta forma, é primordial analisar como os parâmetros de dimensionamento isoladamente, como a demanda avaliada neste trabalho, influenciam no volume final do reservatório. Para tanto, foram considerados seis valores de demanda diferentes, e foi analisado o efeito dessa variação no volume de armazenamento dimensionado. Observou-se então que a variação da demanda afetou o volume do reservatório de forma distinta, a depender da intensidade e da distribuição pluviométrica anual local, tendo regiões secas a tendência de concentrar os menores volumes de reservatório para as maiores demandas, situação oposta àquela observada nas regiões mais chuvosas.

Palavras-chave: Balanço hídrico. Reservatório. Demanda de água de chuva.

Abstract

The stormwater harvesting system has the most complex sizing component in the reservoir; its volume is determined based on the values of supply and demand for rainwater, where the distribution of supply throughout the year is directly influenced by the temporal distribution of rainfall. Thus, it is essential to analyze how the sizing parameters individually, such as the demand evaluated in this work, has influence in the final volume of the reservoir. For this purpose, six different demand values were considered, and the effect caused by this variation in the sized volume was analyzed. It was then observed that demand variation affected the reservoir volume in a different way, depending on the intensity and local annual rainfall distribution. For dry regions occurred the tendency to concentrate the smallest reservoir volumes for the greatest demands, a situation opposite to that observed in the rainier regions.

Keywords: Water balance. Reservoir. Rainwater demand.

¹ Universidade Federal da Paraíba - João Pessoa - Paraíba - Brasil.

* **Autora correspondente:** santosscinthya@gmail.com.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de água no mundo cresce cerca de 1% ao ano desde a década de 1980 (UNESCO, 2019), entretanto a oferta em muitas situações não tem a capacidade de suprir essa demanda, o que causa uma escassez de água em quantidade e/ou qualidade e cria uma situação de estresse hídrico, causadora de potenciais conflitos sobre o uso da água.

No Brasil, apesar da grande disponibilidade de água potável, o crescimento da população, associado ao constante processo de urbanização e centralização populacional, observado nas últimas décadas sobrecarrega a infraestrutura de abastecimento de água, resultando em um cenário onde quase 4 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a este bem (BRASIL, 2018).

Uma solução que tem se mostrado viável, técnica e economicamente, para substituição da água em seus usos não potáveis, é a implantação de sistema de captação e armazenamento de água da chuva (VUONG, ICHIKAWA, ISHIDAIRA, 2016; ANDRADE et al., 2019; KIM et al., 2021).

Diversos desafios, entretanto, existem para sua ampla utilização, entre estes a busca pela maximização do atendimento da demanda associada à minimização de custos de implantação, diante de diferentes cenários de disponibilidade de área para o sistema, e de consumo de água.

O sistema, composto por uma superfície para captação das águas precipitadas, normalmente o telhado da edificação, dispositivos para condução e remoção de impurezas, e um reservatório, encontra neste o item de maior complexidade de mensuração, e maior custo individual do sistema.

Diferentes métodos para seu dimensionamento existem na literatura, consistindo desde métodos práticos, onde o volume é determinado por meio de equações empíricas, usualmente com base nos parâmetros de área de captação, pre-

cipitação e demanda de água, como o método Prático inglês, Alemão e Brasileiro; métodos estocásticos, realizados por meio de simulações para bases de dados incompletas, e balanços de massa, aplicados a séries contínuas de dados (SEMAAN et al., 2020).

No entanto, a complexidade do dimensionamento do reservatório, que representa o componente de maior custo individual ao longo da vida útil do sistema (GURUNG, SHARMA, UMAPATHI, 2012), pode comprometer a eficiência estimada para o mesmo.

A norma brasileira ABNT 15527 – Aproveitamento de água de chuva em coberturas para fins não potáveis determina quais são as variáveis utilizadas para o cálculo do volume de água teoricamente disponível no sistema, como a precipitação e a área de coleta (ABNT, 2019). Estudos, porém, mostram que a variabilidade desses parâmetros pode influenciar na eficiência e confiabilidade do sistema (VUONG, ICHIKAWA, ISHIDAIRA, 2016; KOUMOURA et al., 2018; ONDERKA, PECHO, NEJEDLÍK, 2020).

Porém, mesmo quando do uso de um único método para uma mesma localidade, o aumento das variáveis de entrada, como a área de captação ou a demanda de água, não necessariamente proporciona um maior volume de água aproveitável no sistema, o que leva a intuir que existem condições que podem ser associadas a um volume de reservatório ótimo (NOTARO; LIUZZO; FRENI, 2017).

Diferentes estudos aplicados ao território brasileiro concentraram suas análises na comparação de diferentes métodos de dimensionamento (AMORIM, PEREIRA, 2008, FONSECA, MENEZES FILHO, 2019), na influência da precipitação no volume dos reservatórios (ARAÚJO, COHIM, 2017), e na confiabilidade do sistema, tendo em vista critérios econômicos e/ou atendimento da demanda (SILVA, ORRICO, 2015, ANDRADE et al., 2019), análises da influência de um parâmetro de dimensionamento

isolado diante da variabilidade espaço-temporal da chuva para todo o Brasil; entretanto, não foram realizadas, apesar de fundamentais para a análise de viabilidade e determinação de possíveis aplicações para o uso da água.

2 OBJETIVO

Analisar a influência da variação da demanda a ser atendida no volume do reservatório para armazenamento de água de chuva, dimensionados para o território brasileiro.

3 METODOLOGIA

3.1 Dados pluviométricos

O presente trabalho foi desenvolvido para todo o território brasileiro (Fig. 1), fazendo uso de uma base de dados pluviométricos diários, no período compreendido entre 01/01/1980 e 31/12/2016.

Os dados pluviométricos, disponibilizados gratuitamente em base online (<https://www.dropbox>).

com/sh/awb2ghit03kf39c/AAD69uHiLxVN6IoAwlyXLQ3Pa?dl=0), encontram-se espacializados em forma de grade com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$, totalizando uma malha com 162 valores de latitude e 168 valores de longitude.

Essa grade de dados pluviométricos foi construída com base em informações de estações pluviométricas de todo o território brasileiro, num total de 9259 estações, dos quais foram então eliminados os pontos extremos, como valores inferiores a 0 mm e superiores a 450 mm, uma vez que estes representaram apenas 94 em um universo de 32 milhões de dias (XAVIER; KING; SCANLON, 2019).

Para interpolação das informações, foram aplicadas seis metodologias distintas, validadas por uma avaliação cruzada com dados observados; para os dados de precipitação, os métodos de ponderação do inverso da distância (IDW) e ponderação do inverso da distância angular (ADW) mostraram os melhores resultados, e foram, portanto, aplicados (XAVIER; KING; SCANLON, 2016).

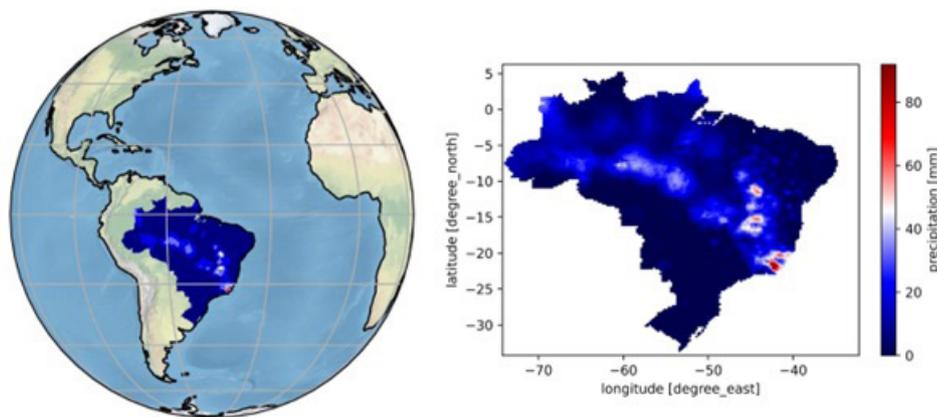


Figura 1 - Localização da precipitação para o dia 02 de fevereiro de 1980, na área de estudo.

Fonte: Autores (2021)

3.2 Variáveis admitidas para o dimensionamento do reservatório

Visto que o objetivo do trabalho limita-se a analisar a influência da variação da demanda no vo-

lume do reservatório, foi admitida uma área de captação superficial de 100 m^2 , localizada no telhado da edificação, constituída de material cerâmico, e coeficiente de escoamento superficial de 0,8, conforme sugerido por TOMAZ (2010).

Para determinação do volume aproveitável, foi necessária a adoção de um consumo de água não potável diário, aqui admitidos seis valores distintos, adotados de forma arbitrária, entre 100L/dia e 600L/dia, visto que os objetivos deste trabalho se limitam a analisar que efeito essa variação causaria no volume do reservatório, e não o efeito de um valor de demanda específico.

Nas situações em que os dados foram trabalhados em base mensal, o consumo de água foi acumulado para o mês, considerando a variação da quantidade de dias em cada mês, inclusive em anos bissextos.

3.3 Dimensionamento do reservatório

3.3.1 Método de Rippl

Diferentes métodos para dimensionamento de reservatório existem na literatura. Neste trabalho, entretanto, limita-se a análise do volume de armazenamento ao método de Rippl, também conhecido como balanço de massa.

Uma especificidade deste método é a possibilidade de análise de parâmetros de dimensionamento isolados, sem desconsiderar a variação sazonal da precipitação, diferentemente de alguns métodos empíricos que consideram apenas a média anual de precipitação (SILVA; MAIA, 2021).

Dessa forma, em um intervalo de discretização diário para os períodos de seca são mais facilmente demonstrados nos dados do que em médias mensais ou anuais (FONSECA, MENEZES FILHO, 2019).

Esse método consiste em um balanço de massas, que objetiva a regularização da vazão por meio do armazenamento do volume excedente de água precipitada, para consumo nos períodos de estiagem. Seu dimensionamento prevê o atendimento pleno da demanda, o que resulta em muitos ca-

sos, em volumes de reservatório antieconômicos (MIERZWA et al., 2007; LEITE, SANTOS, 2015).

Para tanto, são considerados para o cálculo do volume de armazenamento a precipitação, no caso deste trabalho em base diária, a área de captação disponível, o coeficiente de escoamento superficial associado ao material da superfície de captação, e a demanda de água a ser suprida pelo sistema. Para o dimensionamento do reservatório foram consideradas as Eq. 1 a 3 (ABNT, 2007).

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação} \times \text{área de captação} \quad (1)$$

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (2)$$

$$V = \sum S_{(t)} \quad (3)$$

Na qual:

C é o coeficiente de escoamento superficial

D(t) é a demanda a ser atendida

Q(t) é o volume de água que entrará no sistema

V é o volume do reservatório, mas apenas para valores de S(t) > 0

Esse método é indicado para cenários em que a oferta de água acumulada é superior à demanda acumulada. Neste trabalho, nas situações nas quais esse critério não foi atingido foi considerado um reservatório com um volume de 2 m³, o que seria suficiente para o abastecimento de uma edificação com 4 habitantes em um intervalo de 1 a 5 dias, a depender do valor da demanda considerado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As menores demandas aqui consideradas, 100 L/dia (figura 2a) e 200 L/dia (figura 2b), resultaram em maiores volumes de reservatório concentrados na região do semiárido do país; sendo a região Norte aquela com os menores volumes de armazenamento.

Dessa forma, analisando uma única demanda, como o único parâmetro com variação territorial é a precipitação, pode-se inferir que a variação da distribuição anual das chuvas, bem como a altura pluviométrica total anual, tiveram forte influência no volume do reservatório.

No caso do semiárido, que possui os menores índices pluviométricos do Brasil, possivelmente a oferta de água é superada pela demanda na maioria dos dias observados, de modo que todo

o excedente anual seja armazenado, elevando o volume do reservatório.

Na região Norte, com as maiores alturas pluviométricas do país, a baixa demanda é constantemente superada pela oferta de água, de modo a tornar o armazenamento apenas da água necessária para atendimento do consumo; logo, os reservatórios nestas localidades serão tão menores quanto menores forem as demandas a serem atendidas.

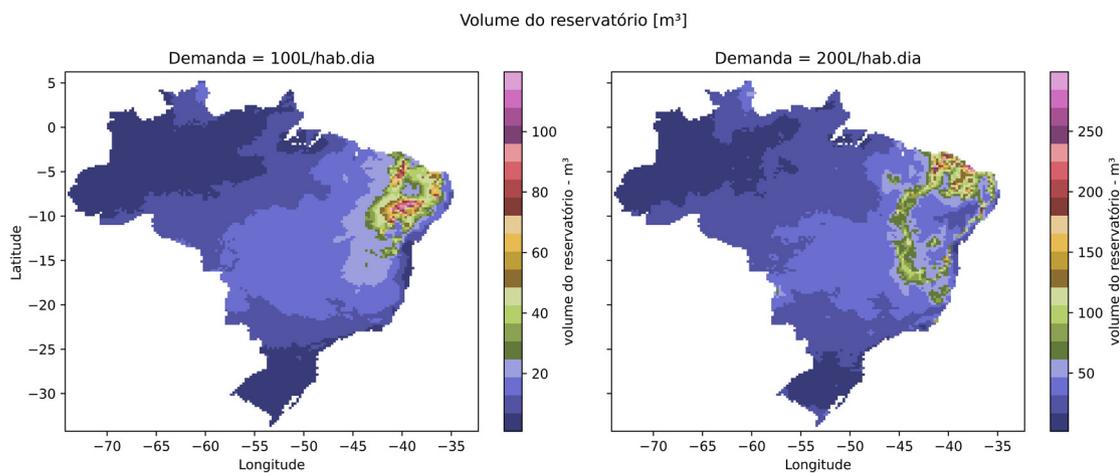


Figura 2 - Volumes dos reservatórios dimensionados para demandas de a) 100 L/dia e b) 200 L/dia.
Fonte: Autores (2021)

Com o aumento da demanda para 300 L/dia (Fig. 3a) e 400 L/dia (Fig. 3b) em quase todo o território brasileiro, os volumes de reservatório aumentaram com o aumento da demanda, exceto na região do semiárido, que passou a concentrar menores volumes de reservatório. Nesse caso, o efeito observado para demandas menores é o mesmo, porém o balanço hídrico prevê o armazenamento de todo o excedente de água para

consumo nos meses secos, o que será menor conforme a demanda é maior.

Os volumes de reservatórios diminuíram, também, em parte dos territórios Sudeste e Centro-Oeste do país, o que leva a concluir que a entrada de água no sistema, nestes locais, é ultrapassada por uma demanda de 400 L/dia (Fig. 3b), em grande parte dos dias observados.

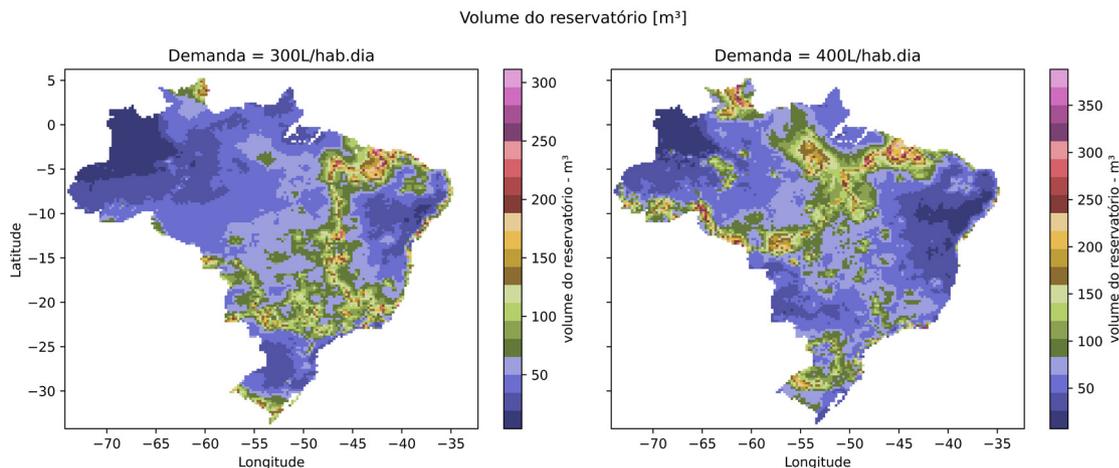


Figura 3 - Volumes dos reservatórios dimensionados para demandas de a) 300 L/dia e b) 400 L/dia.
Fonte: Autores (2021)

A partir da demanda de 500 L/dia (figura 4a), os reservatórios da região Norte aumentaram de volume. Provavelmente, porque as maiores demandas superaram a oferta de água e geraram déficits de fornecimento, o que, de acordo com a metodologia de dimensionamento empregada, levou o reservatório a ser dimensionado para armazenamento de todo o excedente de chuva,

o que, diante da alta pluviometria, resultou em altos volumes de reservatório.

Por fim, a maior demanda considerada, de 600 L/dia (Fig. 4b), resultou em menores reservatórios nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sul, enquanto maiores reservatórios são observados em algumas localidades da região Norte, distribuídas nos estados do Amazonas, Amapá e Pará.

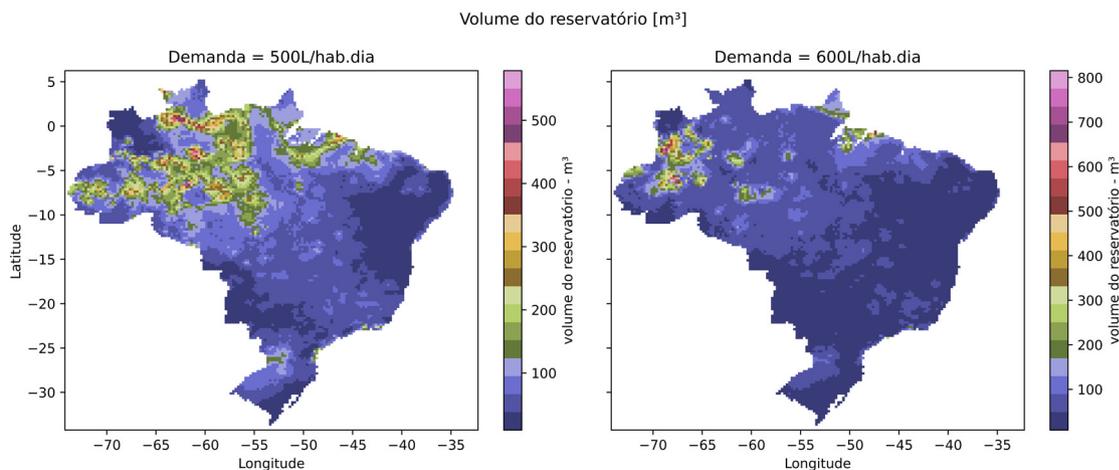


Figura 4 - Volumes dos reservatórios dimensionados para demandas de a) 500 L/dia e b) 600 L/dia.
Fonte: Autores (2021)

Para uma melhor análise, as cidades de Cabaceiras/PB, São Paulo/SP, Manaus/AM, Porto Alegre/

RS e Brasília/DF, localizadas na Fig. 5, escolhidas por estarem localizadas em diferentes regiões

geográficas do país e apresentarem regimes pluviométricos distintos, podem ter a variação dos

volumes de seus reservatórios, com relação à demanda, observados de forma detalhada na Fig. 6.



Figura 5 - Localização de cidades analisada: Cabaceiras/PB, São Paulo/SP, Manaus/AM, Porto Alegre/RS e Brasília/DF.
Fonte: Autores (2021)

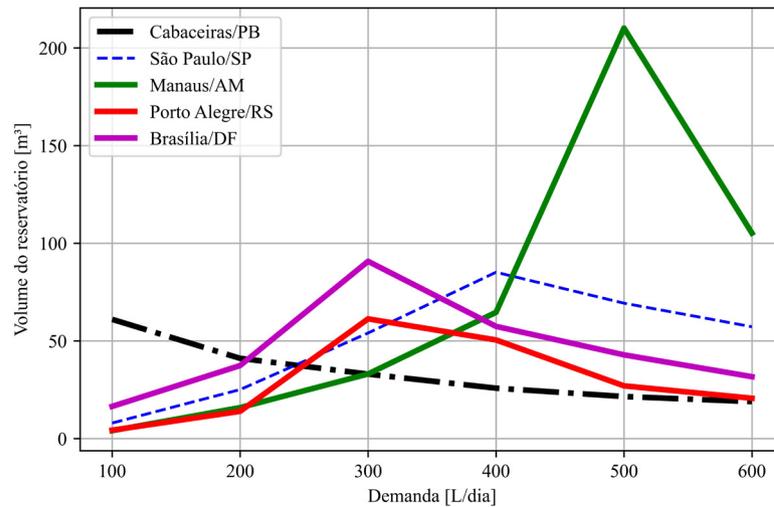


Figura 6 - Volume do reservatório x demanda, para cinco cidades brasileiras.
Fonte: Autores (2021)

A cidade de Cabaceiras/PB, que possui as menores alturas pluviométricas do Brasil (Fig. 7a), de precipitação mensal inferior a 50 mm em mais da metade do ano, quando associada a uma área de captação de 100 m², levou ao dimensionamento

de um reservatório de volume decrescente com o aumento da demanda, sendo este menos acentuado a partir da demanda de 200 L/dia. Isso decorre da diminuição do excedente disponível para armazenamento com o aumento da demanda.

Numa situação oposta, a cidade de Manaus/AM possui maiores alturas pluviométricas praticamente uniformes em mais da metade do ano, com o período seco concentrado em apenas 3 meses, com alturas pluviométricas em torno de 100 mm (Fig. 7b). Com essas características, o

volume do reservatório cresceu de forma linear com o aumento da demanda até o consumo de 500L/dia. A partir daí, a demanda passa a superar a oferta de água e apenas o excedente é armazenado, o que leva a um menor volume de reservatório.

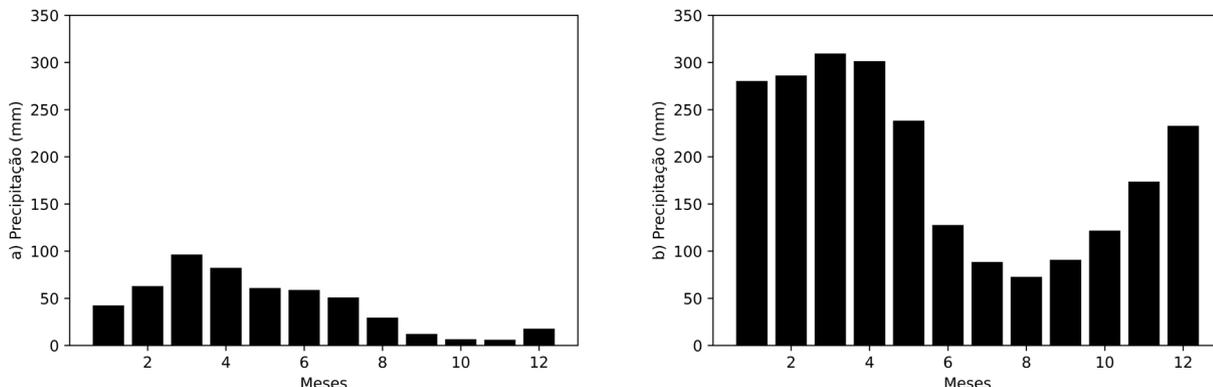


Figura 7 - Precipitação média mensal de a) Cabaceiras/PB e b) Manaus/AM, de 01/01/1980 a 31/12/2016. **Fonte:** Autores (2021)

As cidades de Porto Alegre/RS (Fig. 8a), São Paulo/SP (Fig. 8b), e Brasília/DF (Fig. 9) apresentaram variações bem semelhantes no volume do reservatório, com crescimento até certo valor intermediário de demanda e decréscimo a partir daí, sendo que maiores volumes de reservatório foram obtidos em Brasília/DF, que possui a maior discrepância entre a precipitação total máxima e mínima observada no ano.

Enquanto Porto Alegre/RS, cujas chuvas são uniformemente distribuídas ao longo do ano, apresentou o volume máximo de aproximadamente 60 m³, para demanda de 300 L/dia, ficando, porém, com volume inferior a cidade de Brasília/DF, que possui a maior variabilidade temporal da chuva, das cidades analisadas neste trabalho.

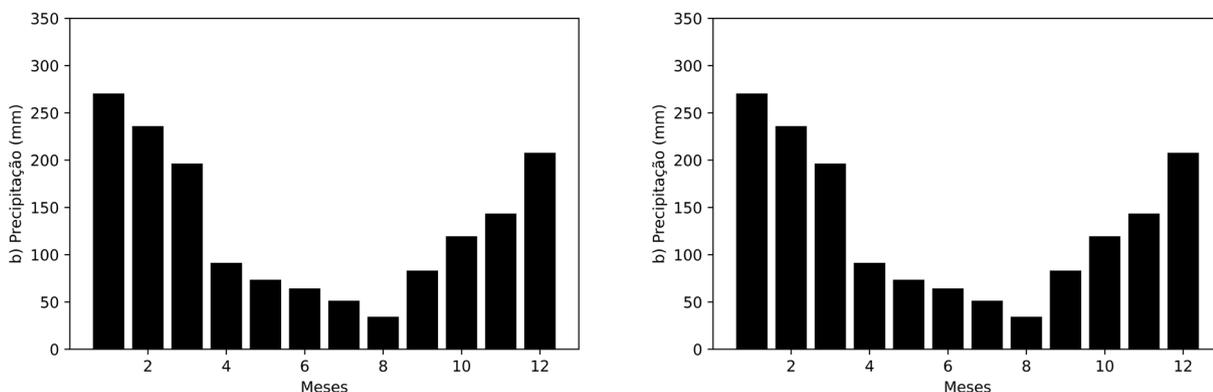


Figura 8 - Precipitação média mensal de a) Porto Alegre/RS e b) São Paulo/SP, de 01/01/1980 a 31/12/2016. **Fonte:** Autores (2021)

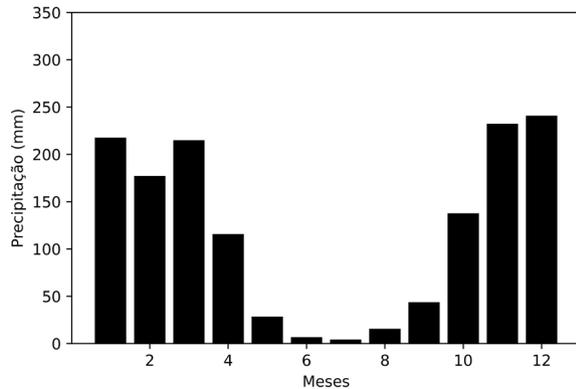


Figura 9 - Precipitação média mensal de Brasília/DF, de 01/01/1980 a 31/12/2016.
Fonte: Autores (2021)

Para estas duas cidades, Brasília e Porto Alegre, o volume do reservatório só decresceu para valores de demanda acima de 300 L/dia, sendo este decréscimo menos acentuado para a cidade de Porto Alegre. Esse fator está diretamente relacionado à uniformidade da chuva na região, uma vez que o aumento da demanda direciona o volume do reservatório para armazenamento de todo o excedente, que tende a ser uniforme ao longo do tempo, sofrendo variação diante da magnitude da mudança da demanda, em função de um acréscimo de 100 L/dia.

Por meio da análise comparativa dos seis cenários considerados, os maiores volumes de reservatórios foram obtidos, e podem ser vistos na Fig. 10, enquanto as demandas associadas a esse volume máximo estão representadas na Fig. 11.

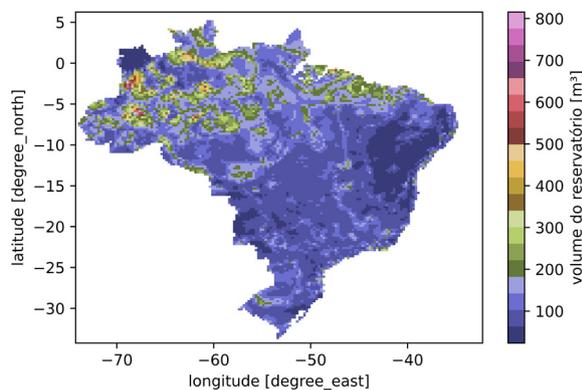


Figura 10 - Volumes máximos de reservatórios para armazenamento de água da chuva.
Fonte: Autores (2021)

Pode se observar nas Fig. 10 e 11 que na região do semiárido o maior volume de reservatório será aquele dimensionado para a menor demanda, 100 L/dia, que seria a que resulta em um maior saldo de água, quando considerada a baixa pluviometria responsável por um sistema operando prevalentemente em situação de déficit.

Já para a região Norte do país, o volume máximo ocorre, a depender da localidade, para as demandas de 400, 500 e 600 L/dia, visto que as chuvas frequentes geram uma entrada consistente de água no sistema ao longo do ano, tornando o sistema capaz de suprir 100% da demanda nos dias secos, e o reservatório maior conforme a demanda seja maior.

Na região compreendida pelas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, as demandas intermediárias, de 200 e 300 L/dia, proporcionaram os maiores volumes, o que leva a crer que maiores demandas levaram o sistema a operar em déficit, e mesmo armazenando todo o excedente, nessas situações a entrada de água no sistema não supera o saldo existente quando consideradas demandas inferiores.

Volumes de armazenamento acima de 200 m³ ocorreram pontualmente, possuindo a maior parte do país volumes abaixo de 150 m³, valor alto quando considerada a viabilidade executiva, porém corroborado em diferentes estudos com aplicação de balanços hídricos seriados (ANDRADE et al., 2019; ATHAYDE JÚNIOR, DIAS e GADELHA, 2008).

A Fig. 11 permite ainda visualizar o quanto as variáveis podem ser os critérios de dimensionamento, diante das variações climáticas existentes, e que, portanto, em um país de extensões territoriais como o Brasil, com grande variabilidade temporal e espacial das chuvas, o estudo da influência das condições de dimensionamento dos reservatórios, para armazenamento de água de chuva, deve fazer parte do estudo de viabilidade do sistema.

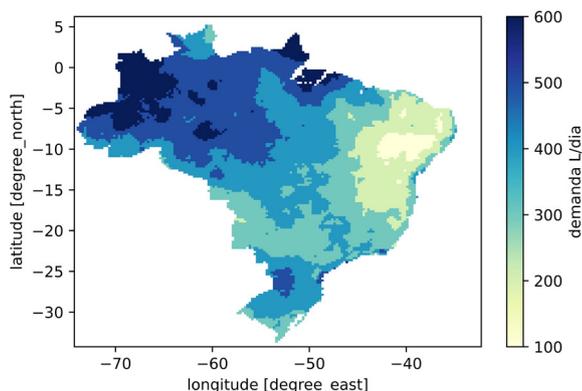


Figura 11 - Demandas associadas aos volumes máximos de reservatórios para armazenamento de água da chuva dimensionados.

Fonte: Autores (2021)

Regiões historicamente secas, como o semiárido, tenderam a concentrar os menores volumes de reservatório, com o aumento da demanda, o que mostra a necessidade de análise do percentual de demanda a ser atendida pela água da chuva, e adequação da área da superfície de captação, diante da baixa oferta pluviométrica anual.

Já regiões com chuvas mais frequentes, como a região Norte do país, resultaram nos maiores volumes de armazenamento, o que porém, torna indispensável a análise da eficiência desse volume, observando o tempo ocioso do reservatório, visto que o quesito custo é primordial na concepção desses sistemas, além dos riscos de contaminação da água crescerem com o aumento do seu tempo de detenção.

5 CONCLUSÕES

Em um país de extensões territoriais como o Brasil, com grande variabilidade temporal e espacial das chuvas, o estudo da influência das variáveis de dimensionamento dos reservatórios, para armazenamento de água de chuva, deve fazer parte do estudo de viabilidade do sistema.

Este trabalho verificou que regiões historicamente secas, como o semiárido, tenderam a concentrar os menores volumes de reservatório, com o aumento da demanda, o que mostra a necessidade de análise do percentual de demanda a ser atendida pela água da chuva, e adequação da área da superfície de captação, diante da baixa oferta pluviométrica anual.

Já regiões com chuvas mais frequentes, como a região Norte do país, resultaram nos maiores volumes de armazenamento, o que porém, torna indispensável a análise da eficiência deste volume, observando um possível superdimensionamento que resultaria em um volume ocioso para o reservatório, visto que o quesito custo é primordial na concepção desses sistemas.

A análise detalhada de cinco cidades com características pluviométricas distintas permitiu concluir que, para os valores de demanda aqui considerados, existe um valor de demanda associado a um volume máximo de reservatório a partir do qual os valores de volume decrescem, exceto na região Norte do país.

Com isso, conclui-se que as condições de dimensionamento de um sistema de armazenamento de água da chuva estão diretamente relacionadas a um volume máximo de armazenamento, mas que é necessário determinar se este corresponde ao seu volume ótimo, a fim de determinar a viabilidade técnica e econômica do sistema.

6 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Conceitualização: Silva CS; **Metodologia:** Silva CS e Athayde Junior GB; **Investigação:** Silva CS; **Redação Primeira Versão:** Silva CS; **Redação, Revisão & Edição:** Athayde Junior GB, Almeida CN e Silva CS.

7 REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 15527 - Água de chuva. - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Norma Brasileira, [s. l.], p. 8, 2007.
- ABNT. **NBR 15527 - Água de chuva. - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos.** Norma Brasileira, [s. l.], p. 10, 2019.
- AMORIM, S. V.; PEREIRA D. J. A. **Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008. ISSN 1678-8621.
- ANDRADE, A. E. F.; ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; CARNEIRO, M. A.; FERRAZ, E. K. V. Estudo da viabilidade econômica para sistema de aproveitamento de águas de chuva na sede da companhia brasileira de trens urbanos em João Pessoa / PB. In: II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana, São Paulo, 2019. **Anais...**
- ARAÚJO, J.; COHIM, E. The interference of rainfall distribution in size of rain water tanks in Bahia. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications**, V. 3, e. 10, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.5935/2447-0228.20170050>
- ATHAYDE JÚNIOR, G. B.; DIAS, I. C. S.; GADELHA, C. L. M. Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.8, n.2, p. 85-98, ISSN 1678-8621.
- BRASIL. **Plansab - Relatório de Avaliação Anual 2018** . [s. l.], 2018.
- FONSECA, V. L. A.; MENEZES FILHO, F. C. M. Estudo comparativo entre métodos de dimensionamento para reservatórios de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. **Holos Environment**. v.19, n. 2, p. 287-303, 2019.
- GURUNG, T. R.; SHARMA, A.; UMAPATHI, S. **Economics of Scale Analysis of Communal Rainwater Tanks.** Urban Water Security Research Alliance. Technical Report No . 67. [s. l.], n. 67, p. 1836-5558, 2012.
- KIM, J. E.; TEH, E. X.; HUMPHREY, D.; HOFMAN, J. Optimal storage sizing for indoor arena rainwater harvesting: Hydraulic simulation and economic assessment. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 280, p. 1-10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111847>
- KOUMOURA, K. A.; FELONI, E. G.; LONDRA, P. A.; BALTAS, E. A.; TSIHRINTZIS, V. A. Uncertainty analysis in sizing rainwater harvesting tanks in an isolated island with limited water resources. **Global Nest Journal**, [s. l.], v. 20, n. 3, p. 534-540, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.30955/gnj.002535>
- LEITE, P. A. C.; SANTOS, I. F. S. Dimensionamento Preliminar de Reservatório de Águas Pluviais para o Prédio do Instituto de Recursos Naturais (Irn- Unifei). **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.4, p. 42- 52, 2015.
- MIERZWA, J. C.; HESPANHOL, I.; SILVA, M. C. C.; RODRIGUES, L. D. B. Águas pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. **REGA**, Vol. 4, no. 1, p. 29-37, 2007.
- NOTARO, V.; LIUZZO, L.; FRENI, G. Evaluation of the optimal size of a rainwater harvesting system in Sicily. **Journal of Hydroinformatics**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 853-864, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/hydro.2017.150>
- ONDERKA, M.; PECHO, J.; NEJEDLÍK, P. On how rainfall characteristics affect the sizing of rain barrels in Slovakia. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, [s. l.], v. 32, n. October, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100747>
- SEMAAN, M.; DAY, S. D.; GARVIN, M.; RAMAKRISHNAN, N.; PEARCE, A. Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A systematic literature review. **Resources, Conservation and Recycling: X**, [s. l.], v. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>
- SILVA, E. H. B. C.; ORRICO, S. R. M. A confiabilidade do volume das cisternas da zona rural para reservar água de chuva. **Gesta**, v. 3, n. 2, p. 91-99, 2015. ISSN: 2317-563X
- SILVA, M. M. M. A.; MAIA, A. G. Equation for rainwater tank efficiency: Considering demand, roof area, tank size and pluvial regime. **Environmental Challenges**, v.3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100044>
- TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em área urbana para fins não potáveis. In: **Água Pague Menos - Capítulo 3**, [s. l.], 2010.
- UNESCO. **Relatório mundial da ONU sobre recursos hídricos**. [S. l.: s. n.], 2019.
- VUONG, N. M.; ICHIKAWA, Y.; ISHIDAIRA, H. Performance assessment of rainwater harvesting considering rainfall variations in Asian tropical monsoon climates. **Hydrological Research Letters**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 27-33, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3178/hr.10.27>
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. A. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 36, p. 2644-2659, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.4518>
- XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. An update of Xavier, King and Scanlon (2016) daily precipitation gridded data set for the Brazil. **Kemampuan Koneksi Matematis (Tinjauan Terhadap Pendekatan Pembelajaran Savi)**, [s. l.], v. 53, n. 9, p. 1689-1699, 2019.