1º HIDROGEOMINAS
SIMPÓSIO MINEIRO DE HIDROGEOMORFOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS
07 – 10 de setembro de 2026
Departamento de Geografia – UFMG
Belo Horizonte - MG

AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM MINAS GERAIS

Pâmela Rafanele França Pinto [1]
Michael Silveira Thebaldi [2]
Marina Neves Merlo [3]
Lívia Alves Alvarenga [4]

RESUMO

Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) podem ser utilizados para reduzir a demanda por água potável, suprindo a demanda não potável de uma edificação. Entretanto, o desempenho do SAAP depende das características pluviométricas locais e da própria demanda. Neste contexto, objetivou-se por meio deste trabalho a avaliação espacial da viabilidade hidrológica de implementação de SAAP em Minas Gerais, considerando uma demanda única diária por água não potável de 222,54 L dia^{-1}. O dimensionamento foi realizado por meio do algoritmo comportamental YAS considerando dados diários de precipitação de 2014 à 2023, oriundos do banco de dados BR-DWGD. Posteriormente, realizou-se Análise de Agrupamento Hierárquico para a separação dos municípios em grupos semelhantes. Os resultados mostraram que os Grupos I, II e III possuem tamanho semelhante, ocupando cerca de 32,3, 32,8 e 34,9% do estado, em ordem. Do ponto de vista hidrológico, o Grupo I foi considerado o menos interessante para o aproveitamento de águas pluviais, devido ao baixo desempenho, sendo esse localizado predominantemente na Região Norte do estado. Os Grupos II e III apresentaram características mais interessantes para o aproveitamento, sendo o Grupo II localizado no Centro-Sul. Para o Grupo III, em específico, notou-se reservatórios maiores, o que pode limitar a viabilidade de sua efetiva instalação. Para trabalhos futuros, são necessários estudos que considerem cenários climáticos para garantir o uso futuro adequado do sistema e melhoria na gestão do uso da água da chuva.

Palavras-chave: Hidrologia urbana; Gestão de recursos hídricos; Viabilidade hidrológica; Análise de agrupamento hierárquico.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população, o aumento da urbanização e o desenvolvimento socioeconômico, o uso irracional da água, aumentam a demanda hídrica (Lima *et al.*, 2022). Com as mudanças no clima, tem-se alterações nos padrões de precipitação, com variações espaço-temporal, exacerbando

[1] Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras - MG, pamela.pinto3@estudante.ufla.br;
[2] Professor adjunto da Universidade Federal de Lavras, Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Departamento de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Lavras – MG, michael.thebaldi@ufla.br.
[3] Professora substituta na Universidade Federal de Ouro Preto, Doutora em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras - MG, marina.merlo@ufop.br;
[4] Professora adjunta da Universidade Federal de Lavras Doutora em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Departamento de Recursos Hídricos – Universidade Federal de Lavras – MG, livia.aalvarenga@ufla.br;

pressões pré-existentes sobre os recursos hídricos (Clarke *et al.*, 2022; Fontana *et al.*, 2020; IPCC, 2021; Neves *et al.*, 2020; Silva; Vaz; Ghisi, 2025). Assim, torna-se necessário uma gestão mais consciente dos recursos hídricos (Silva; Vaz; Ghisi, 2025), englobando não só o uso racional de água, mas técnicas de reúso e aproveitamento de águas pluviais.

Em relação ao aproveitamento de águas pluviais, na "Lei das Águas", tem-se como objetivo a disponibilidade hídrica para a geração atual e futura, e também o incentivo a captação, preservação e aproveitamento das águas pluviais (Brasil, 1997). Neste sentido, os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) podem auxiliar na redução da vulnerabilidade e aumento da resiliência dos sistemas hídricas, frente aos cenários climáticos (Silva; Vaz; Ghisi, 2025). Por meio do SAAP pode-se haver redução do escoamento superficial direcionado à rede de drenagem, o que pode auxiliar na redução dos picos de vazões (Burns *et al.*, 2015; Kim *et al.*, 2015; Lani; Yusop; Syafiuddin, 2018).

Anteriormente à instalação do sistema é necessário avaliar se o projeto possui viabilidade e eficiência, de acordo com a variabilidade da precipitação na área e a demanda de águas não potáveis da edificação (Pinto *et al.*, 2023; Tavares *et al.*, 2022). Segundo Pinto *et al.* (2023), do ponto de vista hidrológico, pode ser vantajoso ou não o aproveitamento de águas pluviais, uma vez que as condições climáticas locais podem ser um fator limitante. Contudo, apesar de para algumas localidades o SAAP ser benéfico, o tamanho do reservatório pode inviabilizar a instalação do sistema do ponto de vista técnico, devido o reservatório ser a parte mais onerosa do SAAP (Pinto *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019).

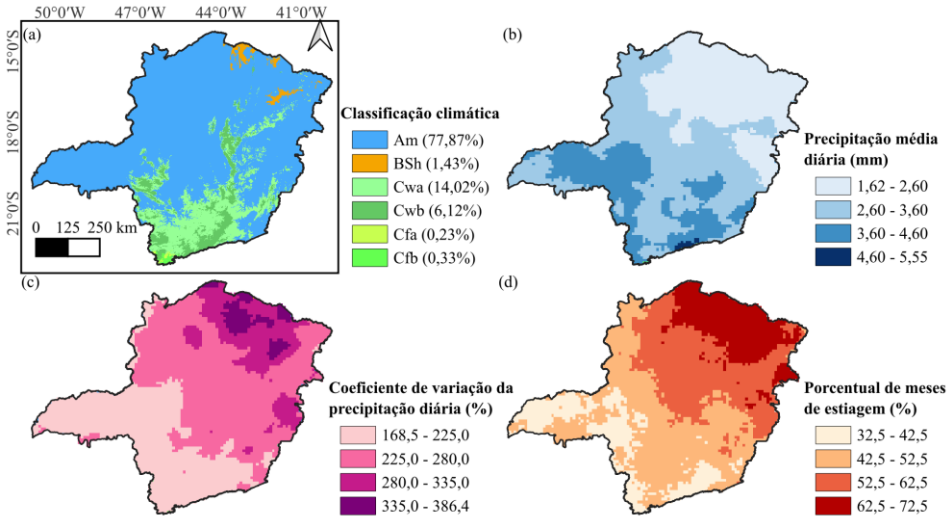
Minas Gerais é o segundo estado mais populoso e o quarto estado em maior extensão territorial do Brasil (IBGE, 2023). Apesar de ter estudos em escala local e regional sobre o aproveitamento de águas pluviais (Corrêa *et al.*, 2024; Lopes *et al.*, 2017; Pinto *et al.*, 2023; Rodrigues *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2019; Silva Neto *et al.*, 2024) em Minas Gerais, ainda não foi considerado a avaliação espacializada considerando a viabilidade de implantação do SAAP no estado como um todo. Nesse sentido, objetivou-se por meio deste trabalho a avaliação espaço-temporal do efeito do regime pluviométrico no dimensionamento e na eficiência de reservatórios para o aproveitamento de águas pluviais para o uso não potável no estado de Minas Gerais, considerando uma demanda única, para se identificar regiões do estado em que se tem viabilidade do ponto de vista hidrológico para a instalação do sistema.

ÁREA DE ESTUDO

Minas Gerais é o segundo estado mais populoso do Brasil, com uma população aproximada de 20.539.989 habitantes (IBGE, 2023). Nesse estado a classificação climática predominante é o

clima tropical (Am) e o subtropical de inverno seco com verão quente (Cwa) (Beck *et al.*, 2023) (Figura 1a). A precipitação média diária varia entre 1,62 e 5,55 mm dia^{-1} (Figura 1b) enquanto o coeficiente de variação da precipitação diária tem o intervalo 168,5 a 386,4% (Figura 1c), evidenciando uma alta variabilidade espaço-temporal da precipitação no estado. Além disso, o porcentual de meses de estiagem, ou seja, meses com precipitação inferior a 60 mm, foi de 32,5 a 72,5% (Figura 1d).

Figura 1 – Classificação climática Köppen-Geiger (Beck *et al.*, 2023) para Minas Gerais (a); precipitação média diária (b); coeficiente de variação da precipitação diária (c); e porcentual de meses de estiagem (d) (Xavier *et al.*, 2022).



MATERIAIS E MÉTODOS

As séries temporais diárias de precipitação (P) foram obtidas do banco de dados *Brazilian Daily Weather Gridded Data* (BR-DWGD), desenvolvido por Xavier *et al.* (2022; 2016). Essa base de dados tem resolução espacial de 0,1° e foi obtida por meio da interpolação de 11473 estações pluviométricas e 1252 estações meteorológicas.

Para avaliar o desempenho dos reservatórios de aproveitamento de águas pluviais em Minas Gerais, foram obtidos dados de precipitação em escala diária de 5020 pontos de grade no período entre 2014 e 2023. Em posse dos dados, foram calculadas variáveis estatísticas relacionadas às séries temporais de precipitação, sendo elas: precipitação média diária (Pd), coeficiente de variação da precipitação diária (CV) e a porcentagem de meses secos (Ps). Para a classificação de um mês seco, considerou-se aqueles com precipitação mensal inferior a 60 mm (Köppen, 1936; Pinto *et al.*, 2023).

Para o dimensionamento foi considerado uma demanda única por recurso hídrico não potável. Neste sentido, considerou-se: uma residência unifamiliar ocupada por três moradores, um área de captação (telhado) de água pluvial de 100 m^2; e um coeficiente de escoamento superficial do telhado

do edifício de 0,8 de 0,8 (Gado; El-Agha, 2020; Pinto *et al.*, 2023). Além disso, considerou-se que será feito o descarte de uma lâmina de 1 mm de água da chuva a cada três dias consecutivos sem chuva (Pinto *et al.*, 2023) e que a substituição de água potável pela água da chuva será de 40% (Gonçalves, 2009). Segundo o Relatório dos Serviços de Abastecimento de Água referente ao ano de 2024 (SINISA, 2025), o consumo médio per capita no estado de Minas Gerais foi de 185,43 L hab^{-1} dia^{-1}, portanto, considerou-se uma demanda de água pluvial de 222,54 L dia^{-1}.

Para o dimensionamento e simulação de funcionamento, foi considerado a metodologia comportamento proposta por Jenkins *et al.* (1978), por meio da aplicação de algoritmos que permitem o balanço hídrico contínuo. Para isso, considerou-se os 10 anos de dados diários de precipitação. O volume de água pluvial coletada para o uso não potável foi obtido pela Equação 1. Já para a obtenção do volume máximo e ótimo necessários, foi considerado o algoritmo de operação "*Yield After Spill*" (YAS – Produção após o transbordamento). Esse algoritmo é considerado mais conservador, uma vez que as simulações produzem reservatórios com capacidades de armazenamentos superiores, ao mesmo tempo que subestima o funcionamento do sistema (Silva Neto *et al.*, 2024). Assim, o volume para o atendimento da demanda não potável desse algoritmo foi estimado pela Equação 2 e o volume armazenado no tanque, Equação 3.

$$Q_t = P_t \times C \times A - DT_t \quad (1)$$

$$Y_t = \text{mínimo} \begin{cases} D_t \\ V_{t-1} \end{cases} \quad (2)$$

$$V_t = \text{mínimo} \begin{cases} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ S - Y_t \end{cases} \quad (3)$$

Em que: Q_t o volume de água da chuva coletada no intervalo de tempo t (m^3); P_t a precipitação no instante de tempo t (m); C é o coeficiente de escoamento superficial do telhado (adimensional); A a área da superfície de coleta de água da chuva (m^2); DT_t o descarte de água da chuva a cada três dias consecutivos sem precipitação (m^3); Y_t a quantidade de água necessária para atender a demanda no intervalo de tempo t (m^3); D_t a demanda no intervalo de tempo t (m^3); V_t o volume de água no reservatório no intervalo de tempo t; e S a capacidade máxima de armazenamento de água no reservatório.

Para a avaliação do desempenho do sistema, considerou-se dois indicadores que relacionam a oferta e a demanda hídrica do edifício por água pluvial: o coeficiente de economia de água (Eeco), que relaciona a demanda atendida pela demanda total do sistema (adimensional); e a confiabilidade plena (CP), sendo a porcentagem de dias em que a demanda é atendida completamente. Os detalhes

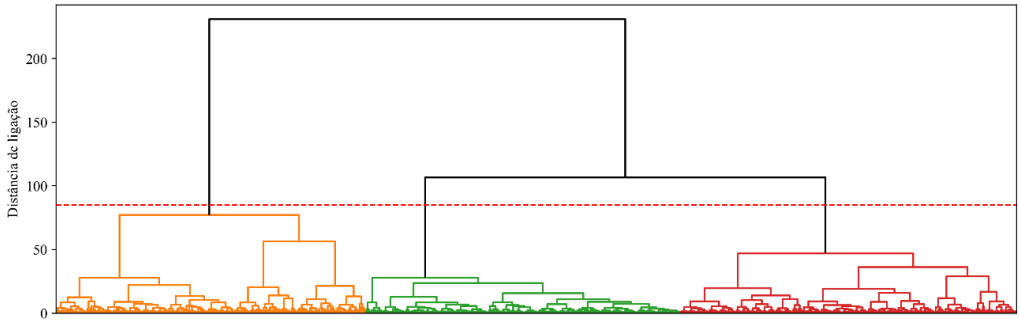
para a obtenção dos volumes (máximo e ótimo) e dos indicadores de análise do desempenho do sistema podem ser encontrados em Pinto *et al.* (2023) e em Jenkins *et al.* (1978).

Para compreender a influência das variáveis estatísticas relacionadas à precipitação (Pd, CV, Ps) e das variáveis relacionadas ao dimensionamento (volume máximo e ótimo e os indicadores de desempenho relacionados, CP e Eeco) em Minas Gerais, realizou-se a Análise de Agrupamento Hierárquico (HCA). Para tais análises, as variáveis foram padronizadas e permitiram a separação em grupos que apresentam similaridades, utilizando a distância Euclidiana e o método de Ward (Vicini *et al.*, 2018; Ward, 1963). As análises multivariadas foram realizadas usando o software Python - Versão 3.11 (Python Software Foundation, 2023), com apoio das bibliotecas "NumPy" (Harris *et al.*, 2020), "pandas" (McKinney, 2010), "SciPy" (Virtanen *et al.*, 2020), "Matplotlib" (Hunter, 2007) e "scikit-learn" (Pedregosa *et al.*, 2011). Para a separação dos grupos, considerou-se os resultados de Pinto *et al.* (2023), com a separação em três grupo a partir da HCA. Essa separação permitirá identificar regiões do estado que apresentem ou não viabilidade hidrológica para a implementação do aproveitamento de águas pluviais e regiões que possam ter os reservatórios como aspecto limitante para a instalação do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O dendrograma considerando variáveis relacionadas ao dimensionamento do reservatório de aproveitamento de águas pluviais e as variáveis estatísticas relacionadas à precipitação pode ser observado na Figura 2. Para a separação em três grupos, o corte foi realizado na distância de ligação de 85. O Grupo I (laranja) contempla cerca de 32,3% da área do estado, enquanto o Grupo II (verde), 32,8%, e o Grupo III (vermelho), 34,9%.

Figura 2 – Dendrograma de análise de agrupamento hierárquico para o estado de Minas Gerais em relação às variáveis relacionadas ao dimensionamento de reservatórios de água da chuva e variáveis estatísticas relacionadas à precipitação.

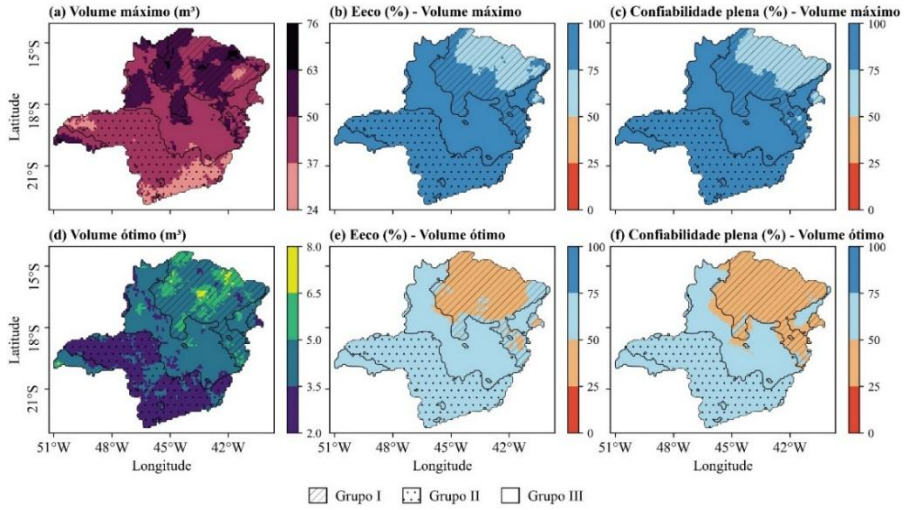


A variabilidade espaço-temporal do volume máximo e ótimo e os indicadores de desempenho do sistema de aproveitamento de águas pluviais são apresentados na Figura *3*, com as subdivisões dos

grupos. O volume máximo variou entre 24 e 76 m³, com os maiores valores em áreas da porção Norte do estado de Minas Gerais. Comportamento semelhante foi observado para o volume ótimo, variando de 2 a 8 m³. O desempenho do sistema de aproveitamento de águas pluviais simulado para o volume máximo foi superior a 50%, enquanto o desempenho considerando o volume ótimo foi de 25 a 75%.

Em relação aos agrupamentos, o Grupo I (Figura *3* – hachurado) teve predomínio na região norte do estado. Nessa região, observou-se as menores precipitações médias diárias (Figura *1*b) e os maiores coeficiente de variação da precipitação média diária (Figura *1*c) e porcentagens de meses de estiagem (Figura *1*c). Assim, notou-se que para esse agrupamento em específico, teve-se os menores desempenho, o que foi mais notório principalmente para o Eeco e a confiabilidade plena para o volume ótimo (Figura *3*e e 3f).

Figura 3 – Variabilidade espaço–temporal do volume máximo (a) e volume ótimo d), coeficiente de eficiência de economia de água (Eeco) (b, e) e confiabilidade plena (c, f) para o volume máximo e ótimo, respectivamente e separação dos grupos obtidos pela Análise de Agrupamento Hierárquico.



Do ponto de vista hidrológico, não é viável a implementação do sistema para o Grupo I, sabendo que o desempenho pode ser limitada pelas condições climáticas (Imteaz; Ahsan; Shanableh, 2013). Tal questão foi observada para esse agrupamento, uma vez que mesmo com maiores volumes de armazenamento de reservatórios, não se verifica ganho expressivo em suas eficiências, ou seja, as menores pluviosidades fazem com que o sistema não supra as demandas (Rashidi Mehrabadi; Saghafian; Haghighi Fashi, 2013). Devido à baixa disponibilidade hídrica dessa região, técnicas descentralizadas de abastecimento poderiam oferecer um complemento de água para o suprimento da demanda. Entretanto, ao se utilizar o sistema de aproveitamento de águas pluviais, a eficiência seria baixa.

O Grupo II, localizado mais na região centro-sul do estado, se encontra em região com menor variabilidade temporal da precipitação e porcentagem de meses de estiagem e maior precipitação média diária do estado. Em relação ao volume, para a região desse grupo obteve-se a menor média dos volumes máximos e ótimos do estado, com destaque para o volume ótimo. Além disso, teve-se os melhores desempenhos do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Para esse grupo, o aproveitamento de águas pluviais é benéfico. O bom desempenho dos sistema, ou seja, atendimento da demanda, depende da própria demanda, da área de captação e a distribuição temporal da precipitação (Imteaz *et al.*, 2015; Shiguang; Yu, 2021). Para esse agrupamento, as condições climáticas não foram um fator limitante e a menor variabilidade temporal da precipitação, auxiliou no atendimento a demanda.

Em contrapartida, o Grupo III apresentou comportamento intermediário entre os grupos: não apresentou desempenho comparável ao Grupo II, mas foi superior ao Grupo I. Em algumas localidades, como na região central e noroeste do estado, foi obtido desempenho comparável com o Grupo II, contudo, notou-se que os volumes máximo e ótimo foram superiores no Grupo III, sendo essa uma questão que pode inviabilizar a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Assim, para esse grupo, o aproveitamento pode ser vantajoso, mas apresentar limitações técnicas e econômicas.

Pinto *et al.* (2023) analisaram a viabilidade hidrológica de 12 municípios mineiros, com uma demanda de água pluvial de 240 L dia^{-1}. Para os municípios localizados nas mesorregiões do Vale do Jequitinhonha e do Mucuri, norte e nordeste mineiro, o aproveitamento foi considerado inviável. Os demais municípios foram enquadrados no Grupo III, em que se pode ser vantajoso, contudo, tem-se grandes reservatórios.

Ademais, antes de realizar a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, devido às possíveis alterações nos padrões de precipitação e na frequência de ocorrência de eventos extremos (Alvarenga *et al.*, 2025, 2026; Clarke *et al.*, 2022; Fontana *et al.*, 2020; IPCC, 2021; Neves *et al.*, 2020; Silva; Vaz; Ghisi, 2025), deve-se considerar os efeitos que as mudanças climáticas podem gerar na operação do sistema, a fim de garantir que o seu uso terá resultados satisfatório.

CONCLUSÕES

As variáveis estatísticas relacionadas à precipitação (precipitação média diária, coeficiente de variação e porcentagem de meses secos) influenciaram no dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) e na separação dos agrupamentos pela Análise de Agrupamento Hierárquico, o que possibilitou a separação do estado em três agrupamentos. De modo

geral, as áreas com menores precipitação média diária e com alto coeficiente de variação e porcentagem de meses mais secos apresentaram desempenho inferior do SAAP. Isso foi observado para o Grupo I que, do ponto de vista hidrológico, não se tem vantagem no aproveitamento de águas pluviais, devido ao baixo desempenho relacionado às condições climáticas locais, sendo esse grupo localizado mais ao norte de Minas Gerais.

Já para o Grupo II, o aproveitamento é benéfico, com desempenho superior a 75% para o volume máximo e entre 50-75% para o volume ótimo, localizado na região Centro-Sul do estado. O Grupo III, teve desempenho semelhante ao Grupo II, em que, do ponto de vista hidrológico é vantajoso a implementação do sistema. Contudo, para o Grupo III, os reservatórios dimensionados foram maiores, o que pode tornar inviável sua execução.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pela concessão de bolsa pela FAPEMIG e pelo apoio financeiro prestado ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e para participação no evento pela FAPEMIG e CAPES (código 001) e pelo financiamento das agências CNPq (305295/2021-7) e FAPEMIG (APQ-00709-21).

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, C. M. de *et al.* Meteorological Droughts in the Paraopeba River Basin: Current Scenarios and Future Projections. **Land**, v. 14, n. 10, p. 2093, 2025.

ALVARENGA, C. M. de *et al.* Impacts of Climate Change on the Hydrology of a Highly Disturbed Tropical River Basin. **Earth**, v. 7, n. 2, p. 52, 2026.

BECK, H. E. *et al.* High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. **Scientific Data**, v. 10, n. 1, p. 724, 2023.

BRASIL. **Lei n° 9433/1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BURNS, M. J. *et al.* The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. **Hydrological Processes**, v. 29, n. 1, p. 152–160, 2015.

CLARKE, B. *et al.* Extreme weather impacts of climate change: an attribution perspective. **Environmental Research: Climate**, v. 1, n. 1, p. 012001, 2022

CORRÊA, J. A. P. *et al.* Fitting and suitability of mathematical models for the practical design of rainwater harvesting reservoirs for the state of Minas Gerais, Brazil. **Sustainable Water Resources Management**, v. 10, n. 4, p. 136, 2024.

FONTANA, M. D. *et al.* The water-energy-food nexus research in the Brazilian context: What are we missing? **Environmental Science & Policy**, v. 112, p. 172–180, 2020.

GADO, T. A.; EL-AGHA, D. E. Feasibility of rainwater harvesting for sustainable water management in urban areas of Egypt. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 26, p. 32304–32317, 2020.

GONÇALVES, R. F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HARRIS, C. R. *et al.* Array programming with NumPy. **Nature**, v. 585, n. 7825, p. 357–362, 2020.

HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D Graphics Environment. **Computing in Science & Engineering**, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **CENSO 2022**. IBGE, 2023.

IMTEAZ, M. A.; AHSAN, A.; SHANABLEH, A. Reliability analysis of rainwater tanks using daily water balance model: Variations within a large city. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 77, p. 37–43, 2013.

IMTEAZ, M. A. *et al.* Climatic and spatial variability of potential rainwater savings for a large coastal city. **Resources, Conservation and Recycling,** v. 105, p. 143–147, 2015.

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Summary for Policymakers**. In: MASSON-DELMOTTE, V. *et al.* (orgs.). Climate Change 2021 – The Physical Science Basis. Contribution of Working Group, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2021.

JENKINS, D. *et al.* **Feasibility of Rainwater Collection Systems in California**. Oakland: California Water Resources Center, 1978.

KIM, Y. *et al.* Design method for determining rainwater tank retention volumes to control runoff from building rooftops. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 19, n. 6, p. 1585–1590, 2015.

KÖPPEN, W. **Das geographisca System der Klimate**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

LANI, N. H. M; YUSOP, Z.; SYAFIUDDIN, A. A Review of Rainwater Harvesting in Malaysia: Prospects and Challenges. **Water**, v. 10, n. 4, p. 506, 2018.

LIMA, C. E. S. *et al.* Anthropic Changes in Land Use and Land Cover and Their Impacts on the Hydrological Variables of the São Francisco River Basin, Brazil. **Sustainability**, v. 14, n. 19, 2022.

LOPES, V. A. R. *et al.* Performance of rainwater harvesting systems under scenarios of non-potable water demand and roof area typologies using a stochastic approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 148, p. 304–313, 2017.

MCKINNEY, W. **Data Structures for Statistical Computing in Python**. In: Proceedings of the 9th Python in Science Conference. p. 56–61, 2010.

MEHRABADI, M. H. R.; SAGHAFIAN, B.; FASHI, F. H. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 86–93, 2013.

NEVES, G. L. *et al.* Evaluation of the impacts of climate change on streamflow through hydrological simulation and under downscaling scenarios: case study in a watershed in southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 11, p. 707, 2020.

PEDREGOSA, F. *et al.* Scikit-learn: Machine Learning in Python. **Journal of Machine Learning Research**, v. 12, p. 2826–2830, 2011.

PINTO, P. R. F.; *et al.* Influence of the Temporal and Spatial Variability of Rainfall on the Sizing of Tanks for Rainwater Harvesting in Brazil: A Multivariate Analysis. **International Journal of Civil Engineering**, v. 21, n. 3, p. 409–425, 2023.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python Language Reference**, version 3.11.

RODRIGUES, L. V. *et al.* Viabilidade do aproveitamento domiciliar de águas pluviais em municípios de regimes pluviométricos distintos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1575–1592, 2020

SHIGUANG, C.; YU, Z. Water saving potential and economic viability assessment of rainwater harvesting system for four different climatic regions in China. **Water Supply**, v. 21, n. 1, p. 386–400, 2021.

SILVA, C. R. *et al.* Análise técnica e econômica da captação e uso de águas pluviais em uma edificação com diferentes tipos de coberturas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 14, p. 911–930, 2019.

SILVA, M. C. S.R.; VAZ, I. C. M.; GHISI, E. Rainwater Harvesting in Social Housing: An Analysis Across Twelve Cities in Brazil. In: The 8th International Electronic Conference on Water Sciences. Basel Switzerland: **MDPI**, 2025.

SILVA NETO, V. *et al.* Practical design of reservoirs for rainwater use in buildings in Brazil: behavioural analysis and modelling. **Water Supply**, 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES EM SANEAMENTO BÁSICO. **Relatório dos Serviços de Abastecimento de Água - SINISA 2025- ano de referência 2024.** Brasilia: SNSA, 2025.

TAVARES, L. C *et al.* Socioeconomic potential for rainwater harvesting systems in southern Brazilian municipalities. **Water Supply**, v. 22, n. 1, p. 14–30, 2022.

VICINI, L.; SOUZA, A. M.; MORALES, F. E. C.; SOUZA, F. M. **Técnicas multivariadas exploratórias: teorias e aplicações no Software Statistica**. Santa Maria: ED. UFSM, 2018.

VIRTANEN, P. *et al.* SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. **Nature Methods**, v. 17, n. 3, p. 261–272, 2020.

WARD, J. H. Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236–244, 1963.

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016.

XAVIER, A. C. *et al.* New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). **International Journal of Climatology**, v. 42, n. 16, p. 8390–8404, 2022.