



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA: UM LEVANTAMENTO BIBLIOMÉTRICO

Comparison between methods for sizing building cold water systems: a bibliometric survey

Comparación entre métodos de dimensionamiento de sistemas de agua fría en edificios: un estudio bibliométrico

Rafael Krüegel Leite^{1*}, Heber Martins de Paula², & Wellington Andrade da Silva³

¹ Universidade Federal de Catalão (UFCAT), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC)

¹ rafael.kruegel@discente.ufcat.edu.br ² heberdepaula@ufcat.edu.br ³ wellington_andrade@ufcat.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 09.10.2025

Aprovado: 05.03.2026

Disponibilizado: 25.06.2026

PALAVRAS-CHAVE: Água fria; vazão de projeto; modelos de dimensionamento.

KEYWORDS: Cold Water; design flow rate; sizing models.

PALABRAS CLAVE: Agua fría; caudal de diseño; modelos de dimensionamiento.

*Autor Correspondente: Rafael, K. L.

RESUMO

Mesmo com a atualização da NBR 5626 em 2020, o dimensionamento dos Sistemas Prediais de Água Fria (SPAF), majoritariamente, ainda é feito por métodos empíricos, em especial, pelo método dos pesos método alemão. O presente artigo apresenta um mapeamento sistemático da literatura, cujo objetivo é identificar e consolidar as principais tendências e desafios acerca dos modelos de dimensionamento de SPAF. O método empregado para o levantamento qualitativo e quantitativo de publicações até o ano de 2025 seguem as diretrizes do Parsifal, que se trata de uma ferramenta on-line para a análise de dados e pesquisas. E, de acordo com o estudo realizado, foi possível chegar a resultados que comprovam a grande tendência das pesquisas ao redor do mundo sobre os novos métodos de dimensionamento que, mesmo sendo mais complexos, do ponto de vista matemático, conclui-se que eles geram vazões reais menores, de 25 a 63% e por conseguinte uma maior economia ao cliente final.

ABSTRACT

Even with the update of NBR 5626 in 2020, the sizing of Cold-Water Building Systems (CWBS) is still mostly carried out using empirical methods, particularly the German

weighting method. This article presents a systematic literature mapping, whose objective is to identify and consolidate the main trends and challenges regarding CWBS sizing models. The method employed for the qualitative and quantitative survey of publications up to the year 2025 follows the guidelines of Parsifal, which is an online tool for data analysis and research. According to the study conducted, it was possible to obtain results that confirm the strong global research trend toward new sizing methods which, although mathematically more complex, were found to generate lower actual flow rates by 25% to 63% and, consequently, greater savings for the end customer.

RESUMEN

Aun con la actualización de la NBR 5626 en 2020, el dimensionamiento de los Sistemas Prediales de Agua Fría (SPAF) todavía se realiza, en su mayoría, mediante métodos empíricos, en especial, por el método de los pesos o método alemán. El presente artículo presenta un mapeo sistemático de la literatura, cuyo objetivo es identificar y consolidar las principales tendencias y desafíos en torno a los modelos de dimensionamiento de SPAF. El método empleado para el levantamiento cualitativo y cuantitativo de publicaciones hasta el año 2025 sigue las directrices de Parsifal, que es una herramienta en línea para el análisis de datos e investigaciones. De acuerdo con el estudio realizado, fue posible obtener resultados que comprueban la fuerte tendencia de las investigaciones alrededor del mundo hacia los nuevos métodos de dimensionamiento que, aun siendo más complejos desde el punto de vista matemático, permiten concluir que generan caudales reales menores, entre un 25% y un 63%, y, por consiguiente, un mayor ahorro para el cliente final.

INTRODUÇÃO

A partir do século XX, vários estudos e pesquisas foram realizadas com o intuito de aperfeiçoar os métodos de dimensionamento de vazões em Sistemas Prediais de Água Fria (Wistort, 1994). Com isso, diversas variáveis como fatores climáticos e fisiológicos, tipologia da edificação, disposição dos aparelhos sanitários na edificação, atividades e rotinas dos usuários, classe social, dentre outros, passaram a ser consideradas, tendo em vista essa necessidade de se obter modelos matemáticos mais representativos e realistas.

Inicialmente os métodos empíricos tiveram grande destaque, em especial o método de Timmis (1922) e o método Alemão (1940). Já concernente aos modelos probabilísticos, o modelo de Hunter (1940) se destaca, sendo até hoje amplamente utilizado em países como EUA, Inglaterra e Japão. No entanto, essas formulações geram vazões de projeto superestimadas e, por conseguinte, antieconômicas.

A necessidade do processo de transição para métodos mais sofisticados é perceptível quando existe comparação entre modelos empíricos, probabilísticos e simulação computacional, evidenciando o ganho econômico através da utilização de formulações mais precisas.

Considerando a atualização da NBR 5626 em 2020 e essa confluência alusiva ao aperfeiçoamento dos métodos de dimensionamento a fim de se obter projetos mais otimizados, este trabalho tem como objetivo investigar e avaliar o cenário das pesquisas e trabalhos publicados em 3 grandes bases de busca (Capes, Scopus e Web of Science) até o corrente ano, para que seja possível realizar um levantamento bibliométrico diante dos resultados encontrados e contribuir através da verificação das tendências de pesquisas da comunidade acadêmica internacional acerca desse assunto, bem como identificar as principais dificuldades quanto a adoção das novas metodologias de dimensionamento.

METODOLOGIA

Uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) tem como principal característica a redução de vieses e a seleção criteriosa e estruturada de estudos imprescindíveis para uma análise quantitativa e qualitativa de uma pesquisa. Já um Mapeamento Sistemático consiste, resumidamente, no levantamento, em especial, do quantitativo aderente dos artigos ao tema da pesquisa, ou seja, o foco é mais bibliométrico. Após a aplicação da metodologia descrita a seguir, objetivou-se responder as três questões de pesquisa:

- Quais os métodos de dimensionamento mais utilizados atualmente?
- Quais os principais desafios para a difusão dos modelos de dimensionamento que mais se aproximam das vazões reais?
- Quais países, autores e períodos que mais se destacam referente ao assunto da pesquisa?

Assim, inicialmente considerou-se parâmetros norteadores, seguindo a seguinte sequência:

- Formação da expressão lógica ou *string* de busca conforme metodologia proposta por Bailey et al. (2007) e Petersen et al. (2008). A tabela sinótica elucida bem o método mencionado que separa a formação das palavras-chave em três grupos por ordem de relevância. O primeiro grupo refere-se ao valor da pesquisa e já restringe bastante o campo de busca relacionado ao tema. O segundo tem mais enfoque aos detalhes da pesquisa e por isso é chamado de objeto, e por fim, o terceiro conjunto de palavras são aquelas que filtra ainda mais a pesquisa e podem possuir ou não ligação direta ao assunto estudado. O asterisco indica que foi usado a parte do radical da palavra na busca com o objetivo de abranger o maior número de variações possíveis da palavra (Figura 1).

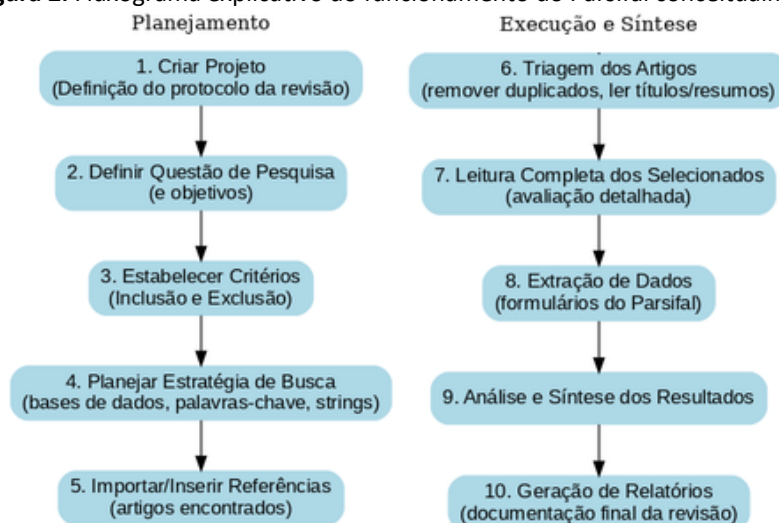
Figura 1. Conjunto de palavras-chave utilizadas para a formação da expressão lógica principal

Primeiro grupo de palavras - Valor (restrição de tema)	Palavras - Chave (building* OR plumbing OR water)	
	Prediais	building*
	Tubulação/encanamento*	plumbing
	Água	water
Segundo grupo de palavras - Objeto (escopo da pesquisa)	Palavras - Chave (demand OR "end use" OR supply)	
	Demanda	demand
	Usos finais	End use
	Suprimento	supply
Terceiro grupo de palavras - Contribuição (são aquelas palavras que estão relacionadas à principal contribuição da pesquisa)	Palavras - Chave (mode* OR simula* OR computa*)	
	Modelagem	model*
	Simulação	simula*
	Computacional	computa*
EXPRESSÃO LÓGICA	(building* + plumbing + water) AND (demand OR "end use" OR supply) AND (mode* OR simula* OR computa*)	

Fonte: Autores (2025). Método proposto por Bailey et al. (2007) e Petersen et al. (2008).

- ii. Definição das bases de dados, que, para o presente estudo foi considerado o Portal de Periódicos da Capes, Scopus e Web of Science - WoS, sem limitação quanto ao primeiro ano para a obtenção de artigos, porém restringido até o ano de 2025. Essa decisão foi tomada com o intuito de que artigos seminais e autores importantes fossem abarcados pela pesquisa;
- iii. Utilizou-se a ferramenta Parsifal, que é um software gratuito de apoio para mapeamento e revisões sistematizadas da literatura para a seleção de artigos aderentes à pesquisa (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma explicativo do funcionamento do Parsifal conceitualmente



Fonte: Autores (2025).

É importante ressaltar que a expressão lógica padrão adotada passa por sutis ajustes para se enquadrar na base em que está sendo realizada a pesquisa (Figura 3).

Figura 3. Ajuste da expressão lógica principal de acordo com a base de dados em que foi pesquisada

BASE DE DADOS	QUERY	DATA DA BUSCA
CAPIES	(building* AND plumbing AND water) AND (demand OR "end use" OR supply) AND (model* OR simula* OR computa*)	08/09/2025
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY(building* AND plumbing AND water) AND TITLE-ABS-KEY(demand OR "end use" OR supply) AND TITLE-ABS-	08/09/2025
WEB OF SCIENCE	TS=((building* AND plumbing AND water) AND (demand OR "end use" OR supply) AND (model* OR simula* OR computa*))	08/09/2025

Fonte: Autores (2025).

O nível de aderência dos artigos ficou condicionada a três possíveis respostas com suas respectivas pontuações para quatro questões fundamentais. Para toda resposta “sim” somar-se-á 1,0 ponto, “parcialmente” 0,5 e “não” 0,0 ponto. As 4 questões basilares foram:

- 1) O artigo/estudo tem a ver com a pesquisa?
- 2) O artigo aparenta estar bem explicado?
- 3) O artigo é um estudo de caso? Se por acaso não seja (um estudo de caso) o artigo é importante, isto é, tem alto valor de contribuição à pesquisa mesmo sendo um estudo de abordagem convencional?
- 4) O artigo foi citado muitas vezes em outros trabalhos? (Se, o artigo foi citado até 5 vezes, foi considerado como pouco citado, ou seja, atribuído “não” como resposta, de 6 até 10 vezes, ele foi avaliado como moderadamente citado, isto é, atribuído “parcialmente”, e, por fim, se o número de citações do artigo foi maior do que 10, foi respondido como “sim”, ou seja, a partir de 11 citações o artigo foi conceituado como muito citado.

Referente à extração de dados, as informações coletadas para o levantamento bibliométrico:

- Autores;
- Data da publicação;
- País de origem do trabalho;
- Método empregado (subdividido em: análise de consumo, empírico, probabilístico, semiprobabilístico ou simulação computacional).

Alusivo à seleção dos estudos aderentes ou não à pesquisa, a primeira análise feita é pelo título, caso ainda houvesse dúvidas quanto a pertinência do trabalho, foi realizada uma segunda análise, que é alusivo às palavras-chave, e, se ainda persistisse desconfiança quanto a aderência do artigo, uma terceira verificação foi feita, e desta vez pela leitura do resumo.

Como se trata de um levantamento bibliométrico, todos os artigos foram considerados, ou seja, contabilizados no mapeamento, porém, vale ressaltar que todos, com exceção de 1 artigo não era possível o acesso à sua versão completa, que é de 1980, cujo autor é Konen Thomas P. com o título: Modifying the Hunter Method - EUA.

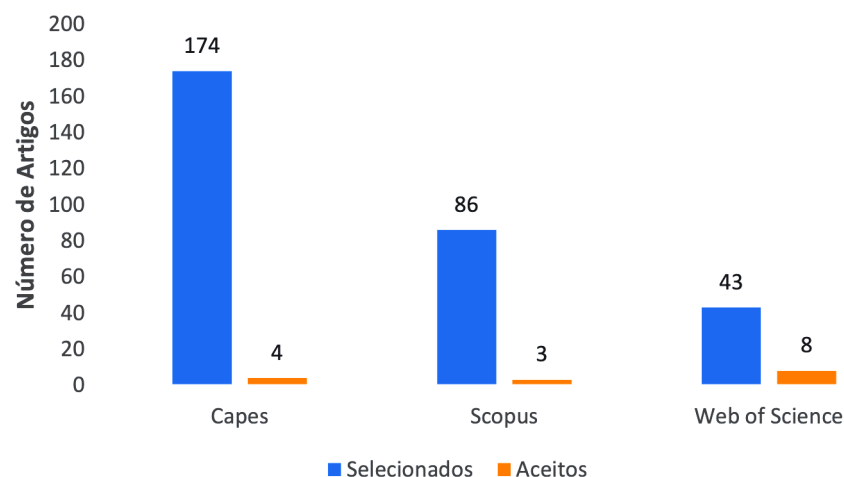
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a inclusão das palavras-chave com as respectivas especificidades de cada base de dados, foi obtido o seguinte retorno quanto ao número de artigos pesquisados:

- **Capes:** 174
- **Scopus:** 86
- **Web of Science - WoS:** 43

Esses artigos foram importados em formato Bibtex file para o Parsifal e, por conseguinte, foi feita a análise dos 303 artigos, a começar pelo título, depois palavras-chave, e por último, o resumo, caso o artigo apresentasse dúvidas com relação a sua aderência ou não nas duas primeiras verificações. Dos 303 estudos, foram rejeitados 288 artigos e aceitos 15, dos aceitos, 4 são da Capes, 3 da Scopus e 8 WoS. Também, muitos artigos foram rejeitados porque a grande maioria aborda sobre consumo de água fria, no entanto correlacionam essa temática da pesquisa à potabilidade da água, bem como a presença de bactérias nas tubulações, temperatura da água dentro dos canos, o que não é o foco desta pesquisa (Gráfico 1).

Gráfico 1. Relação entre número de artigos gerados por base de dados versus artigos aceitos



Fonte: Autores (2025).

A partir disso, foram respondidas as 4 questões (citadas na metodologia) para a análise quanto ao nível de aderência e atribuído peso 1,0 para resposta “sim”, 0,5 para resposta “parcialmente” e peso 0,0 para resposta “não”. O número de artigos que obtiveram 4 pontos (pontuação máxima) foi de 5, estes indicaram alta pertinência ao assunto pesquisado. Outros 4 artigos tiveram pontuação de 3,5, ou seja, uma boa nota, mostrando relevante aderência ao assunto. 3 estudos tiveram pontuação de 3,0. 1 artigo recebeu pontuação de 2,5 e outros 2 receberam 2,0 pontos (Figura 4).

Figura 4. Lista dos 303 artigos após análise e coletados nas 3 bases de dados (Capes, Scopus e WoS)

Título do Artigo	Autores	Data da publicação	País	Método empregado	Pontuação
Modeling water consumption and flow rates for flushing water systems in high-rise residential buildings in Hong Kong	Wong, L.T.; Mui, K.W.	2007	China	Análise de consumo, Probabilístico	4,0
Discharge demand analysis on a drainage stack for residential buildings	Wong, L.T.; Mui, K.W.	2006	China	Análise de consumo, Probabilístico	4,0
Correlation between water consumption and the operating conditions of plumbing fixtures in public buildings	Gonçalves, Felipe and Kalbusch, Andreza and Henning, Elisa	2018	Brasil	Análise de consumo, Probabilístico	3,5
Epistemic demand analysis for fresh water supply of Chinese restaurants	Mui, KW and Wong, LT and Yeung, MK	2008	China	Análise de consumo, Probabilístico	3,5
Determination of Fixture-Use Probability for Peak Water Demand Design Using High-Level Water End-Use Statistics and Stochastic Simulation	Josey, Brendan M. and Gong, Jinzhe	2023	Austrália	Análise de consumo, Probabilístico	2,0
Residential water demand modelling and hydraulic reliability in design of building water supply systems: a review	Mangalekar, R. D. and Gumaste, K. S.	2021	Índia	Análise de consumo, Probabilístico, Simulação Computacional	4,0
A methodology to simulate peak water demand for water supply systems using semi-direct methods: A case study for a residential building in Mexico	Cortez-Lara, Pedro and Gress, Eva Selene Hernandez and Ballinas-Gonzalez, Romeo and Sanchez, Benjamin	2024	México	Análise de consumo, Semiprobabilístico	2,5
Comparing Actual and Designed Water Demand in Australian Multilevel Residential Buildings	Josey, Brendan M. and Buchberger, Steven G. and Gong, Jinzhe	2023	Austrália	Probabilístico	3,5
Comparing the Hydraulic Performance of Cold-Water Premise Plumbing Systems Designed Based on Traditional and Modern Peak Demand Estimates	Josey, Brendan M. and Gong, Jinzhe	2025	Austrália	Empírico, Probabilístico, Simulação Computacional	3,0
FIS-based approach to estimate probable flows for sizing pipes in building water supply systems	Mangalekar, Rohit and Gumaste, Krishnakedar	2023	Índia	Simulação Computacional	3,0
Probability of Water Fixture Use during Peak Hour in Residential Buildings	Omaghomi, Toritseju and Buchberger, Steven and Cole, Daniel and Hewitt, Jason and Wolfe, Timothy	2020	EUA	Análise de consumo, Probabilístico, Semiprobabilístico	4,0
Estimating peak water demand: Literature review of current standing and research challenges	Hobbs, Ian and Anda, Martin and Bahri, Parisa A.	2019	Austrália	Análise de consumo, Probabilístico, Simulação Computacional	4,0
The Impact of Building Occupancy on Water Demand Characteristics in Residential Buildings: A Sensitivity Analysis	Josey, Brendan M. and Gong, Jinzhe	2024	Austrália	Análise de consumo	3,0
Modelling characteristic values for non-residential water demand	Pieterse-Quirjns, E. J. and Blokker, Mirjam and Vreeburg, Ir J.H.G. and Blom, E. V D	2012	Holanda	Análise de consumo	3,5
Modifying the Hunter Method	Konen, Thomas P.	1980	EUA	Probabilístico	2,0

Fonte: Autores (2025).

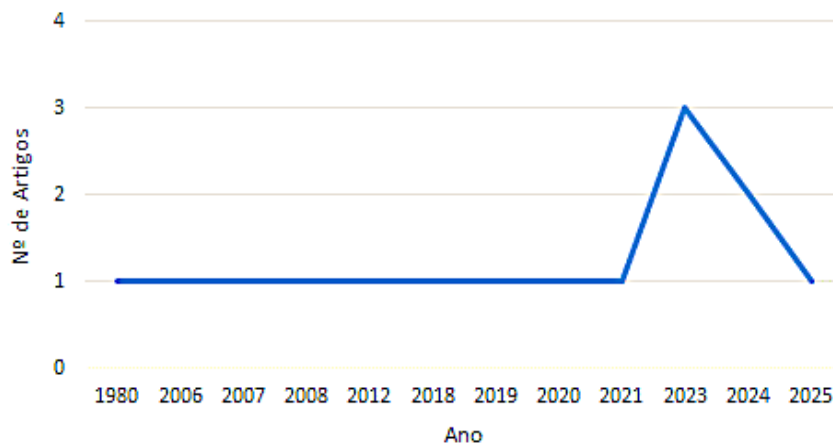
Através dos artigos selecionados é possível também apurar qual foi o método ou assunto mais abordado nesse mapeamento (Figura 5).

Figura 5. Assuntos ou métodos mais abordados nos artigos pesquisados

Assunto/Método	Nº de Artigos que abordaram
Análise de Consumo	11
Empírico	1
Semiprobabilístico	2
Probabilístico	11
Simulação Computacional	4

Fonte: Autores (2025).

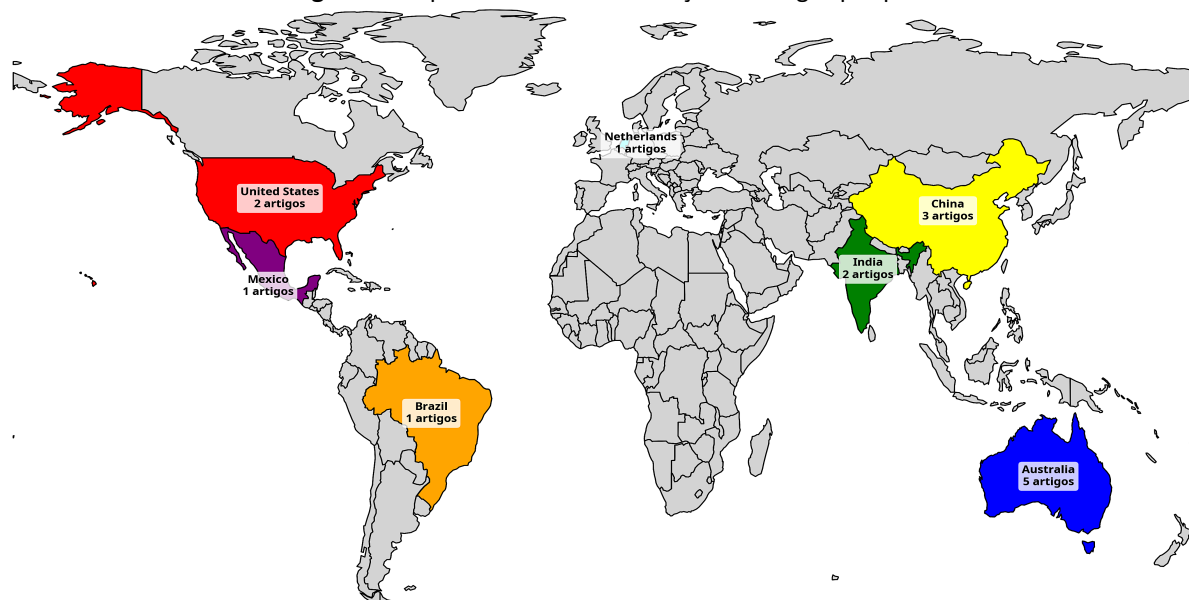
Nota-se que a utilização de modelos probabilísticos e análise de consumo é o assunto mais abordado pelas pesquisas sobre SPAF, e, em seguida, com 4 registros, a simulação computacional vem ganhando destaque, possivelmente por sua maior precisão (Gráfico 2).

Gráfico 2. Relação entre número de artigos com o ano de sua publicação

Fonte: Autores (2025).

Após o período pandêmico, posteriormente à 2020, houve uma crescente com relação ao número de artigos publicados. Supostamente a explicação para esse aumento se deve ao fato de que as pessoas ficaram mais tempo dentro de suas residências e, consequentemente, ter aumentado a frequência de utilização do sistema predial de água fria, gerando assim um ponto de reflexão quanto a eficiência das instalações de água que, provavelmente foram dimensionadas por modelos antiquados/ultrapassados. Já em relação ao número de artigos com publicação aderentes por país, é possível verificar que nações, como Austrália e China, se destacam quando comparadas com as demais (Figura 6).

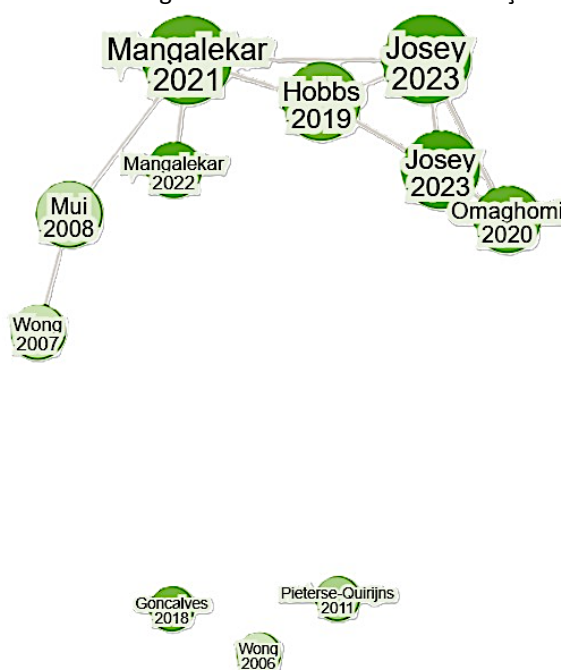
Figura 6. Mapa-múndi com distribuição de artigos por país



Fonte: Autores (2025).

Através do Research Rabbit nota-se a relação de citações entre os principais pesquisadores do assunto. Autores australianos, chineses e indianos são os mais citados entre si, evidenciando a relevância desses países nesse campo de pesquisa e colocando o ocidente como destaque e referência em pesquisas voltadas para sistemas prediais de água fria (Figura 6).

Figura 6. Ligação entre os artigos selecionados através da citação entre os autores



Fonte: Autores (2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fim de responder as questões que motivaram a origem desse estudo pautadas no início da metodologia e que estão relacionadas à análise de consumo e modelos de dimensionamento de sistemas prediais de água fria, foi possível, ao concluir essa pesquisa, averiguar que nos últimos 5 anos, nas bases de dados usadas (Capes, Scopus e Web of Science), houve um crescente alusivo a produção de trabalhos científicos sobre análise de consumo, método probabilístico e simulação computacional. Tal tendência pode estar relacionada às mudanças de comportamento dos usuários nas edificações, bem como na transição para o início da utilização de modelos mais precisos, econômicos e otimizados pelos projetistas e pesquisadores em escala global. Todavia, é importante ressaltar que, quanto mais avançado o método empregado, mais complexas são suas formulações matemáticas e, por conseguinte, mais difícil ser adotado pelos projetistas, que devido a isso, ainda insistem em modelos mais simples, porém antieconômicos e geradores de vazões superestimadas, aumentando o diâmetro das tubulações e conexões, potência de bombas, volume de reservatórios, válvulas redutoras de pressão, medidores de sistemas de medição individualizada, dentre outros.

Assim, pode-se considerar que o principal desafio para que modelos mais precisos sejam difundidos está diretamente ligado à sua complexidade. Cabe salientar que as universidades e institutos, responsáveis pela formação de (novos) projetistas devem ser as primeiras esferas a aderir essa migração para modelos melhores, que aliam eficiência e economicidade. Cita-se estudo de Omaghomi et al. (2020), que comprovou e sugeriu a mudança ou melhora no modelo adotado para o dimensionamento de SPAF. O estudo dos referidos autores sobre o uso de água em ambientes internos de mais de 1000 residências nos EUA, após a combinação de vários resultados da utilização de água em horários de pico, concluiu que apenas de 0,5% a 5,5% das residências utilizam simultaneamente aparelhos sanitários e o consumo em edifícios residenciais multifamiliares, o intervalo tende a diminuir e se aproximar do limite mínimo inferior (que é 0,5%).

Os países que mais se destacaram quanto a produção de artigos referentes ao tema dessa pesquisa foram os ocidentais, com destaque para Austrália em que foram encontrados 5 artigos, sendo todos a partir do ano de 2019, comprovando a movimentação desse país para a difusão de métodos mais precisos, visto que todos os 5 artigos abordavam sobre análise de consumo, métodos probabilísticos e simulação computacional para o dimensionamento de vazões de projeto. Nesse mapeamento, a China se destacou por se colocar como uma das precursoras desse tipo de estudo, pois desde 2006, passando por 2007 e 2008, publicando artigos por pesquisadores renomados no assunto, como Wong, L.T. e Mui, K.W. Já a Índia contribuiu com a publicação de 2 estudos. O que se nota referente às peculiaridades desses 3 países é que a Austrália é um país desenvolvido, e talvez por isso apresentou um maior número de artigos publicados, enquanto os outros 2 países (China e Índia) são extremamente populosos, se caracterizando pelo número elevado de moradores em uma mesma residência. Por fim, a comunidade científica internacional caminha na direção para a produção de pesquisas cuja finalidade é o desenvolvimento de métodos mais condizentes com a realidade para vazões de projeto, com destaque para modelos probabilístico e de simulação, sendo abordado em 11 dos 15 artigos encontrados vários métodos probabilísticos e em 4 dos 15 totais sobre simulação computacional.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT. (2020). Projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria. NBR 5626. Rio de Janeiro: ABNT. Recuperado de <https://normadedesempenho.com.br/wp-content/uploads/2022/10/NBR-5626-2020.pdf>

Bailey, J., Budgen, D., Turner, M., Kitchenham, B., Brereton, P., & Linkmon, S. (2007). Evidence relating to object oriented software design: a survey. *First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*. Madrid, Spain: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ESEM.2007.58>

Cortez-Lara, P., Gress, E. S. H., Ballinas-Gonzalez, R., & Sanchez, B. (2024). A methodology to simulate peak water demand for water supply systems using semi-direct methods: a case study for a residential building in Mexico. *Heliyon*. 10(3e25104). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25104>

Hobbs, I., Anda, M., & Bahri, P. A. (2019). Estimating peak water demand: literature review of current standing and research challenges. *Results in Engineering*, 4, 100055. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100055>

Hunter, R. (1940) Methods of estimating loads in plumbing systems report BMS65, *National Bureau of Standards*, USA.

Josey, B. M. & Gong, J. (2024). The impact of building occupancy on water demand characteristics in residential buildings: a sensitivity analysis. *Eng. Proc.*, 69(1), 119. <https://doi.org/10.3390/engproc2024069119>

Josey, B. M. & Gong, J. (2023). Determination of fixture-use probability for peak water demand design using high-level water end-use statistics and stochastic simulation. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 149(11). <https://doi.org/10.1061/JWRMD5.WRENG-6146>

Josey, B. M. & Gong, J. (2025). Comparing the hydraulic performance of cold-water premise plumbing systems designed based on traditional and modern peak demand estimates. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 151(8). <https://doi.org/10.1061/JWRMD5.WRENG-6768>

Konen, T. P. & Brady Jr., P. M. (1974). A review of the parameters in the Hunter model for estimating the demand for water supply and drainage. In: W062 - Proceedings of the 3th International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings. Hørsholm, Dinamarca: *CIB W062 - Water Supply and Drainage*.

Mangalekar, R. & Gumaste, K. (2023). FIS-based approach to estimate probable flows for sizing pipes in building water supply systems. *Urban Water Journal*, 20(2), 1-12. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2022.2155853>

Mangalekar, R. D. & Gumaste, K. S. (2021). Residential water demand modelling and hydraulic reliability in design of building water supply systems: a review. *Water Supply*, 21(4), 1385-97. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.021>

Morais, L. S. R. de, Fioramonte, B., Leite, R. K., Paula, H. M. de, & Reis, R. P. A. (2023). Dimensionamento de sistemas prediais de

distribuição de água: um estudo bibliográfico. *Paranoá*, 6(34), 1-24. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.05>

Mui, K. W., Wong, L. T., Yeung, M. K., & Hui, P. S. (2007). Demand analysis of fresh water supply for a Chinese restaurant. In: International Symposium CIB W062, 33th, 2007, Brno, Czech Republic. Proceedings... Brno: *Brno University of Technology*, p. 61-70.

Oliveira, L. H., Cheng, L. Y., Gonçalves, O. M., & Massolino, P. M. C. (2009). Application of fuzzy logic to the assessment of design flow rate in water supply system of multifamily building. In: International Symposium CIB W062, 35th, 2009, Düsseldorf, Germany. Proceedings... *Düsseldorf: Fachhochschule Gelsenkirchen, University of Applied Sciences*, p. 39-54.

Omaghomi, T., Buchberger, S., Cole, D., Hewitt, J., & Wolfe, T. (2020). Probability of water fixture use during peak hour in residential buildings. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(5). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001207](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001207)

Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M. (2008). Systematic mapping studies in software engineering. *School of Engineering, Blekinge Institute of Technology. University of Bari*, Italy.

Wistort, R. (1994). A new look at determining water demand in buildings: ASPE direct analytical method. In: American Society of Plumbing Engineers Convention. Kansas City, Missouri: *American Society of Plumbing Engineers*.

Pieterse-Quirjins, E. J., Blokker, M., Vreeburg, Jr. J. H. G., & Blom, E. V. D. (2012). Modelling characteristic values for non-residential water demand. Proceedings, *Water Distribution Systems Analysis*. [https://doi.org/10.1061/41203\(425\)111](https://doi.org/10.1061/41203(425)111)

Wong, L. T. & Mui, K. W. (2017). Bridging the gap between model estimates and field measurements of probable maximum simultaneous demand: a Bayesian approach. In: *International Symposium CIB W062, 43th*. Haarlem, Netherlands. Proceedings..., p. 25-31.

Wong, L. T. & Mui, K. W. (2007). Modeling water consumption and flow rates for flushing water systems in high-rise residential buildings in Hong Kong. *Building and Environment*, 42(5), 2024-34. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.02.018>