



Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água: um estudo bibliográfico

Designing of building water distribution systems: a bibliographical study

Dimensionamiento de sistemas de distribución de agua de edificios: un estudio bibliográfico

MORAIS, Lucas Salomão Rael de¹

FIORAMONTE, Bruna²

LEITE, Rafael Krüegel³

PAULA, Heber Martins de⁴

REIS, Ricardo Prado Abreu⁵

¹ Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Catalão, Goiás, Brasil.
lucas.salomao@ufg.br
ORCID: 0000-0002-0852-4605

² Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Goiânia, Goiás, Brasil.
brunafioramonte@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-8539-7382

³ Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Catalão, Goiás, Brasil.
rafaelkruegeleng@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7485-6619

⁴ Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Catalão, Goiás, Brasil.
heberdepaula@ufcat.edu.br
ORCID: 0000-0002-7066-1408

⁵ Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Goiânia, Goiás, Brasil.
ricardo_reis@ufg.br
ORCID: 0000-0002-1252-1976

Recebido em 28/02/2023 Aceito em 23/06/2023



Resumo

As metodologias de dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água indicadas pelas normas técnicas vigentes nos mais diversos países são fundamentalmente empíricas e tendem a superdimensionar os elementos dos sistemas. O objeto deste artigo é a revisão de literatura dos trabalhos publicados no principal evento internacional da área de sistemas prediais (CIB W62) referentes as metodologias de dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água, a fim de catalogar as contribuições científicas relacionadas ao tema, a partir de palavras-chave pré-determinadas. A utilização da metodologia de mapeamento bibliográfico proporcionou a análise das tendências de estudo e as lacunas existentes na literatura. Através dos resultados obtidos, observou-se que a matéria foi objeto de estudo ao longo do período avaliado, abrangendo os anos de 2000 a 2022. Os artigos analisados se dividem em dois principais eixos: análise do perfil de consumo de água e propostas de novos métodos de dimensionamento. A técnica de simulação Monte Carlo foi a mais utilizada, mas nos últimos anos a modelagem estocástica vem ganhando espaço por autores europeus. Autores apontam possibilidade para aprimoramento dos métodos, principalmente em relação a assertividade da vazão simulada.

Palavras-Chave: Água fria, Água quente, Mapeamento bibliográfico, Simulação, Sistemas prediais de água, Vazão de projeto.

Abstract

The design methodologies of water distribution building systems indicated by the technical standards in force in the most diverse countries are fundamentally empirical and tend to oversize the elements of the systems and even increase financial costs. The object of this article is a literature review of the works published in the main international event in building systems (CIB W62) referring to the methodologies for dimensioning water distribution systems to catalog the scientific contributions related to the theme, the from predetermined keywords. The use of the Mapping Study provided the cataloging of all the material, the classification by different aspects, the analysis of study trends and existing gaps, which are opportunities for new research. Through the results obtained, it was observed that the matter was the object of study throughout the evaluated period, and the articles are divided into two main axes: analysis of the water consumption profile and proposals for new sizing methods. The Monte Carlo simulation technique was the most used, but in recent years stochastic modeling has been gaining ground by european authors. Authors point to the possibility of improving the methods, especially in relation to the assertiveness of the simulated flow.

Key-Words: Cold water, Hot water, Mapping Study, Simulation, Plumbing water systems, Design flow.

Resumen

Las metodologías de diseño de los sistemas edificios de distribución de agua indicadas por las normas técnicas vigentes en los más diversos países son fundamentalmente empíricas y tienden a sobredimensionar los elementos de los sistemas e incluso a incrementar los costos financieros. El objeto de este artículo es una revisión bibliográfica de los trabajos publicados en el principal evento internacional en el área de sistemas constructivos (CIB W62) referentes a las metodologías para el dimensionamiento de sistemas de distribución de agua con el fin de catalogar las contribuciones científicas relacionadas con el tema. , el de palabras clave determinadas. El uso del Estudio de Mapeo proporcionó la catalogación de todo el material, la clasificación por diferentes aspectos, el análisis de las tendencias del estudio y los vacíos existentes, que son oportunidades para nuevas investigaciones. A través de los resultados obtenidos, se observó que el tema fue objeto de estudio durante todo el período evaluado, y los artículos se dividen en dos ejes principales: análisis del perfil de consumo de agua y propuestas de nuevos métodos de dimensionamiento. La técnica de simulación Monte Carlo fue la más utilizada, pero en los últimos años la modelización estocástica ha ido ganando terreno por parte de autores europeos. Los autores apuntan a la posibilidad de mejorar los métodos, especialmente en relación con la asertividad del flujo simulado.

Palabras clave: Agua fría, Agua caliente, Mapeo sistémico, Simulación, Construcción de sistemas de agua, Flujo de diseño.

1. Introdução

Com o passar do tempo, diversos produtos e técnicas são inseridos no mercado. Isto pode ocorrer por diversas razões e dentre elas pode-se citar a mudança de hábitos da população, alteração da demanda por determinado serviço e descoberta de novos produtos e metodologias (KAWAMURA; CHENG-LI, 2021; NISHIKAWA, 2021). Para todos esses exemplos citados percebe-se um ponto em comum, a busca por melhorias nos diversos setores do mercado (SILVA-AFONSO; PIMENTEL-RODRIGUES, 2016).

No setor da construção civil, os profissionais podem ser auxiliados por meio das diversas normas técnicas existentes. Contudo, a tomada de decisão deve ocorrer com base na particularidade de cada serviço. Diante disso, são necessárias análises críticas a respeito de qual metodologia deve ser adotada e qual direciona para resultados mais assertivos (INGLE *et al.*, 2014).

Na área de sistemas prediais, especificamente em relação ao sistema predial de distribuição de água fria, entre o ano de 1998 e 2019 foi utilizada a versão de 1998 da norma NBR 5626 – Projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria (ABNT, 1998). Nesta versão, era recomendada a utilização do método dos pesos relativos para o cálculo das vazões de projeto e dimensionamento do sistema de água fria. Contudo, a indicação de apenas um método para todos os casos de dimensionamento recebeu diversas críticas, inclusive por se tratar de uma metodologia fundamentalmente empírica (OLIVEIRA, 2010), baseada em conceitos frágeis e de pouca consistência científica (GONÇALVES, 1986).

De fato, o método dos pesos relativos presente naquela versão segue diretrizes propostas na metade do século XX (FERREIRA, 2018) e não considera perfis de consumo da edificação, o comportamento subjetivo, a interação dos usuários junto aos elementos dos sistemas e as mudanças de hábitos existentes de forma contínua na sociedade. Em diversos países como Japão, Brasil, Bulgária e Países Baixos, as metodologias tradicionais de dimensionamento dos sistemas prediais indicadas por normas técnicas são objeto de observações e considerações principalmente em relação ao superdimensionamento das tubulações e diversos elementos do projeto (MURAKAWA *et al.*, 2015a).

Com o objetivo de contornar essas lacunas, ao longo dos anos foram propostas diversas metodologias que visavam o cálculo das vazões de projeto e de dimensionamento de elementos de forma mais assertiva e que considerassem as diversas variáveis que envolvem o sistema predial de água fria. Considerando o contexto nacional, no final da década de 1980, Gonçalves (1986) apresentou o modelo probabilístico para determinação de vazões de projeto considerando diversos fatores que influenciam no comportamento dos sistemas. Dentre eles, destaca-se a natureza aleatória das variáveis, flexibilidade e abrangência do modelo, além do aperfeiçoamento e facilitação do poder de decisão do projetista junto ao método.

Diante dos avanços obtidos por Gonçalves (1986) por meio do modelo probabilístico, Oliveira (2010) realizou um estudo considerando também algumas particularidades da edificação e seus usuários. A autora desenvolveu um modelo de simulação para estimar as vazões de projeto de água fria. Nesse modelo, foram utilizados dois conceitos distintos: a lógica nebulosa para lidar com variáveis nebulosas, as quais permitem que um elemento possua diferentes graus de pertinência a um conjunto; e o Método Monte Carlo para lidar com variáveis aleatórias, que associam valores numéricos aos possíveis resultados de eventos aleatórios. Utilizando a medição individualizada realizada em campo que considerou o comportamento subjetivo do usuário, os resultados de vazões foram 30% menores que aqueles obtidos pelo método dos pesos relativos e próximos aos encontrados pelo método probabilístico de Gonçalves (1986). Isso implica em dimensionamentos e especificação de

componentes mais adequados, econômicos e eficientes.

Tendo como fundamentos o comportamento aleatório e a interação do usuário frente ao sistema e com o objetivo de aprimorar o dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água, Ferreira (2018) apresentou o modelo de simulação estocástica de demanda de água em edificações. Para o estudo, o autor considerou a literatura nacional existente na área e a coleta de dados em campo. Os resultados da pesquisa apontaram redução de vazão de projeto em todos os componentes do sistema e relevante redução de consumo de material (entre 25% e 63%).

Apesar da diversidade de métodos de cálculo de vazão e dimensionamento existentes na literatura, o método empírico dos pesos relativos existente na versão de 1998 da NBR 5626 (ABNT, 1998) segue sendo amplamente utilizado por projetistas, em função da facilidade de cálculo e por se tratar de um manual completo de estimativa dos diversos parâmetros de projeto. A fim de fomentar a liberdade de escolha dos projetistas e a difusão de metodologias mais assertivas de dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água, a versão do ano de 2020 da NBR 5626 retirou a recomendação da utilização dos métodos dos pesos relativos e promoveu a liberdade de definição do método a ser utilizado em função da escolha do projetista (ABNT, 2020).

Considerando a recente atualização da normativa vigente, as mudanças comportamentais contemporâneas da sociedade pós pandemia de SARS-CoV-2 e a ascensão do trabalho remoto, este artigo tem o objetivo de investigar e avaliar o cenário das pesquisas e trabalhos publicados nos anais do CIB W62 (*International Symposium Water Supply and Drainage for Buildings*), entre os anos de 2000 e 2022 (exceto 2005 e 2020), referentes ao dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água e suas metodologias. Para isso, foi realizado um mapeamento bibliográfico e diante dos resultados encontrados foi possível apresentar as perspectivas da área e possíveis lacunas relacionadas ao tema considerando os cenários atuais.

2. Desenvolvimento

A metodologia utilizada para a sistematização do estado da arte a respeito do tema de interesse foi o mapeamento bibliográfico, proposto por Bailey *et al.* (2007) e Petersen *et al.* (2008). De acordo com os autores, por meio da metodologia proposta é possível investigar e mapear estudos, autores e grupos de pesquisa que atuam na área de interesse. O mapeamento bibliográfico é utilizado em várias pesquisas, como as realizadas por Paula e Ilha (2016), Rodrigues *et al.* (2017), Fernandes *et al.* (2018) e Reis (2018).

Para o presente estudo, a busca por artigos que pudessem ser aderentes ao tema foi realizada nos anais do CIB W62 (*International Symposium Water Supply and Drainage for Buildings*), entre os anos de 2000 e 2022, com exceção de 2005, ano em que não foram encontrados arquivos dos anais do evento e 2020, quando o evento foi suspenso devido a pandemia de SARS-CoV-2.

Após definida a metodologia e a base de dados a ser utilizada, foram definidas as questões de pesquisa a serem respondidas no presente estudo, sendo estas apresentadas abaixo:

- a. Existe relação entre o país do estudo e o tipo de sistema predial de água estudado?
- b. Com qual frequência os tipos de sistemas prediais de água foram pesquisados?
- c. Quais metodologias de dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água foram propostas?

Além de responder às questões de pesquisa propostas, buscou-se ainda identificar as principais vertentes estudadas e as lacunas existentes, o que pode indicar possíveis alternativas de estudos

futuros.

Para auxiliar a responder o objetivo da pesquisa, optou-se pela criação de uma expressão lógica que delimitasse o tema e direcionasse a busca por artigos afins. Com o propósito de criar a expressão, foram considerados três grupos de palavras-chave: o primeiro grupo foi formado por palavras-chave englobando o valor da pesquisa, o segundo o escopo e objeto da pesquisa e o terceiro por aquelas que mesmo tendo relação indireta ao tema da pesquisa, contribuem com o assunto.

O conjunto de palavras-chave e a expressão lógica utilizadas para a busca são apresentados no Quadro 1. O asterisco indica que foram utilizados a parte do radical das palavras na busca, ou seja, o elemento básico que forma a palavra, com o objetivo abranger a palavra determinada e o maior número de variações possíveis.

Quadro 1: Grupos de palavras-chaves utilizadas na pesquisa nos anais do Simpósio CIB W62 para o desenvolvimento do mapeamento bibliográfico.

| Primeiro grupo de palavras Sistemas prediais de águas prediais <i>Valor (restrição de tema)</i> | Palavras - Chave | |
|--|--|-------------------------|
| | Português | Inglês |
| | Água* | <i>water</i> |
| | Prediais | <i>buildings</i> |
| Hidráulicos* | <i>plumbing</i> | |
| Segundo grupo de palavras Pesquisas relacionadas à métodos de dimensionamento de sistemas de águas prediais <i>Objeto</i> | Palavras - Chave | |
| | Português | Inglês |
| | Modelagem | <i>mode*</i> |
| | Simulação | <i>simula*</i> |
| | Computacional | <i>computa*</i> |
| | Projeto | <i>design</i> |
| | Projeto | <i>"design project"</i> |
| Terceiro grupo de palavras relacionadas aos aspectos da pesquisa e contribuições da otimização do dimensionamento dos sistemas de águas prediais <i>Contribuição</i> | Palavras - Chave | |
| | Português | Inglês |
| | Demanda | <i>demand</i> |
| | Uso final | <i>"end use"</i> |
| | Suprimento | <i>supply</i> |
| EXPRESSÃO LÓGICA | <i>(building* OR plumbing OR water) AND (mode* OR simula* OR computa* OR design OR "design project") AND (demand OR "end use" OR supply)</i> | |

Como os anais do CIB W62 não se enquadram em uma base de dados tradicional como por exemplo a Scopus e Science Direct, foi necessária criar uma adaptação para realização das buscas. Logo, a próxima etapa foi identificar nos artigos todas as palavras-chave que compõem a expressão lógica. Essa ação foi realizada pela ferramenta de busca textual dos leitores dos arquivos dos anais do CIB W62, que estavam em formato *Portable Document Format (PDF)*. Dessa forma, todas as palavras-chave da expressão lógica foram identificadas no título, resumo e corpo do texto. Os artigos que apresentaram ao menos três palavras-chave, sendo no mínimo uma de cada grupo da expressão lógica, foram selecionados para a primeira relação de artigos. A etapa seguinte foi uma nova seleção



por meio da leitura dos títulos, resumos e texto completo dos artigos selecionados na etapa anterior.

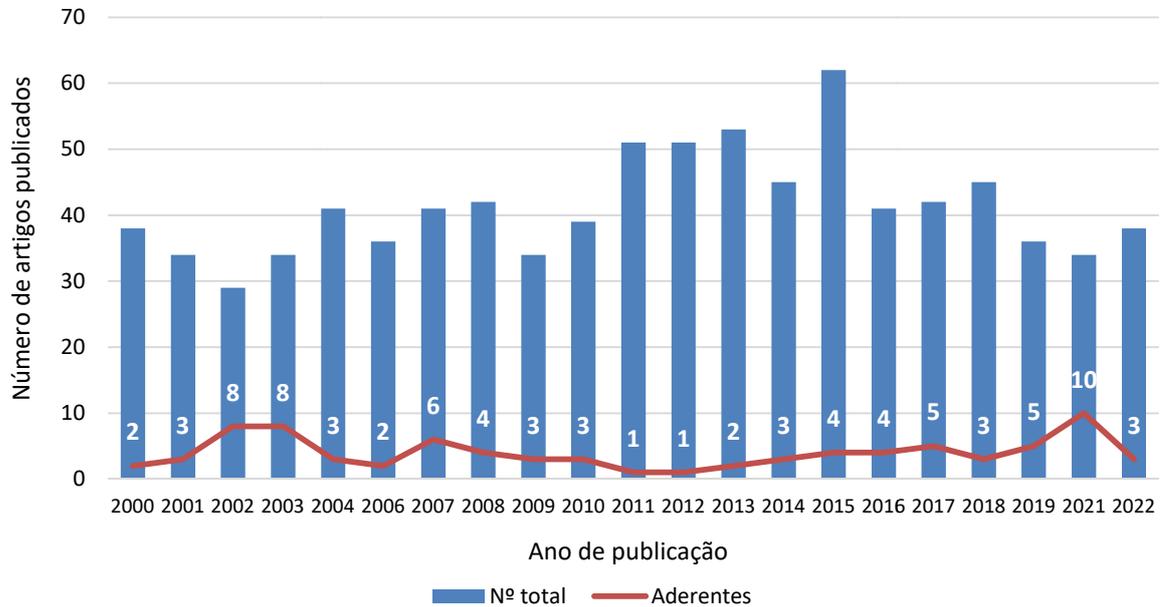
Como apoio para a segunda seleção dos estudos, foi construída uma planilha eletrônica elaborada no Microsoft Excel e inseridos todos os títulos dos trabalhos. Por meio da planilha foi realizada a leitura dos títulos das publicações, fazendo assim, a primeira seleção dos trabalhos com títulos que apresentaram relação clara com o tema da pesquisa. Em seguida foram inseridos na planilha os resumos dos trabalhos selecionados na etapa anterior e realizadas suas leituras e nova filtragem, sendo esta a segunda seleção. Após este processo, os trabalhos aderentes foram objeto de leitura do texto na íntegra e realizada a última seleção. Assim, foi completada a relação dos trabalhos aderentes.

De posse do conjunto de trabalhos a serem analisados e da ferramenta de filtros da planilha eletrônica, foram levantadas as informações necessárias para realização das análises. Inicialmente foram levantados dados bibliométricos como: autor(es); instituição de cada autor; país da instituição de cada autor; país de realização da pesquisa; ano da publicação. Em seguida foi realizada a classificação dos estudos quanto ao seu objetivo e levantadas as informações consideradas relevantes como: tipo de sistema predial de água estudado; edificação do estudo e tipo de dimensionamento do sistema.

3. Discussões

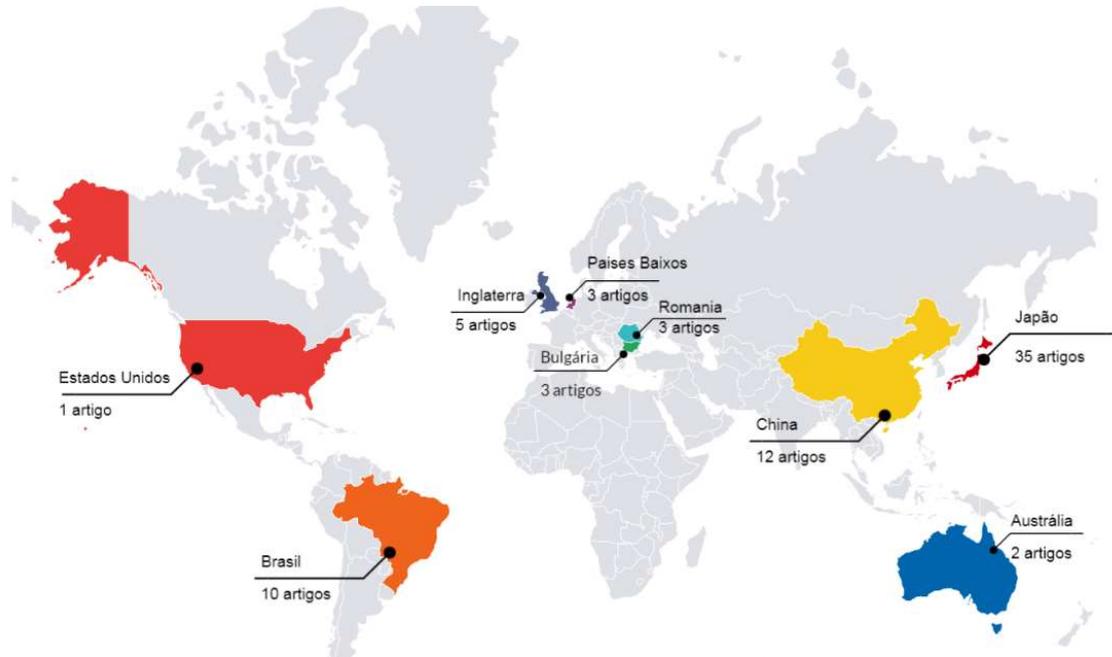
Após a realização da análise inicial dos títulos dos artigos na lista sumário dos anais do CIB W62, posteriormente a leitura dos resumos dos artigos pré-selecionados e em seguida do texto completo, os dados bibliográficos foram organizados e avaliados a fim de alcançar os objetivos do mapeamento bibliográfico. A leitura inicial dos títulos dos artigos dos anais retornou o número de 91 artigos. Após a leitura do resumo destes artigos, filtrou-se 83 artigos com aderência direta à expressão lógica determinada que permaneceu a mesma após a leitura completa dos estudos. A relação de artigos aderentes pode ser vista no Apêndice.

A Figura 1 apresenta a evolução dos registros de pesquisas relacionadas as metodologias de dimensionamento dos sistemas de águas prediais. Verificou-se que, dentro do simpósio internacional, o tema teve variações de picos de interesse, sendo os anos de 2002, 2003 e 2021 os que registraram o maior número de pesquisas. Porém, observa-se constância de registros a respeito do tema ao longo de todos os anos.

Figura 1: Número de artigos publicados no CIB W62 relacionados ao tema em estudo ao longo do período.

Em relação ao país ou região, verifica-se através da Figura 2 uma participação importante do Japão, apresentando número significativo de pesquisas durante todo o período avaliado. A China registrou 12 pesquisas, a colocando como o segundo país com maior número de publicações. O Brasil também se destacou, apresentando o total de 10 artigos, porém, com 9 artigos concentrados durante a primeira década do período (2000 a 2010) e somente um artigo publicado na segunda década (2021). A Europa conta com vários países com pesquisadores atuantes na área do dimensionamento de águas prediais, sendo os países com o maior número de registros no continente a Inglaterra com 5 artigos e a Bulgária, Países Baixos e Romênia com 3 ocorrências cada. Ressalta-se também 8 publicações, não expostas na Figura 2, mas que correspondem cada uma a um país europeu diferente, como Portugal, Alemanha, Estônia e Eslovênia.

Figura 2: Número de artigos publicados no CIB W62 relacionados ao tema de estudo em função do país de filiação do autor principal.



Em relação à filiação dos autores com maior número de publicações no escopo da pesquisa, os resultados mostram coerência com os dados encontrados para os países de publicação. Conforme Tabela 1, Saburo Murakawa, com filiação na Escola de Engenharia da Universidade de Hiroshima, no Japão, é o principal pesquisador do CIB W62, com 27 ocorrências. Hiroshi Takata, também com filiação na Universidade de Hiroshima apresentou o total de 18 publicações. Em terceiro lugar, com nove publicações tem destaque o pesquisador brasileiro Orestes Marracini Gonçalves, com filiação no Departamento de Construção e Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Considerando o cenário nacional, também se sobressai a pesquisadora Lúcia Helena de Oliveira, com 4 publicações registradas no período avaliado.

Tabela 1: Filiações dos principais pesquisadores da área relacionada ao estudo.

| Principais Pesquisadores | Filiação | Número de Ocorrências | Anos |
|-----------------------------|---|-----------------------|---|
| Saburo Murakawa | <i>School of Engineering, Hiroshima University, Hiroshima, Japan</i> | 27 | 2001 a 2004, 2006 a 2008, 2010, 2013 a 2016, 2019, 2021, 2022 |
| Hiroshi Takata | <i>School of Education, Hiroshima University, Hiroshima, Japan</i> | 18 | 2001 a 2004, 2006 a 2008, 2015, 2021, 2022 |
| Orestes Marracini Gonçalves | <i>Department of Construction Engineering of Escola Politécnica of University of São Paulo, São Paulo, Brazil</i> | 9 | 2001 a 2003, 2007 a 2010, 2021 |
| Cheng-Li Cheng | <i>Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan, China</i> | 7 | 2002, 2003, 2009, 2010, 2021, 2022 |
| Daisaku Nishina | <i>School of Engineering, Hiroshima University, Hiroshima, Japan</i> | 5 | 2001, 2002, 2004, 2007, 2010 |
| Daisuke Ikeda | <i>School of Engineering, Hiroshima University, Hiroshima, Japan</i> | 5 | 2010, 2016, 2019, 2021, 2022 |
| Ling Tim Wong | <i>Department of Building Services Engineering, the Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China</i> | 5 | 2007, 2009, 2013, 2017, 2019 |
| Kwok Wai Mui | <i>Department of Building Services Engineering, the Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China</i> | 5 | 2007, 2009, 2013, 2017, 2019 |
| Kyosuke Sakaue | <i>Department of architecture, faculty of Engineering at Meiji University, Tokyo, Japan</i> | 4 | 2013 a 2016 |
| Guangzheng Wu | <i>Department of Architecture and Environmental Design, Kanto Gakuin Universit, Yokohama, Japan</i> | 4 | 2013 a 2016 |
| Kazuo Hayakawa | <i>Toda Corporation, Japan</i> | 4 | 2013 a 2016 |
| Lúcia Helena de Oliveira | <i>Department of Construction Engineering of Escola Politécnica of University of São Paulo, São Paulo, Brazil</i> | 4 | 2007 a 2010 |
| Kazuhiko Sakamoto | <i>Department of Architecture, Okayama University of Science, Japan</i> | 4 | 2006, 2021, 2022 |

Após a leitura do texto completo e catalogação dos artigos em função do objeto tratado, verificou-se que vinte e oito artigos não citaram o termo “*hot water*” no texto. No entanto, não é possível aferir com assertividade se todos estes artigos tratam somente do sistema de água fria. Quatorze artigos citam expressamente no seu escopo a análise do sistema de água fria e água quente. Trinta e dois artigos abordaram somente o sistema predial de água fria e nove artigos abordaram pesquisas somente a respeito do sistema predial de água quente. Ressalta-se que questões climáticas de cada localidade determina a predominância e existência do sistema de água quente nas edificações. Por essa razão, os artigos que explicitavam somente tratar do sistema de água fria são oriundos de países de clima tropical (Austrália e Brasil), onde o sistema de água quente não é necessariamente essencial.

Conforme Tabela 2, os artigos se dividem majoritariamente em pesquisas a respeito do consumo e demanda de água e na análise e métodos de dimensionamento dos sistemas. Dentre os artigos que se empenham no estudo do consumo de água, eles se dividem no estudo do perfil de consumo e na gestão de um consumo já determinado.

Tabela 2: Filiações dos principais pesquisadores da área relacionada ao estudo.

| Vertentes | | Ocorrência |
|-----------------|---|------------|
| Consumo | Perfil de consumo | 21 |
| | Gestão de consumo | 5 |
| Dimensionamento | Revisão de literatura | 2 |
| | Estudos comparativos entre métodos de dimensionamento | 9 |
| | Análise de método de dimensionamento | 46 |

É observado que as propostas de novas metodologias de dimensionamento dos sistemas de água buscam cada vez mais a otimização das vazões observadas que por sua vez ocorrem em função do perfil de demanda pelo sistema de água, ou seja, em função do perfil de consumo de água nas edificações (FERREIRA, 2018). Dada a importância do perfil de consumo de água nos sistemas para a proposição desses novos modelos, observou-se que grande parte dos artigos encontrados se aprofundam na investigação e monitoramento da demanda de água nos mais diversos tipos de edificações.

Dentre os artigos selecionados, verificou-se avaliações do perfil de consumo em: apartamentos (TAKATA *et al.*, 2001; BLEYS *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2021), onde considerou-se o estilo de vida dos moradores, frequência de uso e estações do ano; cafeterias universitárias e restaurantes (TAKATA *et al.*, 2002; MUI *et al.*, 2007), considerando as diversas atividades existentes nesses ambientes alimentícios, como as salas de preparo e espaços para refeição, com resultados individualizados para cada um deles; escolas (CHENG; HONG, 2002; WONG *et al.*, 2013; CHAN *et al.*, 2022), que apresentam consumo de água por pessoa/dia bastante elevados em relação a edificações de diferentes tipologias (CHENG; HONG, 2002); e hotéis (TAKATA *et al.*, 2015; TAKATA *et al.*, 2021), pesquisas mais recentes, que consideram as características e tipos de equipamentos hidráulicos do sistema, idade e quantidade de hóspedes por habitação e a temperatura da água consumida.

Quanto aos artigos que abordam a gestão do consumo de água nas edificações, estes tratam de estudos de intervenções no sistema visando a redução da demanda e conservação da água em edificações, como propostas de melhorias nos projetos (ASAKURA; NISHIKAWA, 2018), instalação de equipamentos hidráulicos eficientes e economizadores (KOSE *et al.*, 2002) e implantação de programas de conservação e conscientização de água em sistemas (SILVA *et al.*, 2009).

Dentre os artigos a respeito do dimensionamento dos sistemas de águas prediais, estes foram divididos entre trabalhos de revisão, estudos comparativos e propostas de novas metodologias de dimensionamento. Foram encontrados dois artigos de revisão e nove artigos cujo objeto são estudos comparativos, principalmente entre métodos de dimensionamentos tradicionais empíricos propostos por normas técnicas baseados no modelo de Hunter (1940) e outras metodologias como técnicas de simulação de Monte Carlo (WU *et al.*, 2013; KURISU *et al.*, 2016), métodos probabilísticos abertos e fechados (OLIVEIRA *et al.*, 2007; ILHA *et al.*, 2008), além de comparações entre métodos de dimensionamento de vazão de diferentes normas técnicas (JACK; VAUGHAN, 2015; VRANA *et al.*, 2016; ZELLER; ASHE, 2019; MOHAMMED *et al.*, 2019).

A respeito das metodologias pesquisadas para o dimensionamento dos sistemas de águas prediais, observou-se que a técnica de simulação Monte Carlo foi a mais utilizada, apresentando 25 registros (Tabela 3), que apresentou constância de ocorrências durante todo o período avaliado. A modelagem

estocástica para simulação de vazões foi o segundo método mais utilizado, apresentando 6 registros, concentrando a maioria das ocorrências nos últimos anos avaliados. O uso de algoritmos genéticos e numéricos também tiveram destaque no levantamento, sendo a maioria dos estudos realizados no começo do período do levantamento (entre 2001 e 2003). Ressalta-se que os dois estudos que adotaram a lógica de Fuzzy para análise de variáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2009, 2010) fizeram avaliações de dimensionamento combinadas com a técnica Monte Carlo.

A Tabela 3 apresenta em função da metodologia de dimensionamento adotada os principais autores dos estudos. Observou-se que a técnica de simulação Monte Carlo é a mais utilizada pelos principais pesquisadores da área no Japão, China e Brasil. A modelagem estocástica é mais utilizada por autores de países europeus, como Bulgária, Países Baixos e Inglaterra. Métodos como algoritmos numéricos e a lógica de Fuzzy combinada com a simulação Monte Carlo somente foram utilizadas por pesquisadores brasileiros no período avaliado para os anais do CIB W62.

Tabela 3: Principais autores por metodologia de dimensionamento adotada.

| Método | Autor (ano de publicação) |
|----------------------------------|--|
| Monte Carlo | Saburo Murakawa (2002, 2003, 2004, 2006, 2007, 2015, 2016, 2019, 2021) Daisuke Ikeda (2021, 2022) Guangzheng Wu (2013, 2014, 2015) Lúcia Helena de Oliveira (2009, 2010) Masayuki Mae (2009) Ling Tim Wong (2009) Kwok Wai Mui (2009) Hiroshi Takata (2003) Akiko Takaaze (2008) Syota Kurisu (2016) Yang Zhou (2019) Kazuhiko Sakamoto (2021) Cheng-Li Cheng (2021) Sadahico Kawamura (2021) |
| Estocástico | D. K. Alitchokov (2000) Mirjam Blokker (2006, 2017) Ling Tim Wong (2017) S. Mohammed (2018) Tiago de Vasconcelos Gonçalves Ferreira (2021) Orestes Marraccini Gonçalves (2021) |
| Algoritmos Numéricos | Aron Lopes Petrucci (2001, 2002, 2003) |
| Algoritmos Genéticos | Franci Steinman (2001) Eric Wai Ming Lee (2018) |
| Lógica Fuzzy | Lúcia Helena de Oliveira (2009, 2010) |
| Redes Neurais | Yoshiharu Asano (2000) |
| Teoria da probabilidade binomial | Lawrence Galowin (2008) Daniel Cole (2018) |

Neste contexto de dimensionamento dos sistemas de águas prediais, a simulação de Monte Carlo é utilizada como técnica para modelar variáveis aleatórias como o instante e duração de uso dos aparelhos sanitários como pias, lavatórios, vaso sanitário e outros (OLIVEIRA *et al.*, 2009). Diversos autores como Murakawa *et al.* (2015a) e Wu *et al.* (2013, 2014) apontaram que o uso de métodos de cálculo que utilizam a simulação de Monte Carlo para obtenção das vazões máximas, que por sua vez vão determinar os diâmetros das tubulações dos sistemas de águas prediais, se aproximam muito mais da vazão real verificada e medida nos estudos de caso e são bem mais assertivas que os métodos convencionais propostos por normas japonesas. Para Murakawa *et al.* (2015b), um dos grandes diferenciais da simulação Monte Carlo é considerar o número real de pessoas que ocupam a edificação.

Em 2013, durante o CIB W62 sediado em Nagano no Japão, Wu, Murakawa e outros autores apresentaram o programa computacional de simulação MSWC (*Murakawa's Simulation for Water Consumption*), que, utilizando a técnica de Monte Carlo, permite prever dinamicamente os valores de vazões considerando a frequência de uso do equipamento e o tempo de uso. Ao longo dos anos, vários trabalhos que testam a eficiência do programa foram publicados.

Conforme estudos de Oliveira *et al.* (2009, 2010), o uso da Lógica de Fuzzy (ou Lógica Nebulosa) se mostrou bastante válido para variáveis extremamente subjetivas e importantes como o comportamento do usuário e o perfil de uso do chuveiro, um dos elementos que mais impactam na vazão de projeto de um determinado trecho. O uso da Lógica de Fuzzy para avaliação do comportamento do usuário em conjunto com as técnicas de simulação de Monte Carlo para considerar o instante e a duração do uso é promissor e está alinhado com os resultados já encontrados por modelos probabilísticos e por aqueles quando somente é utilizada a técnica de Monte Carlo.

Outro modelo bastante utilizado é a Modelagem Estocástica, que é baseada na função de densidade para determinação da demanda de água horária no menor intervalo de tempo possível baseada na coleta de vazões em diversos pontos de edifícios selecionados (ALITCHOKOV, 2000). Dentre as vantagens do modelo de demanda estocástica, Blokker *et al.* (2017) apontam o fornecimento de informações da demanda esperada, o que inclui a incerteza ou possível variação de demanda. Para isso, o modelo é alimentado por informações estatísticas dos usos finais nos aparelhos sanitários. Em função disso, Blokker *et al.* (2017) apontam como uma possível dificuldade a obtenção de dados consistentes de edificações com populações flutuantes, como hotéis, escritórios e ambientes não residenciais.

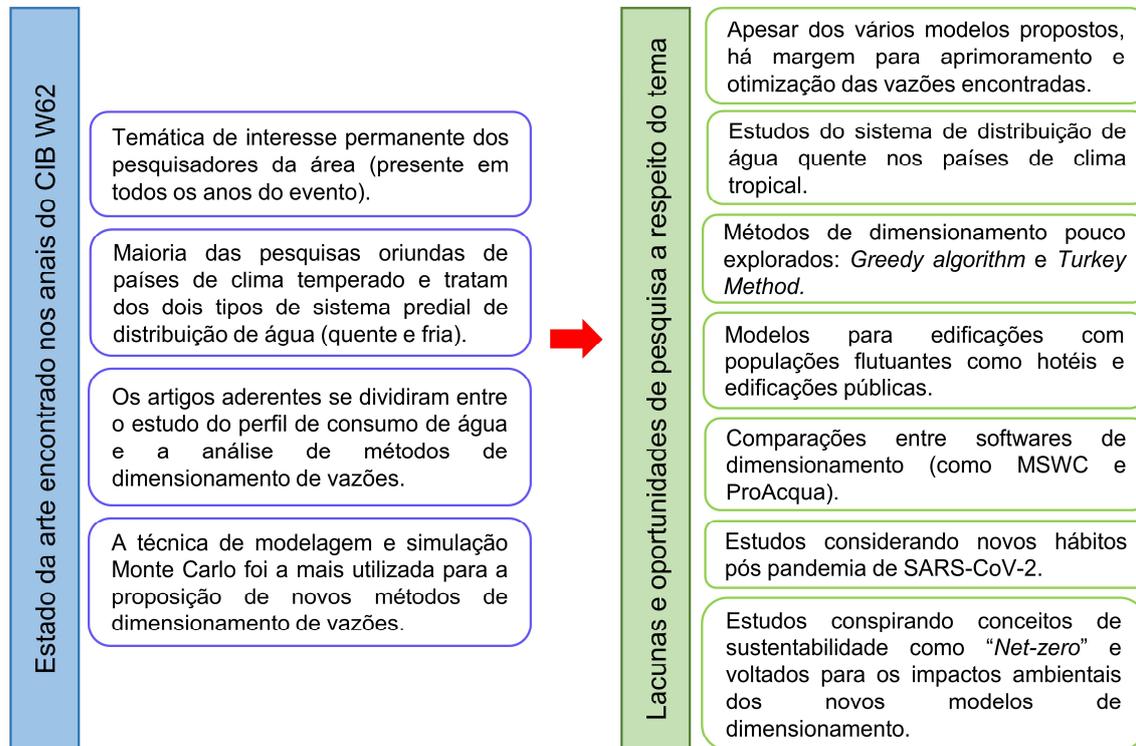
Em sua pesquisa, em 2006, Blokker e Van Der Schee fazendo a comparação entre as vazões máximas utilizando a modelagem estocástica e a medição de vazão observada em diversas residências, verificaram que não houve grandes diferenças nos resultados na análise da habitação individual, porém observaram que para o dimensionamento de sistemas de distribuição que atendem várias habitações, como edifícios verticais, o modelo pode otimizar o dimensionamento das tubulações. Os autores ressaltam ainda a validade do modelo tanto para o sistema de água fria como para o sistema de água quente.

Wong e Mui (2017), utilizando a Modelagem estocástica para avaliar e redimensionar os sistemas de águas prediais do Centro de Pós-graduação da Universidade de Heriot-Watt (edificação pública), lograram em obter a redução dos diâmetros da tubulação do sistema existente e na redução do aquecedor de água entre 2 e 4 vezes a proposta inicial. Porém, os autores observaram que a vazão simulada ainda estava 29% maior que a medida, o que implica na necessidade de aprimoramentos e ajustes no modelo utilizado.

Dentre todos os artigos avaliados e fazendo um recorte a partir de 2020, ano da pandemia de SARS-CoV-2, somente dois artigos publicados no ano de 2021 declararam na metodologia considerar os novos hábitos sociais advindos da COVID-19. Considerando o contexto da sustentabilidade, somente um artigo cita expressamente o termo “*net-zero*”, ou seja, somente houve uma ocorrência referente a avaliação do perfil de consumo e que propõe a gestão dos sistemas considerando os objetivos da redução das emissões próximo a zero.

Como o objetivo de sintetizar os resultados é apresentada a Figura 3 contendo o estado da arte encontrado em relação as pesquisas relacionadas ao dimensionamento dos sistemas de distribuição de água nos anais do CIB W62 e apontadas as lacunas e oportunidades de pesquisas encontradas pelos pesquisadores.

Figura 3: Resumo do estado da arte levantado no estudo bibliográfico e lacunas de desenvolvimento e pesquisa identificadas a respeito do tema estudado



4. Conclusão

O uso da metodologia de mapeamento bibliográfico para análise e investigação do estado da arte das pesquisas do CIB W62 relacionadas ao dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água possibilitou responder todas as questões elaboradas no início do estudo.

Quanto a primeira questão a ser respondida, com o intuito de verificar se existe alguma relação entre o país do estudo e o tipo de sistema predial de água estudado, observou-se que os países de clima temperado tendem a explorar os sistemas de distribuição de água quente e fria ou somente de água quente. Já os países tropicais se dedicam no estudo do sistema de água fria. Ressalta-se que, mesmo havendo essa relação quanto ao clima do país do estudo, algumas exceções foram observadas, como os estudos somente do sistema de água fria no Japão e na China que possuem clima temperado.

A segunda questão de pesquisa objetivou responder a frequência com que os tipos de sistemas prediais de água foram pesquisados. Dos estudos que pesquisaram individualmente os sistemas prediais, 39% dos trabalhos abordaram o sistema predial de água fria e 11% de água quente. A predominância dos estudos em relação ao sistema predial de água fria, pode estar relacionada com o fato de mesmo nos casos de países com clima temperado necessitar do sistema predial de água



quente há a utilização do sistema predial de água fria. Já em países com clima tropical essa relação pode não se aplicar ao sistema predial de água quente.

A terceira questão de pesquisa, que foi em relação as metodologias de dimensionamento sistemas prediais de distribuição de água propostas, também pôde ser respondida. A técnica de simulação Monte Carlo foi a metodologia mais empregada pelos principais pesquisadores da área ao longo de todo o período avaliado, porém observa-se que a modelagem estocástica vem ganhando destaque nos últimos anos, principalmente por pesquisadores europeus, que também estudam outros métodos menos usuais como o Método de Tukey.

Os métodos de dimensionamento propostos pelos diversos autores, como Monte Carlo, Modelagem Estocástica, Lógica Fuzzy, dentre outros, e a combinação entre eles, têm se mostrado mais assertivos que a metodologia de dimensionamento tradicional de Hunter, presente nas principais normas dos países pesquisados. Porém, diversos autores apontam espaço para aprimoramentos dos métodos, principalmente devido as vazões encontradas na simulação por esses métodos ainda serem significativamente superior que as vazões medidas in loco.

Estudos abordando o perfil de consumo e o dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água foi estudada de forma constante durante todo o período de análise, tanto os sistemas prediais de água fria quanto os de água quente. Isso mostra que há uma busca constante no aprimoramento de medidas que possam auxiliar no dimensionamento dos sistemas prediais de água, como parâmetros de caráter comportamental, climático e técnico.

No que diz respeito às lacunas de conhecimento, percebeu-se a necessidade de realização de estudos a respeito do dimensionamento de sistemas prediais de água quente, principalmente em regiões de clima tropical. Além disso, identificou-se uma lacuna quanto a pesquisas que abordem a determinação da vazão de água em edificações que apresentam uma grande variação no número de usuários, como hotéis e instituições públicas. Outro ponto em que há necessidade de mais estudos é em relação a comparações entre métodos de dimensionamento pouco explorados, como o algoritmo Greedy e o método Turkey. Por fim, como possibilidade de estudos futuros, a realização de pesquisas que determinem modelos de dimensionamento que levem em consideração os conceitos de sustentabilidade.

5. Referências

ALITCHOKOY, D. K. Statistical method for estimation of peak water demands in water supply systems for buildings. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 26th, 2000, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Proceedings...* Rio Janeiro: Universidade de São Paulo, sep. 2000, p. 1-9.

ASAKURA, Y.; NISHIKAWA, T. A survey on water consumption and unit design water supply amounts in office buildings. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 44th, 2018, Ponta Delagada-Azores, Portugal. Proceedings...* Ponta Delagada-Azores: Regional Laboratory of Civil Engineering, ago. 2018, p. 80-86.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto, execução, operação e manutenção de sistemas prediais de água fria. NBR 5626. Rio de Janeiro, 2020.

BAILEY, J.; BUDGEN, D.; TURNER, M; KITCHENHAM, B; BRERETON, P.; LINKMON, S. Evidence relating to Object Oriented software design: A survey. First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement. Computer Society, 2007.

BLEYS, B.; VAN DEN BOSSCHE, P.; KUBORN, X. Measurements of water consumption in apartment buildings. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 38th, 2012, Edinburgh, Scotland. Proceedings...* Edinburgh: Heriot-Watt University, aug. 2012, p. 437-444.

BLOKKER, E. J. M.; VAN DER SCHEE, W. G. Simulation of water demands provides insight. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 32th, 2006, Taipei, Taiwan. Proceedings...* Taipei: National Taiwan University of Science e Technology, sep. 2006, p. C1, 1-7.

BLOKKER, E. J. M.; VERA, C. A.; MOERMAN, A. Using a stochastic demand model to design cold and hot water installations inside buildings. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 43th, 2017, Haarlem, Netherlands. Proceedings...* ago. 2017, p. 11-24.

CHAN, Y.; CHENG, C.; KAWAMURA, S. Research of K12 School Water Consumption Grade Labeling and Evaluation for K12 School Campus. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2022, Taichung, Taiwan. Proceedings...* Taichung: National Taichung University of Science and Technology, 2022, p. 91 – 97.

CHENG, C. L.; HONG, Y. T. Research of Design Principle on Water Utilization of Primary School: Case Study in Taipei City. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 28th, 2002, Iasi, România. Proceedings...* Iasi: Technical University “GH. Asachi”, sep. 2002, p. B6-1 – B6-14.

FERNANDES, F. G; FERNANDES, G. R; PAULA, H. M. Mapeamento Sistemático de Referências da Análise de placas compostas por materiais heterogêneos através de uma abordagem em multiescala. REEC – **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, p. 176 - 188, 2018.

FERREIRA, T. V. G. **Modelo de simulação estocástica da demanda de água em edifícios residenciais**. 2018. 171 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de modelo para estabelecimento de vazões de projeto em sistemas prediais de distribuição de água fria**. 1986. 369 p. Tese (Doutorado) – Escola



Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

HUNTER R (1940) Methods of Estimating Loads in Plumbing Systems' Report **BMS65**, National Bureau of Standards, USA.

INGLE, S.; KING, D.C.; SOUTHERTON, R. Design and Sizing of Water Supply Systems Using Loading Units – Time for a Change?. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 40th, 2014, Nagano, Japan. **Proceedings...** Nagano: Shinshu University, sep. 2014, p. 1-12.

ILHA, M. S. O.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Design flow rate simulation of cold-water supply in residential buildings by means of open probabilistic model. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2021, Hong Kong, China. **Proceedings...** Hong Kong: Hong Kong Polytechnic University, sep. 2008, p. 36-49.

JACK, L.; VAUGHAN, S. Comparison of Design Methods for Water Supply Pipework: A Case Study Analysis. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 41th, 2015, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, ago. 2015, p. 284-292.

KAWAMURA, S.; CHENG-LI, C. Evaluation Method and System of Nearly Zero Water Consumption for Residential Building. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2021. **Proceedings...** 2021, p. 1 – 6.

KOSE, H.; HASEGAWA, I.; ASANO, Y.; KIYA, F. Proposal on the Fixture Design in Use of Load Profile Model. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 28th, 2002, Iasi, România. **Proceedings...** Iasi: Technical University "GH. Asachi", sep. 2002, p. A4-1 – A4-23.

KURISU, S.; SAKAUE, K.; MURAKAWA, S.; HAYAKAWA, K.; FUJIMURA, K.; WU, G. Z. Verification of calculation method using Monte Carlo method for water supply demands: The water consumption of an office building. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 42th, 2016, Kosice, Slovakia. **Proceedings...** Kosice: Technical University of Kosice, ago. 2016, p. 298-307.

MOHAMMED, S.; JACK, L.B.; PATIDAR, S.; KELLY, D.A. Assessing overestimation of water demand in different types of non-residential buildings in the UK. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 45th. **Proceedings...**, 2019, jul. 2019, p. 1-16.

MUI, K. W.; WONG, L. T.; YEUNG, M. K.; HUI, P. S. 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, sep. 2007, p. 61-70.

MURAKAWA, S.; TAKATA, H.; SAITO, C.; ABE, M.; TOYOSADA, K. Development of the Calculating Method for the Loads of Cold and Hot Water Consumption in a Business Hotel (Part 2) Dynamic Estimation for the Loads of Cold and Hot Water Demands. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 41th, 2015, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, ago. 2015a, p. 340-353.

MURAKAWA, S.; TAKATA, H.; SAITO, C.; ABE, M.; TOYOSADA, K. Development of the Calculating Method for the Loads of Cold and Hot Water Consumption in a Business Hotel (Part 1) Cold and Hot Water Demands through the Attributes of Guests and Plumbing Fixtures. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 41th, 2015, Beijing, China. **Proceedings...** Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, ago. 2015b, p. 330-339.

NISHIKAWA, T. Factor analysis of precipitation characteristics and water demand in net-zero



water building evaluations. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2021. **Proceedings...** 2021, p. 1 – 13.

OLIVEIRA, L. H. **Modelo para simulação de vazões de projeto em sistemas prediais de água com medição individualizada empregando a lógica nebulosa e o método de Monte Carlo.** 2010. 111 p. Tese (Livre-docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, L. H.; ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M. Design flow rate simulation using probabilistic and empiric methods for water sub metering system in Brazilian multifamily Buildings. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 33th, 2007, Brno, Czech Republic. **Proceedings...** Brno: Brno University of Technology, sep. 2007, p. 99-109.

OLIVEIRA, L. H.; CHENG, L. Y.; GONÇALVEZ, O. M.; MASSOLINO, P. M. C. 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, sep. 2009, p. 39-54.

OLIVEIRA, L. H.; CHENG, L. Y.; GONÇALVEZ, O. M.; MASSOLINO, P. M. C. Design flow rate simulation using probabilistic and empiric methods for water submetering system in Brazilian multifamily buildings. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 36th, 2010, Sydney, Australia. **Proceedings...** Sydney: University of Western Sydney, nov. 2010, p. 14-29.

PAULA, H. M. D.; ILHA, M. S. D. O. Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 1, p. 50 - 60, 2016.

PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. *In*: International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering School of Engineering, 12th, 2008, Bari, Italy. **Proceedings...** Bari: Blekinge Institute of Technology. University of Bari, jun. 2008, p. 1-10.

REIS, R. P. A. **Estudo do controle de vazão de escoamento superficial e modelagem numérica de sistemas de drenagem na fonte.** 2018. 278f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2018.

RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. C.; EDUARDO, R. C.; PAULA, H. M. Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, p. 219 - 239, 2017.

SILVA-AFONSO, A.; PIMENTEL-RODRIGUES, C. Rethinking the sizing criteria in the water supply for buildings. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 42th, 2016, Kosice, Slovakia. **Proceedings...** Kosice: Technical University of Kosice, ago. 2016, p. 24-33.

SILVA, G.; TAMAKI, H.; CORREIA, G.; GONÇALVES, O. The evaluation of the per capita water demand of the University of São Paulo throughout ten years of the Water Conservation Program of the University of São Paulo. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 35th, 2009, Düsseldorf, Germany. **Proceedings...** Düsseldorf: Fachhochschule Gelsenkirchen, University of Applied Sciences, sep. 2009, p. 55-68.

TAKATA, H.; MURAKAWA, S.; NISHINA, D.; KOSHIKAWA, Y. An analysis on the loads of hot water consumption in the apartment houses. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 27th, 2001,



Portoroz, Slovenia. **Proceedings...** Portoroz: University of Maribor, sep. 2001, p. B4-1 – B4-10.

TAKATA, H.; MURAKAWA, S.; NISHINA, D. A Study on the Cold and Hot Water Consumption in the University Cafeterias based on the Time Series Analysis. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 28th, 2002, Iasi, România. Proceedings...* Iasi: Technical University "GH. Asachi", sep. 2002, p. B5-1 – B5-12.

TAKATA, H.; MURAKAWA, S.; SAITO, C.; ABE, M.; TOYOSADA, K. Development of the Calculating Method for the Loads of Cold and Hot Water Consumption in a Business Hotel (Part 1) Cold and Hot Water Demands through the Attributes of Guests and Plumbing Fixtures. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 41th, 2015, Beijing, China. Proceedings...* Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, ago. 2015, p. 2330-339.

TAKATA, H.; SHIMADA, S.; MURAKAWA, S.; IKEDA, D. Calculation of the loads of hot water consumption in Japanese hot spring hotel. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2021. Proceedings...* 2021.

VRANA, J.; JARON, Z.; KUCHARIK, M. Peak flow rates measured in residential Building. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 42th, 2016, Kosice, Slovakia. Proceedings...* Kosice: Technical University of Kosice, ago. 2016, p. 34-44.

WANG, Y.; CHENG, C.; KAWAMURA, S. A Study of Hot Water Consumption in Residential Building in Taiwan. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 48th, 2021. Proceedings...* 2021.

WONG, L. T.; MUI, K. W. Bridging the gap between model estimates and field measurements of probable maximum simultaneous demand: a Bayesian approach. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 43th, 2017, Haarlem, Netherlands. Proceedings...* ago. 2017, p. 25-31.

WONG, S.Y.; WONG, L.T.; MUI, K.W. Simulations for per-capita water consumptions of appliances at secondary schools. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 39th, 2013, Nagano, Japan. Proceedings...* Nagano: Shinshu University, sep. 2013, p. 235-248.

WU, G. Z.; SAKAUE, K.; HAYAKAWA, K.; MURAKAWA, S.; INADA, T. Verification of Calculating Method using the Monte Carlo Method for Water Supply Demands: the Water Consumption of Mixed-use Building for Rent. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 41th, 2015, Beijing, China. Proceedings...* Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, ago. 2015, p. 306-318.

WU, G. Z.; SAKAUE, K.; KOJIMA, K.; FUJIMUR, K.; MURAKAWA, S.; HAYAKAWA, K. Examinations on Water Supply Load Calculation Methods of Office Building: Comparison between Conventional Design Methods and the Simulation Methods. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 39th, 2013, Nagano, Japan. Proceedings...* Nagano: Shinshu University, sep. 2013, p. 529-540.

WU, G. Z.; SAKAUE, K.; MURAKAWA, S.; HAYAKAWA, K. Comparison between the traditional methods and the simulation method in water supply load calculation methods for office building. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 40th, 2014, Nagano, Japan. Proceedings...* Nagano: Shinshu University, sep. 2014, p. 1-10.

ZELLER, A.; ASHE, B. Performance metrics for cold water pipework sizing in the National Construction Code. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062, 45th. Proceedings...*, 2019, jul. 2019, p. 1-5.

6. APÊNDICE

ARTIGOS ADERENTES DE ACORDO COM A EDIÇÃO DO CIB W62

| Edição do CIBW62 | REFERÊNCIA | TÍTULO DO ARTIGO |
|------------------|-------------------------------------|---|
| 26th | Asano, Asano e Ichikawa (2000) | The study on the estimation method of the maximum flow rate of the supplied water in an office building by neural network model |
| 26th | Alitchkov (2000) | Statistical method for estimation of peak water demands in water supply systems for buildings |
| 27th | Nishina et al. (2001) | An analysis on the loads of hot water consumption in the apartment houses |
| 27th | Petrucci e Gonçalves (2001) | Sizing water supply systems in buildings - A real flow approach |
| 27th | Steinman, Banovec e Santi (2001) | Genetic algorithms supported analysis of water supply system development |
| 28th | Kose et al. (2002) | Proposal on the fixture design in use of load profile model |
| 28th | Takata, Murakawa e Nishina (2002) | A study on the cold and hot water consumption in the university cafeterias based on the time series analysis |
| 28th | Cheng e Hong (2002) | Research of design principle on water utilization of primary school - Case study in Taipei city |
| 28th | Murakawa e Takata (2002) | Development of the calculating method for cold and hot water consumption based on the fixture usage in the time series through a day - A case study of apartment houses |
| 28th | Dumitrescu (2002) | New relations to calculate water supplying networks |
| 28th | Petrucci e Gonçalves (2002) | Sizing and evaluating water building system by computational simulating |
| 28th | Sârbu (2002) | Design of optimal water distribution systems |
| 28th | Cotorabi, Mateescu e Cobzaru (2002) | Optimal designing algorithms for water supply plumbing systems |
| 29th | Takata, Murakawa e Yamane (2003) | Development of the calculating method for the loads of water consumption in the office buildings |
| 29th | Mae, Ichikawa e Kamata (2003) | Simulation of hot-water consumption of apartment house by Monte Carlo method |
| 29th | (Murakawa e Takata (2003) | Development of the calculating method for the loads of cold and hot water consumption in the apartment houses |
| 29th | Alitchkov e Ivanova (2003) | Systematic approach for investigation of water demand in buildings |
| 29th | Petrucci e Gonçalves (2003) | A computational simulation model for sizing and evaluating a water-distribution systems in buildings |
| 29th | Lee e Cheng (2003) | Research of hot water supply for residential building in subtropical country |
| 29th | Bárta (2003) | Experimental monitoring of hot water supply systems |
| 29th | Takata, Murakawa E Yamane (2003) | Development of the calculating method for the loads of water consumption in the office buildings |
| 30th | Murakawa, Takata e Nishina (2004) | Development of the calculating method for the loads of water consumption in restaurant |
| 30th | Ivanova e Alitchkov (2004) | Investigation of water demand in commercial buildings |
| 30th | Tamaki, Silva e Gonçalves (2004) | Submetering as an instrument of water demand management in building systems - University of São Paulo case study |
| 32th | Blokker e Schee (2006) | Simulation of water demands provides insight |

Continua...

ARTIGOS ADERENTES DE ACORDO COM A EDIÇÃO DO CIB W62 (CONTINUAÇÃO)

| Edição do CIBW62 | REFERÊNCIA | TÍTULO DO ARTIGO |
|------------------|--|--|
| 32th | (Murakawa, Takata e Sakamoto (2006) | Calculation method for the loads of cold and hot water consumption in office buildings based on the simulation technique |
| 33th | Nishina et al. (2007) | A study on the water and energy consumption in nursing homes for the elderly |
| 33th | Takaaze et al. (2007) | A study on bathing behavior and hot water usage in nursing homes for the aged |
| 33th | Säärekönno e Suurkask (2007) | Domestic water consumption and its irregularity |
| 33th | Mui et al. (2007) | Demand analysis of fresh water supply for a chinese restaurant |
| 33th | Murakawa et al. (2007) | Calculation for the cold and hot water demands in the guest rooms of city hotel |
| 33th | (Oliveira, Ilha e Gonçalves (2007) | Design flow rate simulation using probabilistic and empiric methods for water sub metering system in brazilien multifamily buildings |
| 34th | Takata et al. (2008) | Calculation method for loads of hot water demand with the hot water storage tank system in houses |
| 34th | Ilha, Oliveira e Gonçalves (2008) | Design flow rate simulation of cold water supply in residential buildings by means of open probabilistic model |
| 34th | Takaaze, Murakawa e Takata (2008) | Analysis on cold and hot water usage of students in each dwelling |
| 34th | Galowin (2008) | "Hunter" fixture units development |
| 35th | Wong e Mui (2009) | Fixture units at choices of reference design flow rates for simultaneous demand problems of larger water supply systems of Hong Kong |
| 35th | Oliveira et al. (2009) | Application of fuzzy logic to the assessment of design flow rate in water supply system of multifamily building |
| 35th | Oliveira et al., (2009) | The evaluation of the per capita water demand of the university of São Paulo throughout ten years of the water c conservation program of the university of São Paulo |
| 36th | Oliveira et al. (2010) | Simulation model of design flow rate in water submetering systems using fuzzy logic and Monte Carlo method |
| 36th | Shimazaki et al. (2010) | Estimation of the water flow rate in supply systems of buildings based on the analysis of the operating frequency of the supply pumps |
| 36th | Ikeda, Murakawa e Nishina, (2010) | Study on the water consumption of commercial buildings in Chugoku and Shikoku regions in Japan |
| 37th | Pieterse-Quirijns, Beverloo e Schee (2011) | Validation of design rules for peak demand values and hot water use in non-residential buildings |
| 38th | Bleys, Bossche e Kuborn (2012) | Measurements of water consumption in apartment buildings |
| 39th | Wong, Wong e Mui (2013) | Simulations for per-capita water consumptions of appliances at secondary schools |
| 39th | Wu et al. (2013) | Examinations on water supply load calculation methods of office building: comparison between conventional design methods and the simulation methods |
| 40th | Gerin, Bleys e Cuyper (2014) | Seasonal variation of hot and cold water consumption in apartment buildings |
| 40th | Wu et al. (2014) | Comparison between the traditional methods and the simulation method in water supply load calculation methods for office building |

Continua...

ARTIGOS ADERENTES DE ACORDO COM A EDIÇÃO DO CIB W62 (CONTINUAÇÃO)

| Edição do CIBW62 | REFERÊNCIA | TÍTULO DO ARTIGO |
|------------------|--|--|
| 40th | Ingle, King e Southerton (2014) | Design and sizing of water supply systems using loading units – time for a change? |
| 41th | Jack e Vaughan (2015) | Comparison of design methods for water supply pipework: a case study analysis |
| 41th | Wu et al. (2015) | Verification of calculating method using the Monte Carlo method for water supply demands: the water consumption of mixed-use building for rent |
| 41th | Takata et al. (2015) | Development of the calculating method for the loads of cold and hot water consumption in a business hotel (part 1) cold and hot water demands through the attributes of guests and plumbing fixtures |
| 41th | Murakawa et al. (2015) | Development of the calculating method for the loads of cold and hot water consumption in a business hotel (part 2) dynamic estimation for the loads of cold and hot water demands |
| 42th | Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2016) | Rethinking the sizing criteria in the water supply for buildings |
| 42th | Vrana, Jaron e Kucharik (2016) | Peak flow rates measured in residential building |
| 42th | Murakawa, Ikeda e Doi (2016) | Verification on the simulation technique for the estimation of water supply loads in the toilets of an office building |
| 42th | Kurusu et al. (2016) | Verification of calculation method using Monte Carlo method for water supply demands: the water consumption of an office building |
| 43th | Blokker, Agudelo-Vera e Moerman (2017) | Using a stochastic demand model to design cold and hot water installations inside buildings |
| 43th | Wong e Mui (2017) | Bridging the gap between model estimates and field measurements of probable maximum simultaneous demand - A bayesian approach |
| 43th | Toyosada, Okamoto e Takeda (2017) | Comparative study of optimum flow rates for hot-water saving shower heads |
| 43th | Cole et al. (2017) | Calculator for estimating peak water demand in residential dwellings |
| 43th | Lautz (2017) | Software for calculation of potable water |
| 44th | Asakura e Nishikawa (2018) | A survey on water consumption and unit design water supply amounts in office buildings |
| 44th | Lee (2018) | Design of cascade water supply system for ultra-high-rise buildings |
| 44th | Mohammed et al. (2018) | Defining the oversizing problem and finding an optimal design approach for water supply systems for non-residential buildings in the UK |
| 45th | Stebлина (2019) | How much water does this building need? |
| 45th | Mohammed et al. (2019) | Assessing overestimation of water demand in different types of non-residential buildings in the UK |
| 45th | Zhou et al. (2019) | Modeling design flow rates for cascade water supply systems in super high-rise residential buildings |
| 45th | Zeller e Ashe (2019) | Performance metrics for cold water pipework sizing in the national construction code |
| 45th | Murakawa e Ikeda (2019) | Verification of accuracy of the dynamic calculation method for cold and hot water supply loads by each fixture usage model and unit model as the whole in an office building |

Continua...

ARTIGOS ADERENTES DE ACORDO COM A EDIÇÃO DO CIB W62 (CONTINUAÇÃO)

| Edição do CIBW62 | REFERÊNCIA | TÍTULO DO ARTIGO |
|------------------|------------------------------------|---|
| 46th | Murakawa et al. (2021) | Verification on the dynamic calculation method for cold and hot water supply loads, and a simple calculation method for the instantaneous maximum flow rates |
| 46th | Ikeda, Murakawa e Mitsunaga (2021) | Estimation of water supply loads in a general hospital by the dynamic calculation method |
| 46th | Wang, Cheng e Kawamura (2021) | A study of hot water consumption in residential building in Taiwan |
| 46th | Sakamoto et al. (2021) | Design of water supply systems in buildings based on the estimation of instantaneous flow rates by the dynamic calculation method |
| 46th | Kawamura e Cheng (2021) | Evaluation method and system of nearly zero water consumption for residential building |
| 46th | Kelly, Gjerull e Darve (2021) | Water consumption and behavioural demand patterns of young people in Scotland |
| 46th | Nishikawa (2021) | Factor analysis of precipitation characteristics and water demand in net-zero water building evaluations |
| 46th | Vrana e Mostek (2021) | Summary of research on flow rates and water consumption in residential buildings in Czech Republic |
| 46th | Takata et al. (2021) | Calculation of the loads of hot water consumption in Japanese hot spring hotel |
| 46th | Ferreira e Gonçalves (2021) | Stochastic simulation model of water demand in residential buildings |
| 47th | Chan, Cheng e Kawamura (2022) | Research of K12 school water consumption grade labeling and evaluation for K12 school campus |
| 47th | Ikeda et al. (2022) | Dynamic calculation method for cold and hot water supply loads by simulation and application to optimum design of the central hot water supply system in a business hotel |
| 47th | Kosaka e Kose (2022) | Calculation of daily water consumption by water usage "potable water", "hot water" and "flushing water" based on the water load calculation table (water load calculation method) |



Lucas Salomão Rael de Moraes

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Catalão (2022), especialista em Estruturas de Concretos e Fundações pelo Instituto Brasileiro de Educação Continuada (2019), especialista em Licitações e Contratos pela Faculdade Educacional da Lapa (2018). Possui graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2016). Atualmente é Engenheiro Civil da UFG - Universidade Federal de Goiás. Membro do Grupo de Trabalho de Sistemas Prediais da ANTAC; Membro do Grupo de Trabalho de Obras, Infraestrutura e Manutenção do Fórum Nacional de Pró-Reitores de Planejamento e de Administração das Instituições Federais de Ensino Superior (Forplad). Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Sistemas Prediais Hidrossanitários (Projetos, Execução e Fiscalização).

Contribuição de coautoria: Concepção; Coleta de dados; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição.

Bruna Fioramonte

Técnica em Edificações pelo Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia. Bacharela em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia, também nessa instituição foi Coordenadora de Administração e Manutenção Predial de 2012 a 2016. Atualmente é laboratorista do Complexo Tecnológico de Engenharia Civil - CTEC da mesma instituição desde 2016. Mestra em Construção Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás (UFG) desde 2021 e atualmente é doutoranda neste mesmo programa.

Contribuição de coautoria: Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição.

Rafael Krüegel Leite

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Nove de Julho. Recentemente fez o curso de especialização em projetos de estruturas de concreto pela Universidade Federal de Goiás. Estagiou na empresa HJS Construções adquirindo experiência na área de construção civil, com ênfase em planejamento e execução de obras, e verificação de processos construtivos, bem como na elaboração de projetos estruturais. Trabalhou como engenheiro fiscal da Prefeitura Municipal de General Carneiro - MT. Além disso, trabalhou na empresa Avante Construtora na área de construção civil (edificações). Trabalhou na empresa CLC – Construtora adquirindo experiência em manutenção e limpeza de rodovias. Atualmente presta serviço para Denardi Engenharia e Arquitetura e faz o curso de mestrado em construção civil pelo PPGE na Universidade Federal de Catalão.

Contribuição de coautoria: Concepção; Desenvolvimento ou desenho de metodologia.

Heber Martins de Paula

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (2003), mestrado em Curso de Mestrado Em Engenharia Civil Estruturas e pela Universidade Federal de Goiás (2005) e doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Campinas (2014). Professor Adjunto do curso de Engenharia Civil e dos Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (linha de Gestão,



Tecnologia e Sustentabilidade na Construção Civil) da Universidade Federal de Goiás, Regional Catalão, Universidade Federal de Catalão em implantação. Tem experiência na área de construção civil, desenvolvimento de novos materiais e instalações hidrossanitárias prediais, atuando como projetista e docente de Sistemas Prediais Hidrossanitário, Construção Sustentável e Acompanhamento de obras. Foi vencedor da 20ª. Edição do Prêmio CBIC (antigo prêmio Falcão Bauher) de Inovação e Sustentabilidade, categoria Pesquisa. Coordenador de Pesquisa da UFG/Regional Catalão (2015 e 2016), Coordenador de Administração e Finanças UFG/RC (2018-2019) e, atualmente, Pró-Reitor Pró-Tempore de Administração e Finanças da Universidade Federal de Catalão (UFCAT).

Contribuição de coautoria: Concepção; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição.

Ricardo Prado Abreu Reis

Doutor em Engenharia Civil na sub-área de Arquitetura e Construção por meio do curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FEC-UNICAMP) em 2018, Mestre em Engenharia Civil pelo Curso de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (CMEC-UFG) em 2005 e Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás em 1999. Atualmente é Professor dos cursos de graduação em engenharia civil, engenharia ambiental e sanitária e arquitetura e urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil (PPG-GECON) da Universidade Federal de Goiás. Coordenador Associado do GT de Sistemas Prediais (ANTAC). Tem experiência na área de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários, Conservação e Uso Racional de Água, Sistemas de Drenagem na Fonte, Práticas LID (Low Impact Development), Construção Civil, além de Hidráulica e Saneamento.

Contribuição de coautoria: Concepção; Curadoria de Dados; Desenvolvimento ou desenho de metodologia; Análise; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - revisão e edição.

Como citar: MORAIS, L.S.R. de, FIORAMONTE, B., LEITE, R.K., PAULA, H.M. de, REIS, R.P.A. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água: um estudo bibliográfico. Paranoá. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.08

Editores responsáveis: Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes, Silvio Roberto Orrico, Thiago Alberto Pereira, Dr. Daniel Sant'Ana e Dra. Livia Santana.

Assistente Editorial: Lucídio Gomes Avelino Filho