



Monitoramento do consumo de água: uma revisão narrativa

Water consumption monitoring: a narrative review

Monitoreo del consumo de agua: una revisión narrativa

BOGO, Allyson Belli¹

HENNING, Elisa²

KALBUSCH, Andreza³

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

allysonbogo@gmail.com

ORCID: 0009-0005-2480-9757

² Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Departamento de Matemática. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

elisa.henning@udesc.br

ORCID: 0000-0002-7754-9451

³ Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Tecnológicas, Programa de Pós-graduação em engenharia civil. Joinville, Santa Catarina, Brasil.

andreza.kalbusch@udesc.br

ORCID: 0000-0002-4770-1758

Recebido em 01/05/2023 Aceito em 22/06/2023



Resumo

A adoção de estratégias para o monitoramento do consumo de água é essencial para a manutenção e promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos. Na escala urbana, as técnicas de monitoramento podem auxiliar na gestão dos sistemas de distribuição, e na escala edificada, contribuir para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de consumo de água. Este artigo apresenta uma revisão narrativa de estudos abrangendo a temática do monitoramento de água com intuito de contribuir para o aprimoramento do conhecimento acerca do assunto e para a compreensão das técnicas utilizadas para o monitoramento do consumo de água no ambiente urbano e no ambiente construído. Desta forma, é apresentada uma síntese dos equipamentos e métodos mais utilizados para a obtenção e posterior monitoramento dos dados de consumo de água, além da distribuição geográfica e temporal das publicações, considerando a escala (residencial ou urbana) empregada nos estudos.

Palavras-Chave: Consumo de água, monitoramento, edifícios, ambiente urbano.

Abstract

The adoption of strategies for monitoring water consumption is essential for maintaining and promoting the sustainability of water resources. At the urban scale, monitoring techniques can help in the management of distribution systems, and at the built scale, contribute to the development of sustainable water consumption practices. This paper presents a narrative review of studies covering the theme of water monitoring in order to contribute to the understanding of the techniques used to monitor water consumption in urban and built environments. Thus, a summary of the most used equipment and methods for obtaining data and monitoring of water consumption is presented, in addition to the geographical and temporal distribution of publications, considering the scale (residential or urban) used in the studies.

Key-Words: water consumption, monitoring, buildings, urban environment.

Resumen

La adopción de estrategias para el control del consumo de agua es esencial para el mantenimiento y el uso sostenible de los recursos hídricos. En el entorno urbano, las técnicas de seguimiento pueden ayudar en la gestión de los sistemas de distribución. Y en el entorno residencial, contribuir al desarrollo de prácticas sostenibles de consumo de agua. Este artículo presenta una revisión narrativa de los estudios relacionados con el control y seguimiento de agua con el objetivo de contribuir en la mejora del conocimiento sobre el tema y para la comprensión de las técnicas utilizadas en el monitoreo del consumo de agua en ambientes urbanos e en ambientes construídos. De esta forma, es presentada una síntesis de los equipamientos y métodos más utilizados para la obtención y posterior control de los datos del consumo de agua, además de la distribución geográfica y temporal de las publicaciones, siendo consideradas ambas escalas (residencial y urbana) utilizadas en los estudios.

Palabras clave: Consumo de agua, monitoreo, edificios, entorno urbano.



1. Introdução

A disponibilidade de recursos hídricos é um fator essencial tanto para o desenvolvimento socioeconômico como ambiental de uma nação (WEI *et al.*, 2018). Conforme os autores destacam, o mundo vem enfrentando problemas crescentes em relação à prestação de serviços de água, principalmente em países em desenvolvimento. Embora o crescimento populacional seja um dos principais fatores responsáveis pela escassez de água, a melhora nos padrões de vida, a urbanização, as condições climáticas e uma demanda maior e mais desigual também aumentam a pressão sobre este recurso e representam um desafio claro no fornecimento de serviços de água satisfatórios (BATES *et al.*, 2008). Para Yoon *et al.* (2021), além desses fatores, as mudanças climáticas resultaram em crises na disponibilidade de água em muitos países.

Nos últimos anos, os processos de urbanização e industrialização tornam mais evidente a discrepância entre o aumento do consumo e a consequente escassez de água (WEI *et al.*, 2018), de modo que alcançar o desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos é uma questão de importância global, especialmente nos países em desenvolvimento, onde as questões relacionadas ao consumo de água são um desafio crescente em termos de sustentabilidade (WANG e WANG, 2020). Em 2010, a demanda mundial por água era de aproximadamente 4.600 km³ por ano, e estima-se que até o ano de 2050 esse consumo aumentará em 30%, atingindo o patamar de 6.000 km³ por ano (BUREK *et al.*, 2016), dificultando cada vez mais a manutenção do equilíbrio entre a demanda e a oferta de água (ALI *et al.*, 2017). Segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil já enfrenta uma situação crítica em termos de disponibilidade hídrica. O número de pessoas afetadas pela seca aumentou de 9,6 milhões em 2015 para 37,9 milhões em 2017 e um dos efeitos da seca é o racionamento de água em muitas partes do país (ANA, 2018). De acordo com a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES, 2013), grande parte do problema do desperdício de água está concentrada nas perdas na distribuição. No Brasil, estima-se que este fator atinja aproximadamente 40% do total de água tratada (ABES, 2013; LIEMBERGER e WYATT, 2019).

A maior parte das pesquisas de análise dos padrões de consumo de água são voltadas à escala doméstica ou de usos finais (FUENTES e MAURICIO, 2020; GAUTAM *et al.*, 2020; RIZZO *et al.*, 2021), uma vez que o acesso aos dados de centros urbanos é geralmente restrito e limitado pelas medidas de proteção da privacidade dos consumidores, seja pela anonimização dos dados, restrição de acesso ou existência de filtros de controle de acesso (DI MAURO *et al.*, 2021). Poucos estudos se concentram no processamento e análise de dados de consumo de água por telemetria para melhorar a operação e manutenção de redes de distribuição de água (LOUREIRO *et al.*, 2014).

Contudo, impulsionadas pelo recente avanço tecnológico em sistemas de telemetria e equipamentos medidores de água, pesquisas envolvendo o monitoramento das redes de distribuição de água vêm gradativamente ocupando mais espaço (ANTZOULATOS *et al.*, 2020; NARAYANAN e SANKARANARAYANAN, 2020; CASSIDY *et al.*, 2021). Esses estudos têm o objetivo de auxiliar as concessionárias de água na identificação de vazamentos e, consequentemente, reduzir as taxas de desperdício, representando um avanço no que tange ao controle de perdas de água em redes de distribuição.

Neste contexto, o uso de técnicas estatísticas tem ganhado destaque por apresentarem vantagens relacionadas à sua aplicação contínua e simplicidade na leitura e interpretação dos dados (JUNG e LANSEY, 2015; BORGES *et al.*, 2017; AHN e JUNG, 2019). Métodos estatísticos apresentam ferramentas importantes no diagnóstico e otimização da gestão e operação de vários sistemas, desde



humanos até os mais complexos sistemas físicos (MONTGOMERY, 2016). Conforme o autor destaca, a aplicação dessas técnicas tem desempenhado um papel importante na solução de problemas tanto da indústria como relacionados a serviços de saúde, sendo empregadas em bancos, contabilidade, marketing e diversos outros setores.

Nas últimas décadas, a gestão da demanda de água surgiu como uma estratégia fundamental para a busca da sustentabilidade na distribuição de água e para o aprimoramento dos serviços de água (DI MAURO *et al.*, 2021). Conforme os autores relatam, o desenvolvimento de tecnologias para o gerenciamento e medição do consumo de água promoveu a coleta de dados em escalas espaciais cada vez maiores e intervalos de tempo gradativamente menores. Ainda de acordo com os autores, a disponibilidade de dados de consumo de água em escalas residenciais ou de usos finais com uma amostragem de tempo de segundos ou minutos abriu oportunidades para a compreensão dos comportamentos do consumo de água e a modelagem da demanda de água. Considerando que muitas regiões podem ser afetadas pelas secas, medidas para minimizar perdas no sistema de distribuição de água são vitais (YAZDEKHASTI *et al.*, 2020). Assim, entender o cenário do monitoramento do consumo de água é essencial para ações de pesquisa e de gestão do uso da água.

Nesse contexto, o presente artigo propõe uma revisão narrativa de estudos abrangendo a temática do consumo e demanda de água, para aprimorar o conhecimento dos estudos envolvendo o monitoramento do consumo de água e a compreensão das técnicas utilizadas para este fim. O objetivo principal desta revisão é apresentar uma síntese geral dos estudos, com a identificação de equipamentos e métodos utilizados para a obtenção de dados e posterior modelagem e monitoramento do consumo de água. Como objetivo específico busca-se investigar o papel dos Gráficos de Controle Estatístico de Processo no monitoramento dessa variável.

2. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos optou-se pela realização de uma revisão narrativa. De acordo com Rother (2007) “os artigos de revisão narrativa são publicações amplas, apropriadas para descrever e discutir o desenvolvimento ou o “estado da arte” de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual”. Para Flick (2012) “uma revisão narrativa apresenta um relato da literatura no sentido de uma visão geral”. As revisões narrativas de literatura têm uma abordagem menos formal que as revisões sistemáticas de literatura (JAHAN *et al.*, 2016) e assim não exigem a apresentação dos aspectos mais rigorosos, característicos de uma revisão sistemática, na escolha das fontes de informação, metodologia para a busca de referências e critérios de inclusão e exclusão de trabalhos (ROTHER, 2007; JAHAN *et al.*, 2016).

Nesse artigo aplicou-se o exposto por Granth e Booth (2009) e Sukhera (2022a, 2022b) para o delineamento do percurso metodológico da revisão realizada. De acordo com Granth e Booth (2009), uma revisão da literatura narrativa envolve algum processo de identificação de materiais para seleção de trabalhos, para sintetização dos mesmos em formato textual, tabular ou gráfico e, para proceder a análise da contribuição destes. Uma revisão narrativa, de modo geral, abrange as etapas descritas no Quadro 1.

A revisão narrativa apresentada neste artigo é uma revisão do estado da arte (SUKHERA, 2022b). A justificativa se dá pela necessidade de explorar um tema específico, o monitoramento do consumo de água. A questão de pesquisa é “Como é realizado o monitoramento do consumo de água?”. O resultado esperado desta revisão é uma síntese, procurando identificar os equipamentos e métodos utilizados para



esta finalidade.

Quadro 1: Descrição das etapas de uma revisão narrativa

Etapas	Descrição
Identificação da questão de pesquisa	A primeira etapa na condução de uma revisão narrativa requer que os pesquisadores descrevam a justificativa para a revisão (SUKHERA, 2022a).
Busca	Na revisão narrativa, é importante identificar os bancos de dados a serem pesquisados (SUKHERA, 2022a), embora não seja obrigatório (ROTHER, 2007). Os termos de pesquisa nem sempre são conhecidos no início de uma revisão narrativa (SUKHERA, 2022a). Deve-se fornecer aos leitores o máximo de informações possível sobre a estratégia de busca e os termos utilizados com justificativas apropriadas para as decisões tomadas ao longo do percurso (SUKHERA, 2022a).
Seleção dos trabalhos	Este tipo de revisão envolve algum processo de identificação de trabalhos para potencial inclusão ou exclusão (GRANTH; BOOTH, 2009), sem a preocupação de ser uma revisão abrangente da literatura (SUKHERA, 2022a). Ainda para Sukhera (2022a) é importante apresentar as justificativas para os parâmetros de seleção.
Amostragem	Revisões narrativas incluem uma amostra não abrangente e não exaustiva da literatura sobre um tópico específico (SUKHERA, 2022a). Como não pretendem incluir toda a literatura que aborda o fenômeno de interesse, uma justificativa para a seleção dos trabalhos deve ser incluída (SUKHERA, 2022b).
Análise	Em geral, as revisões narrativas incluem alguma forma de análise descritiva e interpretativa. O tipo de análise pode variar de acordo com o objetivo e com o tipo de revisão narrativa realizada (SUKHERA, 2022a).

As seguintes bases de dados foram utilizadas na presente pesquisa: *Web of Science* e *Google Scholar*. Esta escolha se deu devido à sua abrangência e diversidade de fontes acadêmicas, possibilitando a obtenção de uma ampla gama de estudos relevantes para a temática em questão. A seleção por estas bases apresenta, ainda, outras vantagens, tais como facilidade na busca por palavras-chave, possibilidade de obtenção de métricas de citação e disponibilidade de recursos de pesquisa avançados, como filtros por período, idioma e tipo de estudo. Essas características contribuem para uma revisão mais abrangente e fundamentada.

A estratégia de pesquisa utilizou a combinação das seguintes palavras-chave: *water demand* (demanda de água), *water consumption* (consumo de água), *water monitoring* (monitoramento de água), *pipe bursts* (vazamentos em tubulações), *residential water consumption monitoring* (monitoramento do consumo de água residencial), *urban water consumption monitoring* (monitoramento do consumo de água urbano), *residential water demand forecast* (previsão da demanda de água residencial) e *urban water demand forecast* (previsão da demanda de água urbana). Esta estratégia foi aplicada utilizando as palavras-chave separadas na busca, de modo a identificar uma maior quantidade de trabalhos. Não houve limitação no período de busca, de modo a serem consideradas todas as publicações desde o início das plataformas. Foram incluídos na revisão os artigos científicos publicados em periódicos e anais de eventos aderentes ao tema de pesquisa. Os trabalhos que não atendiam a esses critérios foram excluídos.

No início da busca foi identificado um artigo de revisão elaborado por Di Mauro *et al.* (2021), no qual os autores disponibilizaram uma lista abrangente e atualizada de publicações abordando a temática do consumo de água (DI MAURO *et al.*, 2020). Foram então incluídos todos os estudos catalogados no artigo de revisão (DI MAURO *et al.*, 2020), além das publicações obtidas utilizando a estratégia de pesquisa definida.

A etapa de análise dos textos dos artigos teve abordagem qualitativa, a partir da Análise de Conteúdo, de acordo com Bardin (2016). A categorização dos textos foi definida *a priori* (Bardin, 2016) pelos autores em razão dos objetivos, que envolvem a identificação de métodos e instrumentos utilizados nas pesquisas. Os artigos foram classificados de acordo com três categorias: escala, obtenção dos dados e método. Ainda, uma quarta categoria, a distribuição geográfica das publicações, mais informativa, foi incluída no levantamento. A categorização referente à escala separa os estudos conforme sua espacialização, e foi classificada da seguinte forma:

- a) urbana: se refere a uma cidade, centro urbano ou distrito. A escala cidade ou centro urbano inclui toda a rede de distribuição de água urbana sendo medida pela concessionária de água. A escala distrital se refere a um grupo de edifícios cujo consumo de água é medido pela empresa fornecedora de serviços de água;
- b) residencial: se refere a uma única habitação ou edificação residencial ligada a um medidor de água. Dependendo da disponibilidade dos dados, pode ter sido considerado o uso interno, externo ou total.

Em relação aos equipamentos, foram identificados quatro equipamentos principais para a obtenção dos dados de demanda de água, os quais foram classificados conforme as definições a seguir:

- a) hidrômetro: instrumento de medição volumétrica de água individual, utilizado em larga escala pelas concessionárias de água para o faturamento das unidades consumidoras (RATHNAYAKA *et al.*, 2017). Em alguns estudos, os dados de consumo foram obtidos por meio da leitura das faturas emitidas a partir das medições dos hidrômetros;
- b) medidor de consumo com *data logger*: dispositivo eletrônico que monitora e registra medições em tempo real em intervalos de tempo constantes, permitindo determinar o comportamento de uma variável ao longo do tempo. Os dados são coletados após as medições, em consulta ao aparelho (MEYER *et al.*, 2021);
- c) medidor de vazão: equipamento de medição que pode ser instalado para medir a demanda de água em bairros ou conjuntos de edificações (BORGES *et al.*, 2017);
- d) *smart meter*: dispositivo eletrônico que registra medições em tempo real em intervalos de tempo constantes e tem a característica de retornar simultaneamente informações a respeito do padrão de consumo. Se difere por permitir a comunicação bidirecional entre o medidor e o consumidor, retornando os dados em tempo real (COMINOLA *et al.*, 2018).

Quanto aos métodos de monitoramento de água abordados nos estudos, foram identificadas oito principais técnicas, definidas a seguir:

- a) descritivo: se refere à utilização de medidas numéricas, como a comparação de médias, medianas e desvios padrão, ou de técnicas visuais, por meio da análise de histogramas, gráficos *boxplot* ou gráficos de séries temporais;
- b) gráficos de controle: contempla a aplicação de gráficos de controle, podendo ter sido utilizados gráficos univariados ou multivariados de Shewhart, CUSUM, EWMA ou a combinação destes;
- c) inferencial: quando o padrão de consumo de água é comparado estatisticamente por meio de testes de hipótese;
- d) *machine learning*: se refere à prática da utilização de algoritmos para que uma máquina possa fazer uma determinação ou predição do consumo de água;
- e) processo estocástico: a modelagem estocástica considera a probabilidade de o consumo de água seguir determinado padrão, caracterizado em termos do tipo de distribuição dos dados e

dos parâmetros definidos;

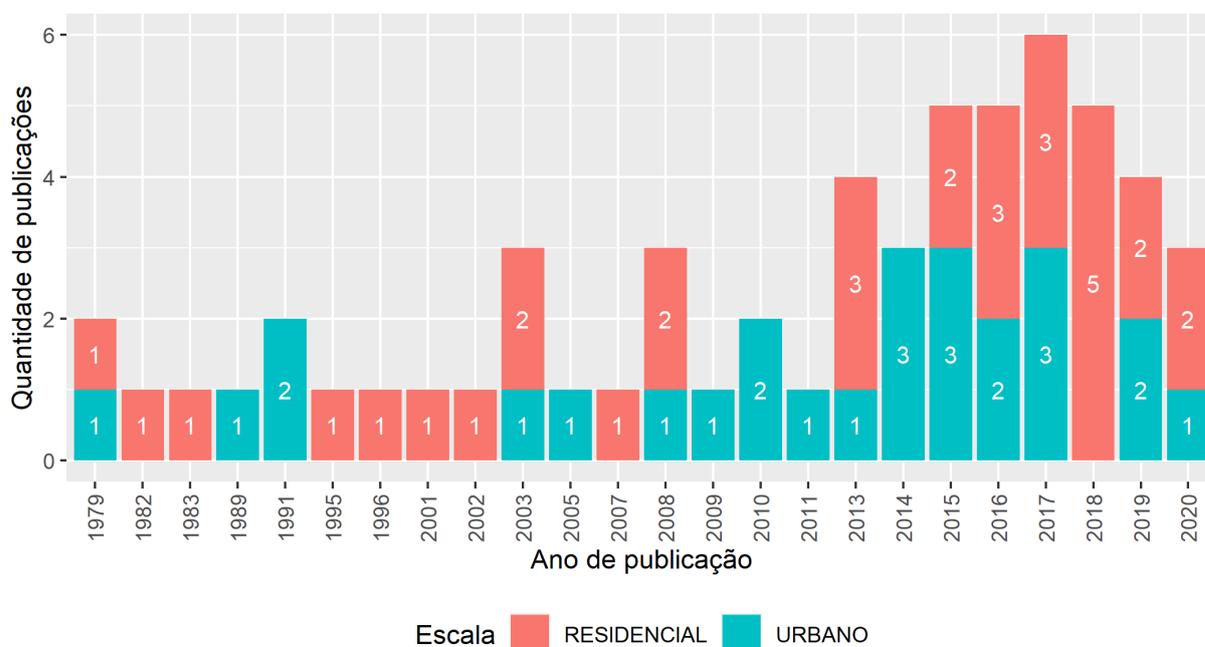
- f) regressão: se refere à modelagem estatística dos dados a partir de variáveis independentes, tendo como objetivo prever o consumo de água com base nas informações de outros fatores;
- g) teste de detecção de mudanças: abrange a identificação de pontos em que a distribuição do consumo de água sofreu uma mudança significativa por meio da utilização de testes de detecção de mudanças ou de detecção de comportamentos anômalos.

Para a análise dos dados categorizados foram aplicadas técnicas descritivas, com a elaboração de gráficos e tabelas. Para a construção de gráficos foi usado o software R (R CORE TEAM, 2022) com auxílio do pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016).

3. Resultados e Discussão

Na presente revisão foram selecionados 58 trabalhos abordando a temática de monitoramento do consumo de água a partir dos critérios estabelecidos para inclusão na seção de Metodologia. Uma visão geral da distribuição temporal das publicações (Figura 1), denota que houve um crescimento na quantidade de pesquisas publicadas a partir do ano de 2013. Esse aumento pode ser atribuído tanto ao crescente interesse no desenvolvimento de estratégias para a gestão da demanda de água, como também ao surgimento de tecnologias de medição inteligente da água durante o período de 2011-2015, conforme destacado por Cominola *et al.* (2015). Esses resultados indicam um maior engajamento da comunidade científica na investigação e busca por soluções inovadoras para o monitoramento do consumo de água. Em relação à primeira categoria definida nesta revisão (escala), as publicações estão divididas em 26 estudos em escala urbana e 32 estudos em escala residencial, o que sugere não haver um desequilíbrio considerando a análise no ambiente urbano e no ambiente construído.

Figura 1: Quantidade e ano de publicação dos estudos.



A disposição geográfica das publicações revisadas (Figura 2) mostra uma distribuição espacial desigual, com mais de 75% (46) dos estudos revisados oriundos dos Estados Unidos ou do continente europeu,

de modo que 43% (25) são de origem europeia, 36% (21) são estadunidenses, 14% (8) da Austrália, 5% (3) do continente asiático e, por fim, 2% (1) da África do Sul.

Figura 2: Distribuição geográfica das publicações.

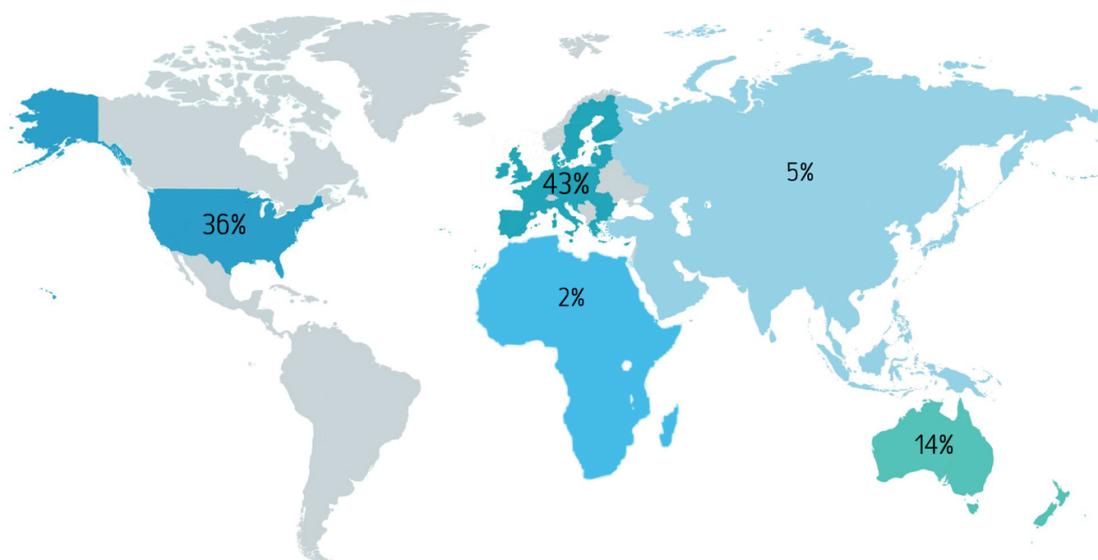
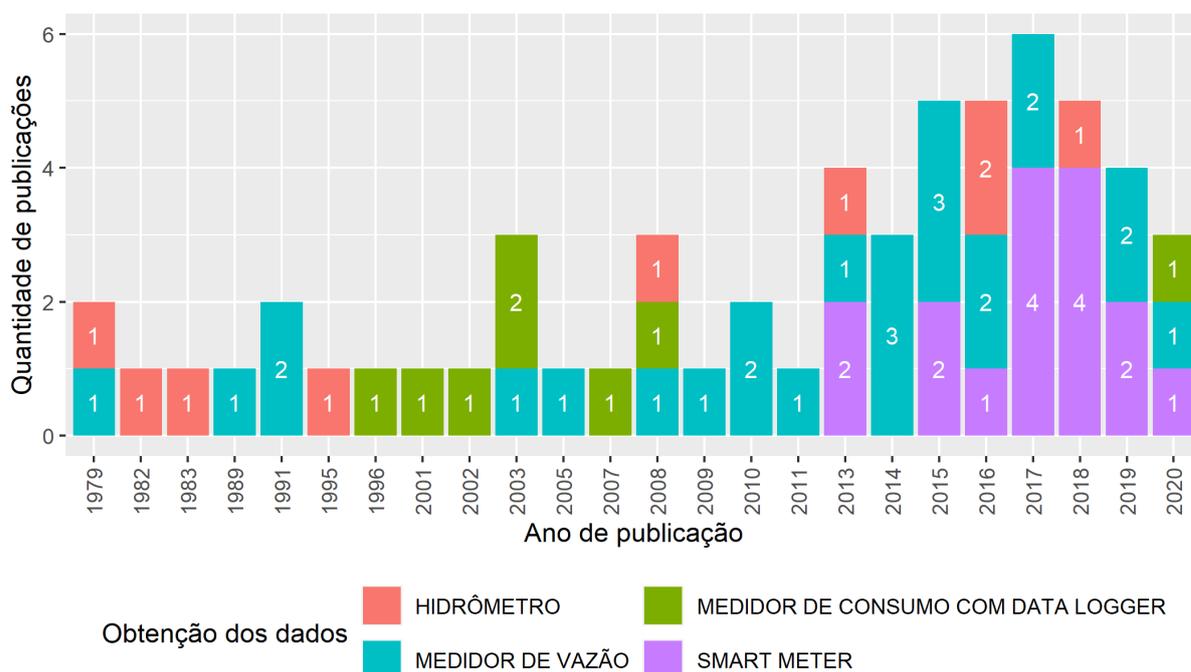


Figura 3: Método de obtenção dos dados por ano.



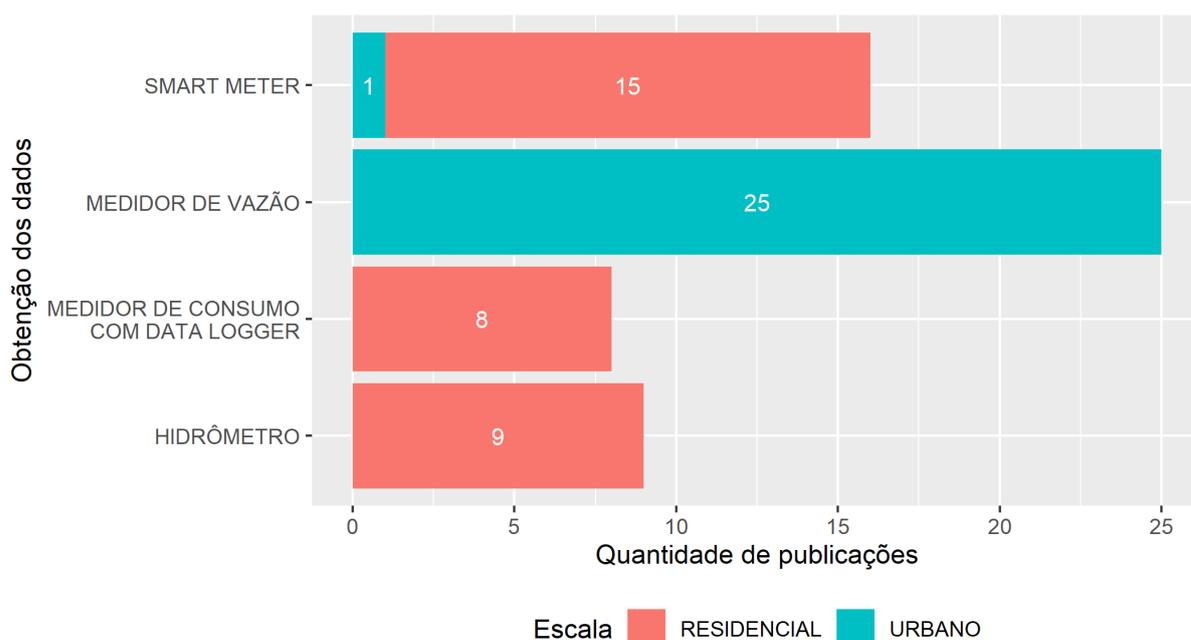
No contexto dos instrumentos aplicados para a medição, que integra a categoria “obtenção dos dados”, a Figura 3 ilustra o efeito do surgimento de novas tecnologias de medição de água no desenvolvimento de pesquisas na área. Verifica-se que após o ano de 2011 o número de estudos compreendendo o consumo de água teve um crescimento expressivo, associado possivelmente à utilização de *smart meters*. A maior disponibilidade de tecnologias de obtenção dos dados de água estimulou uma busca

cada vez maior pela compreensão dos padrões de consumo de água (DI MAURO *et al.*, 2021). Conforme os autores citam, este processo promoveu um aumento no número de pesquisas tanto em escala urbana quanto residencial, com diferentes escalas temporais e métodos de interpretação dos dados.

Os dados de demanda de água coletados em escala urbana são usados principalmente para monitorar padrões de demanda de água na rede ou para fornecer informações de entrada para modelos de simulação de sistemas de distribuição de água (ARAL *et al.*, 2006). Esses conjuntos de dados são quase que em sua totalidade obtidos por meio de relatórios de faturamento ou observações periódicas dos medidores de vazão (Figura 4), apresentando uma escala temporal de resolução diária ou mensal.

A Figura 4 também aponta que os smart meters são majoritariamente utilizados para pesquisas em escala residencial, indicando que o desenvolvimento desses equipamentos intensificou o estudo de padrões de consumo de água em nível domiciliar. As pesquisas abrangendo o consumo de água em escala residencial são de grande interesse para estudos comportamentais e fornecem informações importantes para promoção da conservação de água, projeção de tarifas de água, promoção de usos mais sustentáveis de recursos, caracterização da demanda de água durante horários de interesse e melhoria das capacidades de previsão e gestão da demanda de água (WILLIS *et al.*, 2013).

Figura 4: Obtenção dos dados por escala espacial.



Quanto aos métodos utilizados, pesquisas envolvendo a previsão da demanda de água vêm sendo realizadas há algumas décadas, com diferentes métodos de modelagem e maior ênfase a partir do ano de 2000 (Figura 5). Inicialmente, a maioria das pesquisas utilizava modelos de regressão para modelagem dos dados ou métodos descritivos para auxiliar na compreensão dos padrões do consumo de água. A partir do ano de 2010, o surgimento de medidores inteligentes de água potencializou o estudo dos padrões do consumo de água. Os *smart meters* proporcionam uma série de possibilidades no que tange ao estudo dos padrões do consumo de água, principalmente por apresentarem a vantagem de serem capazes de medir e armazenar os dados de uso de água com resolução subdiária, de até mesmo intervalos de segundos (GARGANO *et al.*, 2016).

Ainda neste contexto, o desenvolvimento de novos métodos de modelagem transformou o cenário do monitoramento hídrico, uma vez que aproximadamente 45% das pesquisas utilizaram técnicas de *machine learning* como ferramenta para a modelagem dos conjuntos de dados.

Figura 5: Métodos utilizados nas pesquisas a cada ano.

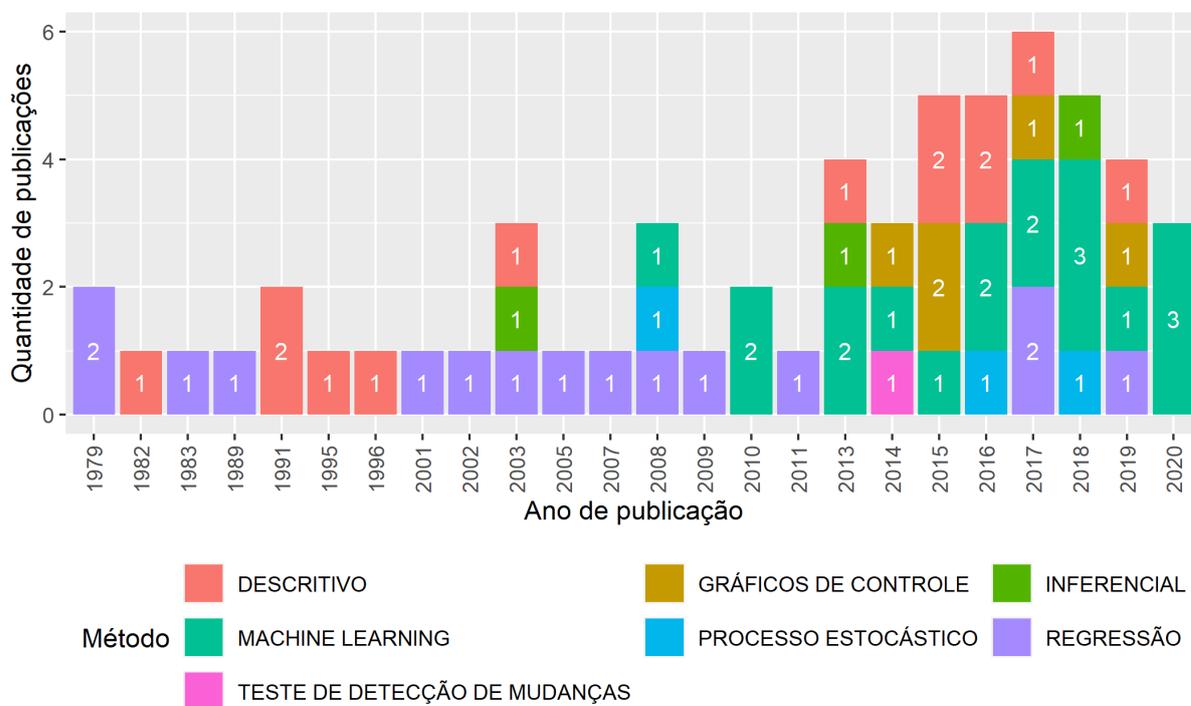
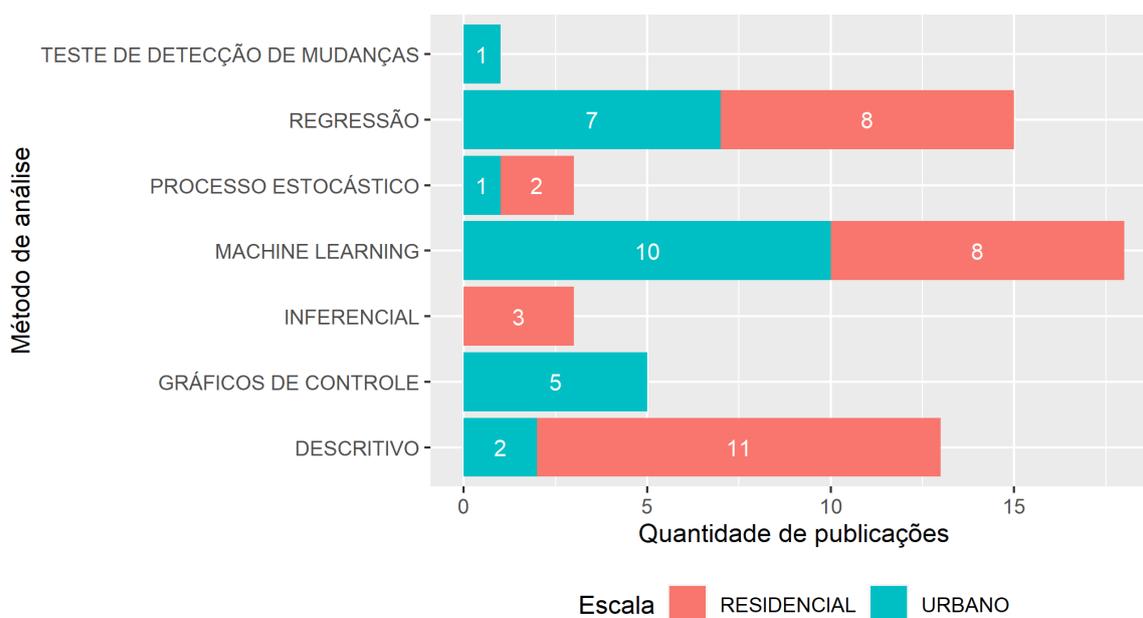


Figura 6: Métodos de análise utilizados por escala espacial.



Em relação aos métodos de modelagem dos dados, existe uma maior concentração na utilização de



técnicas de regressão e *machine learning*, divididas uniformemente entre as escalas urbana e residencial e representando cerca mais de 50% dos artigos revisados (Figura 6). Gráficos de Controle Estatístico de Processos, apesar de serem ferramentas já consolidadas no monitoramento no setor industrial e de saúde pública, ainda são pouco utilizados para o monitoramento de água e sua aplicação no setor hídrico se dá principalmente em escala urbana e a partir do ano de 2014 (BAKKER *et al.*, 2014).

No que diz respeito à aplicação das técnicas de estatística inferencial, processos estocásticos e testes de detecção de mudanças, a principal característica destes métodos consiste na possibilidade de se retirar conclusões sobre determinado modelo com base nas observações coletadas, apresentando forte relação com a aplicação de testes de hipóteses (GUTTORP, 1995). Assis *et al.* (2020) definem o teste de hipóteses como sendo um processo estatístico utilizado com o objetivo de verificação da igualdade ou desigualdade de uma ou mais suposições, a partir da análise de dois ou mais conjuntos de dados.

Algumas características e tendências puderam ser identificadas a partir das informações coletadas dos estudos. A resolução temporal da amostragem representa um fator importante para o desenvolvimento das pesquisas, de modo que dados de consumo de água coletados em intervalos de tempo menores permitem uma compreensão maior e mais precisa da amostra, podendo ser usados para detectar vazamentos de água mais rapidamente e fornecendo estimativas precisas dos horários de maior consumo (COMINOLA *et al.*, 2018).

Considerando-se os 58 artigos incluídos nesta revisão, observa-se uma grande variedade na definição das escalas temporais adotadas, a depender do equipamento sendo utilizado para a medição dos dados de consumo de água. Os conjuntos de dados coletados em escala urbana incluem principalmente dados registrados com resolução diária ou mensal, consistindo em medidas obtidas por observações periódicas de medidores ou relatórios de faturamento. Essa característica é consistente com as necessidades dos estudos, em que o objetivo é geralmente estimar a demanda de água para a rede ou a otimização da gestão e operação da rede de distribuição de água. Apenas algumas exceções incluem dados com uma resolução de tempo em intervalos de minutos, o que pode estar atribuído à dimensão dos estudos, à extensão do período sendo estudado e aos custos de implantação de *smart meters* em larga escala. Por sua vez, os conjuntos de dados de escala residencial apresentam mais estudos com dados coletados em intervalos de tempo menores. A classificação desses conjuntos de dados com base em sua resolução temporal revela que 62,5% das pesquisas contêm dados coletados em intervalos de tempo de horas, minutos ou até mesmo segundos.

A amostragem também influencia nos métodos que podem ser utilizados para a realização do monitoramento do consumo de água. A análise descritiva apresenta a vantagem de ser uma síntese numérica, podendo ser aplicada a qualquer escala temporal e tendo como objetivo básico resumir uma série de valores por meio de um conjunto de ferramentas e técnicas, como tabelas, gráficos ou medidas de variabilidade e tendência, que ajudam na obtenção de uma visualização global dos dados (CRESPO, 2020). Desse modo, esse método se caracteriza pela capacidade de analisar praticamente quaisquer conjuntos de dados, fornecendo informações importantes de valores máximos, mínimos, atípicos e inclusive dados faltantes, representando uma etapa fundamental para qualquer estudo (MANCUSO *et al.*, 2019).

No entanto, a estatística descritiva não permite testar hipóteses, como comparar o uso de água em residências unifamiliares ou edifícios multifamiliares, ou verificar mudanças na demanda de água ao longo do tempo. Nesse contexto, os estudos de estatística inferencial, incluindo os métodos de processo estocástico e os testes de detecção de mudança, são utilizados como um método de averiguação sobre



a veracidade de uma afirmação (HIRAKATA *et al.*, 2019). Ainda segundo os autores, a estatística inferencial utiliza testes de hipóteses como regra de decisão para aceitar ou rejeitar uma hipótese, com base nos dados coletados em uma amostra, sendo uma ferramenta importante para a tomada de decisões.

Em outros estudos, o objetivo é compreender o comportamento do consumo de água em relação a outras variáveis, identificando se a alteração destas pode causar mudanças no padrão do consumo de água. Conforme afirmado por Leotti *et al.* (2020), a modelagem estatística apresenta técnicas capazes de cumprir esse objetivo, sendo a análise de regressão muito utilizada para supor relações de dependência entre o consumo de água e outras variáveis, ajustando o melhor modelo capaz de descrever o comportamento do consumo de água. A identificação de fatores que alteram o consumo de água traz vantagens claras para o desenvolvimento de práticas sustentáveis quanto ao uso da água, podendo orientar a criação de políticas públicas de conservação e campanhas de conscientização (GARCIA *et al.*, 2019).

Assim como nos modelos de regressão, a capacidade de gerar modelos capazes de prever ou simular a demanda de água, tanto em nível urbano quanto residencial, também é objeto de estudo em pesquisas utilizando técnicas de *machine learning*. Nesse cenário, são utilizados algoritmos para a coleta e interpretação de dados, seguindo parâmetros definidos pelos pesquisadores a fim de auxiliar uma máquina a reconhecer padrões e tomar decisões (RODRIGUES, 2021). A utilização de algoritmos computacionais proporciona uma série de vantagens para o estudo, dado que a máquina aprende manipulando uma grande quantidade de informações em um curto período de tempo, auxiliando a compreensão das variações da demanda de água (OYEBODE e IGHRAVWE, 2019).

No contexto do monitoramento do consumo de água, os gráficos de controle estatísticos de processo apresentam uma vantagem relacionada a sua versatilidade, podendo ser aplicados em conjuntos de dados de escala urbana ou residencial e com diferentes escalas temporais. Dessa forma, a aplicação de gráficos de controle para a gestão da água se revela como uma ferramenta atual e relevante, podendo representar um avanço no que tange à automatização de processos de monitoramento de grandes volumes de água (DURMUSOGLU, 2018).

4. Considerações Finais

Este artigo apresentou uma revisão narrativa de estudos abrangendo a temática do monitoramento de consumo de água com intuito de contribuir para o conhecimento do estado da arte e para a compreensão das técnicas utilizadas para este fim. Nesta revisão foram identificados os equipamentos e métodos utilizados para a obtenção de dados de consumo de água e também as principais técnicas de monitoramento de dados de consumo de água encontradas na literatura, analisando a distribuição geográfica das publicações, além da escala (residencial ou urbana) empregada nos estudos.

Em suma, esforços de pesquisas diferenciados permitem um maior entendimento dos conjuntos de dados de consumo de água e contribuem para aprimorar os conhecimentos acerca da gestão hídrica. A utilização de diferentes técnicas para o monitoramento de água pode ser útil a empresas concessionárias de água, auxiliando na identificação de vazamentos ou horários de maior consumo, além de auxiliar na análise do uso de água doméstico, contribuindo para a promoção de práticas sustentáveis do consumo de água.

A presente revisão apresenta algumas limitações inerentes à sua abordagem, narrativa, na qual a busca



de estudos não necessita abranger todas as fontes de informações disponíveis. Ainda assim, permitiu o atendimento dos objetivos, traçando um panorama da temática do monitoramento do consumo de água com base nas publicações analisadas.

A partir dos resultados, emergem algumas lacunas e também novos questionamentos que podem representar oportunidades para estudos futuros. Um dos achados é a escassez de trabalhos abrangendo o uso de Gráficos de Controle Estatístico de Processos. Assim, este é um tema que pode ser aprofundado a partir de estudos envolvendo simulação ou aplicação a dados reais, seja no consumo predial ou para o monitoramento urbano.

Sugere-se também o aprofundamento da pesquisa a partir de uma revisão sistemática ou integrativa, incluindo outras bases de trabalhos científicos. A revisão pode buscar respostas para questões específicas, como a análise comparativa, no contexto da literatura, do desempenho dos diferentes métodos na detecção de perdas de água nas escalas urbana ou residencial, sejam elas aparentes ou reais.

Para finalizar, no cenário nacional, há necessidade e espaço para novas pesquisas envolvendo todo ecossistema que envolve o monitoramento do consumo de água. Dada a diversidade de características sociais, econômicas e climáticas do país, uma revisão de literatura em língua portuguesa, abrangendo também a literatura cinzenta, pode contribuir para a construção de um cenário mais amplo e contextualizado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq 423090/2021-6) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (2021TR837) pelo financiamento da pesquisa.

Referências

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perdas em sistemas de abastecimento de água: diagnóstico, potencial de ganhos com sua redução e propostas de medidas para o efetivo combate.** 2013. Disponível em: <<http://www.abes-sp.org.br/arquivos/perdas.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2020.

AHN, J.; JUNG, D. Hybrid Statistical Process Control Method for Water Distribution Pipe Burst Detection. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 145, n. 9, p. 06019008, 2019.

ALI, A. M.; SHAFIEE, M. E.; BERGLUND, E. Z. Agent-based modeling to simulate the dynamics of urban water supply: Climate, population growth, and water shortages. **Sustainable Cities and Society**, v. 28, p. 420-434, 2017.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: relatório pleno.** Brasília: Agência Nacional de Águas (ANA), 2018. 72 p.

ANTZOULATOS, G.; MOURTZIOS, C.; STOURNARA, P.; KOULOGLOU, I.; PAPADIMITRIOU, N.; SPYROU, D.; MENTES, A.; NIKOLAIDIS, E.; KARAKOSTAS, A.; KOURTESIS, D.; VROCHIDIS, S.; KOMPATSIARIS, I. Making urban water smart: the SMART-WATER solution. **Water Science & Technology**, v. 82, n. 12, p. 2691-2710, 2020.

ARAL, M. M.; GUAN, J.; MASLIA, M. L.; GRAYMAN, W. M. Optimization model and algorithms for design of water sensor placement in water distribution systems. **Proceedings of the 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium**, Cincinnati, p. 27-30, ago. 2006.



ASSIS, J. P. de; SOUSA, R. P. de; LINHARES, P. C. F. **Testes de hipóteses estatísticas**. Mossoró: EdUFERSA, 2020. 182 p.

BALLING JR., R. C.; GOBER, P. Climate Variability and Residential Water Use in the City of Phoenix, Arizona. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 46, p. 1130-1137, 2007. <https://doi.org/10.1175/JAM2518.1>

BALLING JR., R. C.; GOBER, P.; JONES, N. Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: An intraurban analysis of Phoenix, Arizona. **Water Resources Research**, v. 44, W10401, 2008. <https://doi.org/10.1029/2007WR006722>

BAKKER, M.; JUNG, D.; VREEBURG, J.; VAN DE ROER, M.; LANSEY, K.; RIETVELD, L. Detecting pipe bursts using Heuristic and CUSUM methods. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 85-92, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.011>

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BATES, B.; KUNDZEWICZ, Z. W.; WU, S.; PALUTIKOF, J. **Climate Change and Water**. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: IPCC Secretariat, 2008. 210 p.

BORGES, A. P. A.; JUNG, D.; KIM, J. H. Smart WDS management: Pipe burst detection using real-time monitoring data. **IEEE SmartWorld**, p. 1-4, 2017.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, T.; JIMENEZ, L. N.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; WADA, Y.; EISNER, S.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; MAGNUSZIEWSKI, P.; COSGROVE, W.; WIBERG, D. **Water futures and solution: fast track initiative**. Áustria: IIASA, 2016. 88 p.

CARDELL-OLIVER, R. Water use signature patterns for analyzing household consumption using medium resolution meter data. **Water Resources Research**, v. 49, p. 8589-8599, 2013. <https://doi.org/10.1002/2013WR014458>

CASSIDY, J.; BARBOSA, B.; DAMIÃO, M.; RAMALHO, P.; GANHÃO, A.; SANTOS, A.; FELICIANO, J. Taking water efficiency to the next level: digital tools to reduce non-revenue water. **Journal of Hydroinformatics**, v. 23, n. 3, p. 453-465, 2021.

COMINOLA, A.; GIULIANI, M.; PIGA, D.; CASTELLETTI, A.; RIZZOLI, A. E. Benefits and challenges of using smart meters for advancing residential water demand modeling and management: A review. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 198-214, 2015.

COMINOLA, A.; GIULIANI, M.; CASTELLETTI, A.; ROSENBERG, D.E.; ABDALLAH, A.M. Implications of data sampling resolution on water use simulation, end-use disaggregation, and demand management. **Environmental Modelling & Software**, v. 102, p. 199-212, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.11.022>

CRESPO, A. A. **Estatística**. 20 ed. São Paulo: Saraiva, 2020.

DI MAURO, A.; COMINOLA, A.; CASTELLETTI, A.; DI NARDO, A. [Banco de dados] Urban Water Consumption at Multiple Spatial and Temporal Scales. A Review of Existing Datasets. Zenodo. 2020. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4390460>

DI MAURO, A.; COMINOLA, A.; CASTELLETTI, A.; DI NARDO, A. Urban Water Consumption at Multiple Spatial and Temporal Scales. A Review of Existing Datasets. **Water**, v. 13, n. 36, 2021. <https://doi.org/10.3390/w13010036>

DURMUSOGLU, A. Updating technology forecasting models using statistical control charts. **Kybernetes**, v. 47, n. 4, p. 672-688, 2018. <https://doi.org/10.1108/K-04-2017-0144>

FLICK, U. **Introdução à metodologia de pesquisa um guia para iniciantes**. Tradução: Magda Lopes.



Porto Alegre: Penso, 2012.

FUENTES, H.; MAURICIO, D. Smart water consumption measurement system for houses using IoT and cloud computing. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 602, 2020.

GARCIA, J.; SALFER, L. R.; KALBUSCH, A.; HENNING, E. Identifying the Drivers of Water Consumption in Single-Family Households in Joinville, Southern Brazil. **Water**, v. 11, 2019. <https://doi.org/10.3390/w11101990>

GARGANO, R.; DI PALMA, F.; DE MARINIS, G.; GRANATA, F.; GRECO, R. A stochastic approach for the water demand of residential end users. **Urban Water Journal**, v. 13, p. 569-582, 2016.

GAUTAM, J.; CHAKRABARTI, A.; AGARWAL, S.; SINGH, A.; GUPTA, S.; SINGH, J. Monitoring and forecasting water consumption and detecting leakage using an IoT system. **Water Supply**, v. 20, n. 3, p. 1103-1113, 2020.

GRANT M.J.; BOOTH, A. A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies. **Health Info Libr J.** 2009;26(2):91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>

GUTTORP, P. **Stochastic Modelling of Scientific Data**. Londres: Chapman & Hall, 1995. 384 p.

HIRAKATA, V. N.; BRANCO MANCUSO, A. C.; DE JESUS CASTRO, S. M. Teste de Hipóteses: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 39, n. 2, p. 181-185, 2019. <https://doi.org/10.4322/2357-9730.93649>

IGLESIAS, C.; SANCHO, J.; PIÑEIRO, J. I.; MARTÍNEZ, J.; PASTOR, J. J.; TABOADA, J. Shewhart-type control charts and functional data analysis for water quality analysis based on a global indicator. **Desalination and Water Treatment**, v. 57, n. 6, p. 2669-2684, 2016. <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1029533>

JAHAN, N.; NAVEED, S.; ZESHAN, M.; TAHIR, M.A. How to Conduct a Systematic Review: A Narrative Literature Review. **Cureus**. 2016;8(11): e864. <https://doi.org/10.7759/cureus.864>

JUNG, D.; LANSEY, K. Water Distribution System Burst Detection Using a Nonlinear Kalman Filter. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 141, n. 5, p. 04014070-2, 2015.

LIEMBERGER, R.; WYATT, A. Quantifying the global non-revenue water problem. **Water Supply**, v. 19 (3): 831–837, 2019. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.129>

LEOTTI, V. B.; MANCUSO, A. C. B.; BORGES, R. B.; DE JESUS CASTRO, S. M.; HIRAKATA, V. N.; CAMEY, S. A. Modelagem estatística: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 39, n. 4, p. 356-363, 2020. <https://doi.org/10.22491/2357-9730.98944>

LOUREIRO, D.; ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; MARTINS, A.; MAMADE, A. A new approach to improve water loss control using smart metering data. **Water Supply**, v. 14, n. 4, p. 618-625, 2014.

MANCUSO, A. C. B.; CASTRO, S. M. DE J.; GUIMARÃES, L. S. P.; LEOTTI, V. B.; HIRAKATA, V. N.; CAMEY, S. A. Estatística Descritiva: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 38, n. 4, p. 414-418, 2019. <https://doi.org/10.4322/2357-9730.89242>

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, cap. 3, p. 47-63.

MEYER, B. E.; JACOBS, H. E.; ILEMOBADE, A. Classifying household water use into indoor and outdoor use from a rudimentary data set: a case study in Johannesburg, South Africa. **Journal of Water**,



Sanitation and Hygiene for Development, v. 11, n. 3, p. 423-431, 2021.
<https://doi.org/10.2166/washdev.2021.229>

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

NARAYANAN, L. K.; SANKARANARAYANAN, S. IoT-based water demand forecasting and distribution design for smart city. **Journal of Water and Climate Change**, v. 11, n. 4, p. 1411-1428, 2020.

OYEBODE, O.; IGHRAVWE, D. E. Urban Water Demand Forecasting: a comparative evaluation of conventional and soft computing techniques. **Resources**, v. 8, n. 3, p. 156, 2019.
<https://doi.org/10.3390/resources8030156>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022. <https://www.R-project.org/>.

RATHNAYAKA, K.; MALANO, H.; ARORA, M.; GEORGE, B.; MAHEEPALA, S.; NAWARATHNA, B. Prediction of urban residential end-use water demands by integrating known and unknown water demand drivers at multiple scales I: Model development. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 117, p. 85-92, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.014>

RIZZO, E. B.; COUSIN, F. A.; LUCCA, R. M.; LAUTENSCHLAGER, S. R. Autonomous metering system for monitoring water consumption. **Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua**, 2021.

RODRIGUES, V. **Como máquinas aprendem: Volume II... Algoritmos clássicos de machine learning**. Florença: Publicação Independente, 2021.

ROTHER, E. T. Systematic literature review X narrative review. **Acta Paul Enferm.**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007. <https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%29PS.1949-1204.0000425>

SUKHERA, J. Narrative Reviews in Medical Education: Key Steps for Researchers. **J Grad Med Educ** 14 (4): 418–419, 2022a. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00481.1>

SUKHERA, J. Narrative Reviews: Flexible, Rigorous, and Practical. **J Grad Med Educ**.14(4):414-417, 2022b. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480.1>.

YAZDEKHAJASTI, S. et al. Sustainability analysis of a leakage-monitoring technique for water pipeline networks. **Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice**, v. 11, n. 1, p. 04019052, 2020.

YOON, J. et al. A coupled human–natural system analysis of freshwater security under climate and population change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 14, p. e2020431118, 2021. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2020431118>

WANG, Q.; WANG, X. Moving to economic growth without water demand growth – a decomposition analysis of decoupling from economic growth and water use in 31 provinces of China. **Science of the Total Environment**, v. 726, 2020.

WEI, Y.; WANG, Z.; WANG, H.; YAO, T.; LI, Y. Promoting inclusive water governance and forecasting the structure of water consumption based on compositional data: a case study of Beijing. **Science of the Total Environment**, v. 634, p. 407-416, 2018.

WILLIS, R. M.; STEWART, R. A.; GIURCO, D. P.; TALEBPOUR, M. R.; MOUSAVINEJAD, A. End use water consumption in households: Impact of sociodemographic factors and efficient devices. **Journal of Cleaner Production**, v. 60, p. 107-115, 2013.

WICKHAM, H. **GGPLOT2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New York, 2016.



APÊNDICE – LISTA DE ARTIGOS CONSIDERADOS NA REVISÃO

Ano	Periódico	Título	Escala de consumo	Escala temporal	Obtenção dos dados	Método de análise	Origem
1979	Journal Water Resources Research	An analysis of residential demand for water using micro time-series data	Residencial	Diária	Hidrômetro	Regressão	Estados Unidos
1979	J. Am. Water Resour. Assoc.	Effect of price on the residential demand for water within an agency	Urbano	Mensal	Medidor de vazão	Regressão	Estados Unidos
1982	Journal Evaluation Review	Response To Water Conservation Campaigns: An Exploratory Look	Residencial	Mensal	Hidrômetro	Descritivo	Estados Unidos
1983	Sociol. Perspect.	Saving water: A Causal Model of Household Conservation	Residencial	Mensal	Hidrômetro	Regressão	Estados Unidos
1989	Journal / American Water Works Association	Demand management factors in residential water use: The southern Arizona experience	Urbano	Mensal	Medidor de vazão	Regressão	Estados Unidos
1991	Water and Environment Journal	Insights into Domestic Demand from a Metering Trial	Urbano	Diária	Medidor de vazão	Descritivo	Reino Unido
1991	Journal Water Resources Management	Peak coefficients of household potable water supply	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Descritivo	Itália
1995	Water and Environment Journal	A Methodology for Surveying Domestic Water Consumption	Residencial	Subdiária	Hidrômetro	Descritivo	Reino Unido
1996	Journal of Water Resources Planning and Management	Intensity, duration, and frequency of residential water demands	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Descritivo	Estados Unidos
2001	Conference Progress in Water Resources	Instantaneous residential water demand as stochastic point process	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Regressão	Itália



Periódico	Título	Escala de consumo	Escala temporal	Obtenção dos dados	Método de análise	Origem
Water Studies	Dynamic simulation of water distribution systems with instantaneous demands	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Regressão	Estados Unidos
Journal Hydro 2000: Interactive Hydrology	Domestic Water Use Study. In Perth, Western Australia 1998-2001	Residencial	Diária	Medidor de consumo com data logger	Descritivo	Austrália
American Water Works Association Research Foundation	Random demands, travel times and water quality in deadends	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Inferencial	Estados Unidos
Journal Water Resources Management	A stochastic model for representing drinking water demand at residential level	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Regressão	Itália
Australasian Journal of Water Resources	A simple time series approach to modelling urban water demand. Australias	Urbano	Diária	Medidor de vazão	Regressão	Austrália
8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium	Effect of time step and data aggregation on cross correlation of residential demands	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Regressão	Estados Unidos
Journal of the American Water Resources Association	Residential water demand management: Lessons from Aurora, Colorado	Residencial	Mensal	Hidrômetro	Regressão	Estados Unidos
J. Water Resour. Plan. Manag.	Spatial and temporal scaling properties of water demand	Residencial	Subdiária	Medidor de consumo com data logger	Processo estocástico	Itália
Journal of Water Resources Planning and Management	Urban Water Demand Forecasting with a Dynamic Artificial Neural Network Model	Urbano	Diária	Medidor de vazão	Machine learning	Estados Unidos
Water Policy	Residential water demand modeling in Queensland, Australia: A comparative panel data approach	Urbano	Mensal	Medidor de vazão	Regressão	Austrália



Título	Escala de consumo	Escala temporal	Obtenção dos dados	Método de análise	Origem	Ano
Implementation of an on-line artificial intelligence district meter area flow meter data analysis system for abnormality detection: A case study	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Machine learning	Reino Unido	2002
Predictive models for forecasting hourly urban water demand	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Machine learning	Espanha	2003
Characterizing maximum residential water demand	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Regressão	Austrália	2003
Smart meter enabled disaggregation of urban peak water demand: Precursor to effective urban water planning	Residencial	Diária	Smart meter	Descritivo	Austrália	2003
Residential water demand analysis due to water meter installation in California	Residencial	Mensal	Hidrômetro	Inferencial	Estados Unidos	2005
Discovering water use activities for smart metering	Residencial	Subdiária	Smart meter	Machine learning	Austrália	2007
A fully adaptive forecasting model for short-term drinking water demand.	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Machine learning	Holanda	2008
Exploiting self-similarity for change detection	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Teste de detecção de mudanças	Espanha	2008
Urban water demand forecasting by LS-SVM with tuning based on elitist teaching-learning-based optimization	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Machine learning	China	2008
Detecting pipe bursts using Heuristic and CUSUM methods	Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Gráficos de controle	Holanda	2009



Escala de consumo	Escala temporal	Obtenção dos dados	Método de análise	Origem	Ano	Periódico
Residencial	Subdiária	Smart meter	Descritivo	Coréia	2010	Water Sci. Technol. Water Supply
Residencial	Diária	Smart meter	Descritivo	Portugal	2010	Journal of Hydrology
Urbano	Mensal	Medidor de vazão	Machine learning	Israel	2011	Conference WIT Transactions on the Built Environment
Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Gráficos de controle	Estados Unidos	2013	Urban Water Journal
Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Gráficos de controle	EUA / Holanda / Itália	2013	World Environmental and Water Resources Congress
Residencial	Mensal	Hidrômetro	Descritivo	África do Sul	2013	8th Intelligent Sensor Networks and Information Processing
Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Machine learning	Holanda	2013	Environ. Model. Softw.
Urbano	Subdiária	Medidor de vazão	Processo estocástico	Itália	2014	Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
Residencial	Mensal	Hidrômetro	Descritivo	Estados Unidos	2014	26th Chinese Control and Decision Conference
Residencial	Subdiária	Smart meter	Machine learning	Reino Unido / Suíça	2014	Procedia Engineering



Escala temporal	Obtenção dos dados	Método de análise	Origem	Ano	Periódico	Título
Subdiária	Smart meter	Descritivo	Espanha	2015	Journal Desalination and Water Treatment	Field application of waterworks automated meter reading systems and analysis of household water consumption
Subdiária	Smart meter	Machine learning	Espanha	2015	Water Sci. Technol. Water Supply	Linking water consumption smart metering with census data to improve demand management
Subdiária	Smart meter	Machine learning	França	2015	Water Resour. Res.	Water consumption patterns as a basis for water demand modeling.
Mensal	Medidor de vazão	Regressão	Estados Unidos	2015	J. Water Resour. Plann. Manage.	Water Distribution System Burst Detection Using a Nonlinear Kalman Filter
Subdiária	Smart meter	Regressão	Itália	2015	Journal of Hydroinformatics	Improving the rapidity of responses to pipe burst in water distribution systems: a comparison of statistical process control methods
Subdiária	Medidor de vazão	Gráficos de controle	Estados Unidos	2016	Journal of Water Sanitation and Hygiene for Development	Assessing the impact of property size on residential water use for selected neighbourhoods in Lilongwe, Malawi
Subdiária	Smart meter	Inferencial	Estados Unidos	2016	Journal Water Science and Technology: Water Supply	Application of machine learning techniques to predict anomalies in water supply networks
Subdiária	Smart meter	Processo estocástico	Grécia	2016	Journal Water Science and Technology: Water Supply	A stochastic model for daily residential water demand
Mensal	Hidrômetro	Machine learning	Estados Unidos	2016	Journal Water and Environment Journal	Residential water demand analysis of a Low-Income Rate Assistance Program in California, United States
Subdiária	Smart meter	Machine learning	Reino Unido	2016	8th Int. Congr. Environ. Model. Softw.	Profiling residential water users' routines by eigenbehavior modelling



Obtenção dos dados	Método de análise	Origem	Ano	Periódico	Título	Escala de consumo
Smart meter	Machine learning	Australia	2017	Journal article Sustainability	Household smart water metering in Spain: Insights from the experience of remote meter reading in Alicante	Residencial
Smart meter	Regressão	Reino Unido	2017	Computing and Control for the Water Industry	Pattern Recognition in Residential End Uses of Water Using Artificial Neural Networks and Other Machine Learning Techniques	Residencial
Medidor de vazão	Machine learning	Itália	2017	International Conference on Data Science and Advanced Applications	Predictive classification of water consumption time series using non-homogeneous markov model	Urbano
Smart meter	Descritivo	Australia	2017	Sci. Adv. 3.	Changes in water consumption linked to heavy news media coverage of extreme climatic events.	Urbano
Medidor de vazão	Gráficos de controle	Estados Unidos	2017	J. Water Resour. Plan. Manag.	Models for Generating Household Water Demand Pulses: Literature Review and Comparison	Residencial
Medidor de vazão	Machine learning	Polonia	2017	IEEE SmartWorld	Smart WDS management: Pipe burst detection using real-time monitoring data	Urbano
Smart meter	Machine learning	Estados Unidos	2018	Journal of Cleaner Production	Segmentation analysis of residential water-electricity demand for customized demand-side management programs	Residencial
Medidor de consumo com data logger	Machine learning	Estados Unidos	2018	Water (Switzerland)	Exploring the statistical and distributional properties of residential water demand at fine time scales	Residencial
			2018	Environ. Model. Softw.	Forecasting urban household water demand with statistical and machine learning methods using large space-time data: A Comparative study	Residencial
			2018	EasyChair	Smart Water Demand Forecasting: Learning from the Data	Residencial



Ano	Periódico	Título	Escala de consumo	Escala temporal
2018	Environ. Model. Softw	Re-engineering traditional urban water management practices with smart metering and informatics	Residencial	Subdiária
2019	Journal of Water Resources Planning and Management	Long-Term Projections of Domestic Water Demand: A Case Study of London and the Thames Valley	Residencial	Diária
2019	Lecture Notes in Computer Science	Calibration of a water distribution network with limited field measures: The case study of Castellammare di Stabia (Naples, Italy)	Urbano	Diária
2019	Water e-Journal	Smart water metering technology for water management in urban areas	Residencial	Subdiária
2019	J. Water Resour. Plann. Manage.	Hybrid Statistical Process Control Method for Water Distribution Pipe Burst Detection	Urbano	Subdiária
2020	Urban Water J.	Applying human mobility and water consumption data for short-term water demand forecasting using classical and machine learning models	Urbano	Subdiária
2020	Environ. Model. Softw.	Smart meters data for modeling and forecasting water demand at the user-level	Residencial	Subdiária
2020	Sensors (Switzerland)	A low-cost, open source monitoring system for collecting high temporal resolution water use data on magnetically driven residential water meters	Residencial	Subdiária



Allyson Belli Bogo

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2015), especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina (2018) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2022). Atuou no desenvolvimento de pesquisas utilizando métodos estatísticos com foco na conservação de recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável.

Contribuição de coautoria: Concepção.

Elisa Henning

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (1992), mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998), especialização em Matemática e Estatística (UFLA), mestrado em Estatística pela Universidade Aberta de Portugal (2014) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010). Atualmente é professora do Departamento de Matemática na Universidade do Estado de Santa Catarina. Desenvolve pesquisas na área de métodos estatísticos e de aprendizado de máquina aplicados ao uso da água no ambiente urbano.

Contribuição de coautoria: Concepção; Análise; Metodologia; Supervisão; Visualização; Validação; Redação - rascunho original; Redação - revisão e edição.

Andreza Kalbusch

Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011), Mestre em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (2006), com graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2001). Atualmente é professora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Estado de Santa Catarina, Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e coordenadora do GT de Sistemas Prediais da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Seus temas de pesquisa são conservação de água, desempenho de sistemas prediais e consumo de água no ambiente construído e consumo de água no ambiente urbano.

Contribuição de coautoria: Análise; Supervisão; Validação; Visualização; Redação - revisão e edição.

Como citar: BOGO, A. B., HENNING, E., KALBUSCH, A. Monitoramento do consumo de água: uma revisão narrativa. Paranoá. n.34, jan/jun 2023. DOI 10.18830/issn.1679-0944.n34.2023.18

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