



**ENAN
PUR** 2023
Belém 22 a 26 de maio



SISTEMAS INTELIGENTES DE ÁGUA URBANA: UMA ABORDAGEM DA LITERATURA

Adriana Kunen

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco

Anderson Saccol Ferreira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco

Regina Negri Paganí¹

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Ponta Grossa

Gilson Ditzel Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco

Sessão Temática ST-04: Convergências entre Urbanização e natureza.

Resumo. O consumo dos recursos hídricos é muito variável ao redor do mundo. Ele pode estar relacionado a irrigação na agricultura, indústria, geração de energia, recreação entre outros. Nas cidades estes recursos hídricos dispõem-se como água para o consumo, pluviais e cinzas. Percebe-se que nos últimos anos houve um agravamento nos sistemas de abastecimento e tratamento de águas nos centros urbanos o que ocasionou o agravamento de problemas como a poluição das águas e a escassez dos recursos hídricos. A literatura aponta para desafios de gestão e até o uso de tecnologias para monitorar, recuperar e reduzir o consumo dos recursos hídricos. As tecnologias e os sistemas inteligentes contribuem para a sustentabilidade, de forma a garantir economia para as cidades e a melhoria da gestão dos recursos naturais. Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre os sistemas inteligentes de água, e compreender quais são as lacunas existentes na temática. Foram selecionados dezoito artigos científicos que nortearam o estudo. Os resultados apontam que o uso das tecnologias podem trazer soluções para os problemas ambientais e para a escassez de água nos centros urbanos. Essas soluções contribuem para as cidades inteligentes, qualidade de vida e o desenvolvimento das regiões.

Palavras-chave. Água Urbana; Cidades inteligentes; Sistemas inteligentes; Revisão de literatura.

Intelligent urban water systems: a literature approach

Abstract. *The consumption of water resources is very variable around the world. It can be related to irrigation in agriculture, industry, power generation, recreation, among others. In cities, these water resources are available as drinking water, rainwater and ash. It can be noticed that in recent years there has been an aggravation in the water supply and treatment systems in urban centers, which has led to the aggravation of problems such as water pollution and the scarcity of water resources. The literature points out management challenges and the use of technologies to monitor, recover and reduce the consumption of water resources. Intelligent technologies and systems work for sustainability, in order to guarantee savings for cities and better management of natural resources. This study aims to conduct a literature review on smart water systems, and understand what are the gaps in the subject. was used. Ten scientific articles that guided the study were selected. The results indicate that the use of technologies can bring*

¹ Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e Brasil (CAPES) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento parcial do trabalho.

solutions to environmental problems and water scarcity in urban centers. These solutions contribute to smart cities, quality of life and the development of regions.

Keywords: Urban Water; Smart cities; Intelligent systems; Literature review.

Sistemas inteligentes de agua urbana: un enfoque de la literatura

Resumen. *El consumo de recursos hídricos es muy variable en todo el mundo. Puede estar relacionado con el riego en la agricultura, industria, generación de energía, recreación, entre otros. En las ciudades estos recursos hídricos están disponibles en forma de agua potable, lluvia y cenizas. Se puede señalar que en los últimos años se ha producido un deterioro de los sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua en los centros urbanos, lo que ha llevado al recrudecimiento de problemas como la contaminación del agua y la escasez del recurso hídrico. La literatura señala desafíos de gestión e incluso el uso de tecnologías para monitorear, recuperar y reducir el consumo de los recursos hídricos. Las tecnologías y sistemas inteligentes contribuyen a la sostenibilidad, aseguran el ahorro en las ciudades y mejoran la gestión de los recursos naturales. Este estudio tiene como objetivo realizar una revisión de literatura sobre sistemas inteligentes de agua y comprender cuáles son los vacíos en el tema. Se seleccionaron artículos científicos para guiar el estudio. Los resultados indican que el uso de tecnologías puede traer soluciones a los problemas ambientales y de escasez de agua en los centros urbanos. Estas soluciones contribuyen a las ciudades inteligentes, la calidad de vida y el desarrollo de las regiones.*

Palabras clave: Agua Urbana; Ciudades inteligentes; Sistemas inteligentes; Revisión de literatura.

1. INTRODUÇÃO

O cenário contemporâneo trouxe para as cidades diversos desafios que acentuam as mudanças climáticas, as perdas de biodiversidade e afastam cada vez mais as relações entre sociedade e natureza. Dentre eles o crescimento da população mundial que aumentou exponencialmente para os centros urbanos. Estima-se que 70% da população mundial até o ano de 2050 viverá em áreas urbanizadas (UNITED NATIONS, 2020). Estas regiões urbanizadas comportam 50% da população mundial e representam cerca de 2% do espaço geográfico, o que acaba sendo responsável por 80% de emissão de gases do efeito estufa (GEE), além de consumir o mesmo percentual em recursos naturais (ARBOLINO *et al.*, 2017; ARBOLINO *et al.*, 2018).

Este panorama aponta diversos problemas como o crescimento desordenado das cidades, falta de plano diretores, a ocupação irregular de áreas urbanas, o uso de energias poluentes, o consumo vigoroso de água, o descontrole das águas cinzas e agravamento da emissão de GEE (GOONETILLEKE *et al.*, 2015; MAHBUB *et al.*, 2011). A água está entre os principais recursos naturais que sofrem com este impacto. Este descontrole do seu uso gera escassez e poluição deixando aproximadamente quatro bilhões de pessoas com falta de água para consumo (MEKONNEN; HOEKSTRA, 2016). Existe a previsão de um déficit de 40% da oferta de água doce em todo o planeta até o ano de 2030 (WATER RESOURCES GROUP, 2017).

Nas cidades, grande parte da água consumida percorre por sistemas de infraestruturas subterrâneas, o que Duan *et al.* (2020) apontam como correspondendo a sistemas com tubulações que possuem anomalias e reduzem o fluxo, propiciando o aumento de energia e deterioração da água. Para estes autores existe um percentual superior a 30% de perdas de água neste sistema ao redor do mundo (DUAN *et al.*, 2020). Além disso, 74% da população mundial tem disponível água potável gerenciada com segurança e 54% com algum tipo de serviço de saneamento básico (UNITED NATIONS, 2020). Visser *et al.* (2021), apontam que o desafio está em encontrar o equilíbrio entre a demanda de água, a oferta disponível e os sistemas eficientes. O equilíbrio dos sistemas de água potável, pluvial e cinzas pode ser alcançado quando tornamos estes sistemas inteligentes. Dessa forma, questiona-se: na literatura quais são as tecnologias e sistemas inteligentes abordados? Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o uso de sistemas inteligentes de água.

Para realizar a revisão utilizou-se as bases de dados *Scielo*, *Scopus*, *Science Direct*, *Web of Science* e *Google Acadêmico*. O período das publicações dos artigos limita-se entre os anos de 2020 a 2022. A escolha das bases de dados se deu pelos critérios de estarem na área de conhecimento das Ciências Sociais Aplicadas, com a subcategoria em Planejamento Urbano e Regional e pela expressividade do número de publicações existentes na área. Já os artigos selecionados foram os dez mais relevantes e os dez com maior número de citações de cada base de dados. Ao todo foram noventa artigos selecionados com maior relevância no tema. Deste total selecionamos dezoito artigos científicos, com maior proximidade ao escopo da pesquisa.

Além desta introdução este artigo traz o Estado da Arte, os Procedimentos Metodológicos, e Análise da Revisão finalizando com as Considerações Finais. Espera-se com este estudo contribuir e ampliar as discussões sobre a temática das cidades inteligentes sob a ótica dos sistemas inteligentes de água no ambiente urbano. Ademais, trazer informações que possam auxiliar os gestores municipais a alcançar patamares mais altos de qualidade de vida de forma a contribuir para o desenvolvimento regional e sustentável.

2. SISTEMAS INTELIGENTES DE ÁGUA URBANA

No atual contexto, o mundo enfrenta diversos desafios como mudanças climáticas, perda de biodiversidade, tendência de homogeneização de paisagens, a falta de articulações com soluções de saneamento (infraestrutura cinza) e infraestrutura verde (soluções baseadas na natureza). A água, é sem dúvida uma fonte que dependemos para manter nossa existência, e ela está relacionada a tudo ao nosso redor como: economia, cultura, religião, energia e outros. Nosso planeta possui aproximadamente 71% coberto por água, desses 2,5% são de água doce e menos de 0,3% é encontrada nos rios, lagos e atmosfera (CHENY; HAN, 2018). O que torna este recurso limitado e finito para as atividades humanas.

O desafio da humanidade é a utilização dos recursos naturais de forma sustentável, ou seja, para que todos tenham as suas necessidades satisfeitas. Segundo Gouveia e Pedrosa (2015, p. 121) existe a necessidade de uma mudança radical “na forma do pensamento e da condução da vida das pessoas, para que a proteção destes ambientes seja algo natural e contínuo”. Tarefa esta, que se torna oneroso para as cidades visto que quanto maior o consumo de bens, maior será o aumento dos gastos de recursos naturais como a água. Outro fator é o saneamento básico que sua falta gera diversos problemas de poluição, interferindo na condição ambiental das cidades, o que, pode ocasionar um congestionamento na economia e saúde.

O uso da água de forma racional pelo ser humano é preocupante, visto que teremos o montante de 72% dos corpos de água considerados de boa qualidade. Mas o acesso a esse recurso apresenta diferenciação entre os países como Samoa e Togo que possuem seus indicadores em 100% de qualidade, já Nigéria possui 13% (UNITED NATIONS, 2020). Segundo o que aponta a United Nations (2020), as áreas urbanas consomem em torno de 12 a 19% da água coletada, o restante é utilizado pela agricultura em irrigação, aquicultura e pecuária. Neste percentual utilizado pelas cidades, considera-se as perdas físicas durante o seu percurso, nas estações de tratamento e em possíveis vazamentos. Além disso, 54% das águas residuais ao redor do globo terrestre não são tratadas com segurança (UNITED NATIONS, 2020).

Para este monitoramento dos sistemas de água requer a integração com tecnologia e o equilíbrio da água disponível. Essa gestão da demanda do recurso hídrico torna-se importante para garantir um abastecimento de água em tempos de escassez (RBUÉS; GARCÍA-VALIÑAS; MARTÍNEZ, 2003; RUSSELL; FIELDING, 2010). Cabe destacar que o sistema de água é essencial para as cidades, para a sustentabilidade e resiliência (CHENY; HAN, 2018). Fica claro, que as cidades precisam de abordagens inteligentes para realizar a gestão desse recurso (SAVIYA;

VAMVAKERIDOU-LYROUDIAA; KAPELANA, 2014). Este talvez seja um dos caminhos para o uso sustentável e racional da água estaria nas cidades inteligentes. O fator-chave para este desenvolvimento está nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), elas possibilitam monitorar parâmetros ambientais e gerenciar as conexões entre as diferentes áreas (AHAD *et al.*, 2020).

Recursos como a *Internet of Things (IoT)* podem possibilitar a implantação em larga escala, minimizando os custos com equipamentos, sensores e auxiliar na gestão da água (MOHANTY; CHOPPALI; KOUKIANOS, 2016). Já em relação às rachaduras ou falhas nas tubulações elas são percebidas, bem como quando a água verte do solo criando manchas visíveis. O uso da *IoT*, os sistemas de água por meio de acelerômetros e algoritmos monitoram e detectam rachaduras e vazamentos em uma rede de forma rápida (GONG *et al.*, 2020). Na ótica de Stephens *et al.* (2020), as redes com sensores acústicos podem detectar precocemente os vazamentos na rede de distribuição de água. O uso de tecnologias com *IoT* permite monitorar, localizar e reparar possíveis problemas, como rachaduras, em tempo hábil, ou antes da falha ocorrer. O seu uso pode minimizar as perdas de água, o que Duan *et al.* (2020) demonstram ser superior a 30% de perdas nas áreas urbanizadas.

Os sistemas de gestão e monitoramento facilitam a distribuição e o controle das redes de infraestrutura urbana. Na visão de Visser *et al.* (2021), os dispositivos de medição garantem a eficácia de prognósticos e auxiliam as cidades a alcançarem patamares mais elevados de sustentabilidade econômica e ecológica, garantindo um dos princípios das cidades inteligentes. Além disso, os imóveis passam a ter um impacto significativo de valorização com a qualidade da água independentemente de serem à beira-mar ou não (CHEN; HAN, 2018). Na contemporaneidade existem sistemas de monitoramento que controlam: (i) o abastecimento da água urbana em tempo real; (ii) a qualidade da água potável; (iii) otimizam o consumo de energia; (iv) detectam os vazamentos; (v) mensuram a satisfação do cliente. Ambos pertencem a um conjunto de sistemas de infraestrutura, que tem seu funcionamento paralelamente a outros sistemas como a rede elétrica inteligente, controle de tráfego em tempo real, transporte público flexível e uso sustentável de energia (GRIGG, 2020). Mas seu uso não está em todas as cidades, principalmente nas regiões onde existem comunidades mais carentes onde está gestão quando ocorre é realizada de forma analógica. Este parece ser uma das principais problemáticas das cidades menos abastadas.

Dessa maneira, para as cidades tornarem inteligentes precisam possuir mecanismos que a tornem sustentável, e que possibilite a gestão de seus sistemas de infraestrutura no que se refere a água pluviais (chuvas), água potável (consumo), águas cinzas (residuais) e redes. Esta última, pode ser definida como *Smart Water Grid*, ou seja, um conjunto de soluções inteligentes e tecnológicas que possibilitam monitorar as redes de coleta e distribuição de água, propiciando intervenções imediatas e contínuas sobre possíveis causas geradoras de problemas (FABIANO; VACCA; DINARDO, 2020).

O sistema de redes de água inteligente permite realizar três tarefas distintas como: (i) modernizar a rede de distribuição de recursos pelo monitoramento e controle remoto; (ii) informar e educar os consumidores sobre o uso da água; e (iii) integrar de forma segura e confiável os recursos distribuídos. Essas características representam uma estrutura inteligente de água, confiável e sustentável. Para Fabiano, Vacca e Dinardo (2020) este sistema tem como objetivo a operação economicamente eficiente do sistema, com segurança, continuidade e qualidade no fornecimento distribuído. No caso da cidade inteligente, teremos o direcionamento para um dos seus eixos. E que acaba abordando a conexão da infraestrutura física, tecnologia, informação, social e negócios, e permite alavancar a inteligência coletiva da cidade (HARRISON *et al.*, 2010; SARAJU *et al.*, 2016; AL-NASRAWI; ADAMS; EL-ZAART, 2015; BIBRI; KROGSTIE, 2017; GRIGG, 2020).

O uso das TICs pode realizar esta concessão, elas permitem visualizar elementos, dados, modelos, mapas, controles, monitorar e comunicar durante a execução do sistema. O

gerenciamento dos dados conectados com os sistemas de infraestrutura passa a ser comandado por um sistema de controle inteligente, que possui medição avançada, gerando dados para modelagem e informações geográficas. Essas informações irão apoiar os sistemas de decisão, possibilitando ao controlador dados lógicos e programáveis, fornecendo acesso às TICs sofisticadas e integradas (GRIGG, 2020). Essas ferramentas integradas aos sistemas redes de água e de gestão melhoram a eficiência e tornam as redes de infraestrutura mais seguras.

Dessa forma, a água como recurso finito se torna um dos requisitos essenciais para o desenvolvimento das cidades inteligentes. A inteligência dos sistemas de água não são apenas um dos pilares de infraestrutura das cidades, ela seria um caminho para garantia de uma melhor qualidade de vida, bem como cidades mais resilientes. Ainda, é imperioso que a humanidade garanta esse recurso para a sua existência. O que torna necessário a formulação de políticas públicas que permitam evitar este colapso, além de garantir que as futuras gerações utilizem a água de forma sustentável (GOUVEIA; PEDROSA, 2015). E para torná-la mais eficiente cabe a adoção de sistemas que permitam gerenciar, controlar, monitorar e distribuir de forma eficaz e inteligente.

3. MÉTODO DA REVISÃO DE LITERATURA

As pesquisas selecionadas relacionam-se com as tecnologias e sistemas de água urbana estando alinhado com as cidades inteligentes. Dessa forma, foi efetuado uma revisão de literatura onde busca-se explorar na área de interesse observando as delimitações e as restrições intrínsecas (LACERDA; ENSSLIN, 2012). O portfólio de artigos selecionados é dotado de reconhecimento científico e alinhado com a temática do estudo. Para escolha das bases de dados foi utilizado o portal de Periódicos da CAPES, com concentração na área de conhecimento de Ciências Sociais Aplicadas e subcategoria de Planejamento Urbano e Regional. São oitenta bases de dados no total, foi limitado para cinco bases que correspondem às que contemplam maior quantidade de acervo relacionado ao tema.

Os critérios para seleção dos artigos que compõem o portfólio se deram pela maior relevância e maior número de citações. Obteve-se um total de noventa artigos, sendo selecionados dezoito artigos que estavam alinhados com a temática. Para esta seleção foi feita a leitura dos títulos no primeiro momento e na sequência dos resumos verificando o alinhamento com o tema. Após esta seleção organizou-se três etapas para revisão: (a) portfólio selecionado; (b) bibliometria; e (c) análise das pesquisas. As cinco bases de dados escolhidas foram a *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo*, *Science Direct* e *Google Acadêmico*. As temáticas dos artigos selecionados alinham-se às temáticas: sistemas de água, gestão, tecnologia e inteligência nas cidades. Já para a análise bibliométrica, identificaram-se os artigos do portfólio pela sua relevância, considerando o número de citações e os autores que mais publicaram estudos relativos ao tema. Para finalizar, foi realizada uma análise dos conteúdos do portfólio dos artigos.

Na sequência, com os dados coletados pelo portfólio foi selecionado um conjunto de palavras-chave no idioma inglês, tendo em vista que a maioria das publicações se encontravam na língua inglesa. A busca considerou as publicações entre os anos de 2020 a 2022, com as palavras-chave na seguinte ordem: "*smart water*" OR "*water management*" OR "*water circularity*" AND "*smart cities*". Estas palavras-chave foram as mais citadas nos noventa artigos selecionados no portfólio. Com esse procedimento foram escolhidos seis artigos da base *Web of Science* sendo três mais relevantes e três mais citados; seis artigos da *Scopus*, três mais relevantes e três mais citados; três artigos da *Science Direct*, os mais relevantes; dois artigos da *Scielo*, os mais relevantes e um artigo da *Google Acadêmico* o mais relevante, conforme dados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Portifólio selecionados para leitura

PERIÓDICO	ANO	AUTORES	TÍTULO	BASE	CITAÇÕES
Remote sensing	2020	Rajendra P. Sishodia, Ram L. Ray; Sudhir K. Singh	<i>Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture</i>	Web of Science (mais citados)	110
Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua	2020	Duan, H. F.; Pan, B.; Wang, M.; Chen, L.; Zheng, F.; Zhang, Y.	<i>State-of-the-art review on the transient flow modeling</i>	Web of Science (mais citados)	54
Computer Communications	2020	Nie, X.; Fan, T.; Wang, B.; Li, Z.; Shankar, A.; Manickam, A.	<i>Big Data analytics and IoT in Operation safety management</i>	Scopus (mais citados)	51
ACS Nano	2020	Nagar, A.; Pradeep, T.	<i>Clean Water through Nanotechnology</i>	Web of Science (mais citados)	50
Journal of Cleaner Production	2020	Giudicianni, C.; Herrera, M.; Nardo, A.; Carravetta, A.; Ramos, H. M.; Adeyeye, K.	<i>Zero-net energy management for the monitoring</i>	Scopus (mais citados)	47
Water	2020	Ramos, H. M.; Mcnabola, A.; López-Jiménez, P. A.; Pérez-Sánchez, M.	<i>Smart Water Management towards Future</i>	Web of Science (mais relevantes)	41
Water	2020	Martínez, R.; Vela, N.; Aatik, A.; Murray, E.; Roche, P.; Navarro, J. M.	<i>On the Use of an IoT Integrated System for Water Quality Monitoring</i>	Scopus (mais citados)	34
Environmental Monitoring and Assessment	2020	Jahandideh-Tehrani, M.; Bozorg-Haddad, O.; Loáiciga, H. A.	<i>Application of particle swarm optimization to water management</i>	Google Acadêmico (mais relevantes)	30
Heliyon	2021	Uddin, M. J.; Jeong, Y-K.	<i>Urban river pollution in Bangladesh during last 40 years</i>	Science Direct (mais relevantes)	26
Materials Today: Proceedings	2021	Singh, M., Ahmed, S.	<i>IoT based smart water management systems</i>	Science Direct (mais relevantes)	15
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	2020	Wahab, N. S. N.; Seow, T. W.; Radzuan, I. S. M.; Mohamed, S.	<i>A Systematic Literature Review on The Dimensions of Smart Cities</i>	Scopus (mais relevantes)	7
Water International	2020	Grigg, N. S.	<i>Smart water management: can it improve accessibility</i>	Web of Science (mais relevantes)	5
Sustainability	2021	Aivazidou, E.; Banias, G.; Lampridi, M.; Vasileiadis, G.; Anagnostis, A.; Papageorgiou, E.; Bochtis, D.	<i>Smart Technologies for Sustainable Water Management</i>	Web of Science (mais relevantes)	2
International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICE3-2020)	2020	Bisht, S.; Singh, O.; Agarwal, A.	<i>An approach towards sustainable development of smart city</i>	Scopus (mais relevantes)	2
RAUSP Management Journal	2020	Breviglieri, G. V.; Osório, G. I. D. S.; Lefèvre, G. B.	<i>New instruments for water management in Brazil</i>	Scielo (mais relevantes)	2

International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation	2021	Umamaheswari, S.; Priya, K. H.; Kumar, S. A.	<i>Technologies used in Smart City Applications</i>	Scopus (mais relevantes)	0
Procedia Computer Science	2022	Adams, M. N.; Jokonya, O.	<i>An investigation of smart water meter adoption factors at universities.</i>	Science Direct (mais relevantes)	0
Engenharia Sanitária Ambiental	2020	Camelo, S. M.; Coura, M. A.; Rodrigues, A. C. L.; Oliveira, R.; Costa Filho, F. C.; Vidal, I. C. A.	<i>Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem</i>	Scielo (mais relevantes)	0

Fonte: Elaborado pelos autores

A base de dados *Scopus* e *Web of Science* representaram 33% dos periódicos, a *Science Direct* 17%, a *Scielo* com 11% e o *Google Acadêmico* com 6%. O gráfico da Figura 1 demonstra a proporção de um todo, onde os valores da primeira amostra são combinados em uma segunda amostra de forma a demonstrar as porcentagens o pequeno percentual encontrado nas bases de dados do *Google Acadêmico* e da *Scielo*.

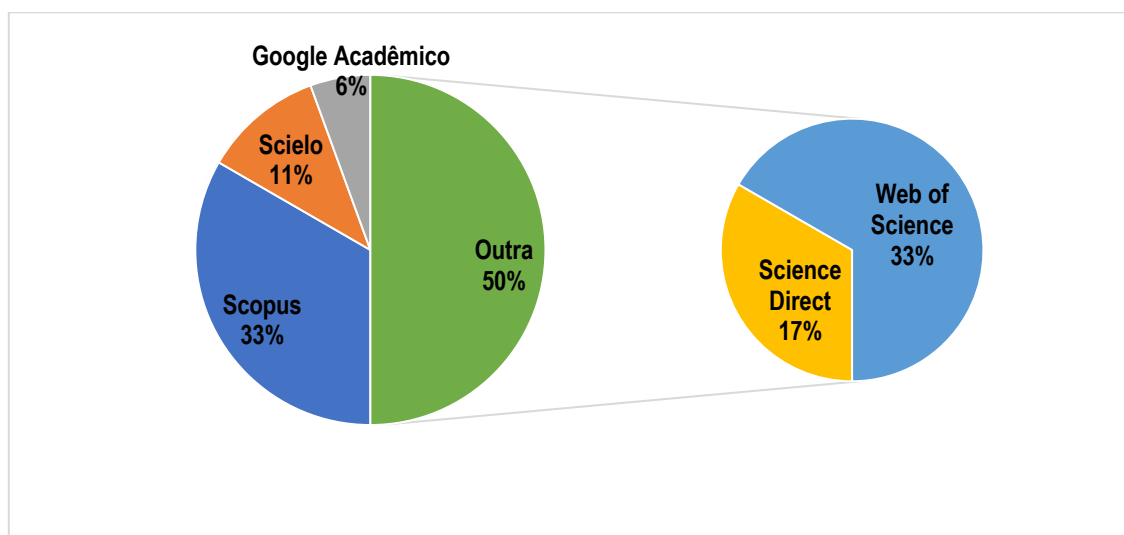


Figura 1. Gráfico com percentual de artigos selecionados (Fonte: Elaborado pelos autores)

Cabe destacar que do portfólio, oito artigos são de revisões da literatura, oito pertencem a estudos de casos e duas pesquisas documentais. Foram treze artigos do ano de 2020; quatro do ano de 2021; e um de 2022.

4. RESULTADOS DE PESQUISA

Para identificar os sistemas, as tecnologias, sistemas, técnicas e gestão no contexto da água em cidades inteligentes, foi realizada revisão bibliográfica utilizando busca exploratória em diferentes bases de dados, que resultou em um portfólio de artigos. A partir desse portfólio pode-se realizar análises bibliográficas e de conteúdo. Desse modo, para atingir o objetivo desta pesquisa, realizou-se a leitura dos artigos selecionados, buscando o tipo de estudo, o objetivo do artigo, os principais resultados, identificando os sistemas empregados demonstrados no Quadro 2, as tecnologias

aplicadas, técnicas e ferramentas mencionadas, as limitações da pesquisa e as recomendações para estudos futuros.

Quadro 2: Principais sistemas encontrados na revisão de Literatura

<i>Internet of things - IoT</i>	Disponibilidade de sensores com baixo custo conectados a dispositivos <i>IoT</i> que possibilitam, distribuir e mensurar, a qualidade da água com eficácia.
Modelos hidráulicos	Maior recuperação de energia, otimização do sistema e baixo custo, para redes de distribuição de água.
Sistemas de monitoramento e rede	Aumento da eficiência e redução de perdas de água, além de melhorar o desempenho e economia da rede de distribuição
Nanotecnologia	Aponta direções para a ciência dos materiais e o crescimento sustentável em torno da água.

Fonte: Nagar e Pradeep (2020); Nie *et al.*, (2020); Martínez *et al.*, (2020); Duan *et al.*, (2020); Aivazidou *et al.*, (2021); Umamaheswari, Priya e Kumar (2021); Singh e Ahmed (2021).

Foi possível identificar que oito artigos com objetivos que visavam realizar uma revisão da literatura, com os seguintes focos: aplicações digitais para gestão de águas urbanas (AIVAZIDOU *et al.*, 2021); modelos hidráulicos para a descrição dos fluxos (DUAN *et al.*, 2020); nanotecnologia em diversas áreas da água limpa com ênfase em aplicações no campo (NAGAR; PRADEEP, 2020); tecnologias utilizadas em cidades inteligentes, discutidas mais pouco aplicadas, como sistemas inteligentes de monitoramento de água (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021); fundamentos de cidades inteligentes nas dimensões dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (WAHAB *et al.*, 2020); aborda a arquitetura e vários componentes do sistema de gerenciamento de água baseado em *IoT* (SINGH; AHMED, 2021); investiga os fatores que afetam a adoção de hidrômetros inteligentes nas universidades (ADAMS; JOKONYA, 2022); avalia o estado da arte com base nas aplicações do algoritmo PSO e suas variantes em diferentes áreas de gestão de recursos hídricos (JAHANDIDEH-TEHRANI; BOZORG-HADDAD; LOÁICIGA, 2020).

Outros oito artigos revisam estudos de caso, nas seguintes perspectivas: divulga os avanços tecnológicos associados ao uso de água e energia (RAMOS *et al.*, 2020); aplica o reuso de águas cinzas tratadas (BOANO *et al.*, 2020); propõe componentes básicos da cidade inteligente, gestão inteligente de água, entre outros, para implementação de hardware, na busca de alcançar o desenvolvimento sustentável (BISHT; SINGH; AGARWAL, 2020); propõe uma nova estrutura de gestão para sistemas de distribuição de água (GIUDICIANNI *et al.*, 2020); fornece um modelo matemático para controle de supervisão e aquisição de dados (NIE *et al.*, 2020); apresenta a integração a uma rede de sensores sem fio e uma validação preliminar em um cenário de estação de tratamento de efluentes, de um dispositivo de monitoramento de qualidade de água de baixo custo (MARTÍNEZ *et al.*, 2020); explora os possíveis usos de instrumentos econômicos, além das tarifas de água, para auxiliar a política de gestão da água (BREVIGLIERI; OSÓRIO; LEFÈVRE, 2020); modela a qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas (CAMELO *et al.*, 2020).

Dois artigos fazem um estudo documental, trabalhando nos seguintes objetivos: examina como as tecnologias emergentes afetarão duas questões centrais da indústria da água (GRIGG, 2020); coleta e analisa dados de pesquisa disponíveis nos últimos 40 anos sobre a qualidade da água do rio em Bangladesh (UDDIN; JEONG, 2021). Portanto, foi possível identificar que os artigos tinham objetivos que visavam compreender diversos aspectos, dentre eles, os sistemas e tecnologias utilizadas, sendo no monitoramento (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021), nos avanços tecnológicos associados ao uso da água (RAMOS *et al.*, 2020), nas tecnologias das centrais da indústria da água (GRIGG, 2020) e na nanotecnologia com aplicação na área da água limpa (NAGAR; PRADEEP, 2020).

Especificamente sobre gestão e gerenciamento da água, os artigos abordaram propostas de aplicação digital para gestão (AIVAZIDOU *et al.*, 2021), na gestão de recursos hídricos (JAHANDIDEH-TEHRANI; BOZORG-HADDAD; LOÁICIGA, 2020), gestão inteligente da água (BISHT; SINGH; AGARWAL, 2020), nova estrutura de gestão (GIUDICIANNI *et al.*, 2020), uso de instrumentos para auxiliar a política de gestão da água (BREVIGLIERI; OSÓRIO; LEFÈVRE, 2020) e gerenciamento de água baseado em *IoT* (SINGH; AHMED, 2021).

Foram explorados sistemas de monitoramento (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021; MARTÍNEZ *et al.*, 2020), gerenciamento (SINGH; AHMED, 2021), hidrômetros inteligentes (ADAMS; JOKONYA, 2022), reuso de águas cinzas tratadas (BOANO *et al.*, 2020), distribuição (GIUDICIANNI *et al.*, 2020) e macrodrenagem (CAMELO *et al.*, 2020). Finalmente, Duan *et al.*, (2020) aborda modelos hidráulicos, enquanto Nie *et al.*, (2020) fornece um modelo matemático para controle e aquisição de dados.

Com base nos principais resultados dos artigos, identificou-se que os sensores e redes *IoT*, monopolizam a gestão de água municipal, residencial e industrial, principalmente para monitoramento da qualidade e quantidade de água e detecção de vazamentos (AIVAZIDOU *et al.*, 2021). Conforme os casos mostrados na pesquisa de Duan *et al.*, (2020), estima-se que a perda de água seja superior a 30%, em média, para a água urbana no sistema de abastecimento ao redor do mundo. A otimização do sistema, por meio de modelos hidráulicos, gera recuperação de energia e a criação de estações de distrito multitarefa, levam a uma estratégia de gestão eficiente, resiliente, sustentável e de baixo custo, para redes de distribuição de água, recuperando um potencial energético de 19MWh por ano e redução de vazamentos de até 16% (GIUDICIANNI *et al.*, 2020). Ramos *et al.* (2020) evidencia que a implementação de medidas de monitorização e controlo das perdas de água, permitiram aceder a um elevado nível de eficiência, e a redução das perdas de água impactaram na redução dos custos associados.

Nie *et al.*, (2020) concluem que existe uma grande quantidade de informações no abastecimento de água e águas residuais. Isso significa que os recursos técnicos são cada vez mais necessários, o que permite que esses dados sejam processados de forma rápida e econômica. *Software of Internet of things* pode ser estendido a todo o sistema de abastecimento de água e ao uso do produto do dispositivo para realizar esse princípio de análise de big data. Ainda, conforme a pesquisa realizada por Singh e Ahmed (2021) o uso de dispositivos *IoT* para o sistema de gerenciamento de água está se tornando cada vez mais proeminente. A disponibilidade de sensores de baixo custo conectados a dispositivos *IoT* resolveu os desafios de medir a qualidade da água.

Pode-se constatar que *IoT*, aprendizado de máquina e tecnologia de comunicação desempenham um papel vital na implementação de cidades inteligentes. O uso de várias tecnologias para construir um sistema inteligente nos aspectos de transporte, comunicação, saúde, meio ambiente, monitoramento da qualidade da água e gestão de resíduos é tratado na pesquisa de Umamaheswari, Priya e Kumar (2021). Os autores observam que, qualquer sistema se torna inteligente com auxílio de sensores, internet, *web*, e assim uma cidade inteligente é construída (UMAMAHESWARI; PRIYA; KUMAR, 2021). Por exemplo, como mostrado na pesquisa de Bisht, Singh e Agarwal (2020), o sistema de aspersão inteligente, projetado para regar as árvores e plantas à beira da estrada, economiza o combustível que seria utilizado pelo veículo para regar as plantas, e com a implantação do sistema as plantas obterão quantidade adequada de água sem nenhum desperdício.

As intervenções com sistemas de gestão inteligente da água para aumentar a eficácia das operações abordam barreiras como falta de infraestrutura, perda de água, interrupção da fonte de abastecimento, tratamento inadequado da água, entre outras. Além de intervenções para melhorar a interface com o cliente, podem ajudar na identificação de usuários de água e conexões ilegais, esses são os principais resultados abordados em Grigg (2020).

A pesquisa de Wahab *et al.*, (2020) identifica a existência de 11 dimensões que contribuem para o desenvolvimento de cidades inteligentes, dentre elas água inteligente, listado como dimensões por Ahvenniemi *et al.*, (2017), Allam e Dhunny (2019), e Silva, Khan e Han (2020), envolvendo a gestão do abastecimento de água potável aos consumidores e a gestão das águas pluviais, ressaltando a importância de que esteja equipado com sistemas de monitoramento e rede para obter informações sobre o desempenho deste sistema. Além disso, Adams e Jokonya (2022), mostram que a economia de água e custos, são os principais impulsionadores da adoção de água inteligente.

O estudo de Boano *et al.*, (2020) demonstrou que soluções baseadas na natureza são uma opção viável no tratamento de água cinza. A revisão de estudos de caso forneceu limites numéricos para o desenho hidráulico de soluções baseadas na natureza. Os resultados mostraram alto desempenho no tratamento da água cinza doméstica, principalmente, as paredes verdes e telhados verdes mostraram alta eficiência na remoção de matéria orgânica. Uma outra proposta, baseada em nanotecnologia, para o fornecimento de água livre de contaminantes, é apresentada na pesquisa de Nagar e Pradeep (2020), o exposto sugere que apenas a gestão integrada da água pode fazer as cidades respirarem melhor. No contexto do balanço hídrico geral, foram listados 10 desafios ou oportunidades que podem ser abordados por meio da nanotecnologia (combinado com outras tecnologias) para cidades sustentáveis.

Na análise das limitações da pesquisa, pode-se identificar que, no artigo que aborda a soluções baseadas na natureza, mais estudos experimentais para melhor restringir os critérios de dimensionamento dos telhados verdes, paredes verdes e áreas úmidas construídos, são necessários (BOANO *et al.*, 2020). O artigo de Duan *et al.*, (2020) sobre modelagem e utilização de fluxo transitório para gerenciamento do sistema de abastecimento de água urbana, embora tenha revisado e analisado 228 publicações, aponta que possivelmente outras publicações relevantes tenham sido omitidas, involuntariamente, durante a preparação do artigo.

Já o artigo de Nagar e Pradeep (2020) apresenta as limitações de espaço e a natureza da revisão mantiveram a discussão focada em nanotecnologia acessível e sustentável. O artigo trabalhou com um número significativo de exemplos indianos, com a noção de que é um país aspirante, com extrema necessidade de gerar dados sobre um grande número de questões relacionadas à água, oferecendo oportunidades infinitas de discussão e trabalho, e os resultados são aplicáveis em todo o mundo (NAGAR; PRADEEP, 2020).

Os artigos trazem como recomendações para estudos futuros que pesquisas na gestão da água inteligente, deve se concentrar no desenvolvimento de uma estrutura abrangente para a gestão digital da água urbana, auxiliando os tomadores de decisão e/ou os formuladores de políticas na seleção da solução ideal (AIVAZIDOU *et al.*, 2021). Já Singh e Ahmed (2021) sugerem que a arquitetura de um sistema inteligente de gerenciamento de água baseado em *IoT* e aprendizado de máquina, foi proposta como escopo futuro, que aborda os atributos essenciais e também usa previsões baseadas em aprendizado de máquina, que podem aumentar a eficiência do sistema de gerenciamento inteligente.

Para melhor e auxiliar no desenvolvimento e gerenciamento de sistemas urbanos de abastecimento de água inteligente, são discutidos no artigo de Duan *et al.*, (2020) as vantagens e limitações de cada método desenvolvido, os potenciais avanços e implicações, bem como recomendações para futuras pesquisas. Apesar do progresso e conquistas substanciais feitos nos últimos anos, os modelos e os métodos desenvolvidos ainda não conseguiram cobrir todas as situações possíveis na prática de sistema urbano de abastecimento de água (DUAN *et al.*, 2020).

Na pesquisa de Wahab *et al.*, (2020) foi identificado as dimensões para o desenvolvimento de cidades inteligentes, que contribui para orientar estudos futuros, principalmente para países em desenvolvimento, no sentido de orientar o desenvolvimento de cidades inteligentes, como foco nos fatores que podem transformá-las em cidades mais inteligentes. Posteriormente, com a determinação dos elementos da cidade inteligente, a pesquisa auxiliará no desenvolvimento de

um modelo conceitual onde futuros estudos poderão encaminhá-lo como diretriz para melhor compreensão do conceito (WAHAB *et al.*, 2020).

Em relação às limitações das pesquisas analisadas, identifica-se que no artigo de Boano *et al.* (2020), sobre soluções baseadas na natureza, seria importante maiores estudos experimentais, restringindo melhor os critérios de dimensionamento dos telhados verdes, paredes verdes e áreas úmidas construídos. Embora o artigo de Duan *et al.* (2020) tenha revisado e analisado 228 publicações sobre modelagem e utilização de fluxo transitório para gerenciamento do sistema de abastecimento de água urbana, o trabalho apontou que outras publicações relevantes podem ter sido omitidas involuntariamente durante a pesquisa.

Para Nagar e Pradeep (2020), as limitações do espaço e da natureza, mantendo a discussão focada em nanotecnologia acessível e sustentável, bem como pesquisaram um número significativo de exemplos existentes na Índia. Para os autores, o país é uma região aspirante, com extrema necessidade na geração de dados sobre as questões relacionadas à água. Essa necessidade acaba oferecendo oportunidades infinitas de discussões e trabalhos, bem como os resultados podem ser aplicáveis no restante do mundo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas eficientes e inteligentes de água acendem diversas lacunas para serem exploradas, tendo no debate teórico quanto prático. Percebe-se nesta pesquisa que há um esforço para compreender o quão são importantes estas tecnologias e como podem melhorar a qualidade das cidades, da vida de forma mais sustentável. A literatura que embasa o uso de sistemas inteligentes de água mostra que não há um único sistema que supre esta lacuna, mas sim a união de várias tecnologias. Todavia, entende-se que as cidades contemporâneas percorrem por estes caminhos em busca de alcançar patamares mais altos de sustentabilidade e inteligência.

A pesquisa demonstra a utilização das tecnologias na oferta de soluções, adequando o problema ambiental da escassez de água, no planejamento, e na capacidade de atender as necessidades da população, a gestão eficiente da água nas áreas urbanas, torna-se de vital importância para garantir a sustentabilidade e segurança da água. Estas soluções encontradas na revisão de literatura contribuem para o desenvolvimento de cidades inteligentes além de convergir as relações entre a urbanização e a natureza com foco nos fatores que pudessem transformá-las em cidades mais sustentáveis.

O procedimento metodológico de pesquisa com pequena abordagem na revisão torna-se uma das limitações do estudo. Os futuros estudos podem fornecer uma análise mais detalhada das tecnologias inteligentes, como por exemplo o uso dos sensores e redes *IoT*, que recebem maior atenção no campo do monitoramento de águas urbanas. Os algoritmos, como aprendizado de máquinas, são amplamente utilizados na detecção de vazamento e qualidade da água, para fins de otimização.

Os sistemas inteligentes de gestão de água, que podem beneficiar os serviços e acesso a água, que incluem a redução de perdas de água, melhoria do desempenho hidráulico, detecção de vazamentos e roubos, monitoramento de sistemas de distribuição, sem deixar de mencionar as tecnologias de segurança cibernética que evitem sabotagem, estragos e destruição dos sistemas e da invasão de privacidade individual. Embora seja mencionado alguns exemplos de sistemas inteligentes, são muitos os desafios, e outros caminhos estão disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M. N.; JOKONYA, O. An investigation of smart water meter adoption factors at universities. **Procedia Computer Science**, v. 196, p. 324-331, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.020>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- AHAD, M. A.; PAIVA, S.; TRIPATHI, G.; FERROZ, N. Enabling technologies and sustainable smart cities. **Sustainable Cities and Society**, v. 61, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102301>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- AHVENNIEMI, H.; HUOVILA, A.; PINTO-SEPPÄ, I.; AIRAKSINEN, M. What are the differences between sustainable and smart cities? **Cities**, v. 60, p. 234-245, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- AIVAZIDOU, E.; BANIAS, G.; LAMPRIIDI, M.; VASILEIADIS, G.; ANAGNOSTIS, A.; PAPAGEORGIOU, E.; BOCHTIS, D. Smart technologies for sustainable water management: An urban analysis. **Sustainability**, v. 13, n. 24, p. 13940, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su132413940>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- AL-NASRAWI, S.; ADAMS, C.; EL-ZAART, A. A conceptual multidimensional model for assessing smart sustainable cities, **Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 12, n. 3, p. 541-558, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.4301/S1807-17752015000300003>>. Acesso em: 28 maio 2022.
- ALLAM, Z.; DHUNNY, Z. A. On big data, artificial intelligence and smart cities. **Cities**, v. 89, p. 80-91, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.032>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- ARBOLINO, R.; CARLUCCI, F.; CIRA, A.; YIGITCANLAR, T.; IOPPOLO, G. Mitigating regional disparities through microfinancing: An analysis of microcredit as a sustainability tool for territorial development in Italy. **Land Use Policy**, v. 70, n. 1, p. 281-288, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.042>>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- ARBOLINO, R.; CARLUCCI, F.; IOPPOLO, G.; YIGITCANLAR, T. Efficiency of the EU regulation on greenhouse gas emissions in Italy: The hierarchical cluster analysis approach. **Ecological Indicators**, v. 81, p.115-123, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.053>>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALIÑAS, M. Á.; MARTÍNEZ, R. M. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. **The Journal of Socio-Economics**, v. 32, n.1, p. 81-102, 2003. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1053-5357\(03\)00005-2](https://doi.org/10.1016/S1053-5357(03)00005-2)>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- BIBRI, S. E., KROGSTIE, J. Smart Sustainable Cities of the Future: An Extensive Interdisciplinary Literature Review. **Sustainable Cities and Society**, v. 31, p. 183–212. 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.016>>. Acesso em: 25 maio 2022.
- BISHT, S.; SINGH, O.; AGARWAL, A. An approach towards sustainable development of smart city. **2020 International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICE3)**, p. 146-151, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICE348803.2020.9122960>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- BREVIGLIERI, G. V.; OSÓRIO, G. I. D. S.; LEFÈVRE, G. B. New instruments for water management in Brazil. **RAUSP Management Journal**, v. 55, n. 1, p. 55-69, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/RAUSP-09-2018-0091>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- BOANO, F.; CARUSO, A.; COSTAMAGNA, E.; RIDOLFI, L.; FIORE, S.; DEMICHELIS, F.; GALVÃO, A.; PISOEIRO, J.; RIZZO, A.; MASI, F. A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. **Science of The**

Total Environment, v. 711, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CAMELO, S. M.; COURA, M. A.; RODRIGUES, A. C. L.; OLIVEIRA, R.; COSTA FILHO, F. C.; VIDAL, I. C. A. Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas. **Engenharia Sanitaria Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 873-885, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/S1413-415220202019033>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

CHENŸ, Y.; HAN, D. Water quality monitoring in smart city: A pilot project. **Automation in Construction**, v. 89, p. 307-316, 2018. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.02.008>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

DUAN, H-F.; PAN, B.; WANG, M.; CHEN, L.; ZHENG, F.; ZHANG, Y. State-of-the-art review on the transient flow modeling and utilization for urban water supply system (UWSS) management. **Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA**, v. 69, n. 8, p. 858-893, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.2166/aqua.2020.048>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

FABIANO, L.; VACCA, G.; DINARDO, G. Smart water grid: A smart methodology to detect leaks in water distribution networks, **Measurement**, v. 151, p. 1-7, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107260>>. Acesso em: 25 maio 2022.

GOUVEIA, R. L.; PEDROSA, I. V. Gestão das Políticas Governamentais para os Recursos Hídricos, Recife, Pernambuco, Brasil. **Desenvolvimento Em Questão**, v.13, n. 32, p.103–126, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.103-126>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

GIUDICIANNI, C.; HERRERA, M.; NARDO, A.; CARRAVETTA, A.; RAMOS, H. M.; ADEYEYE, K. Zero-net energy management for the monitoring and control of dynamically-partitioned smart water systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119745>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

GONG, J.; LAMBERT, M.F.; STEPHENS, M.L.; CAZZOLATO, B.S.; ZHANG, C. Detection of Emerging through-Wall Cracks for Pipe Break Early Warning in Water Distribution Systems Using Permanent Acoustic Monitoring and Acoustic Wave Analysis. **Water Resour. Manag**, v. 34, p. 2419–2432, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02560-1>>. Acesso em: 25 maio 2022.

GOONETILLEKE, A.; YIGITCANLAR, T.; AYOKO, G. A.; EGODAWATTA, P. Sustainable Urban Water Environment: Climate, Pollution, and Adaptation. **International Journal of Information Systems and Social Change**, v. 6, n. 3, p. 56-58, 2015. Disponível em: <<https://www.igi-global.com/pdf.aspx?tid%3D128350%26ptid%3D118550%26ctid%3D17%26t%3Dsustainable+urban+water+environment%3A+climate%2C+pollution%2C+and+adaptation%26isxn%3D9781466676916>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

GRIGG, N. S. Smart water management: can it improve accessibility and affordability of water for everyone?. **Water International**, v. 45, n. 6, p. 608-620, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1080/02508060.2020.1768738>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

HARRISON, C.; ECKMAN, B.; HAMILTON, R.; HARTSWICK, P.; KALAGNANAM, J.; PARASZCZAK, J.; WILLIAMS, P. Foundations for smarter cities, **IBM J. Res. Disinvolvement**, v. 54, n. 4, p. 1-16, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1147/JRD.2010.2048257>>. Acesso em: 25 maio 2022.

JAHANDIDEH-TEHRANI, M.; BOZORG-HADDAD, O.; LOÁICIGA, H. A. Application of particle swarm optimization to water management: an introduction and overview. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 281, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1007/s10661-020-8228-z>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

- LACERDA, R.T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, v. 19, n.1, p. 59-78, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/sKh5wfCCGv68fdRP8GStLXC/?lang=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- MAHBUB, P.; GOONETILLEKE, A.; AYOKO, G. A.; EGODAWATTA, P.; YIGITCANLAR, T. Analysis of build-up of heavy metals and volatile organics on urban roads in gold coast, Australia. **Water Science & Technol**, v. 63, n. 9, p. 2077-2085, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/wst.2011.151>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- MARTÍNEZ, R.; VELA, N.; AATIK, A.; MURRAY, E.; ROCHE, P.; NAVARRO, J. M. On the Use of an IoT Integrated System for Water Quality Monitoring and Management in Wastewater Treatment Plants. **Water**, v. 12, n. 4, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w12041096>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- MEKONNEN, M.; HOEKSTRA, A. Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science Advances**, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2016. Disponível em: <<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1500323>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- MOHANTY, S. P; CHOPPALI, U.; KOUGIANOS, E. Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. **Computer Science, IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 5, n. 3, p. 60-70, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2556879>>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- NAGAR, A.; PRADEEP, T. Clean water through nanotechnology: Needs, gaps and fulfillment. **American Chemical Society ACS Nano**, v. 14, n. 6, p. 6420-6435, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acsnano.9b01730>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- NIE, X.; FAN, T.; WANG, B.; LI, Z.; SHANKAR, A.; MANICKAM, A. Big Data analytics and IoT in Operation safety management in Under Water Management. **Computer Communications**, v. 154, p. 188-196, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.comcom.2020.02.052>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- RAMOS, H. M.; MCNABOLA, A.; LÓPEZ-JIMÉNEZ, P. A.; PÉREZ-SÁNCHEZ, M. Smart water management towards future water sustainable networks. **Water**, v. 12, n. 1, p. 58, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w12010058>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- RUSSELL, S.; FIELDING, K. Water demand management research: a psychological perspective. **Water Resources Research**, v. 46, n. 5, p. 1-12, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1029/2009WR008408>>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- SARAJU, P.; MOHANTY, U.; KOUGIANOS, E. C.; Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of Things is the backbone, **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 5, n. 3, p. 60-70, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2556879>>. Acesso em: 25 maio 2022.
- SAVIĆ, D.; VAMVAKERIDOU-LYROUDIA, L.; KAPELAN, Z. Smart Meters, Smart Water, Smart Societies: The iWIDGET Project. **Procedia Engineering**, v. 89, p. 1105-1112, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.231>>. Acesso em: 08 abr. 2022.
- SILVA, B. N.; KHAN, M.; HAN, K. Integration of Big Data analytics embedded smart city architecture with RESTful web of things for efficient service provision and energy management. **Future Generation Computer Systems**, v. 107, p. 975-987, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.future.2017.06.024>>. Acesso em: 07 abr. 2022.
- SINGH, M.; AHMED, S. IoT based smart water management systems: A systematic review. **Materials Today: Proceedings**, v. 46, n. 11, p. 5211-5218, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.588>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

STEPHENS, M.; GONG, J.; ZHANG, C.; MARCHI, A.; DIX, L.; LAMBERT, M.F. Leak-Before-Break Main Failure Prevention for Water Distribution Pipes Using Acoustic Smart Water Technologies: Case Study in Adelaide. *J. Water Resour. Plan. Manag.*, v. 146, n. 10, 2020. Disponível em: <[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001266](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001266)>. Acesso em: 07 abr. 2022.

THE WORLD BANK. **DataBank**, Metadata Glossary, 2022. Disponível em: <<https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/EN.URB.MCTY.TL.ZS>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UDDIN, M. J.; JEONG, Y-K. Urban river pollution in Bangladesh during last 40 years: potential public health and ecological risk, present policy, and future prospects toward smart water management. *Heliyon*, v. 7, n. 2, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06107>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

UMAMAHESWARI, S.; PRIYA, K. H.; KUMAR, S. A. Technologies used in smart city applications – An overview. **2021 International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation (ICAECA)**, p. 1-6, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/ICAECA52838.2021.9675707>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

UN HABITAT. **Global State of Metropolis 2020 - Population Data Booklet**, 2020. Disponível em: <<https://unhabitat.org/global-state-of-metropolis-2020-%E2%80%93-population-data-booklet>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects 2018: Highlights**, 2019a. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2022. Disponível em: <https://www.sdq6data.org/?fbclid=IwAR3xWj1X9q8nwCNc7f2DD533gUJuiflhGa26mYjM0Y8Kc2_hPCEWY-k2qX4>

UNITED NATIONS. **Pnuma**: Economizando água uma gota de cada vez, 2019b. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666691>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

UNITED NATIONS. **Sustainable Development Goal 6 on water and sanitation (SDG 6)**, 2020. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2019/04/1666691#:~:text=A%20FAO%20estima%20que%2069,ape nas%20uma%20gota%20no%20oceano>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

UNITED NATIONS. **World urbanization prospects. the 2014 revision**. New York: Department of Economic and Social Affairs, 2015. Disponível em: <<https://population.un.org/wup/>>. Acesso em: 08 abr. 2022.

VISSER, M.; BOOYSEN, M. J.; BRÜHL, J. M.; BERGER, K. J. Saving water at Cape Town schools by using smart metering and behavioral change. *Water Resources and Economics*, v. 34, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.wre.2020.100175>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

WAHAB, N. S. N.; SEOW, T. W.; RADZUAN, I. S. M.; MOHAMED, S. A systematic literature review on the dimensions of smart cities. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 498, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/498/1/012087>>. Acesso em: 07 abr. 2022.

WATER RESOURCES GROUP. **2017 Annual Report: Scaling Up for Impact**. Water security partnerships for people, growth, and the environment. IFC, 2017. Disponível em: <<https://www.2030wrg.org/wp-content/uploads/2018/03/2017-Annual-Report-2030-WRG.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2022.