

Tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento

Technologies applied to reduce water loss in supply systems

DOI:10.34117/bjdv8n4-457

Recebimento dos originais: 21/02/2022

Aceitação para publicação: 31/03/2022

Vinicius Chaves Campos

Mestrando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins -UFT
Instituição: Universidade Federal do Tocantins
Endereço: 1203 Sul, QI 12, Lote 11, alameda 22, CEP: 77019-448, Palmas- TO, Brasil
E-mail: viniciuscampos1995@hotmail.com

Joel Carlos Zukowski Junior

Doutor em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas
Instituição: Universidade Federal do Tocantins- UFT
Endereço: 309 sul, rua 17, QI 21, lote 06, CEP:77015-522, Palmas- TO, Brasil
E-mail: zukowski@mail.uft.edu.br

Cláudia da Silva Aguiar Rezende

Doutora em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal do Tocantins - UFT
Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins-IFTO
Endereço: Quadra AE 310 Sul, Avenida NS 10, CEP: 77021-090 - Palmas, TO - Brasil
E-mail: claudia@ifto.edu.br

Clara Vargas da Silva Labre

Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins -UFT
Instituição: Universidade Federal do Tocantins
Endereço: Quadra 109 Norte, Av. NS 15, CEP: 77001-090, Palmas- TO, Brasil;
E-mail: claralabre@gmail.com

RESUMO

O presente artigo é uma revisão sistemática, realizada com as bases de dados, Springer Link e Science Direct Elsevier e com a inserção de dois conjuntos de palavras chaves em inglês. O objetivo desta pesquisa era reunir informações sobre tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento e demonstrar a importância em se determinar as palavras chaves mais coerentes ao objetivo da pesquisa. Todas as palavras chaves utilizadas originaram da pergunta orientadora da pesquisa relacionada com a área de saneamento, sendo que o primeiro conjunto de palavras foi , “*Water supply systems*” “*water losses*” “*loss reduction*” “*Technologies*” . Já o segundo conjunto de palavras foi “*Water supply systems*” “*water losses*” “*technologies*” “*efficiency*” . Após a definição das palavras chaves, foram definidos os critérios de inclusão e exclusão, de modo a avaliar na primeira etapa se o título e resumo atendiam aos critérios de inclusão. Caso atendessem aos três critérios, os estudos eram selecionados para à próxima etapa. A segunda etapa era avaliar se os artigos selecionados, com base na leitura completa do

texto, atendiam aos critérios de inclusão. A pesquisa demonstrou que as tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento, dos estudos selecionados, são modelos hidráulicos, 20%, juntamente com funcionamento de bombas como turbinas (PATs), 20%. Demais tecnologias que são SODA com o método ELECTRE TRI-nc, indicadores de desempenho, modelo híbrido (simulador + otimizador), modelos de otimização (modelo de projeto de menor custo e de operação ideal), ferramenta de apoio a decisão e sistema de informação geográfica, com 10%. As técnicas apresentadas são alternativas sustentáveis para promover a gestão das perdas de águas, que é um problema social e mundial.

Palavras-chave: sistemas de abastecimento de água, perdas de água, tecnologias, eficiência.

ABSTRACT

This article is a systematic review, carried out with the Springer Link and Science Direct Elsevier databases and with the insertion of two sets of keywords in English. The objective of this research was to gather information about technologies applied in the reduction of water losses in water supply systems and demonstrate the importance of determining the most coherent keywords to the research objective. All the keywords used originated from the research's guiding question related to the area of sanitation, and the first set of words was "Water supply systems" "water losses" "loss reduction" "Technologies". The second set of words was "Water supply systems" "water losses" "technologies" "efficiency". After defining the keywords, the inclusion and exclusion criteria were defined, in order to assess in the first stage whether the title and abstract met the inclusion criteria. If they met all three criteria, the studies were selected for the next step. The second step was to assess whether the selected articles, based on the complete reading of the text, met the inclusion criteria. The research showed that the technologies applied in the reduction of water losses in water supply systems, from the selected studies, are hydraulic models, 20%, together with the operation of pumps such as turbines (PATs), 20%. Other technologies that are SODA with the ELECTRE TRI-nc method, performance indicators, hybrid model (simulator + optimizer), optimization models (low cost design model with ideal operation), decision support tool and information system geographic area, with 10%. The techniques presented are sustainable alternatives to promote the management of water losses, which is a social and global problem.

Keywords: water supply systems, water losses, Technologies, efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O maior patrimônio da humanidade é a água, um recurso natural, que é direito de todos e essencial a todos seres vivos. Seu uso é indispensável para diversas atividades como abastecimento para consumo humano, recreação, irrigação, dessedentação de animais, obtenção de energia, etc. (DA SILVA *et al.* 2022)

Os sistemas de abastecimento existentes nas cidades brasileiras possuem perdas de água que vão desde a captação até as residências dos usuários. Esta situação ocasiona prejuízos no faturamento e torna a operação dos sistemas onerosas. As empresas de

saneamento têm direcionados esforços, buscando reduzir estes índices, devido a demanda crescente por recursos hídricos, associada ao aumento populacional e escassez de água nos mananciais (SANTOS e MONTENEGRO, 2014).

As perdas de águas, em uma visão operacional de sistemas de abastecimento público, correspondem aos volumes não contabilizados. Estes volumes dividem-se em perdas reais, que representam a parcela não consumida, e as perdas aparentes que correspondem à água consumida e não registrada (SANTOS e MONTENEGRO, 2014).

Empresas gestoras de serviços de sistemas de abastecimento de água devem cumprir requisitos básicos para garantir um bom atendimento ao público, dentre os quais, cita-se: fornecer um produto de qualidade e que atendam as normativas de potabilidade e descarte no meio ambiente; garantir quantidade de água suficiente para atender a demanda de água dos usuários; serviços regulares que mantenha constantes os padrões de quantidade e qualidade; serviços confiáveis, de modo que caso apresentem os requisitos de quantidade, qualidade e regularidade, proporcionarão que os usuários adquiriram confiança na empresa; custo compatível com realidade local, buscando sempre o menor possível, para que isso ocorra a empresa deve buscar ter uma estrutura organizacional, que empreguem procedimentos técnicos em seus diferentes setores (operacional, comercial, gerencial, etc) que forneçam subsídios para atender os requisitos acima (DE SOUZA, DA SILVA, 2014).

As alterações climáticas poderão limitar a disponibilidade de água e energia, pois os impactos ambientais atuam diretamente no aumento das crises hídricas e energéticas. O caso específico da “indústria” de abastecimento de água potável, requer elevada quantidade de energia, para captar, tratar e distribuir esse recurso, de modo que o aumento da eficiência hidráulica dos sistemas, resulta em reduções significativas no consumo de energia elétrica e das emissões de gases de efeito estufa. Uma das alternativas de otimizar sistemas de abastecimento de água é a com a implantação de programas de redução de perdas de água. (DA SILVA CORRÊA, et al 2021)

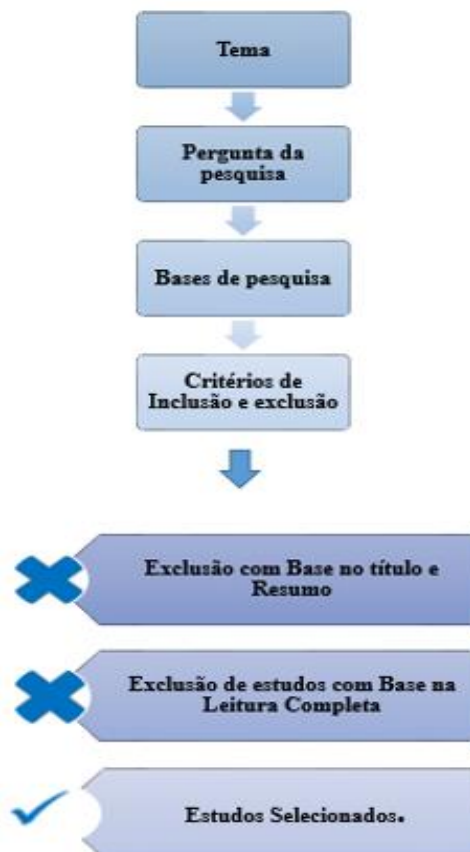
As perdas de águas é um problema mundial em países desenvolvidos e em desenvolvimento, porém o problema é mais crítico nos países que estão em desenvolvimento, devido a recursos financeiros escassos para manter o sistema de distribuição de água, menor disponibilidade de tecnologias necessárias para detectar e localizar vazamentos, dificuldade em obtenção de equipe qualificada, baixo nível de conscientização pública e corrupção. (FARLEY *et al.* 2008)

Um dos grandes desafios enfrentados pelo transporte de água em tubulações de água são as perdas por vazamentos, ocasionadas por rachaduras, corrosão e interferência de terceiros. As perdas em sistemas de abastecimento é um problema reconhecido mundialmente e ocasiona desperdício de recursos naturais, poluição ambiental e perda financeira. Destaca-se que as perdas ocorrem em todos os sistemas de distribuição, embora os volumes de perdas sejam diferentes. Com isso, constituem como um dos grandes problemas operacionais e em casos graves pode ocorrer um nível de perda de até 60% (SHABANGU, *et al* 2020). Diante deste cenário, este artigo tem como objetivo reunir informações sobre tecnologias que podem ser utilizadas para reduzir perdas de águas em sistemas de abastecimento e demonstrar a importância em se determinar as palavras chaves de forma coerente, com o objetivo da pesquisa, para obtenção de maior eficácia da pesquisa.

2 METODOLOGIA

O presente artigo caracteriza-se como uma revisão sistemática de literatura de artigos científicos e foi realizada, conforme procedimento da Figura 01.

Figura 01: Fluxograma da pesquisa.



Fonte: Autores (2021)

Esta pesquisa utilizou de uma revisão sistemática, com os passos a passos do fluxograma da Figura 01, para analisar as tecnologias de redução de perdas de água que vem sendo utilizadas atualmente. Destaca-se que outro ponto a ser destacado neste estudo, refere-se a importância da escolha de palavras chaves mais adequadas, na busca de determinadas informações científicas, de modo que para demonstrar tal situação, de forma prática, foi utilizado dois conjuntos de palavras chaves, para se buscar informações sobre o objetivo desta pesquisa.

O primeiro conjunto de palavras utilizou os seguintes termos técnicos da área de saneamento, “*Water supply systems*”, “*water losses*” “*loss reduction*”, “*Technologies*” na base de dados *Springer link* e *Science Direct (Elsevier)*. Estas bases apresentam pesquisas de vários campos de estudos, de países dos mais variados continentes.

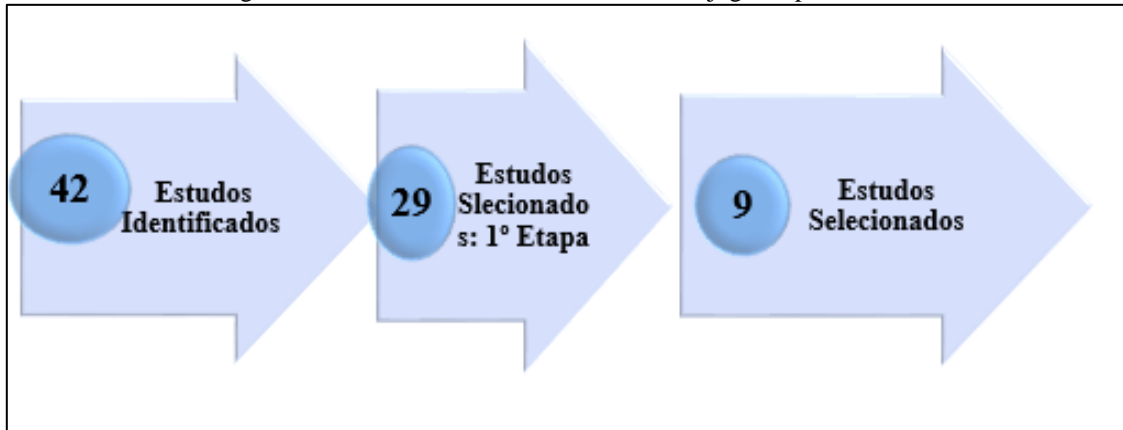
A próxima etapa, foi definir os critérios de inclusão e exclusão, para selecionar com base em uma leitura do título e resumo, os artigos que atendiam aos critérios de inclusão, de modo que quando atendiam, eram selecionados para próxima etapa. Os critérios de inclusão definidos estão abaixo.

- Artigos que abordam tecnologias de reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento;
- Artigos que abordam perdas de água em sistemas de abastecimento humano;
- Artigos que abordam eficiências das tecnologias de redução de perdas de águas;

Os critérios de exclusão eram a negação dos critérios de inclusão e artigos de revisão sistemática.

As duas bases analisadas apresentaram um total de 42 artigos, sendo 30 artigos contidos na *Science Direct Elsevier* e 12 na *Springer Link*. A Figura 02 apresenta o quantitativo de artigos que foram selecionados em cada etapa.

Figura 02: Estudos selecionados com base no jogo de palavras 01



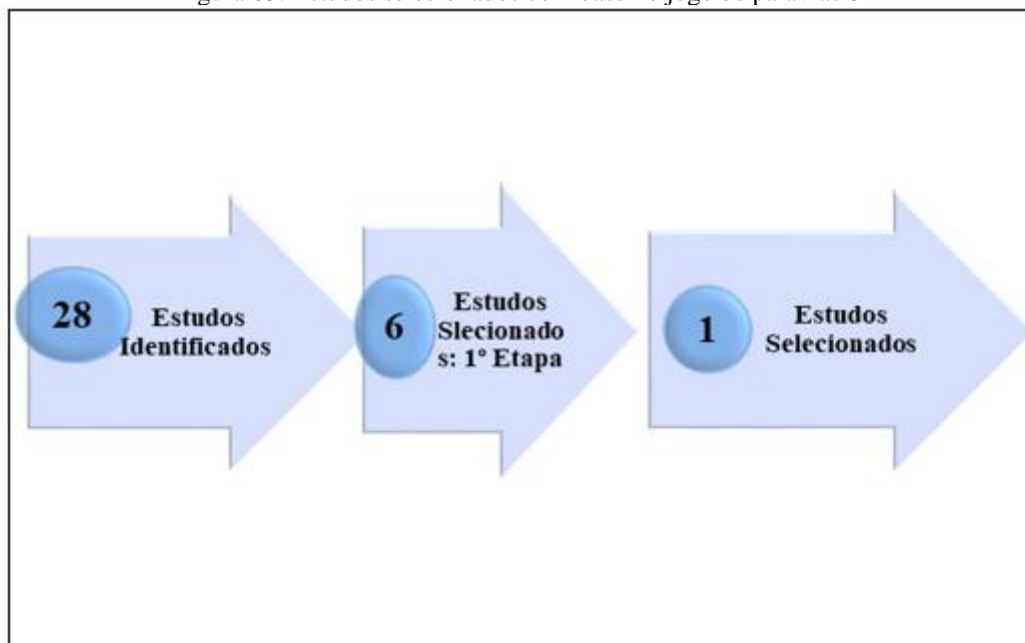
Fonte: Autores (2021)

A primeira seleção conforme observada na Figura 02 obteve 29 estudos selecionados, sendo 22 contidos na base de dados *Science Direct Elsevier* e 7 na *Springer Link*.

Na sequência foi realizada a leitura completa dos 9 artigos selecionados, sendo 8 na *Science Direct Elsevier* e 1 na *Springer Link*.

O segundo conjunto de palavras utilizou as seguintes palavras da área de saneamento, "*Water supply systems*" "*water losses*" "*technologies*" "*efficiency*". A base de dados utilizada para análise foi a *Science Direct Elsevier*. No processo de leitura, foi observado que este conjunto de palavras abrangeu a temática, de modo a diminuir consideravelmente o número de artigos relacionados ao objeto de pesquisa. Com isso, foi utilizado recorte temporal de 2018 a 2020. Os resultados da seleção podem ser observados na figura 03.

Figura 03: Estudos selecionados com base no jogo de palavras 02



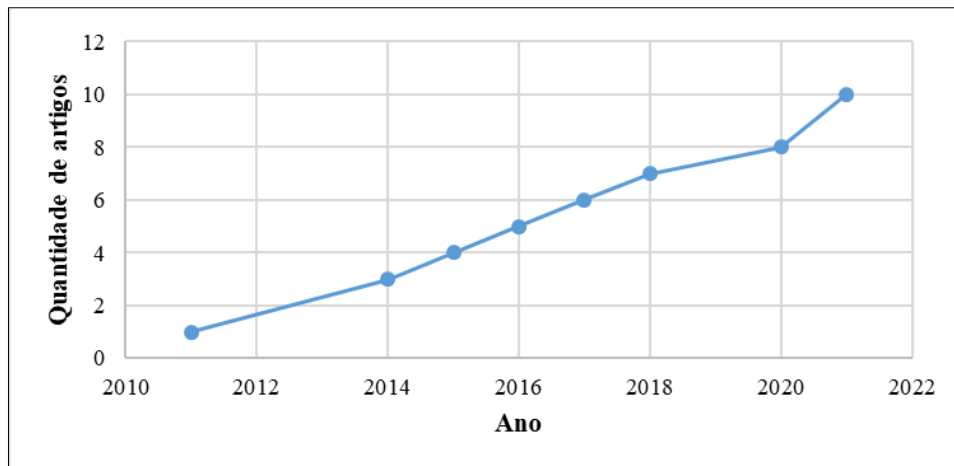
Fonte: Autores (2021)

Na Figura 03 pode-se observar que este conjunto de conjunto de palavras apresentou apenas 3,57% dos estudos selecionados em relação ao total. Este percentual é muito pequeno, quando comparado ao primeiro conjunto de palavras, que apresentou 21,43% em relação ao total de artigos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi observado a importância da definição de palavras chaves adequadas, para obtenção de mais estudos que estejam em acordo com o objetivo da pesquisa e isso fica evidente na análise dos dois jogos de palavras, de modo que o primeiro conjunto de palavras obteve 9 estudos selecionados em um total de 42. Já o segundo jogo de palavras, teve 1 artigo científico selecionado em um total de 28. Destaca-se que todas as demais variáveis que eram o objetivo da pesquisa, critérios de inclusão e exclusão permaneceram constantes. Como o segundo conjunto de palavras teve apenas uma pesquisa selecionada, esta foi incluída junto com os demais, com intuito de analisar os artigos quanto à distribuição por países, continente e cumulativa de pesquisas no período dos estudos que é de 2011 a 2021. A Figura 04, demonstra o quantitativo de pesquisas no decorrer do tempo.

Figura 04: Resultados da produção cumulativa de publicações: Período 2011 a 2021



Fonte: Autores (2021)

Este gráfico permite observar que o interesse em pesquisar sobre tecnologias de reduções de perdas de água aumentou na última década e uma das possíveis justificativas, para este crescimento pode ser que as perdas de água são um problema mundial que ocorre em todos os países, com variação dos volumes de águas que são perdidos. Diante deste cenário, tecnologias de redução de perdas de água devem ser utilizadas para reduzir e/ou manter determinado índice de perdas nos sistemas de água dos mais variados países.

A Tabela 01 demonstra a distribuição dos estudos da pesquisa, em termos de continentes.

Tabela 01: Quantitativo de Pesquisas por Continentes

Continente	Numero de Pesquisas	%
America do Sul	2	20%
Asia	2	20%
Europa	6	60%
Total	10	100%

Fonte: Autores (2021)

Observa-se que a Europa é continente com mais artigos que abordam tecnologias de reduções de perdas de água. Na sequência, tem-se América do Sul e Ásia com o mesmo percentual de estudos. Com isso, esta pesquisa é representativa, pois apresenta informações relacionadas a tecnologias de reduções de perdas de água em diferentes continentes.

O Figura 05 demonstra a locação dos estudos por países e isso permite analisar quais nações apresentam atualmente maior interesse nesta linha de pesquisa.

Figura 05: Localização das publicações nos continentes

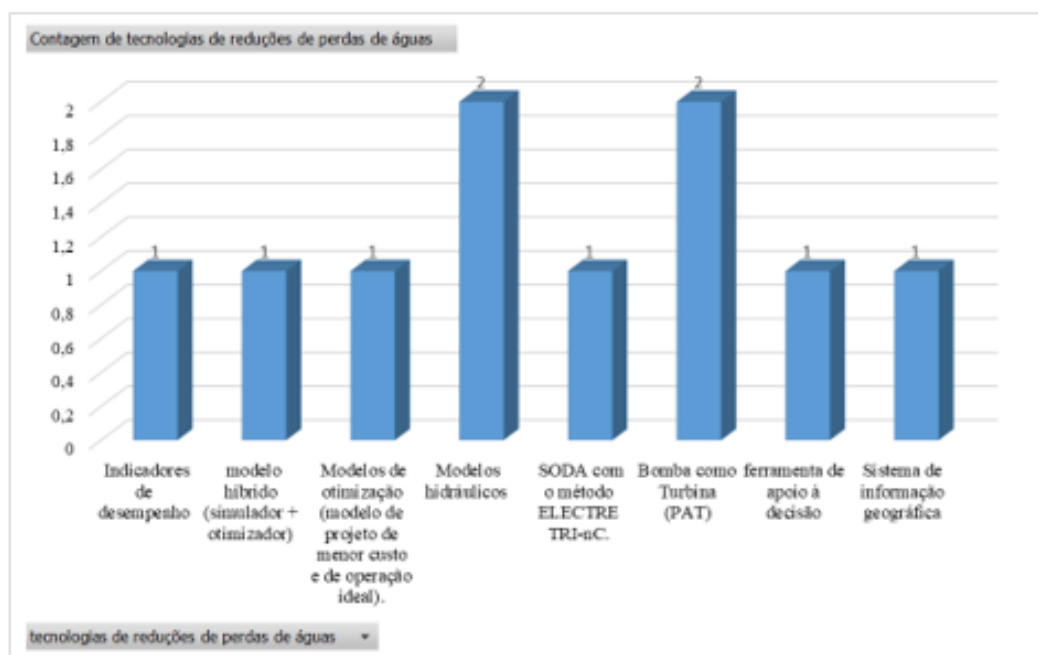


Fonte: Autores (2021)

O País com maior número de pesquisas foi a Itália com um percentual de 30%, seguidos por Brasil, e Polônia com 20 % cada. Os demais países são Portugal, China e Tailândia aparecem com 10%.

A figura 06 apresenta as tecnologias de reduções de perdas de águas encontradas neste estudo, que servem como alternativas para reduzir desperdícios e otimizar sistemas de abastecimento de água.

Figura 06: Tecnologias de reduções de perdas de águas



Fonte: Autores (2021)

A figura 06 demonstra que os modelos hidráulicos e o funcionamento de bombas como turbinas (PATs) foram as tecnologias mais utilizadas para buscar solucionar problemas de perdas de águas, sendo que ambas as tecnologias somadas, representam 40% das soluções apresentadas. As demais alternativas apresentadas foram utilização de SODA com o método ELECTRE TRI-nc, indicadores de desempenho, modelo híbrido (simulador + otimizador), modelos de otimização (de projeto de menor custo e de operação ideal), ferramenta de apoio a decisão e sistema de informação geográfica, com 10% cada.

Será realizado uma sucinta descrição das técnicas de reduções de perdas de águas, dos estudos selecionados no artigo, com intuito demonstrar que existem diversas tecnologias de reduções de perdas de água no mundo, sendo que a melhor alternativa a ser adotada, dependerá de uma análise das características do sistema, recursos disponíveis, etc.

BABEL *et al.* (2021) utilizaram um modelo hidráulico, com o *software* Epanet 2, para avaliar alternativas de economizar de água e energia em um sistema de abastecimento de água da Tailândia. Como resultados, tem-se que a aplicação de turbinas hidrelétricas pode reduzir a pressão e gerar eletricidade, enquanto o uso de válvula redutora de pressão (PRV) pode reduzir vazamentos em 20 a 25% em casos de altas pressões.

BRENTAN *et al.* (2017) utilizaram um modelo híbrido (simulador + otimizador) para encontrar as velocidades das bombas e os pontos de ajuste das válvulas redutoras de pressão (PRV), com intuito de combinar economia de energia com outras duas variáveis que são controle de pressão e redução das perdas de água em uma rede real de água, Campos do Conde II, localizada em Piracicaba, Brasil. Este é um distrito residencial de área medida (DMA), com as seguintes características: 121 nós, 153 tubulações, 1 reservatório, 1 bomba, 1 tanque e 1 PRV. Como resultados, tem-se que comparando o consumo de energia do sistema utilizando a bomba operando a plena rotação e a bomba operando com cronograma ótimo, observa-se uma redução de 54,62% de energia. Ao comparar o sistema usando a bomba, trabalhando com a solução inicial e a melhor solução, é possível diminuir o consumo de energia em mais 12,40%. Em termos de diminuição de vazamentos, o cenário com cronograma inicial consegue uma redução relativa de 37,67%, enquanto o cenário com cronograma em tempo real obtém 40,82%

NOTARO *et al.* (2015) usaram uma ferramenta de apoio à decisão, desenvolvida no âmbito do Projeto ALADIN, com o intuito de contribuir para a sustentabilidade

ambiental e energética de sistemas integrados de água. A confiabilidade da ferramenta proposta foi testada no sistema real de abastecimento de água denominado Favara di Burgio, localizado no sul da Sicília (Itália), que atende uma população de 170.000 habitantes, realizando a distribuição de água para seis cidades distintas. A comparação entre os cenários de melhorias e os reais foi realizada para obter uma classificação de cenários. Essa classificação foi útil para apoiar o operador na seleção das melhores medidas de mitigação (cenário 7). Ou seja, a solução identificada poderia ser autofinanciada com a utilização das economias de custos operacionais relacionadas. Portanto, a ferramenta apresentada tem sido útil para analisar o balanço energético e hídrico do sistema atual e apoiar a identificação de possíveis soluções para melhorar a eficiência do sistema em termos de economia de água e energia.

Os cenários 4 e 7 buscou realizar a melhoria energética dos sistemas de bombeamento de menor potência juntamente com a instalação de painéis fotovoltaicos para suprir 40% da procura de energia das estações de bombeamento de menor potência. Os resultados demonstram que o cenário 7 é o recomendado por propiciar maior economia de água e energia, sendo com água não faturada (NRW), 16% e com energia, 24,5%. A redução dos custos totais foi de 7,4% em relação ao cenário real. Com isso, o cenário 7 é o recomendado em termos de vazamentos de água, consumo de energia, impacto ambiental e redução de custo financeiro.

SOUSA *et al* (2014) apresentaram em seu artigo um procedimento para resolver o problema da rede de distribuição de água (WDN) C-Town, a partir do BBLAWN. O objetivo desta pesquisa é projetar uma metodologia para reduzir as perdas de água ocasionadas por vazamentos de fundo e aplicá-la a um sistema real de distribuição de água. Esta, baseia-se na utilização de dois modelos de otimização (projeto de menor custo e de operação ideal), com base em conhecimentos de engenharia para propiciar a escolha das melhores estratégias, dentre as quais, cita-se a otimização dos controles da bomba, seguido pela instalação de válvulas redutoras de pressões (PRVs) e substituição de tubulações existentes. A instalação de 41 RPV é uma estratégia que apresentou bom benefício-investimento para redução das perdas de água. Já a estratégia de substituição do tubo pode ser considerada uma alternativa, para um período de médio e longo prazo.

ROSSI *et al* (2016) utilizaram bomba como turbina (PaT) em um laboratório para avaliar seu desempenho e posteriormente usou em uma rede de distribuição de água. Na última década, devido ao aumento do custo das fontes não renováveis e uma maior sensibilidade às questões ambientais, surge a possibilidade de recuperação da energia

cinética da água através da instalação de turbinas nas adutoras e redes de abastecimento de água. Essas turbinas podem ser instaladas em substituição as válvulas reguladoras de pressão que têm como objetivo controlar os níveis de pressão nas redes de distribuição de água. Esta tecnologia, já vem sendo aplicada em países europeus, como Suíça e Itália, porém sua exploração ainda está longe do nível potencial de utilização. As turbinas hidráulicas podem ser instaladas para recuperação de energia, mas devem ser projetadas, com base no local de instalação. Os resultados demonstram que uma eficiência máxima de 76% pode ser obtida nos modos direto e reverso com a mesma velocidade específica de 0,57. Além disso, o melhor ponto de eficiência (BEP) resultou próximo ao valor avaliado pela teoria de McClaskey em detrimento das demais. Com base no estudo de caso real, para avaliar a viabilidade econômica de instalação de um PaT, funcionando nas mesmas condições fluido-dinâmico do PaT testado, em uma parte do aqueduto da cidade de Merano, localizada na Itália, que abastece 30 % dos habitantes, foi obtido 338,11 kWh para cada dia de operação.

MOCZULSKI *et al* (2018) realizou a localização de vazamentos com base em modelos hidráulicos, com utilização do sistema SysDetLok, que aproveita os dados adquiridos das bases de dados GIS, e de base de dados de medição e de manutenção e serviço. O estudo foi realizado em um sistema de abastecimento de água da Polônia que fornece água, para 150.000 habitantes. A implantação de investimentos para modernizar as redes de abastecimento de água, associadas a estas tecnologias, reduziu as perdas de águas em 4,42%, quando se compara os anos de 2012 e 2016.

LI, *et al.* (2011) utilizou um método baseado no sistema de informação geográfica para otimizar de forma rápida e automática o *layout* dos instrumentos de detecção de vazamentos. Estes também são utilizados para estimar a probabilidade de vazamento de cada segmento de tubo (com base em dados históricos de vazamentos) e no auxílio da localização dos pontos de vazamentos (com base em sinais de vazamento). A estratégia da área de medição distrital (DMA) é utilizada, de modo que são propostas diretrizes e um fluxograma para estabelecer um DMA para gerenciar as redes de grande escala em Pequim. Em 2007 o sistema detectou 102 vazamentos não óbvios (ou seja, 14,2% do total detectado em Pequim) nas áreas selecionadas, de modo que foi estimado uma economia de água, de 2.385.000 m³ de água.

TRICARICO *et al.* (2014) demonstrou que programação convencional das bombas é uma alternativa, para minimizar o consumo direto de eletricidade e otimizar sistemas de abastecimento de água. A produção de energia é realizada pela locação

estratégica na rede de bombas que operam como Turbinas (PATs). Estas atuam, de maneira semelhante às válvulas redutoras de pressão convencionais, recuperando adicionalmente a eletricidade. Os resultados, obtidos em um sistema de distribuição de água real, demonstram um evidente benefício econômico para a instalação de PATs para recuperação de energia em conjunto com uma programação de bomba e regime de gerenciamento de pressão.

KLOSOK-BAZAN *et al.* (2021) apresenta resultados da avaliação de perdas de água com a utilização de um conjunto de indicadores de desempenho (IP), que consideraram a dependência da disponibilidade de recursos e condições específicas de operação. Com base na análise, percebe-se que nos anos de 2013-2018 as perdas de água no pequeno sistema de distribuição que abastece um município da Polônia, variou de 7,0% a 9,5%. O índice médio de volume de água sem fins lucrativos é de cerca de 18%. Durante o período considerado, o ILI ficou entre 0,53 e 0,82. Destaca-se que este último indicador é muito útil para avaliar a condição técnica da rede, de modo que, a condição técnica do sistema de abastecimento de água analisado foi determinada como muito boa, de acordo com o escopo rigoroso da IWA e da American Water Association e do WBI Banding System, relativos a países altamente desenvolvidos.

DE SOUSA PEREIRA *et al.* (2020) combina Desenvolvimento e Análise de Opções Estratégicas (SODA) com o método ELECTRE TRI-nC para classificar áreas em categorias de criticidade a fim de determinar prioridades para monitorar um serviço de manutenção. O estudo de caso foi realizado no município de Itamaracá, localizado no Nordeste do Brasil. A estrutura permite obter: (i) prioridades gerenciais para apoiar as decisões de manutenção que melhoram o planejamento de ação da empresa de água; (ii) conhecimento formal e estruturado sobre o sistema de distribuição de água e; (iii) benefícios à sociedade, com otimização da qualidade do serviço, redução de custos e preservação dos recursos hídricos. O estudo demonstra que ações como o desenvolvimento de campanhas de conscientização sobre o uso racional da água, instalação de válvulas redutoras de pressão e estabelecimento de setorização no sistema de rede são essenciais para melhorar a forma como a manutenção é gerenciada.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão das perdas de água tem sido um problema social mundial, que é observado em cidades que variam de pequeno à grande porte. Diante deste cenário, este

artigo apresenta a análise do estado da arte no tema “tecnologias aplicadas nas reduções de perdas de águas em sistemas de abastecimento”, no período de 2011 a 2021.

Foi realizada uma revisão sistemática, com dois conjuntos de palavras chaves distintos, sendo estes: “*Water supply systems*” “*water losses*” “*loss reduction*” “*Technologies*” e “*Water supply systems*” “*water losses*” “*technologies*” “*efficiency*”. O primeiro conjunto foi realizado nas bases de dados da Springerlink e Science Direct Elsevier, já o segundo, foi realizado somente na segunda base de dados, visto que foi observado que a substituição da palavra “*loss reduction*” por “*efficiency*”, abrangeu o tema, de modo a reduzir consideravelmente artigos que abordam tecnologias aplicadas na redução de perdas de água. Essa comparação entre os dois conjuntos de palavras demonstra a importância de selecionar um conjunto de palavras adequadas ao objeto da pesquisa. Destaca-se que por mais que seja despendido um tempo maior na seleção das palavras chaves, caso essa atividade ocorra de maneira adequada, pode proporcionar redução de tempo em etapas subsequentes da revisão sistemática e conseqüentemente na elaboração do artigo. Outra vantagem seria uma maior probabilidade de obter mais pesquisas na área de interesse em quantidade e qualidade.

Dos estudos selecionados, as técnicas de reduções de perdas de água mais utilizadas foram os modelos hidráulicos e o funcionamento de bombas como turbinas (PATs), com percentual de 40% das soluções apresentadas. Outra característica apresentada por esta pesquisa é demonstrar que existem várias alternativas de tecnologias para redução das perdas de águas, sendo que a escolha da mais apropriada dependerá da característica do sistema e dos recursos disponíveis para implantação e operação da tecnologia.

REFERÊNCIAS

BABEL, Mukand S. et al. *Evaluating the potential for conserving water and energy in the water supply system of Bangkok*. Sustainable Cities and Society, v. 69, p. 102857, 2021.

BRENTAN, Bruno M. et al. *Near real time pump optimization and pressure management*. Procedia Engineering, v. 186, p. 666-675, 2017.

DA SILVA, Júlia Comelli et al. *Avaliação da qualidade da água em área de preservação permanente pela obtenção do IQA: Brazilian Journal of Development*, v.8, n.4, 2022.

DA SILVA CORRÊA, Sabrina et al. *Análise dos impactos ambientais proporcionados pelas perdas de água em sistemas de distribuição de água*. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 3, p. 28096-28106, 2021.

DE SOUZA, E. V.; DA SILVA, MA Costa. *Management system for improving the efficiency of use water systems water supply*. Procedia Engineering, v. 70, p. 458-466, 2014.

DE SOUSA PEREIRA, Leydiana; MORAIS, Danielle Costa; FIGUEIRA, José Rui. *Using criticality categories to evaluate water distribution networks and improve maintenance management*. Sustainable Cities and Society, v. 61, p. 102308, 2020.

FARLEY, Malcolm et al. *The manager's non-revenue water handbook: a guide to understanding water losses. United States of America: United States Agency for International Development (USAID)*, 2008.

LI, Weifeng et al. *Development of systems for detection, early warning, and control of pipeline leakage in drinking water distribution: A case study*. Journal of Environmental Sciences, v. 23, n. 11, p. 1816-1822, 2011.

KLOSOK-BAZAN, Iwona et al. *Assessment of leakage management in small water supplies using performance indicators*. Environmental Science and Pollution Research, p. 1-10, 2021.

MOCZULSKI, W. et al. *SysDetLok-a leakage detection and localization system for water distribution networks*. IFAC-PapersOnLine, v. 51, n. 24, p. 521-528, 2018.

NOTARO, Vincenza et al. *A Decision Support Tool for Water and Energy Saving in the Integrated Water System*. Procedia Engineering, v. 119, p. 1109-1118, 2015.

ROSSI, Mosè; RIGHETTI, Maurizio; RENZI, Massimiliano. *Pump-as-Turbine for energy recovery applications: the case study of an aqueduct*. Energy Procedia, v. 101, p. 1207-1214, 2016.

SANTOS, Danielle Dionisia; MONTENEGRO, S. M. G. L. *Avaliação da Metodologia para controle de perdas de água em rede de distribuição no Recife-PE*. Revista Dae, v. 197, n. 1, p. 56-80, 2014.

SHABANGU, Thabane H.; HAMAM, Yskandar; ADEDEJI, Kazeem B. *Decision support systems for leak control in urban water supply systems: A literature synopsis*. Procedia CIRP, v. 90, p. 579-583, 2020.

TRICARICO, Carla et al. *Integrated optimal cost and pressure management for water distribution systems*. Procedia Engineering, v. 70, p. 1659-1668, 2014.

SOUSA, J. et al. *WaterNetGen helps C-town*. Procedia Engineering, v. 89, p. 103-110, 2014.