

ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE TECNOLOGIAS PARA DETECÇÃO DE VAZAMENTOS EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Prospective Study of Technologies for Detection of Leaks in Water Supply Networks

Thiago Rodrigues Faria¹, Rogério Atem de Carvalho²,
William da Silva Vianna³, Henrique Rego Monteiro da Hora⁴



PALAVRAS CHAVE:

Detecção de vazamentos;
Perdas de água;
Prospecção tecnológica;

KEYWORDS:

Leak detection;
Water losses;
Technological prospecting;

RESUMO: Cenários recentes de crise em sistemas de abastecimento de água no Brasil reforçaram discussões sobre uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, abrangendo desde a captação ao uso final. Neste contexto, reduções das perdas nos sistemas de distribuição de água assumem vital importância com impacto direto na disponibilidade do recurso para usuários e geração de receita para as prestadoras de serviços. Este trabalho tem como objetivo uma prospecção tecnológica por soluções para detecção de vazamentos em redes de abastecimento de água. Por meio de pesquisas bibliográficas e patentárias, buscou-se levantar informações úteis para apresentação do panorama tecnológico tanto a nível nacional como internacional. Os dados levantados foram submetidos a análises quantitativas e qualitativas direcionadas à evolução temporal das publicações e depósitos, informações sobre depositantes ou autores e o tipo de solução tecnológica proposta. A pesquisa revelou que empresas nacionais e estrangeiras atuantes no mercado brasileiro não priorizam a proteção de suas tecnologias através de patentes. Os resultados com ferramentas de bases internacionais revelaram números substanciais e crescentes de depósitos de patentes com foco em tecnologias de medição realizados por grandes empresas sediadas no Japão. As publicações científicas relativas ao tema também demonstraram número substancial e crescente de artigos originados em grande parte por instituições da China e dos Estados Unidos, relativos às áreas de Engenharia e Ciência Ambiental.

ABSTRACT: Recent crisis scenarios in water supply systems in Brazil have reinforced the discussions on more efficient management of water resources, from capture to end use. In this context, losses reductions in water distribution systems are of vital importance with direct impact on resource availability for users and revenue generation for service providers. The objective of this work is to carry out a technological prospecting for leak detection solutions in water supply networks. Through bibliographical and patent research, it was sought to gather useful information to present the technological panorama, both nationally and internationally. The collected data were submitted to quantitative and qualitative analyzes directed to the temporal evolution of publications and deposits, information about depositors or authors and the type of technological solution proposed. The survey revealed that domestic and foreign companies operating in the Brazilian market do not prioritize the protection of their technologies. Results with tools from international databases have revealed substantial and increasing numbers of patent deposits focusing on measurement technologies carried out by large companies based in Japan. Scientific publications on the subject have also demonstrated a substantial and growing number of articles originated in large part by institutions from China and the United States to America, related to Engineering and Environmental Science areas.

* Contato com os autores:

Publicado em 12 de junho de 2023

¹ e-mail: rfariathiago@gmail.com (T. R. Faria)

Eng. de Controle e Automação, Doutorando em Modelagem e Tecnologia para Meio Ambiente Aplicadas em Recursos Hídricos - Ambhidro pelo Instituto Federal Fluminense (IFF).

² e-mail: r.atem@gsuite.iff.edu.br (R. A. Carvalho)

Doutor em Engenharia de Produção, Professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (ProfNIT), Inst. Federal Fluminense (IFF), Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil.

³ e-mail: williamvianna@gmail.com (W. S. Vianna)

Doutor em Engenharia e Ciências dos Materiais, Professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (ProfNIT), Inst. Federal Fluminense (IFF), Campos dos Goytacazes, RJ - Brasil.

⁴ e-mail: henrique.dahora@iff.edu.br (H. R. M. Hora)

Doutor em Engenharia de Produção, Professor do Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia (ProfNIT), Inst. Federal Fluminense (IFF), Bom Jesus do Itabapoana, Rio de Janeiro - Brasil

1. INTRODUÇÃO

Brasil, país de dimensões continentais, ao mesmo tempo que possui a maior reserva de água doce do mundo, apresenta uma distribuição hidrográfica extremamente desigual principalmente em áreas densamente povoadas. Além do desafio da universalização do acesso à água potável, o país tem vivido desde o ano de 2014 momentos de escassez hídrica agravados também pela falta de gestão adequada desse recurso, sobretudo em períodos de estiagem (ANA, 2015).

De acordo com o último levantamento do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, o país possui um total de 680,4 mil quilômetros de redes de distribuição de água, às quais estão conectados 59,1 milhões de ligações que atendem a um contingente populacional urbano de 162,2 milhões de habitantes. SNIS (2019). Atualmente, o consumo médio de água no país é de 153,9 litros por habitante ao dia, o que representa 4,6 metros cúbicos por habitante ao mês. Os consumos variam regionalmente de 120,6 L/hab/dia no Nordeste a 177,4 l/hab/dia no Sudeste (SNIS, 2019).

Durante o processo de abastecimento de água acontecem perdas nos sistemas de distribuição por motivos como: vazamentos, erros de medição e consumos não autorizados. Essas perdas trazem impactos negativos para o ambiente, para a geração de receita das empresas e aumentam os custos de distribuição, impactando o sistema e afetando por último os consumidores. Oliveira et al. (2020). A necessidade de maiores esforços com planos e ações efetivas focadas na redução de perdas torna-se ainda mais urgente com a crescente evolução do índice nacional de perda de água na distribuição que no último levantamento disponível chegou ao patamar de 39,2% conforme a Figura 1: (SNIS, 2019).

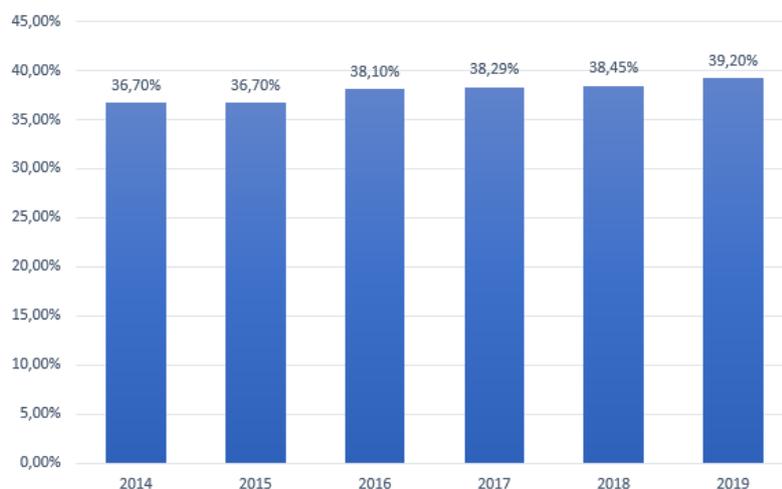


FIGURA 1: Evolução do percentual de perdas na distribuição de água no Brasil.

FONTE: SNIS (2019).

Quando a comparação é realizada internacionalmente, o Brasil se encontra distante dos países mais avançados, que possuem níveis de perdas inferiores a 20%, OLIVEIRA et al. (2020). A Figura 2 exhibe os índices de perdas de alguns países, dentre eles, em destaque, o Brasil:

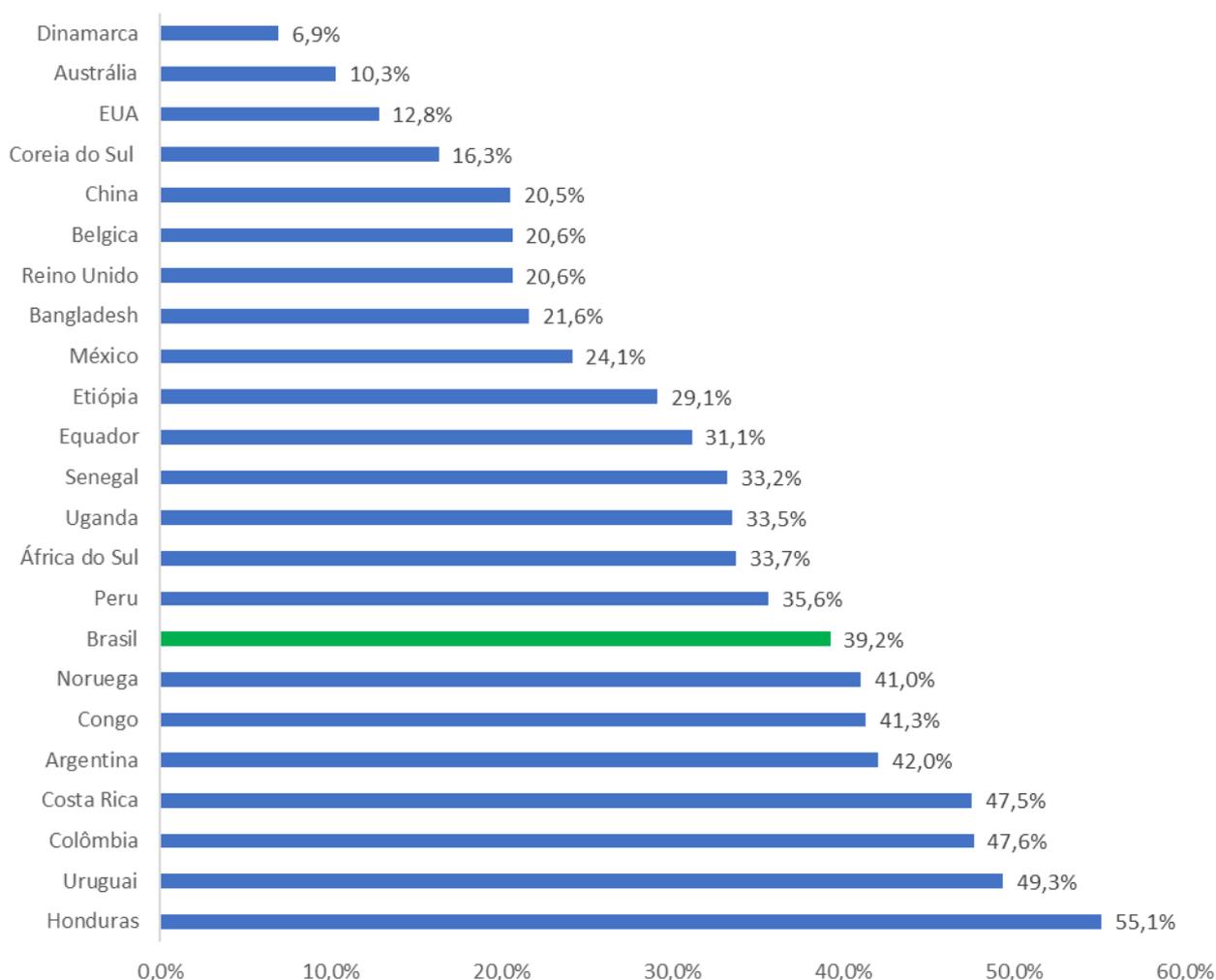


FIGURA 2: Índice internacional de perdas na distribuição de água.

FONTE: Oliveira et al. (2020).

O Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei Federal 14.026 de 2020, definiu, dentre outras diretrizes, a eficiência da prestação dos serviços com sustentabilidade, inibição do desperdício de recursos e adoção de tecnologias modernas e eficientes. Seguindo estes princípios, índices de perdas de água possuem grande relevância na medição da eficiência das prestadoras em atividades como distribuição, planejamento, investimentos e manutenção (Brasil, 2020).

A *International Water Association* (IWA) publicou em 2000 um estudo que visa padronizar conceitos de perdas em sistemas de abastecimento. Desde então tal metodologia vem sendo adotada como literatura técnica por grande parte dos prestadores e reguladores da área de saneamento. Até então a metodologia de avaliação das perdas mudava entre países e empresas. O objetivo é conscientizar sobre a importância da construção de um balanço hídrico e definir indicadores para a priorização de ações. A IWA (2000) classifica as perdas, levando em conta sua natureza, como reais (físicas) ou aparentes (comerciais). As perdas reais equivalem ao volume de água perdido durante as diferentes etapas de produção - captação, tratamento, armazenamento e distribuição - antes de chegar ao consumidor final (LAMBERT e HIRNER, 2000).

As perdas aparentes correspondem aos volumes de água consumidos, mas não autorizados nem faturados, também denominados perdas comerciais. Em termos gerais, são perdas decorrentes de erros na medição dos hidrômetros (por equívoco de leituras ou falha nos equipamentos), por fraudes, ligações clandestinas ou mesmo por falhas no cadastro comercial.

Em relação às tecnologias voltadas para redução de perdas reais através da detecção de vazamentos existem soluções amplamente conhecidas que se utilizam de princípios baseados em detecção de vibrações acústicas como o geofone eletrônico e suas derivações que captam vibrações acústicas provocadas por ruídos de vazamentos em tubulações enterradas (CORRÊA, J. B. D, 1981)

Outra técnica comum utilizada é através de análise da variação de pressão como por exemplo o teste hidrostático. Método também utilizado em testes construtivos que consiste no bloqueio do trecho e introdução de fluido na tubulação. Após pressurização é analisado através de sensores a existência ou não de perda de pressão que caracterize vazamento no trecho (LOCKHECK, 2002).

O método por vídeo inspeção apesar de ser mais utilizado em redes de escoamento de efluentes também é utilizado em redes de distribuição quando é possível introduzir o equipamento para identificação visual de pontos com suspeita de vazamentos (REVERTE et al., 2006)

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo mapear novas tecnologias desenvolvidas no Brasil e no mundo para redução de perdas reais. Especificamente para detecção de perdas por vazamentos em sistemas de distribuição de água potável.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem caráter exploratório por meio da prospecção tecnológica em bases de dados de patentes nacionais e internacionais e artigos científicos fundamentada na busca por tecnologias para detecção de vazamentos de água em sistemas de distribuição desenvolvidas em diferentes áreas de conhecimento. A pesquisa foi realizada entre os dias 14/02/21 e 08/03/21.

A busca por patentes com abrangência nacional foi realizada na base de dados on-line do Escritório do Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI, enquanto a busca por patentes internacionais foi realizada na base de dados da ferramenta Questel Orbit. Paralelamente às patentes, foram realizadas buscas por artigos científicos relacionados ao tema na base da ferramenta Scopus.

As variáveis definidas para análises dos resultados, tanto de depósitos de patentes como de artigos científicos, foram focadas em 3 (três) temas: análise temporal - com objetivo de verificação da evolução temporal de depósitos e artigos científicos publicados, informações sobre os depositantes ou autores - focadas no tipo e origem e por último a solução tecnológica proposta - que objetiva demonstrar o tipo ou a área de atuação da solução. Para a consulta à base nacional do INPI, os depósitos de patentes recuperados foram analisados por completo em relação às variáveis descritas neste estudo.

Para definição da estratégia de pesquisa foram determinadas as palavras-chave que possibilitariam um maior refinamento nos resultados das buscas relacionadas ao objeto do estudo. Foram assim combinadas palavras-chave ou partes do radical em conjunto com operadores lógicos conforme descrito no Quadro 1.

QUADRO 1: Estratégia de pesquisa.

Documento	Termo 1	Operador	Termo 2	Operador	Termo 3	Campos	Base
Patentes	detec*	And	vazamento*	and	água	título e resumo	INPI
Patentes	identifica*	And	vazamento*	and	água	título e resumo	INPI
Patentes	detec*	And	perda*	and	água	título e resumo	INPI
Patentes	identifica*	And	perda*	and	água	título e resumo	INPI
Patentes	(detect* or identify)	And	(leak* or loss*)	and	water	título e resumo	Orbit
Artigos	(detect* or identify)	And	(leak* or loss*)	and	water	título, resumo e palavras-chave	Scopus

FONTE: Autoria própria (2021).

Os operadores lógicos de interseção e união “and” e “or” foram utilizados na relação entre as palavras assim como o elemento de truncamento “*” ao final das mesmas para permitir buscas por palavras com outras variações no radical.

Durante a pesquisa por patentes da base nacional do INPI, o quantitativo total foi consolidado e as patentes redundantes recuperadas com estratégias de buscas diferentes foram excluídas. Em seguida, foi realizada a análise qualitativa das patentes, e ao final foram excluídos os depósitos que não correspondiam ao objetivo deste estudo. Para a pesquisa por patentes na base da ferramenta Questel Orbit o total foi consolidado e analisado com geração de gráficos com filtros disponíveis na própria base que possibilitaram os refinamentos desejados sobre o assunto. Durante as análises dos artigos da base da ferramenta Scopus foi realizado um refinamento secundário dos resultados com filtro exclusivo de áreas que não estão relacionadas com o objeto deste estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DA BASE NACIONAL DO INPI:

A pesquisa por patentes depositadas na base nacional do INPI retornou um total de 109 documentos. Após análise qualitativa de todos com exclusão de depósitos redundantes em estratégias de pesquisa diferentes e os que não estão ligados ao objeto desse estudo, um total de 31 documentos foram considerados para a segunda etapa.

A Figura 3 exibe a evolução temporal dos depósitos de patentes relacionados com detecção de vazamentos na base do INPI. Pelo número de depósitos da evolução temporal verifica-se que este tema tem despertado pouco interesse em reserva de mercado por patentes tanto por parte empresas nacionais como do exterior.

De 1984 até 2019 é possível observar um leve crescimento no ano de 2003 e outro entre 2010 e 2012. Após a crise hídrica nacional ocorrida em 2014 observa-se um leve crescimento, mas ainda assim pouco expressivo nos depósitos de patentes relacionadas ao objeto deste estudo.

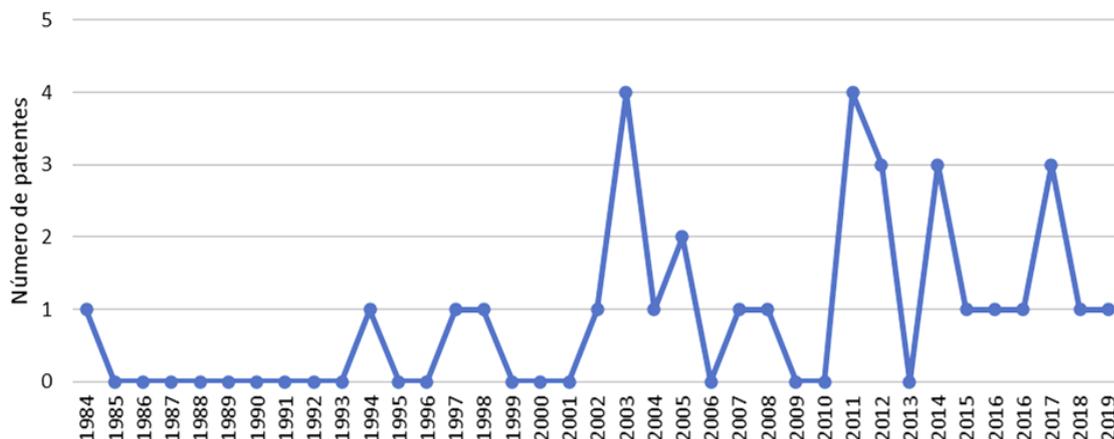


FIGURA 3: Evolução temporal de depósitos de patentes no Brasil.

FONTE: Autoria própria (2021).

Em relação ao tipo de depositante, os resultados de depósitos nacionais de patentes foram contabilizados no Quadro 2.

QUADRO 2: Tipo de Depositante.	
Tipo de depositante	Número de depósitos
Pessoa Física	16
Empresa Estrangeira	8
Empresa Nacional	5
Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT)	3

FONTE: Autoria própria (2021).

Depósitos realizados por pessoas físicas estão em maior número em relação a empresas e institutos de pesquisa. Os depósitos realizados por empresas estrangeiras via *Patent Cooperation Treaty* (PCT) estão em um número mais elevado quando comparados com empresas nacionais.

Esse resultado revela que empresas nacionais atuantes no mercado não estão buscando proteger suas tecnologias através de patentes. Assim como o número não expressivo de empresas estrangeiras sugere o mesmo.

Para contabilização dos resultados exibidos no quadro 3 situações de cooperação entre empresas e institutos de pesquisa foram contabilizadas para um mesmo depósito.

Nesse sentido, cabe destacar o caso da patente de número: BR 10 2014 019693 5 - SISTEMA DIGITAL DE PESQUISA DE VAZAMENTO, pois houve uma cooperação entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo-SABESP e a Universidade de São Paulo – USP. No referido depósito foi proposto um sistema digital para um geofone tradicional que possibilita o processamento digital dos sinais gerados pelos sensores acústicos, permitindo assim maior precisão das leituras (PADOVESE, MIKI e ARNESEN, 2014).

No Quadro 3 é possível observar os resultados por tipos de soluções tecnológicas propostas nos 31 depósitos nacionais recuperados. Em alguns casos um mesmo documento de patente foi classificado em dois tipos de soluções diferentes. Foi verificado que soluções com base no diferencial de pressão causado por vazamentos e o processamento computacional de dados de sensores receberam maior atenção dos inventores.

QUADRO 3: Soluções Tecnológicas Propostas.	
Tipo de Solução	Número de depósitos
Análise do Diferencial de pressão	7
Processamento computacional de dados gerados por sensores	12
Variação de Características Elétricas do Meio	5
Novos Sensores Mecânicos, Magnéticos e Acústicos	3
Comparação entre Sensores de Fluxo	3
Análise do Diferencial de Temperatura	2

FONTE: Autoria própria (2021).

Como exemplo para o diferencial de pressão o depósito PI 0504055-8 - SISTEMA DE MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE VAZAMENTOS DE LÍQUIDOS - SENSOR VIRTUAL, propõe um sistema de alarme acionado pela detecção da variação na pressão interna de uma câmara de pressão instalada na rede (ETZEL, 2005).

Em seguida, para soluções com processamento digital de dados gerados por sensores instalados na rede destaca-se o depósito BR 10 2015 024167 4 - APARELHO PARA GESTÃO DE CONSUMO DE ÁGUA, GÁS E ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE SMART METERS, no qual foi proposto um sistema híbrido de análise de diversos tipos de consumo (água, energia e gás) que ao ser conectado a uma rede com processamento de dados possibilita o acompanhamento dos consumos e possíveis anomalias causadas por vazamentos (ALVARES, 2015).

Outro tipo de solução relacionado ao controle de perdas faz uso da chamada internet das coisas (IOT - *internet of things*) que faz uso de múltiplos sensores, conectados à uma inteligência computacional em nuvem onde são analisados diversos parâmetros em pontos distintos ao longo das redes de distribuição de água. Neste segmento, destaca-se o depósito BR 10 2019 001857 - MÉTODO DE MONITORAMENTO E/OU GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUÍDOS, SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUÍDOS QUE UTILIZA TAL MÉTODO E USO DO MÉTODO DE GERENCIAMENTO no qual foi proposto um sistema para identificar ou prever características do sistema de distribuição com base nas variáveis atuais e no histórico de variáveis (DINIZ et al., 2019).

4.2 RESULTADOS DA FERRAMENTA QUESTEL ORBIT:

Dando continuidade à pesquisa, a estratégia de busca adotada na base de patentes da ferramenta Questel Orbit recuperou um total de 16.339 depósitos relacionados ao objeto do estudo. Seguindo a mesma temática adotada para patentes na base do INPI, a primeira análise é referente à evolução temporal de depósitos na base da ferramenta Questel Orbit. A mesma pode ser verificada na Figura 4.

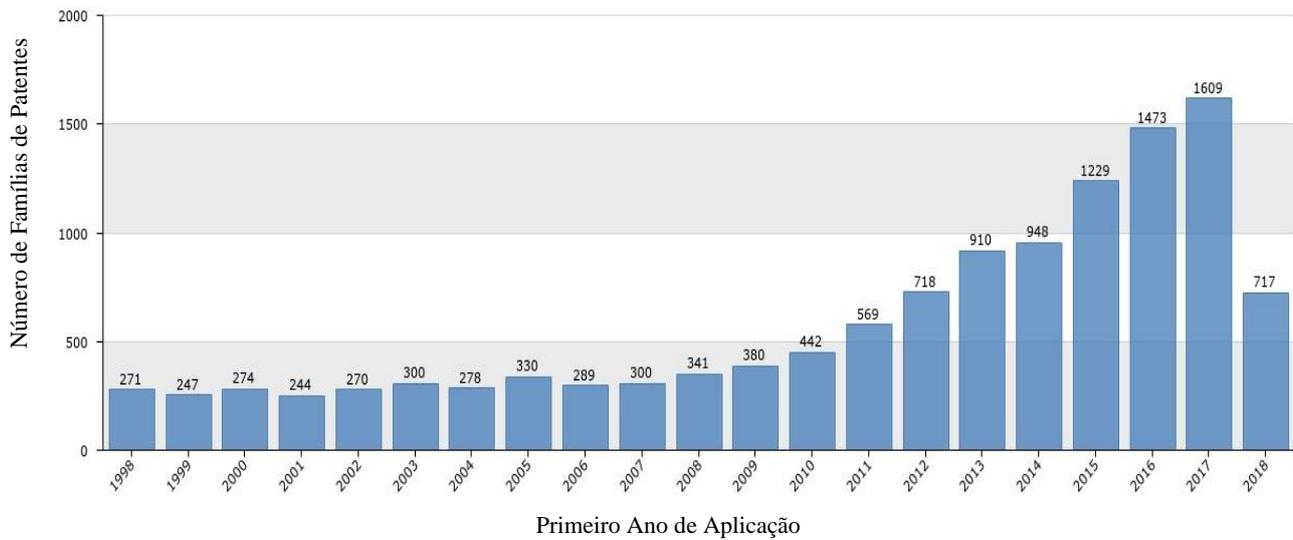


FIGURA 4: Evolução temporal de depósitos da base Questel Orbit.

FONTE: Autoria própria (2021).

A Figura 4 demonstra que entre os anos de 1998 e 2007 o número de depósitos de patentes manteve uma certa estabilidade com uma média de 280 depósitos anuais. A partir de 2008 o número de depósitos recuperados pela base da ferramenta Questel Orbit revela um crescimento exponencial ano a ano. O resultado de 2018 ainda não está completamente consolidado na base.

Seguindo o estudo com o direcionamento para os depositantes de patentes na base da ferramenta Questel Orbit, a Figura 5 revela os 20 maiores proponentes de novas soluções para detecção de vazamentos em redes de água. As empresas de reconhecimento internacional Toshiba, Panasonic, Hitachi e Mitsubishi chamam a atenção pelo número expressivo de depósitos e são empresas com sede no Japão.

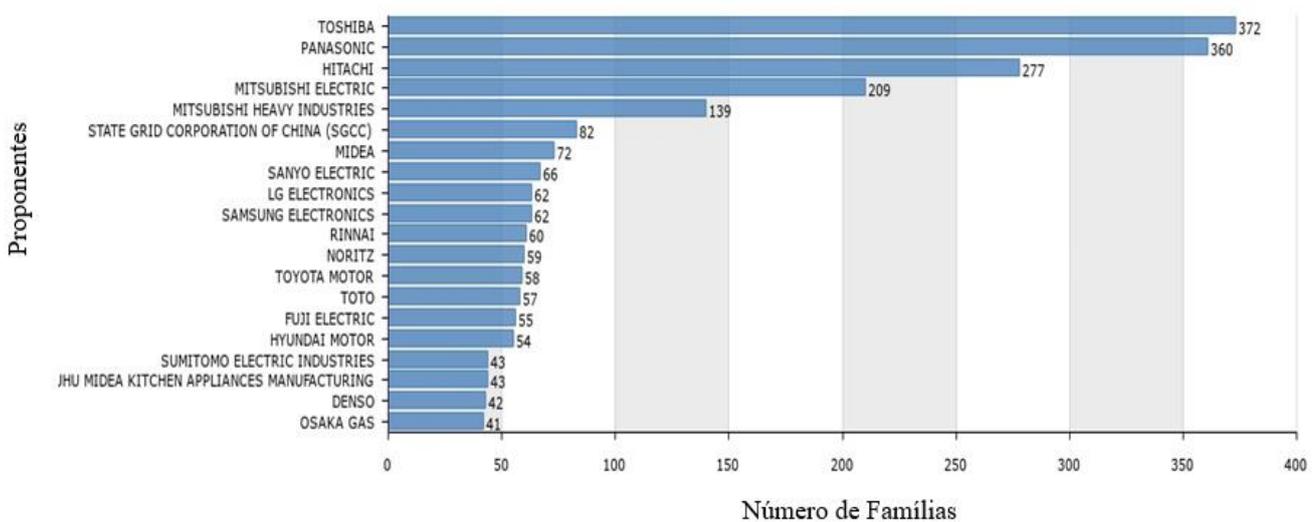


FIGURA 5: Maiores depositantes internacionais.

FONTE: Autoria própria (2021).

Na Figura 6 é possível verificar os resultados recuperados da base da ferramenta Questel Orbit com relação às 5 maiores tecnologias empregadas nas soluções, tomando como base o domínio da tecnologia tipificado nos depósitos.

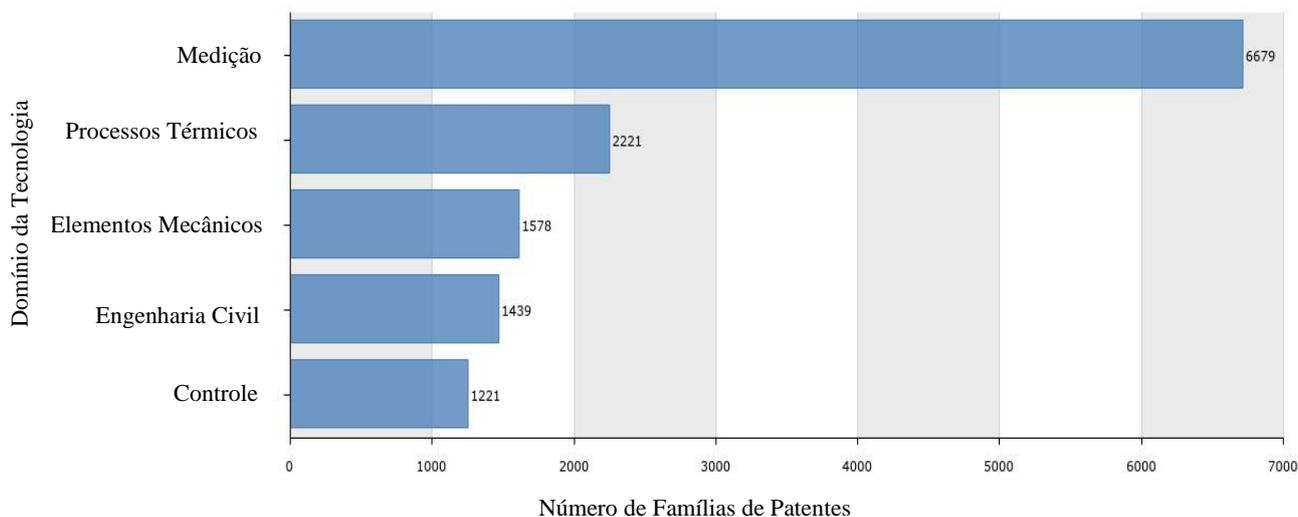


FIGURA 6: Famílias de atentes por domínio da tecnologia
FONTE: Autoria própria (2021).

Soluções baseadas em processos de medição assumem a grande maioria dos depósitos de patentes relacionados ao objeto deste estudo. Este resultado demonstra que soluções baseadas em novos sensores e novos processos de medição assumem grande importância e atenção dos inventores. Em segundo lugar tecnologias voltadas para processos térmicos estão associadas a sistemas de abastecimento com temperaturas acima de 25° C. Um número considerável de depósitos com esta categorização refere-se a tecnologias de abastecimento residencial com dispositivos de aquecimento de água como boilers e sistemas de aquecimento a gás. Em terceiro lugar observa-se tecnologias categorizadas como elementos mecânicos. Nesta definição estão incluídos sensores baseados em princípios mecânicos, magnéticos e acústicos.

4.3 RESULTADOS DA FERRAMENTA SCOPUS:

Em relação aos resultados dos artigos publicados na base Scopus foram recuperados um total de 9.178 documentos. A evolução temporal dos artigos publicados referentes ao objeto deste estudo pode ser verificada na Figura 7.

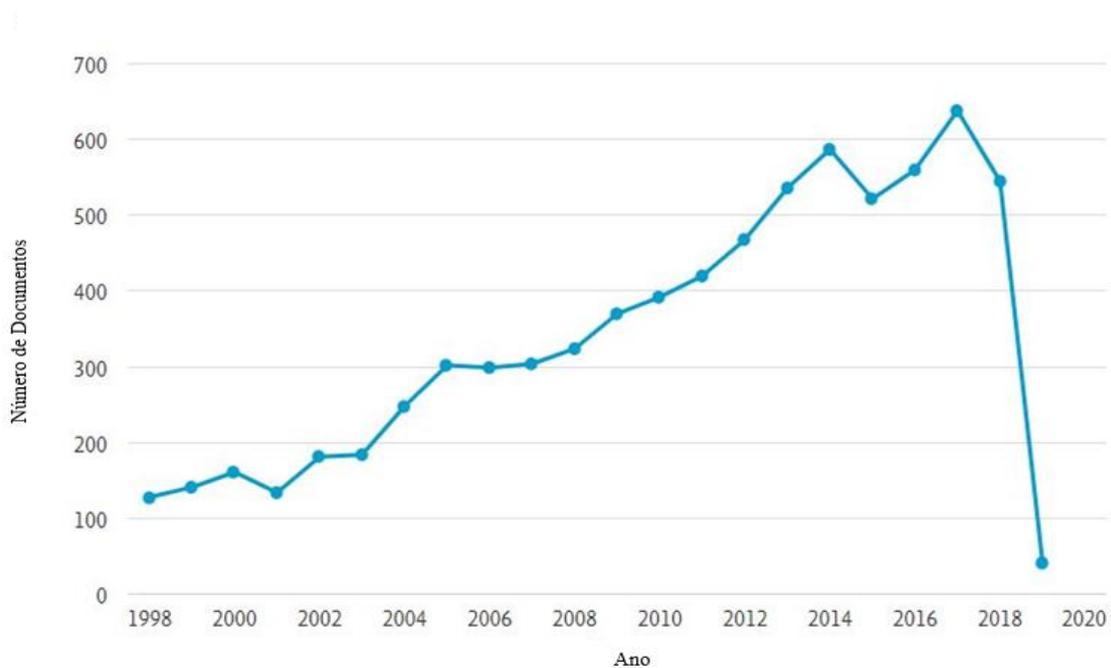


FIGURA 7: Evolução Temporal das Publicações Científicas
FONTE: Autoria própria (2021).

A análise histórica da Figura 7 está dentro do mesmo período da análise das patentes depositadas na base do Orbit (de 1998 a 2020) e revela essencialmente um crescimento linear com picos e vales em determinados períodos.

Em relação às informações sobre os autores a Figura 8 ilustra as 10 instituições com o maior número de publicações.

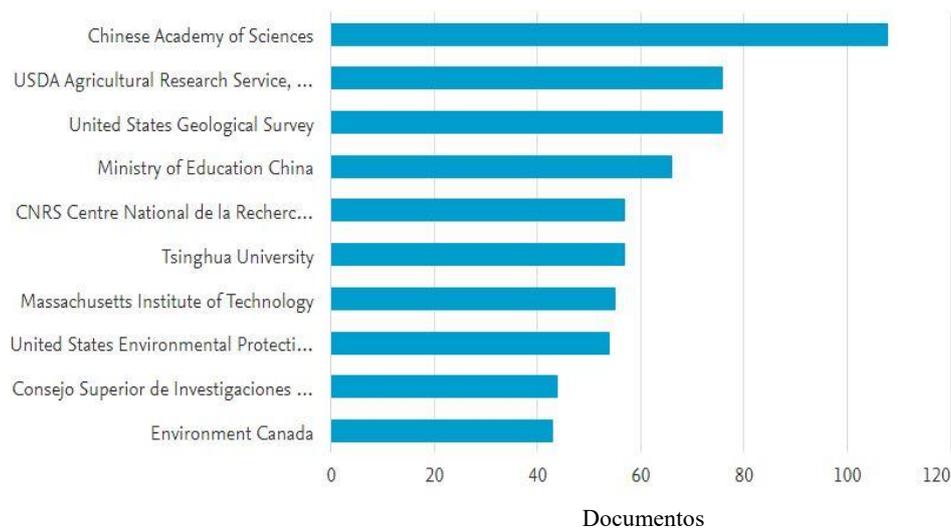


FIGURA 8: Instituições com o maior número de publicações científicas.
FONTE: Autoria própria (2021).

Ao contrário dos depósitos de patentes, grande parte das publicações de artigos sobre tecnologias para detecção de vazamentos em redes de água tem origem em instituições da China e Estados Unidos da América.

Em relação às soluções tecnológicas propostas nas publicações a análise foi realizada com base na categorização por área do conhecimento como pode ser verificado na Figura 9:

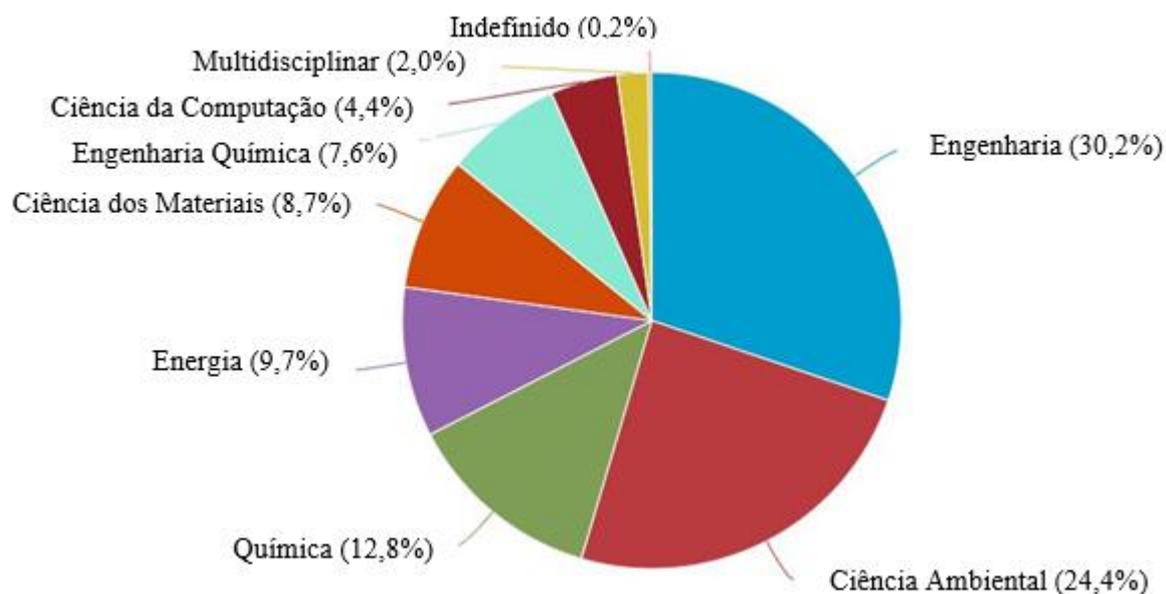


FIGURA 9: Áreas do conhecimento envolvidas nas publicações.

FONTE: Autoria própria (2021).

Publicações científicas nas áreas de Engenharia e Ciência Ambiental representam juntas 54,6% do total de artigos recuperados. Estudos categorizados como Ciência Computacional representam apenas 4,4% do total.

Com base nos resultados das diferentes bases analisadas de patentes e artigos publicados observa-se em relação à variável evolução temporal que existe uma preocupação crescente refletida na proposição de soluções e estudos com vistas à redução de perdas em sistemas de abastecimento e distribuição de água. Tal comportamento está em consonância com necessidades cada vez maiores de fornecimento de água potável para a população mundial levando em consideração momentos de escassez.

Os resultados de informações referentes aos depositantes e autores revelaram que no Brasil o tema tem despertado maior interesse por depósito de patentes realizados por pessoas físicas. Isso demonstra que tanto empresas nacionais como estrangeiras atuantes no mercado com soluções para detecção de vazamentos não estão focadas na proteção através de patentes. Quando os resultados de depósitos de patentes foram analisados de forma global a ferramenta revelou grande atividade de empresas de atuação mundial com sede no Japão demonstrando que boa parte da pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias estão partindo daquele país. Porém, em se tratando de estudos consolidados através de artigos científicos observa-se em destaque instituições sediadas na China e Estados Unidos da América que podem despontar futuramente com mais soluções no mercado.

Com base no tipo de solução tecnológica proposta ou área de estudo processos relacionados à medição de grandezas físicas com utilização de novos sensores ou novas configurações de existentes assumem maior atenção por parte de inventores e autores com estudos relacionados às áreas de engenharia e ciência ambiental tendo em vista reduções dos impactos gerados pelos vazamentos.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho tem como objetivo a pesquisa por soluções tecnológicas e estudos científicos com foco na redução de perdas reais geradas por vazamentos em sistemas de distribuição de água. O estudo foi fundamentado em análises de depósitos de patentes e publicações científicas com a utilização das bases de dados de três ferramentas. A base do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), a base da ferramenta Questel Orbit e para as publicações científicas a base da ferramenta Scopus. As variáveis adotadas para direcionamento da pesquisa foram: evolução temporal de depósitos e publicações, informações sobre depositantes e autores e por último a solução tecnológica ou estudo proposto.

Tal estudo revelou que no Brasil o número de depósitos de patentes referentes ao tema não é substancial, tendo como maior volume depósitos feitos por pessoas físicas. Isto sugere que empresas nacionais e estrangeiras atuantes no mercado brasileiro com soluções para detecção de vazamentos não estão focadas prioritariamente na proteção de suas tecnologias por meio de patentes. Em relação às soluções propostas verificou-se que tecnologias com base no diferencial de pressão, variação de características elétricas do meio e o uso de processamento computacional de dados demonstram uma tendência de mercado.

Quando para o estudo foram utilizadas ferramentas com bases de dados internacionais de depósitos de patentes e artigos científicos observa-se um crescimento substancial e crescente tanto de depósitos de patentes como de artigos científicos referentes ao tema. Tal fato está em harmonia com a necessidade mundial de novas soluções tecnológicas com vistas à sustentabilidade e preservação de recursos naturais. Em relação aos inventores e autores observou-se grande atuação de empresas sediadas no Japão e institutos de pesquisa da China e Estados Unidos da América. A maioria das soluções propostas estão focadas em tecnologias ligadas à novos sensores e processos de medição. Os estudos estão proeminentemente ligados às áreas de engenharia e Ciência Ambiental.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, F. **APARELHO PARA GESTÃO DE CONSUMO DE ÁGUA , GÁS E ENERGIA ELÉTRICA POR MEIO DE SMART METERS**. 21 de set. 2015. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 7 mar. 2021

ANA. **CONJUNTURA DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL: INFORME 2014. BRASÍLIA: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2015**. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/informes2014.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

BRASIL. **LEI No 14.026**, DE 15 DE JULHO DE 2020. 15 jul. 2020.

CORRÊA, J. B. D. **GEOFONE ELETRÔNICO**. 24 ago. 1981. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 27 fev. 2021

ETZEL, C. A. C. **SISTEMA DE MONITORAMENTO E DETECÇÃO DE VAZAMENTOS DE LÍQUIDOS - SENSOR VIRTUAL**, 15 set. 2005. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 27 fev. 2021

DINIZ, I. S.; MARAFÃO, F. P.; GONÇALVES, F. A. S.; MONTEIRO, L. N.; YAMASAKI, F. Y.; VENDEMIATTI, C. **MÉTODO DE MONITORAMENTO E/OU GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUÍDOS, SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUÍDOS QUE UTILIZA TAL MÉTODO E USO DO MÉTODO DE GERENCIAMENTO**. 29 jan. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/205032>>. Acesso em: 07 mar. 2021

IOCKHECK, M. **MÓDULO PARA TESTE DE ESTANQUEIDADE**. 3 out. 2002. Disponível em: <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 14 fev. 2021

LAMBERT, A.; HIRNER, W. **LOSSES FROM WATER SUPPLY SYSTEMS: STANDARD TERMINOLOGY AND RECOMMENDED PERFORMANCE MEASURES THE BLUE PAGES**. IRC - International Water and Sanitation Centre. IWA - International Water Association. London – UK. Out. 2000. Disponível em: <www.iwa-network.org>. Acesso em: 14 fev. 2021

OLIVEIRA, G., MARCATO, F. S.; SCAZUFCA P.; MARGULIES, B. N. **PERDAS DE ÁGUA 2020 (SNIS 2018): DESAFIOS PARA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E AVANÇO DA EFICIÊNCIA DO SANEAMENTO BÁSICO**. Instituto Trata Brasil, junho 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Final_-_Estudo_de_Perdas_2020_-_JUNHO_2020.pdf> . Acesso em: 14 fev. 2021.

PADOVESE, L. R.; MIKI, M. K.; ARNESEN, A. S. **SISTEMA DIGITAL DE PESQUISA DE VAZAMENTO**. 8 ago. 2014. Disponível em: <<http://inpi.gov.br>>. Acesso em: 4 mar. 2021

REVERTE, C. F.; THAYER, S. M.; WHITTAKER, W.; CLOSE, E. C.; SLIFKO, A.; HUDSON, E.; VALLAPUZHA, S. **AUTONOMOUS INSPECTOR MOBILE PLATFORM**. 28 dez. 2006. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/WO2006078873A3>>. Acesso em: 14 fev. 2021.