

INOVAÇÕES NO SETOR DE CONSTRUÇÃO CIVIL OPORTUNIZADAS PELAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO

INNOVATIONS IN THE CIVIL CONSTRUCTION SECTOR PROVIDED BY INFORMATION TECHNOLOGIES

José Edilson dos Santos Júnior¹; Cristiane Xavier Galhardo²; Vivianni Marques Leite dos Santos³

¹Programa de Pós-Graduação Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a
Inovação- PROFNIT

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Prefeitura Universitária
Av. José de Sá Maniçoba, S/N - Centro CEP: 56304-917 - Petrolina/PE – Brasil

jose.edilson@univasf.edu.br

²Programa de Pós-Graduação Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a
Inovação- PROFNIT

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Colegiado de Engenharia Agrônômica
cristiane.galhardo@univasf.edu.br

³Programa de Pós-Graduação Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a
Inovação- PROFNIT

Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF – Colegiado de Engenharia de Produção
vivianni.santos@univasf.edu.br

Resumo

Os avanços em tecnologias de informação, com desenvolvimento de computadores com grande capacidade de processamento e acesso à internet que permitem rápido fluxo de dados têm melhorado a comunicação entre máquinas e também entre máquinas e humanos em velocidades compatíveis com a celeridade de ações nas diversas áreas de gestão do conhecimento. Os processos envolvendo comunicação máquina-máquina e máquina-humano tornaram-se conhecidos como Internet das coisas ou IoT – Internet of Things. Dada a importância da engenharia civil para o cotidiano nas cidades, cuja gestão tem efeitos diretos na segurança das edificações e demais infraestruturas urbanas, deve-se buscar confiabilidade e otimização para os processos construtivos, monitoramento e manutenção periódica. Portanto, o objetivo deste artigo é identificar oportunidades de gestão inovadora na engenharia civil por meio de tecnologias de informação emergentes a partir da internet até a IoT. Isto é feito por meio de estudo exploratório/prospectivo através da busca em periódicos e bases de dados de patentes nacionais e internacionais. Entre as principais tecnologias desenvolvidas para a aplicação da IoT na engenharia/construção civil, destacaram-se: BIM, BEACONS, RFID e Robótica, embora o maior número de aplicações tenha sido identificado usando apenas o termo internet, já que IoT é bastante recente. A tecnologia BIM foi aquela que mais cresceu em aplicações. Adicionalmente, verificou-se ainda insignificante a

quantidade de patentes com uso de Robótica, impressora 3D e drones. Finalmente, a China destaca-se no cenário mundial, com 51,3% do total mundial de patentes depositadas até 2018.

Palavras-chave: segurança em edificações, eficiência em processos construtivos, inovação em gestão de obras, internet das coisas.

Abstract

Advances in information technology, with the development of computers with large processing capacity and access to the internet, which allows data fast flow, has allowed communication between machines and also between machines and humans at speeds compatible with celerity of actions in the various areas of knowledge management. The processes involving machine-machine and human-machine communication have become known as the Internet of Things or IoT. Given the importance of civil engineering for everyday life in cities, whose management has direct effects on the safety of buildings and other urban infrastructures. It's important seek reliability and optimization for the construction processes, monitoring and periodic maintenance. Therefore, the purpose of this article is to identify innovative management opportunities in civil engineering through emerging information technologies from the internet to IoT. This is done through exploratory study through the search in national and international journals and databases of patents. Among the main technologies developed for the application of IoT in engineering / civil construction, the following stand out: BIM, BEACONS, RFID and robotics, although the greatest number of applications have been identified using only the term internet, since IoT is quite recent. BIM technology was the fastest growing application. In addition, the number of patents using robotics, 3D printer and drones was still insignificant. Finally, China stands out on the world scene, with 51.3% of the world's total deposited patents until 2018.

Key-words: safety in buildings, efficiency in construction processes, innovation in works management, internet of things.

1. Introdução

O ambiente artificial é característica da vida humana no planeta. Esta intervenção no ambiente natural para atender as necessidades do homem na atualidade constitui demanda para a área da Engenharia Civil. Isto é tão evidente que ao imaginar a necessidade de moradia sem os conhecimentos da área de engenharia civil, poderiam ser deixados de levar em conta, no seu planejamento, serviços essenciais como, iluminação, sistema de água e esgoto, etc. Mas não está somente na moradia, que é necessidade básica, mas também nas instalações para comércio, lazer, estradas, aeroportos, etc.

Assim, o campo de trabalho da engenharia civil é bastante vasto e diretamente ligado à situação econômica do país. Durante uma fase desenvolvimentista, certamente sobra vagas para esse profissional. Segundo Freitas et al. (2001), o setor empregava, naquele ano, mais de um terço da mão de obra pouco qualificada disponível no Brasil. Além disso, a medida que há

desenvolvimento tecnológico, novas ferramentas propiciam mudanças significativas no setor, normalmente, agregando valores, como maior segurança, durabilidade, celeridade, etc.

Em 2017, Rodriguez e Gonçalves propuseram uma classificação das regiões brasileiras em função de suas competências tecnológicas, considerando a classificação internacional de patentes ou *International Patent Classification* – IPC, para as patentes depositadas no período de 2000 a 2011. Os resultados indicaram que o grau de hierarquia e concentração é menor para as tecnologias em química de alimentos, engenharia mecânica e civil, sendo tais tecnologias mais presentes em regiões menos centrais. Isto demonstra retardo nos desenvolvimentos naquelas áreas quando comparadas as demais.

Paralelamente e com crescimento exponencial, a área de Tecnologia da Informação (TI) avança, permitindo que os humanos se conectem em tempo real e essa conexão se estende às interações entre as pessoas e as “coisas”, evidenciando aplicações diversas para a nomeada *Internet das Coisas* (*Internet of Things* - IoT), cujas primeiras aplicações, segundo Evans (2011), datam de 1999, no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), quando pesquisavam no campo de identificação de frequência de rádio em rede (RFID) e tecnologias de sensor emergentes, por meio de parceria entre laboratórios/universidades em quatro continentes.

Nesse contexto, visando prever as oportunidades de inovação na engenharia civil por meio da internet das coisas, o objetivo deste artigo é descrever resultados de pesquisas publicadas na literatura e aplicações protegidas por meio de patentes ou registros de programa de computador na área de concentração da engenharia civil, no Brasil e no mundo, no sentido de nortear pesquisas e desenvolvimentos que promovam o desenvolvimento econômico nacional por meio da inovação nas diversas áreas da construção civil.

1.1 Áreas de Atuação da Engenharia Civil

A formação profissional do engenheiro civil, no Brasil, é bastante ampla. De acordo a Resolução Nº 218, de 1973 (CONFEA, 1973), compete ao engenheiro civil, o desempenho das atividades 01 a 18 do seu artigo 1º, descritas a seguir, referentes às “edificações, estradas, pistas de rolamentos e aeroportos; sistema de transportes, de abastecimento de água e de saneamento; portos, rios, canais, barragens e diques; drenagem e irrigação; pontes e grandes estruturas; seus serviços afins e correlatos”[...]:

Atividade 01 - Supervisão, coordenação e orientação técnica; Atividade 02 - Estudo, planejamento, projeto e especificação; Atividade 03 - Estudo de viabilidade técnico-econômica; Atividade 04 - Assistência, assessoria e consultoria; Atividade 05 - Direção de obra e serviço técnico; Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico; Atividade 07 - Desempenho de cargo e função técnica; Atividade 08 -

Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão; Atividade 09 - Elaboração de orçamento; Atividade 10 - Padronização, mensuração e controle de qualidade; Atividade 11 - Execução de obra e serviço técnico; Atividade 12 - Fiscalização de obra e serviço técnico; Atividade 13 - Produção técnica e especializada; Atividade 14 - Condução de trabalho técnico; Atividade 15 - Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção; Atividade 16 - Execução de instalação, montagem e reparo; Atividade 17 - Operação e manutenção de equipamento e instalação; Atividade 18 - Execução de desenho técnico.

Devido às edificações fazerem parte da infraestrutura diária das pessoas, erros em quaisquer das etapas de projeto ou execução podem impactar diretamente em perdas de muitas vidas. Sendo assim, constitui um trabalho de grande importância, devendo ser feito com zelo e observação criteriosa das normas e técnicas construtivas.

O aspecto de segurança associado a todas as atividades inerentes à área pode ser favorecido pela utilização de tecnologias da informação que auxiliam o gerenciamento e associem maior exatidão e celeridade no fluxo de dados.

Finalmente, na construção civil, as instalações têm vida útil longa, fazendo-se necessária a manutenção e ações preventivas que aumentam ou mesmo tornam indeterminada sua durabilidade, considerando vida útil para desempenho de edificações habitacionais, como:

período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos, com atendimento aos níveis de desempenho previstos nesta norma, considerando a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (NBR 15.575/2013).

Nesse sentido, Oliveira e Serra (2017) destacaram a importância da tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao setor de construção civil e propuseram um sistema de monitoramento e controle remoto de equipamentos de segurança utilizando a tecnologia de Rádio Frequência (RFID – *Radio Frequency Identification*). Esse é um exemplo prático que demonstra aplicação bastante útil da IoT no ramo, com o destaque de que a aplicação se tornou de domínio público, dado que os autores optaram pela publicação em periódico científico e não por meio de documento de patente.

1.2 Internet das Coisas no Contexto Mundial

A IoT envolve diversos equipamentos conectados à internet, que interagem entre si para obter informações, realizar monitoramento, gerar relatórios e/ou compartilhar informações entre máquinas/máquinas e humanos/máquinas (BARACHO et al., 2017), cujo objetivo é tornar os

processos mais abrangentes, simples e eficientes, de modo que pode ser utilizada nos diversos setores da economia, política, lazer e outros.

Com base na definição de IoT, pode-se imaginar diversas ações cotidianas, antes fictícias, tais como ligar um ar condicionado antes de chegar em casa, abrir e fechar portas ou ligar uma cafeteira em horários pré-determinados, dado que aquelas “coisas”, com sensores acoplados, podem estar facilmente conectadas à smartphones por meio de aplicativos. Assim, esta ferramenta permite gerenciamento de quaisquer atividades domésticas ou profissionais, com várias inovações possíveis nas diversas áreas do conhecimento, cujos impactos ainda são incontáveis.

Publicação do CREA-SC (2017) destaca que, em nível global, o Brasil está em desvantagem na competitividade industrial, mas ressalta que este atraso pode ser superado por meio da busca do conhecimento tecnológico para conexão entre a área de Tecnologia da Informação (TI) e o meio fabril, os quais, em geral, ainda trabalham independentes. Destacam ainda, que até 2020, devem existir mais de 30 bilhões de dispositivos conectados, envolvendo negócios da ordem de trilhões de dólares.

Diante da crescente preocupação com os impactos sobre o meio ambiente, Sung e Hsu (2013) construíram um sistema de monitoramento ambiental inteligente para a produção industrial e preocupações com segurança, gerando uma rede inteligente para conexões entre humanos e objetos, que pode prevenir ocorrências de danos ao meio ambiente.

Quanto à construção civil, Freitas et al. (2001) destacaram que a internet pode proporcionar grande potencial de inovação nas empresas do setor e sugeriram que sua aplicação pode começar em atividades bastante simples, tais como no compartilhamento de projetos, programação de reuniões e envio de comunicados. Entretanto, aplicações mais refinadas são vislumbradas pela IoT, que permite transformações nos diversos procedimentos gerenciais e de controle de processos, atividades impactantes na engenharia civil.

2. Metodologia

Este estudo é de natureza básica (GIL, 2002), dado que busca gerar conhecimentos basilares para nortear novas pesquisas e inovação com uso da Internet das coisas no ramo da engenharia civil, previsão com aplicação prática “imediate” no setor produtivo, a qual requer desdobramentos a partir deste estudo.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é exploratória, descritiva e explicativa, conforme metodologia de pesquisa para área de engenharia de produção, descrita por Miguel (2010) e fundamentos metodológicos relatados por Gil (2002) e Muniz (2007).

Exploratória devido compreender aprofundada pesquisa na literatura e bancos de dados de patentes brasileiras, aquelas depositadas no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), além de busca no *spacenet* e *patentscope*, para diagnóstico e discussão acerca dos desenvolvimentos tecnológicos publicados em periódicos ou depositados para pedidos de proteção por meio de patentes ou registros de programas de computador, com aplicações da IoT na engenharia civil.

Descritiva dado que relata os principais desenvolvimentos publicados por meio de periódicos ou documentos de patentes e descreve as principais relações entre aqueles, bem como explicativa, por prever análise acerca dos elementos que influenciam nos resultados obtidos.

A etapa de busca ocorreu, inicialmente e no período de agosto a setembro de 2018, nas bases de periódicos CAPES e *scielo*, utilizando as palavras chave: “construção civil” ou “civil construction” e IoT, “construção civil” ou “civil construction” e *Internet*, “engenharia civil” ou “civil engineering” e IoT, “engenharia civil” ou “civil engineering” e *Internet*. Os artigos identificados foram então analisados para definição de novas palavras-chave para busca em bases de dados tecnológicas de patentes e registros de programas de computador, como: RFID, BIM, BEACONS, Impressora 3D, Robótica, *Smartgrid* e drone, todas com possibilidade de aplicação em engenharia civil. Assim, utilizou-se uma associação de cada uma delas a uma segunda palavra-chave: engenharia civil (civil engineering) ou construção civil (civil construction),

A busca nas bases de dados de patentes, nacional e internacionais, foi realizada nos campos título ou resumo, utilizando as palavras chave conforme associações descritas, e no campo título para programas de computador registrados no INPI, sendo que em ambos os casos, foram consideradas todas as publicações até o ano de 2018. O período da coleta nestas bases tecnológicas foi de outubro a novembro de 2018.

Finalmente, quanto à abordagem (GIL, 2002), este estudo trata-se de uma pesquisa quanti-qualitativa, devido prever levantamento quantitativo das pesquisas já divulgadas em periódicos e produção tecnológica por meio de patentes, com tratamento dos dados realizado em planilha eletrônica e discussão qualitativa acerca dos resultados e perspectivas para a área.

3. Resultados e Discussão

O atraso no setor industrial Brasileiro no cenário global, destacado pelo CREA-SC (2017), se reflete nas diversas áreas da engenharia civil. Experiências de trabalho de um dos autores deste artigo permitem concluir que o gerenciamento e controle dos processos na grande maioria das construtoras ainda não se utilizam dos avanços em TI, o que evidencia ineficiência nos processos de armazenamento e fluxo de informações.

3.1 Diagnóstico e tendências da IoT na engenharia civil

Em estudo publicado por Santos et al. (2015), que buscaram patentes com utilização de IoT em quaisquer áreas até aquela data, verificou-se que os maiores avanços foram obtidos na China e Estados Unidos e que no Brasil, apesar da quase ausência de patentes, existiam alguns projetos que utilizavam a tecnologia e sugeriram a falta de investimento em P&D como causa para o baixo número de pedidos de patentes com utilização da IoT e que a disponibilização daqueles recursos poderia motivar microempresas e Startups a desenvolverem novas tecnologias e aumentar o número de patentes brasileiras.

Freitas et al. (2001) utilizaram dados de pesquisa check-list já publicadas na literatura nos anos de 1997, 1998 e 2000 para avaliação de inovações em 58 canteiros de obra, com foco nos tipos de “comunicações internas” na obra, tais como: áudio, papéis importantes que possam ser recebidos via fax ou *internet*, identificação visual do operário e procedimentos usados em canteiros de obras.

Os autores observaram que a comunicação era ineficiente, com ausência de comunicações importantes aos operários que geravam custos inesperados durante a execução das obras. Finalmente, diante do atraso em termos de aplicação de TI, recomendaram que os empresários deveriam iniciar pelo desenvolvimento de ambientes interativos para seus engenheiros. Apesar da proposição ser inovadora diante do diagnóstico obtido, os autores deste estudo consideram que é uma aplicação bastante inicial e que o uso das ferramentas de TI é pouco refinado quando comparado com as aplicações que a IoT permite realizar.

Em 2016, Maya e Scheer utilizaram o BIM (Building Information Modeling) – para esta tecnologia Modelagem da Informação na Construção civil. Segundo Manzione et al. (2011), consiste na integração de informações provenientes de pessoas, processos e tecnologia, o que evidencia aplicação da IoT. Para este fim, foram definidas quatro fontes de dados para alimentação de fluxo informacional, que permitiu solução de dois terços das solicitações de manutenção em telhados: 1. Descrição técnica fornecida pelo levantamento de dados; 2. Experiência e know-how de especialista; 3. Percepção de especialista em visita às instalações da organização; e 4. Recomendações técnicas e normas de execução de coberturas. Os referidos fluxos determinavam qual setor/área devia ser alertado ou receber aperfeiçoamento para evitar reincidência de falhas, com feedback e retroalimentação do fluxo. Tal inovação resultou em aumento do desempenho e confiabilidade no processo de manutenção predial.

A seguir, além do BIM, são descritos outros principais avanços, em domínio público e com uso de IoT em Engenharia Civil, identificados durante levantamento acerca de aplicações publicadas em periódicos.

1) Impressão de projetos digitais em 3D de estruturas de concreto para edificações, em tamanho real (GRIESANG, 2017), cuja tecnologia (impressora 3D) pode ser inserida no canteiro de obras.

2) Robótica. A aplicação desta tecnologia na engenharia civil pode ser indicada, principalmente, em processos construtivos ou de manutenção que envolvam grande risco de acidentes ou de mortes, como em demolições. Santos (2002), durante seu mestrado, desenvolveu uma aplicação de robôs para soldadura de estruturas metálicas, visando incorporá-lo em obras. Naquele estudo, os robôs executaram a pré-fabricação de uma percentagem significativa de estruturas metálicas em uma obra.

3) BEACONS de localização. Trata-se de tecnologia IoT, constituindo aparelhos que emitem informações, por meio de bluetooth, diretamente para smartphones cadastrados. Também pode ser associado com outras tecnologias como RFID (Radio-Frequency Identification), que utiliza sinais de rádio. Em engenharia civil, há aplicação proposta para rotular e rastrear equipamentos de construção, bem como padrões de ocupação e movimento em edificações. As tags podem ser usadas, remotamente, para localizar máquinas e reduzir custos com deslocamentos. Kuipers et al. (2014), por exemplo, propuseram uma plataforma multi-localização/multi-sensor para análise espacial, que combina rastreamento baseado em visão computacional com sensor baseado em RFID, resultando na descrição e quantificação de padrões de ocupação e movimento, podendo também identificar tipos de usuários associados ao uso de uma edificação.

4) *Smart Grid*. Esta aplicação de IoT trata-se de uma inovação baseada na integração de todos os componentes do sistema elétrico, incluindo a geração de energia, sua transmissão, distribuição e o(s) usuário(s), com diversos sistemas participantes, tais como sensores, medidores domésticos, elementos de atuação e outros. A tecnologia pode sincronizar aquelas relativas à computação, comunicação e automação (LOPES et al., 2012) e por meio da utilização de sensores sem fio, embutidos em concreto, pode ser utilizada para monitoramento de carga em concreto, por exemplo, informando sobre seu comportamento após mudanças climáticas, desgaste com o tempo, terremotos ou outros eventos.

5) Drones. Em comparação às demais tecnologias mencionadas neste estudo, esta é a mais disseminada no Brasil. São fáceis de programar e o custo permite que seja acessível para pessoas físicas. Devido a este aspecto, estão surgindo diversos clientes em potencial para contratos de prestações de serviço a partir de microempreendedores. Na área de construção civil, os drones podem auxiliar no mapeamento de locais de trabalho, podendo ser utilizados para fotografar ou filmar todas as etapas de execução de obras, incluindo captura de fotos e vídeos para diversos fins.

Durante a pesquisa, alguns artigos foram eliminados da análise devido à verificação de que não se tratavam do escopo deste estudo, como por exemplo, o uso da sigla IOT para resíduos de minérios de ferro, ou seja, *Iron Ore Tailings*.

Kanan et al. (2018), considerando que os canteiros de obras são locais com riscos de acidentes, propuseram um sistema autônomo baseado nos princípios da IoT, visando a segurança dos operários a partir de estratégias de alarme, monitoramento e posicionamento em tempo real. Os autores relataram a necessidade de três técnicas combinadas para detectar e identificar os trabalhadores em uma obra: radiofrequência; antenas direcionais e ondas de ultrassom. No entendimento dos autores desse artigo, o estudo de Kanan et al. (2018) trata-se de uma aplicação de interesse comercial, de modo que deveria ter sido protegido por meio de patente em lugar da publicação em periódico.

A busca por proteção da propriedade intelectual por meio de patentes ou registros de programas de computador ratificou a escassez de desenvolvimento tecnológico protegido na área de Engenharia Civil com uso da IoT, sendo identificados apenas 07 PC e 3 patentes na base do INP.

Entre os Programas de Computador registrados (INPI, 2018), apenas 02 estão no campo de aplicação que prevê processamento, rede e fluxo de informações (requisito para IoT) na Engenharia Civil. O primeiro trata-se de um Sistema de Informação de Mercado da Construção Civil - SIMCC, o qual foi solicitado o registro em maio de 2016, com concessão em setembro do mesmo ano e transferida sua titularidade em abril de 2017, a partir da *Criactive* Desenvolvimento de Sistemas S. A. para a *Neoway* Tecnologia Integrada Assessoria e Negócios S. A. Não foram identificadas páginas para divulgação do referido software, de modo que supõe-se que foi desenvolvido pela empresa *Criactive* e transferida a Propriedade Intelectual para a usuária *Neoway*. De acordo com a classificação quanto ao tipo, este software trata-se de um gerenciador de informações, gerador de relatórios e recuperação de dados, com aplicação IF-02 e IF-07 (INPI, 2018), que prevê seu uso na organização funcional, controle administrativo, planejamento e controle de vendas, comunicação administrativa e fluxo de informações, entre outros (AGOSTINHO, 2016).

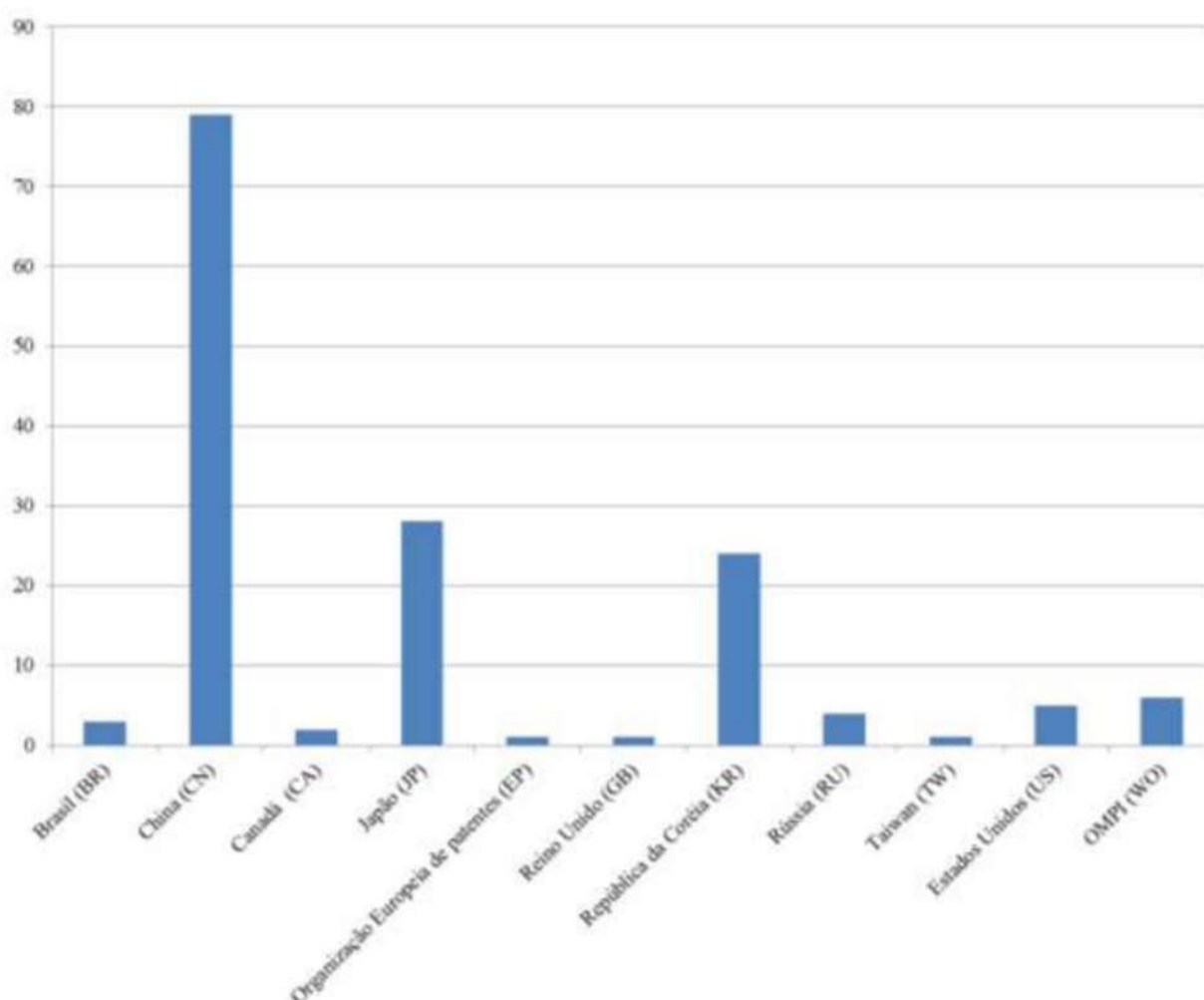
O segundo também está no campo de aplicação IF-07, para sistemas de informação, rede de informação, teoria da informação e fluxo de informação, identificado como BOL01P (Construção Civil), depositado em 1995 e concedido apenas em 2018. Para este não foram identificadas páginas na *internet* para sua divulgação, estando sob a titularidade da MIDITEL - Midia Telemática LTDA (SANTANA, 1995).

Conforme metodologia, o diagnóstico quanto ao desenvolvimento tecnológico e inovação na área de engenharia civil no Brasil e no mundo por meio de aplicação da TI, foi analisado com base nos resultados das pesquisas em bases de dados de patentes nacional (INPI) e internacionais

(*patentscope* e *spacenet*), associando uma primeira palavra selecionada na etapa de pesquisa em periódicos a uma segunda que representa a engenharia civil.

Com base nesses resultados, a China dispara como o País que mais vem produzindo desenvolvendo tecnológico em engenharia civil com uso de TI (Figura 1), sendo identificados 79 pedidos de patentes, equivalendo a 51,30% do total dos resultados encontrados. O segundo país com mais publicações foi o Japão, com 28 depósitos (18,18%), seguido pela República da Coreia com 24 publicações (15,58%). Por outro lado, foram identificados apenas 3 depósitos de patentes brasileiras, correspondendo a apenas 1,9% do total de resultados, perdendo apenas para Canadá (2), Reino Unido (1) e Taiwan (1).

Figura 1 – Quantidade de depósitos de patentes com aplicação de TI na área de engenharia de civil por país.

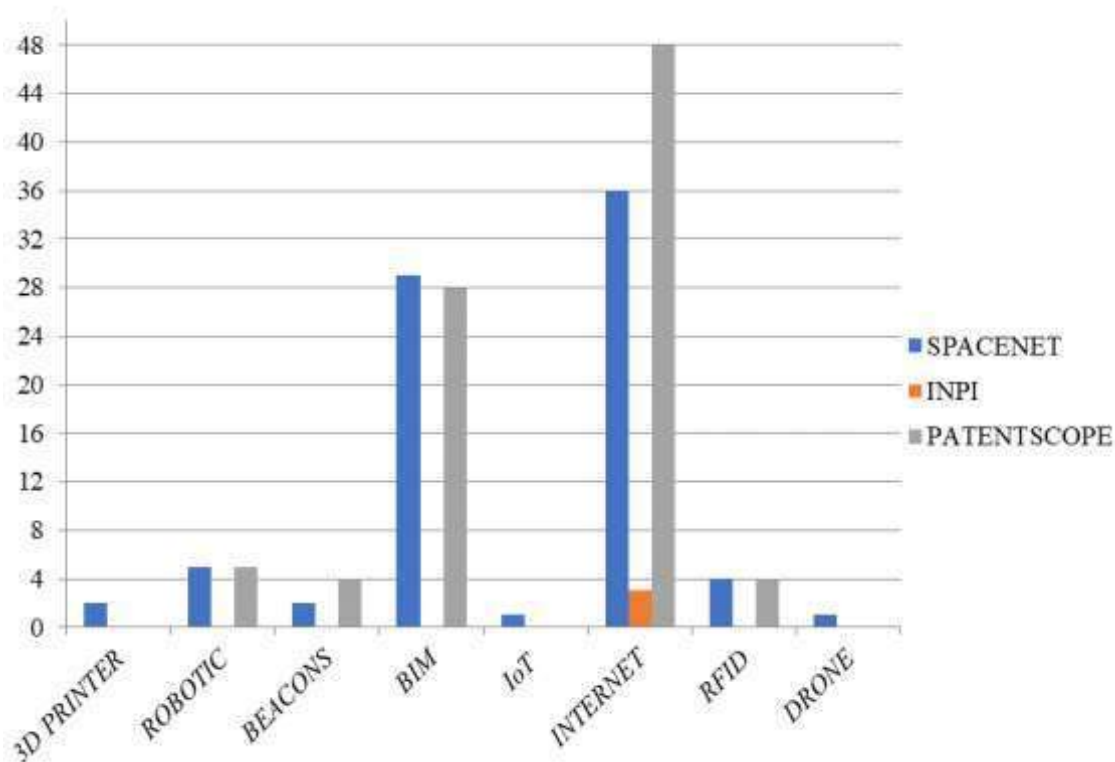


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de patentes em bases de patentes do INPI, *patentscope* e *spacenet*.

Apesar do maior esforço requerido em função da pesquisa em diferentes bases de dados internacionais, isto foi importante devido a identificação de patentes distintas que tornaram o quantitativo mais representativo (Figura 2). A base *patentscope* foi a que disponibilizou mais

resultados para as tecnologias de informação aplicadas à engenharia civil, com 89 resultados, seguida pela base de dados *spacenet*, com 80 resultados distintos para as mesmas tecnologias pesquisadas e por último, o INPI, com apenas 3 resultados para a área pesquisada, dado que esta base contém apenas as patentes brasileiras.

Figura 2 – Quantidade de depósitos de patentes com aplicação de TI na área de engenharia de civil por base de dados



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de patentes em bases de patentes do INPI, *patentscope* e *spacenet*.

Dentre as tecnologias na área de TI, pesquisadas, a utilização da palavra-chave *internet* associada a construção/engenharia civil foi a que permitiu obter a maioria das publicações, com cerca de 87 resultados (50,6%) nas 3 bases pesquisadas. Isto se deve a sua maior aplicabilidade, uma vez que está incorporada a todas as demais tecnologias.

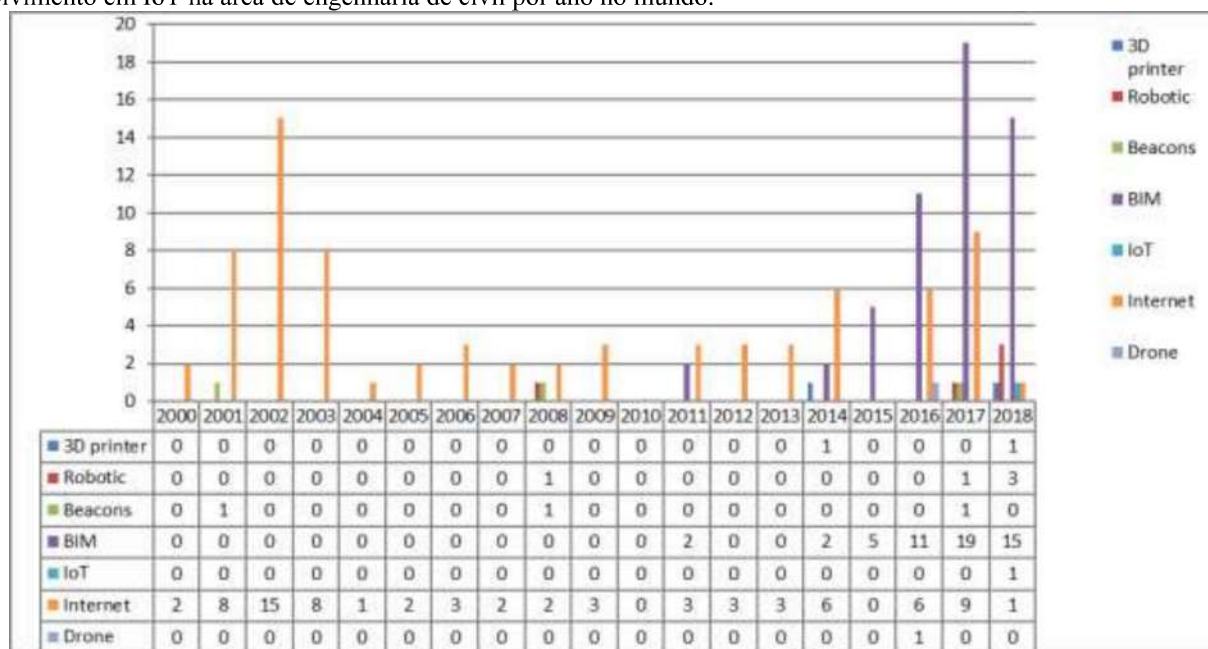
A tecnologia BIM aplicada à construção/engenharia civil vem em 2º lugar, com 57 publicações (33,14%) e ainda tendo como a melhor base de pesquisa para esse assunto a *spacenet*. As aplicações de Robótica, RFID, BEACONS e impressora 3D vêm em seguida, com números bem pouco expressivos.

Finalmente, não foram identificadas patentes com o termo *Internet of Things* no título ou resumo e apenas 01 patente foi identificada com o termo IoT e 01 para drone. Constata-se, entretanto, que as aplicações com BIM, BEACONS, RFID e Robótica envolvem a comunicação entre objetos e humanos, conceito atual para IoT, o que permite deduzir que a não citação de IoT

está na proposição recente do termo para aquelas diversas aplicações. O pedido com este termo na busca somente surgiu em 2018. Cabe lembrar que o número de pedidos de patentes a partir do final do ano de 2017 é maior, dado que a publicação dos documentos somente é feita após finalizar o prazo de período de sigilo.

A Figura 3 permite visualizar melhor a evolução histórica dos desenvolvimentos para cada tecnologia aplicada à engenharia civil foco deste estudo. A BEACONS foi a primeira aplicação com pedido de proteção por patente, em 1997, embora as próximas tenham sido solicitadas apenas 4, 11 e 20 anos depois, em 2001, 2008 e 2017, respectivamente, um aumento ainda pouco expressivo.

Figura 3 – Quantidade de depósitos de patentes utilizando diferentes tecnologias que permitem desenvolvimento em IoT na área de engenharia de civil por ano no mundo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de patentes em bases de patentes do INPI, *patentscope* e *spacenet*.

Por outro lado, a *internet* aplicada à construção/engenharia civil já vem sendo auxílio no desenvolvimento de tecnologias patenteáveis desde o ano 2000, sendo utilizada no decorrer dos anos até os dias atuais, com grande número de aplicações no ano de 2002. Supõe-se que isto se deve a redução de custos para aquisição de computadores e ao aumento de provedores e capacidade de fluxo de dados via *internet* a partir da década de 90 e com contínua e crescente evolução.

Entre as tecnologias que permitem comunicação entre humanos e objetos, a BIM foi utilizada pela primeira vez em 2014 e vêm se destacando com o maior aumento entre as demais, superando até mesmo os pedidos mais genéricos com citação do termo “*internet*” no ano de 2016 e atingindo seu ápice até esta data no ano de 2017 com 19 pedidos de patentes, correspondendo a 64,80% dos resultados obtidos para o total de pedidos nos últimos três anos no mundo.

Assim como para o termo de busca “IoT” no título e resumo de patentes, as tecnologias que envolvem a comunicação entre humanos e objetos envolvendo uso de impressora 3D (uma em 2014 e outra em 2018), Robótica (uma em 2017 e três em 2018) e drone (apenas uma em 2016) foram mínimas na área de engenharia/construção civil, com publicações bastante recentes nas bases de patentes pesquisadas.

4. Conclusão

Como base na definição de IoT, não há limites para a indústria de materiais quanto à capacidade de incorporar tecnologias. No entanto, o setor da construção civil precisa explorar mais as tecnologias e embarcar na utilização de ferramentas de TI em seus empreendimentos, desde a sua concepção. Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que o Brasil está muito lento no desenvolvimento tecnológico na área de engenharia civil, quando comparado com a China, o Japão e a República da Coreia.

Os primeiros desenvolvimentos tecnológicos para inovação com utilização de ferramentas de TI em empreendimentos da área de engenharia/construção civil foram descritas e, portanto, identificadas por meio de buscas pelo termo *internet*, destacando-se nesse ínterim que a comunicação via *internet* e armazenamento/fluxo de grande volume de dados permitiu diversas aplicações a partir do ano 2000, atingindo pico em 2002. Supõe-se que isto se deve a redução de custos para aquisição de computadores e ao aumento de provedores e capacidade de fluxo de dados via *internet* a partir da década de 90.

Entre as principais tecnologias desenvolvidas para a aplicação da IoT na engenharia/construção civil, destacaram-se: BIM, BEACONS, RFID e Robótica, sendo a tecnologia BIM aquela que mais cresceu em aplicações, embora evidenciada pela primeira vez apenas em 2011. Adicionalmente, verificou-se que a utilização do termo IoT é recente, sendo identificada apenas uma patente com esta palavra-chave no título ou resumo, no ano de 2018. Adicionalmente, não foram identificados estudos relativos ao diagnóstico prospectivo desenvolvido neste artigo, de modo que serve de referência para diversos projetos inovadores na área de gestão inovadora em construção civil e áreas afins por meio da IoT.

Como perspectivas para estudos futuros, deve-se considerar que o uso da IoT é muito importante para o setor, podendo promover melhor adaptação das pessoas às cidades, possibilitando o monitoramento de problemas estruturais em edificações e seus reparos; também podem otimizar a manutenção de estruturas que sofrem desgaste com difícil percepção, como ruas com asfalto desgastado ou vias com acidentes frequentes devido má iluminação ou sinalização, por meio do uso

de sistemas urbanos de construção integrados. Todas essas inovações tecnológicas também podem permitir o melhor gerenciamento de obras sem que o Engenheiro Civil esteja necessariamente presente. Adicionalmente, facilitam o gerenciamento do tempo e possibilitam o desenvolvimento de atividades estratégicas, de relacionamento com clientes e desenvolvimento de melhores métodos e processos para a construção.

Referências

- AGOSTINHO, E. A. dos S. SIMCC - Sistema de Informação de Mercado da Construção Civil. Registro de Programa de Computador: BR 51 2016 000502 5. Depósito do registro em: 05/05/2016; Concessão em: 13/09/2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575: Desempenho de edificações habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.
- BARACHO, R. M. A.; TEIXEIRA, M. D.; PEREIRA JUNIOR, M. L. Ontologias como suporte à modelagem da informação na arquitetura, engenharia e construção. *Ci.Inf.*, Brasília, DF, v.46 n.1, 2017.
- BRASIL, Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI. Relação dos campos de aplicação aceitos pelo formulário eletrônico e-Software. 2018. Disponível em: http://www.inpi.gov.br/menuservicos/programa-de-computador/campo_de_aplicacao.pdf. Acesso em: 26 de set. de 2018.
- CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia. Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973. Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da Engenharia, Arquitetura e Agronomia. Disponível em: <http://normativos.confea.org.br/ementas/visualiza.asp?idEmenta=266>. Acesso em: 20 de set. 2018.
- CREA-SC - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura de Santa Catarina. A nova revolução Industrial. *Revista CREA-SC*. Edição 15, Março – Abril, 2017.
- FREITAS, M. do C. D.; LIMA, S. M. S.; CASTRO, J. E. E. A aplicação das novas tecnologias para seleção da informação no setor da construção civil. **Revista Produção Online**. v. 1, n. 1, 2001.
- EVANS, D. A Internet das Coisas como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). 2011.
- FREITAS, M. do C. D.; LIMA, L. M. S.; CASTRO, J. E. E. A Aplicação das Novas Tecnologias para seleção da Informação no Setor da Construção Civil. **Revista Produção On Line**, v. 1, n. 1, 2001.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRIESANG, A. G. **Estudo comparativo para análise de gerenciamento tradicional: Indicação de aplicação da tecnologia BIM**. Monografia, Lajeado-RS, 2017.
- MAIA, B. L.; SCHEER, S. Análise do fluxo de informações no processo de manutenção predial apoiada em BIM: estudo de caso em coberturas. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 8, n. 16, p. 73-95, 2016.
- MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 325f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

- KANAN, R.; ELHASSAN, O.; BENSALÉM, R. An IoT-based autonomous system for workers' safety in construction sites with real-time alarming, monitoring, and positioning strategies. **Automation in Construction**, v.88, pp.73-86, 2018.
- KUIPERS, M.; TOMÉ, A.; PINHEIRO, T.; NUNES, M.; HEITOR, T. Automation in Construction, v.47, p.10-23, 2014.
- LOPES, Y.; FRANCO, R. H. F.; MOLANO, D. A.; SANTOS, M. A. dos; CALHAU, F. G.; BASTOS, C. A. M.; MARTINS, J. S. B.; FERNANDES, N. C. Minicurso para o SBrT'2012: Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico. In Anais...XXX Simpósio brasileiro de telecomunicações - SBrT'12, Brasília-DF, 2012.
- MIGUEL, P. A. C. (org.). Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MUNIZ JR., J. **Modelo conceitual de gestão de produção baseado na gestão do conhecimento: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva**. Guaratinguetá: UNESP, 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Área de Concentração de Produção. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.
- OLIVEIRA, V. H. M. de; SERRA, S. M. B. Controle de obras por RFID: sistema de monitoramento e controle para equipamentos de segurança no canteiro de obras. **Ambiente construído**. v.17, n.4, 2017.
- RODRIGUEZ, Rodrigo Siqueira; GONÇALVES, Eduardo. Hierarquia e concentração na distribuição regional brasileira de invenções por tipos de tecnologias. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas-SP, v. 16, n. 2, p. 225-266, 2017.
- SANTANA, L. de M. BOL01P (Construção Civil). Registro de Programa de Computador: 01067-2. Depósito do registro em: 11/04/1995; Concessão em: 17/04/2018.
- SANTOS, G. A.; MACHADO, G. J. C.; ALMEIDA JÚNIOR, R. A.; SOUZA, M. S. **Revista Gestão**. Org, v. 13, Edição Especial, p. 271-281, 2015.
- SANTOS, C. C. dos. **Robótica na construção – uma aplicação prática**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2002. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).
- SUNG, W.; HSU, C. Intelligent environment monitoring system based on innovative integration technology via programmable system on chip platform and ZigBee network. **Browse Journals & Magazines**. v. 7 n. 16, 2013.

Recebido: 15/04/2019

Aprovado: 11/09/2019