2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

BIG DATA, MACHINE LEARNING E CLOUD COMPUTING NA GESTÃO DE OBRAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA[1]

SOUSA, Matheus (1); MACIEL, Francisco W. F. (2); DAMASCENO FILHO, E. (3); BARROS NETO, José de P. (4)

(1) Universidade Federal do Ceará, matheusgomes@alu.ufc.br
(2) Universidade Federal do Ceará, wandisley@alu.ufc.br
(3) Universidade Federal do Ceará, damascenoestevao@alu.ufc.br
(4) Universidade Federal do Ceará, jpbarros@ufc.br

RESUMO

O presente estudo buscou identificar as principais contribuições do uso das ferramentas Big Data, Machine Learning e Cloud Computing no campo da gestão de obras de construção civil. Para isso, realizou-se uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) nas principais bases de dados de pesquisa científica internacional e selecionou-se 37 artigos a respeito do tema. As análises mostraram que a utilização dessas ferramentas na construção civil é incipiente e relacionada em sua maioria ao uso da metodologia BIM e suas ferramentas, principalmente no Machine Learning e Big Data. Constatou-se que a construção civil ainda precisa avançar mais no uso de tais ferramentas, a fim de utilizar na sua totalidade o que a tecnologia tem a oferecer.

Palavras-chave: *Big Data. Machine Learning. Cloud Computing. Gestão de obras. Construção civil.*

ABSTRACT

This study sought to identify the main contributions of the use of Big Data, Machine Learning and Cloud Computing tools in the field of construction work management. For this, a systematic literature review was carried out in the main databases of international scientific research and 37 papers on the subject were selected. The analysis showed that the use of these tools in civil construction is incipient and related mostly to the use of BIM technology, mainly in Machine Learning and Big Data. It has been found that civil construction still needs to advance more in the use of such tools, in order to use in its entirety what technology has to offer.

Keywords: *Big Data. Machine Learning. Cloud Computing. Works management. Civil construction.*

[1] SOUSA, Matheus; MACIEL, Francisco W. F.; DAMASCENO FILHO, E.; BARROS NETO, José de P. Big Data, Machine Learning e Cloud Computing na gestão de obras: uma revisão sistemática da literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

1 INTRODUÇÃO

A indústria passa por um momento de desenvolvimento contínuo da tecnologia, principalmente aquelas voltadas para a informação, integração e comunicação, por isso, dados são gerados em quantidades nunca antes vistas. Se as primeiras três revoluções industriais foram resultado da mecanização, eletricidade e informática, atualmente é a introdução da Internet das Coisas e da Inteligência Artificial (IA) que reforçam a ideia de uma quarta revolução industrial, com a formação dos chamados sistemas cyber-físicos (ACATECH, 2013).

Diante desse cenário, alguns conceitos surgiram como formas de aplicação no contexto da Indústria 4.0 nos mais variados setores manufatureiros, como *Big Data, Machine Learning* e *Cloud Computing*. O primeiro conceito refere-se aos ativos de informação de altos volume, velocidade e variedade (RAM; AFRIDI; KHAN, 2019), portanto exigindo análise e interpretação de grandes volumes de dados de grande variabilidade e que necessitam, portanto, de soluções específicas, para tratá-los em tempo hábil (SAKURAI; ZUCHI, 2016).

Cloud Computing pode ser entendido como uma ferramenta que permite o acesso a uma plataforma compartilhada de informações computacionais configuráveis que podem ser rapidamente acessadas, transferidas e comunicadas por meio das redes, servidores, nuvem de armazenamento, aplicativos, entre outros (FANG *et al*., 2016). Já o Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) é um ramo da IA que busca desenvolver técnicas capazes de ensinar ao computador a utilizar sua própria experiência para aprender e desempenhar determinada atividade da melhor maneira possível (SANTOS, 2016).

Na Construção Civil, a aplicação dessas três ferramentas na gestão de obras pode resultar em soluções para resolver, por exemplo, perdas nos canteiros, obras mal planejadas e orçamentos mal elaborados, *gaps* de ordem prática ainda existentes. Assim, surge como questão de pesquisa: como as ferramentas *Big Data, Machine Learning* e *Cloud Computing* podem auxiliar a construção civil, notadamente na gestão de obras? O objetivo do presente trabalho é levantar informações sobre as aplicações destas ferramentas na gestão de obras da construção civil. Para isso, utilizou-se o método de RSL.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo "Indústria 4.0" surgiu pela primeira vez na Alemanha, na feira de Hanover, em 2011, sendo apresentado como o que seria a Quarta Revolução Industrial (DRATH; HORCH, 2014). Atualmente, a expressão "Indústria 4.0" está sendo empregada para representar a tendência do uso cada vez maior de informações e tecnologias automatizadas no setor da produção (DAVIES; SHARP, 2014).

Quando há a referência à Indústria 4.0 na Construção Civil, é importante ressaltar as ferramentas empregadas no campo da Gestão de Obras. A integração e digitalização, advindas da evolução da Indústria 4.0 promove ganhos na redução de falhas, na melhoria do fluxo de trabalho, no aumento da eficiência e da produtividade. Em sinergia com esses avanços, nota-se a intensa utilização de *softwares* advindos da metodologia *Building Information Modeling* (BIM), que pode ser traduzido como Modelagem da Informação na Construção (PORTO; KADLEC, 2018).

Apesar de tardia e ainda não plenamente estabelecida, a chegada da conhecida "quarta revolução industrial" ao setor da Indústria da Construção Civil já se faz refletida em diversos estudos científicos e aplicações no ramo. A geração de dados

na construção cresce exponencialmente, então, adotar análises avançadas de dados para extrair informações valiosas a partir deles torna-se missão central no mundo dos negócios (ATUAHENE; KANJANABOOTRA; GAJENDRAN, 2018).

Em relação ao uso *Big Data* na Construção Civil, o mesmo já foi empregado para minimizar o impacto ambiental dos resíduos gerados pelo setor, com resultados satisfatórios (BILAL, 2016). Também foi empregado para analisar mudanças bruscas e permanentes detectadas através da monitorização, a longo prazo, de sensores instalados nas edificações, desenvolvendo métodos para processar e analisar uma grande quantidade de dados (POSENATO *et al*., 2010).

Com relação a utilização do *Machine Learning*, muitas pesquisas estão surgindo a respeito, como a antecipação de acidentes estudada no trabalho de Tixier *et al*. (2016); a análise da operação de equipamentos de construção no artigo de Cheng *et al.* (2017); e suposições sobre a resistência à compressão do concreto no estudo de Lee S. e Lee H. (2017). Já estudos quanto à utilização da *Cloud Computing*, no trabalho de Beach *et al*. (2013) é proposta uma solução de computação em nuvem para compartilhamento de dados e colaboração no setor de construção. Além de outras aplicações fundamentais para uma obra como a redução de custos, a Computação em Nuvem pode colaborar para o desenvolvimento sustentável, como abordado em Fathi, Rawai e Abedi (2012).

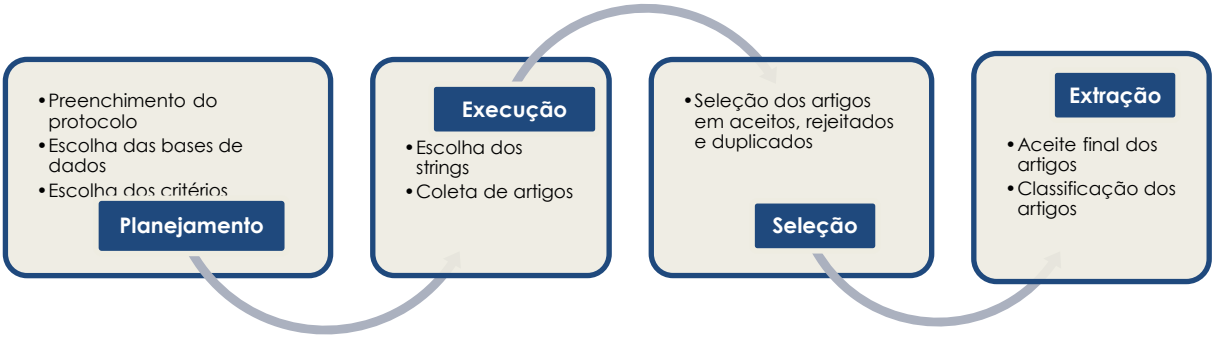
Uma maneira eficaz para estudo desses temas e suas implicações na Construção Civil é a RSL, sendo um tipo de estudo utilizado para mapear, avaliar e consolidar resultados de estudos primários relevantes acerca da questão de pesquisa em questão, bem como identificar lacunas a serem preenchidas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2020).

Conforme Galvão e Pereira (2014), os métodos para a elaboração de revisões sistemáticas preveem: (1) elaboração da pergunta de pesquisa; (2) busca na literatura; (3) seleção dos artigos; (4) extração dos dados; (5) avaliação da qualidade metodológica; (6) síntese dos dados (metanálise); (7) avaliação da qualidade das evidências; e (8) redação e publicação dos resultados.

3 METODOLOGIA

Para um levantamento efetivo das informações, forma de abordagem e dados referentes ao uso do *Big Data, Cloud Computing* e *Machine Learning* no campo de Gestão de Obras uma RSL foi elaborada, utilizando-se como ferramenta de apoio o *software State of The Art through Systematic Review* (START). A pesquisa no *software* seguiu o delineamento presente na Figura 1.

Figura 1 – Delineamento da RSL



Fonte: autores (2020)

As plataformas de pesquisa utilizadas no estudo foram o *Science Direct, Web of Science* e *Scopus*. As *strings* utilizadas foram "*Big Data*", "*Cloud Computing*" e "*Machine Learning*", "*Big Data AND construction AND management", "Cloud Computing AND construction AND management*" e "*Machine Learning AND construction AND management*".

Foram selecionados 662 artigos, contendo estudos a respeito da utilização das ferramentas *Cloud Computing, Big Data* e *Machine Learning* para a gestão de obras na Construção Civil, a partir de 2012, ano seguinte ao surgimento do termo Indústria 4.0, até maio de 2019. Os critérios de inclusão foram os artigos específicos sobre o uso das ferramentas na gestão de obras, e os critérios de exclusão foram os artigos que fugiam do escopo da pesquisa ou eram duplicados. Após as fases de seleção e extração, aceitaram-se 37 artigos.

Assim, o conteúdo analisado ficou dividido em três categorias: a categoria Muito Alta (*Very High)* foi definida para aqueles artigos que indicam uma aplicação direta das ferramentas analisados no artigo para o planejamento e controle de obras; quando a aplicação da ferramenta foi utilizada como um auxílio ficou classificado como prioridade Alta (*High*); e Baixa (*Low*), para trabalhos que apresentaram poucos exemplos da aplicação da técnica revisada no planejamento e controle de obras.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização das publicações revisadas

Os 37 artigos extraídos na RSL estão disponíveis em: <https://bityli.com/d2Kh2>. Na Tabela 1, destacam-se 20 artigos publicados em periódicos de relevância para a área de gestão e economia da construção, sendo a maior parte deles em periódicos com Fator de Impacto (FI) superior a 2, demonstrando a relevância do tema para a comunidade científica.

Tabela 1 – Artigos por periódicos

Periódico*	Número de publicações	Fator de impacto	Ano das publicações
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	2	6,208	2017, 2018
Automation In Construction	4	4,313	2016, 2018, 2019
Advanced Engineering Informatics	3	3,772	2015, 2016, 2019
Safety Science	1	3,619	2019
Journal Of Construction Engineering And Management	2	2,734	2018, 2019
Journal Of Computing In Civil Engineering	2	2,554	2017, 2019
Applied Sciences (Switzerland)	1	2,217	2018
Project Management Journal	1	2,043	2017
Journal Of Civil Engineering And Management	2	2,029	2014, 2017
Ksce Journal Of Civil Engineering	1	1,428	2016
Mathematical Problems In Engineering	1	1,179	2019
Outras publicações**	17	-	2013 a 2018

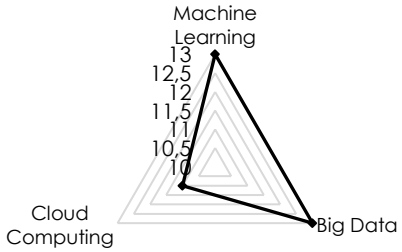
*Dados apenas de Periódicos, aqueles que apresentam Fator de Impacto JCR (Journal Citation Reports).
**Essas publicações são de anais de eventos e demais periódicos sem FI JCR.

Fonte: autores (2020)

A partir dessas publicações, não se notou predominância de um tema em relação a outro. Assim, verificou-se, dentre os 37 trabalhos revisados, que 13 foram pesquisas voltadas ao uso do *Machine Learning* na Gestão de Obras, 13 sobre *Big Data* e 11 a

respeito do *Cloud Computing*. Estes resultados são sistematizados na Figura 2.

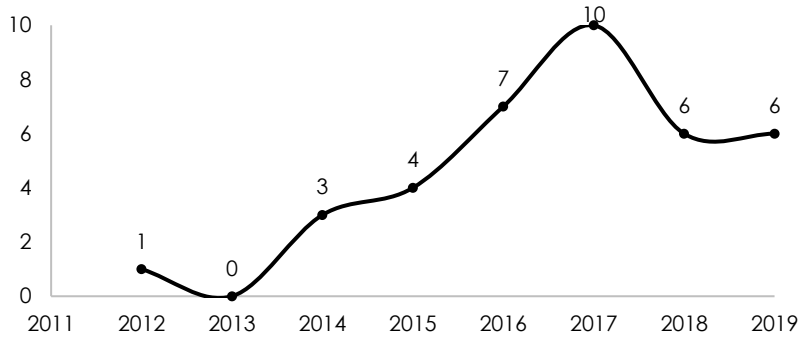
Figura 2 – Quantidade de publicação por tema



Fonte: autores (2020)

Quanto à distribuição temporal das publicações, algumas considerações podem ser elencadas a partir da Figura 3.

Figura 3 – Comportamento das publicações ao longo dos anos



Fonte: autores (2020)

Conclui-se, como esperado, que as publicações a respeito de *Big Data, Machine Learning* e *Cloud Computing* no ramo da construção civil, especificamente na Gestão de Obras, foram vistas mais frequentemente nos últimos seis anos, haja vista o progressivo desenvolvimento dos sistemas de informação e tecnologias e suas aplicações cada vez mais recorrentes em todos os campos do conhecimento.

4.2 *Big Data, Machine Learning* e *Cloud Computing* na gestão de obras

Entre os trabalhos analisados, quanto à utilização do *Big Data*, o trabalho de Akinyemi, Sun e Gray (2018) apresenta uma proposta para solucionar o problema quanto ao gerenciamento de informações vultuosas para empresas de construção de pequeno porte. Para isso, eles desenvolveram uma estrutura de integração de dados baseada em ontologias, que faz uso de ferramentas de código aberto capazes de suportar as tecnologias da *Web* Semântica. Essa estrutura permitiu uma resposta mais rápida quanto à consulta de dados de construção de fontes diferentes, assim como verificação da qualidade dos mesmos.

Outro trabalho, voltado para aumentar a competitividade de pequenas e médias empresas da construção, é o de Sahin *et al.* (2017). Nesse caso, a ferramenta empregada foi a *Cloud Computing* integrada com a tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*), conhecida também como Identificação por Rádio Frequência. O sistema em si é de baixo custo e fácil de manusear, proporcionando melhor visualização e rastreabilidade dos fluxos de materiais e informações das

cadeias de suprimentos da obra, tornando a construção mais enxuta e impactando diretamente no PCO. Gong e Azambuja (2012) também tiveram como objetivo melhorar o gerenciamento da cadeia de suprimento, mas diferente do trabalho citado anteriormente, eles utilizaram as ferramentas de computação da nuvem do Google, como o *Google Fusion Table* (GFT), o *Google Maps* e o *Google Earth*.

Entre as aplicações do *Machine Learning* para o PCO, está o trabalho de Yang, Shi e Wu (2016). No artigo, os autores estudaram o reconhecimento da ação do trabalhador baseado na visão usando o *framework Bag-of-Feature*, que é uma das linhas de estudo mais bem-sucedidas no campo da visão computacional. A partir dessa análise do comportamento do trabalhador para executar uma determinada atividade, as ações menos precisas eram mapeadas e poderiam ser analisadas de forma a melhorar o fluxo de trabalho. Partindo do mesmo viés da aplicação de *Machine Learning*, o estudo de Akhavian e Behzadan (2016) realizou uma análise quanto à precisão do reconhecimento automático da atividade do trabalhador a partir de smartphones, que iriam fazer a coleta desses dados e classificá-los conforme o aprendizado da máquina a partir de 5 tipos diferentes de algoritmos. Esse artigo tem relevância porque entender o comportamento do trabalhador no âmbito da construção civil é fundamental para o gerenciamento e controle efetivo das obras.

Os estudos de Getuli *et al.* (2016), Zheng *et al.* (2019) e Tang *et al*. (2019) analisaram as contribuições da Internet das Coisas, principalmente com o *Big Data* e *Cloud Computing*, para o BIM. Constataram interfaces possíveis de integração entre o BIM e as ferramentas da Indústria 4.0 no que tange ao gerenciamento de informações e interoperabilidade com a computação em nuvem, também permitindo, no caso do trabalho de Getuli *et al.* (2016), a utilização de aplicativos móveis que facilite a troca de informações durante as fases de construção. Ainda nessa linha do BIM, o estudo de Du *et al.* (2017) mostrou a relação entre a realidade virtual e o uso do BIM para compatibilização de projetos. No trabalho, os autores utilizaram simulações em ambientes de jogos virtuais, o que provou a real capacidade de se alinhar a realidade aumentada com o BIM no estudo de controle de projetos. Essa contribuição pode ter impacto na construção civil, que já vem utilizando a realidade aumentada para averiguar situações de *as built* e promover comunicação mais rápida quando necessário fazer modificações no ambiente construído.

Por fim, os trabalhos de Shuang *et al.* (2019) e Hemanth *et al.* (2017) trouxeram a contribuição do uso do *Big Data* na construção civil, sendo o primeiro voltado à análise de comportamento dos trabalhadores do setor no canteiro de obras, e o segundo voltado ao problemas de comunicação entre os setores das empresas de construção.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo utilizou o método RSL para levantar o uso do *Big Data, Machine Learning* e *Cloud Computing* no contexto da Gestão de Obras na construção civil. De acordo com as bases de dados pesquisadas, dos artigos extraídos, os que tiveram maiores publicações relacionadas ao tema foram *Machine Learning* e *Big Data.*

Percebe-se que a Indústria 4.0 tem dado importantes contribuições quanto à tecnologia de informação na construção civil, com a intenção de reduzir perdas principalmente por comunicação no setor. Assim, vê-se ferramentas que buscam analisar a congruência entre projeto e realidade, acompanhar o avanço físico dos empreendimentos e facilitar a correta comunicação de uma grande quantidade de informações que sejam pertinentes a todos os envolvidos na etapa de construção,

desde diretor da empresa a operário.

Constata-se, no entanto, que o setor da construção civil ainda precisa evoluir e avançar na Quarta Revolução Industrial, tendo em vista que as soluções que essa revolução oferece ainda não são utilizadas em sua totalidade pelo setor. Além disso, nem todas as construtoras têm sequer uma ferramenta de *Cloud Computing*, por exemplo, uma vez que essa linha aparenta ser a mais fácil de utilização. Ainda pode-se perceber que muitos trabalhos estão voltados a ajudar empresas de pequeno e médio porte que não possuem tantos recursos para investir em tecnologia. A análise dos trabalhos se mostrou importante, principalmente por mostrar as tendências que o planejamento e controle de obras podem seguir a fim de melhorar seus processos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e à FUNCAP pelo apoio financeiro nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ACATECH, National Academy of Science and Engineering. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**. 2013. Disponível em: https://www.acatech.de/Publikation/recommendations-for-implementing-the-strategic-initiative-industrie-4-0- final-report-of-the-industrie-4-0-working-group/. Acesso em: 10 maio 2019.

AKHAVIAN, Reza; BEHZADAN, Amir H.. Smartphone-based construction workers' activity recognition and classification. **Automation In Construction**, v. 71, p.198-209, nov. 2016.

AKINYEMI, Abiodun; SUN, Ming; GRAY, Alasdair J G. An ontology-based data integration framework for construction information management. **Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers** - Management, Procurement And Law, v. 171, n. 3, p.111-125, jun. 2018.

ATUAHENE, Bernard Tuffour; KANJANABOOTRA, Sittimont; GAJENDRAM, Thayaparan. Towards na Integrated Framework of Big Data Capabilities in the Construction Industry: A Systematic Literature Review. In: 34th Association of Researchers in Construction Management (ARCOM), 34, Belfast, 2018. **Anais**... Newcastle: ARCOM, 2018.

Beach, T.H., Rana, O.F., Rezgui, Y. and Parashar, M. Cloud computing for the architecture, engineering & construction sector: requirements, prototype & experience. **Journal of Cloud Computing**, v. 2, n. 8, p.1–16, 2013.

BILAL, M. et al. Big data architecture for construction waste analytics (CWA): A conceptual framework. **Journal of Building Engineering**, v. 6, p. 144-156, 2016.

CHENG, Chieh-feng et al. Activity analysis of construction equipment using audio signals and support vector machines. **Automation In Construction**, v. 81, p.240-253, set. 2017.

DAVIES, A.; SHARP, D. **RICS Strategic Facilities Management**. Case studies, International Workplace, Cambridge, Report, 2014.

DRATH, R.; HORCH, A. Industrie 4.0: Hit or hype? **IEEE industrial electronics magazine**, v. 8, n. 2, p. 56– 58, 2014.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design Science research:** método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2020.

FANG et al. Case Study of BIM and Cloud–Enabled Real-Time RFID Indoor Localization for Construction Management Applications. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 7, 2016.

FATHI, Mohamad Syazli; RAWAI, Norshakila; ABEDI, Mohammad. Mobile Information System for Sustainable Project Management. **Applied Mechanics And Materials**, v. 178-181, p.2690-2693,

mai. 2012.

GALVÃO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p.183-184, mar. 2014.

GETULI, Vito et al. A BIM-based Construction Supply Chain Framework for Monitoring Progress and Coordination of Site Activities. **Procedia Engineering**, v. 164, p.542-549, 2016.

GONG, Jie; AZAMBUJA, Marcelo. Visualizing Construction Supply Chains with Google Cloud Computing Tools. International Conference on Sustainable Design and Construction, p.671-678, nov. 2012. **Anais...** United States: ICSDES, 2012.

HEMANTH, Guggilla et al. AHP analysis for using cloud computing in supply chain management in the construction industry. 2nd International Conference For Convergence In Technology, abr. 2017. **Anais...** Índia: I2CT, 2017

LEE, S.; LEE, H. A study on estimation method of concrete compressive strength based on machine learning algorithm considering mixture factor**. Journal of the Korea Institute of Building Construction**, 17(1):152– 153, 2017.

PORTO, Gabriele de Bonis Patekoski; KADLEC, Thalita Malucelli de Moraes. **Mapeamento de estudos prospectivos de tecnologias na revolução 4.0: um olhar para a indústria da construção civil.** 2018. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade TecnolÓgica Federal do ParanÁ, Curitiba, 2018.

POSENATO, D. et al. Methodologies for model-free data interpretation of civil engineering structures. **Computers & structures**, v. 88, n. 7, p. 467-482, 2010.

RAM, J.; AFRIDI, N. K.; KHAN, K. A. (2019). Adoption of Big Data analytics in construction: development of a conceptual model. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 9, n. 4, 2019.

SAHIN, Meral et al. A simulation case study on supply chain management of a construction firm adopting cloud computing and RFID. **International Journal Of Industrial And Systems Engineering**, [s.l.], v. 27, n. 2, p.233- 254, 2017.

SAKURAI, R.; ZUCHI, J. D. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Interface Tecnológica**, v.15, n.2, 2018.

SANTOS, Asaffe C. M. dos. Aprendizado de máquina aplicado ao diagnóstico de Dengue. **ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E COMPUTACIONAL**, 13., 2016, Recife.12 p.

SHUANG, Dong et al. An experimental study of intrusion behaviors on construction sites: The role of age and gender. **Safety Science**, [s.l.], v. 115, p.425-434, jun. 2019.

SOUSA, F. R. C.; MOREIRA, L. O.; MACHADO, J. C. Computação em nuvem: conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. **Anais** da II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI). 2009. Cap. 7, p. 150-175.

TANG, Shu et al. A review of building information modeling (BIM) and the internet of things (IoT) devices integration: Present status and future trends. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 101, p.127-139, maio 2019.

TIXIER, Antoine J.-p. et al. Application of machine learning to construction injury prediction. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 69, p.102-114, set. 2016.

YANG, Jun; SHI, Zhongke; WU, Ziyan. Vision-based action recognition of construction workers using dense trajectories. **Advanced Engineering Informatics**, [s.l.], v. 30, n. 3, p.327-336, ago. 2016.

ZHENG, Rongyue et al. BcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud. **Mathematical Problems In Engineering**, [s.l.], v. 2019, p.1-13, 18 mar. 2019