

MÉTRICAS NO CONTEXTO DE BIM: MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Metrics in the context of BIM: systematic mapping study

Lucas de Santana Gonçalves
Universidade Estadual de Campinas | Campinas, SP | lucas.3ng@hotmail.com

Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas | Campinas, SP | ruschel@unicamp.br

RESUMO

Organizações e instituições de Arquitetura, Engenharia e Construção estão percebendo cada vez mais os benefícios do uso do BIM: como a visualização do que está sendo projetado, simulações das condições da obra, precisão nos quantitativos, acesso a complexidade, industrialização, adaptabilidade à novas tecnologias. Embora os benefícios da utilização do BIM sejam conhecidos, questões como qualidade e métricas estão pouco desenvolvidas quando aplicadas ao sistema. Assim, como mensurar o sucesso ou saber qual direção tomar sem o elemento norteador (métrica)? O objetivo desta pesquisa é mapear a literatura em busca das pesquisas que envolvam métricas e BIM, para compreender como está sendo desenvolvido conhecimento na área. Para isso foi utilizada o mapeamento sistemático da literatura, com o auxílio da ferramenta StArt. Foi verificado que as métricas no contexto de BIM para o projeto e gestão de processos estão mais desenvolvidas. As métricas BIM existentes abrangem tempo, custo, qualidade, gestão de risco e segurança. Identificou-se demanda da criação ou adaptação de métricas para construção e operação que beneficiem o gerenciamento proativo, a satisfação de clientes, a mitigação de riscos e a estimativa e desempenhos futuros.

Palavras-chaves: BIM, Métricas, Modelagem da Informação da Construção, Mapeamento Sistemático da Literatura, Performance.

ABSTRACT

Organizations and Institutions of Architecture, Engineering and Construction are perceiving the benefits of using BIM: such as the visualization of what is being designed, simulations of the work's conditions, precision in the quantitative, access to complexity, industrialization, adaptability to new technologies. Although the benefits of using BIM are known, issues as quality and metrics about processes that incorporate BIM are poorly developed. In this way, it is questioned, how to measure the success or to know which direction to take without the guiding element (the metric)? The objective of this research is to identify researches that involve metrics and BIM, in order to understand how the knowledge in the area is being developed. For this, the systematic mapping of the literature was used, with the aid of the StArt tool. It was verified that the metrics in the context of BIM for the design and management of processes are more developed. Existing BIM metrics span time, cost, quality, risk management and security. We identified the demand for the creation or adaptation of metrics for construction and operation that benefit proactive management, customer satisfaction, risk mitigation, and future estimates and performance.

Keywords BIM; Metric; Building Information model; Systematic Mapping Study; Performance.

1 INTRODUÇÃO

Muitos são os benefícios decorrentes da utilização da Modelagem da Informação da Construção (*Building information Modeling* – BIM). Contudo, como mensurar se esses benefícios estão de fato ocorrendo, ou em que proporções estão impactando os segmentos de AEC? Dependo do intuito da avaliação, diferentes métricas são utilizadas.

Kerzner (2012) as divide em quatro categorias e em sete tipos: (i) as métricas de negócios, ou métricas financeiras que comumente fornecem uma avaliação da estratégia de negócios; (ii) as métricas de sucesso que estão diretamente ligadas ao que a organização define como sucesso; (iii) as métricas de projeto como por exemplo: tempo, escopo, qualidade e por último (iv) as métricas para a gestão de processos, que estão ligadas com lições aprendidas e melhores práticas de gestão. Os tipos de métricas são: quantitativas, práticas, direcionais, questionáveis (para efeito de mudança), financeiras, de marco histórico e de resultado final. Ainda, para Kerzner (2012), elas podem ser simplificadas em dois agrupamentos: RIs (Indicadores de

GONÇALVES, L. S.; RUSCHEL, R. C. Métricas no contexto de BIM: mapeamento sistemático da literatura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/223

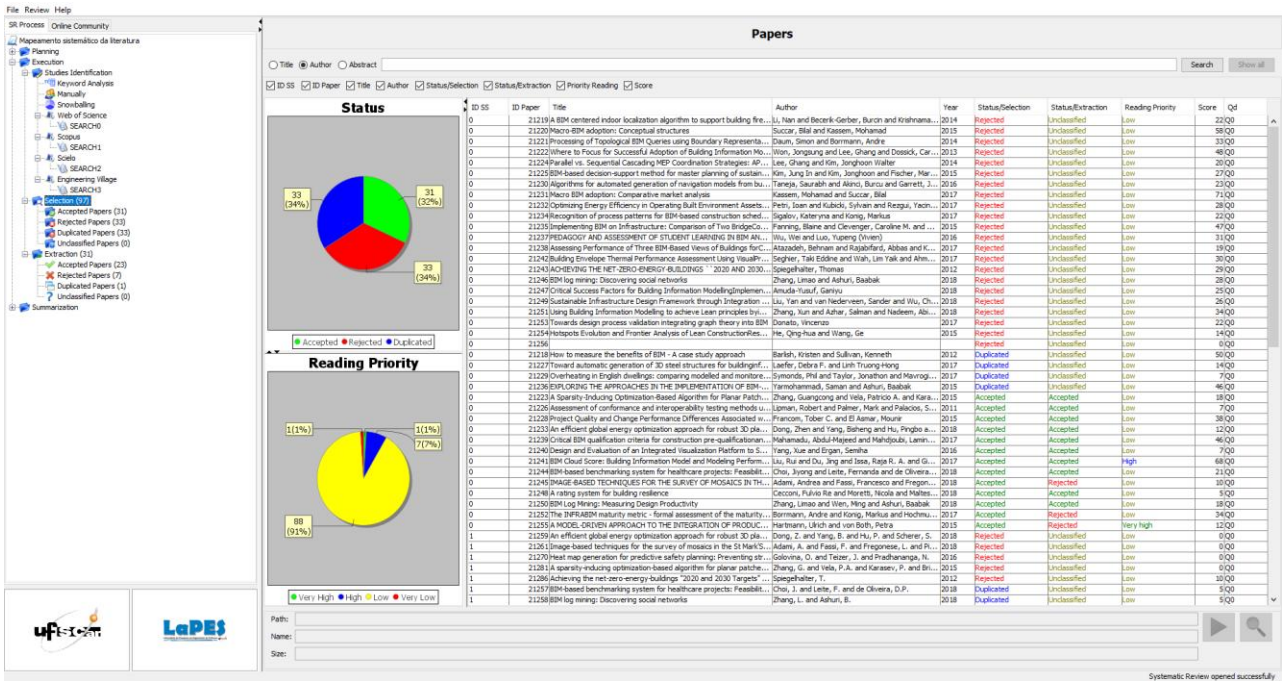
resultado) e KPIs (indicadores de desempenho). Os RIs são para um feedback do que foi alcançado, enquanto que os KPIs são métricas críticas de desempenho.

Portanto, considerando os benefícios do BIM e das ferramentas de gestão compostas por métricas, esta pesquisa tem por objetivo mapear as pesquisas existentes de métricas dentro do contexto da modelagem da informação da construção para proporcionar uma visão geral do cenário atual de pesquisas.

2 METODOLOGIA

A estratégia metodológica adotada para a pesquisa foi o *Scoping Review*, também conhecida como *Systematic Mapping Study* (SMS) (PHAM et al., 2015). A ferramenta utilizada para auxiliar o mapeamento sistemático da literatura foi o StArt Tool v. 3.03 beta *(State of the Art through Systematic Review*), um software desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UFSCAR (LaPES), gratuito de desenvolvimento nacional e com número significativo de pesquisas realizadas. Na Figura 1, há o Painel do StArt.

Figura 1: Interface gráfica do StArt: fase de seleção dos artigos



Fonte: Os autores.

O Quadro 1 apresenta o protocolo aplicado no estudo onde estão explícitos: o objetivo, as bases de dados que seriam utilizadas na busca dos artigos, as *strings* de busca (combinação dos termos e filtros) e os critérios de seleção (inclusão e exclusão) e classificação dos artigos. Com o protocolo de pesquisa definido e seguindo o delineamento proposto por Liberati et al. (2009) na Figura 2, foram inseridos nas bases de pesquisa as strings: BIM; *Building information model*; *metric*. Em sequência foi aplicado o "SCAS *Auto Classify Papers*", *Score Citation Automatic Selection*. Calculado com base em duas características: pontuação (baseada na aderência as strings) e no número de citações.

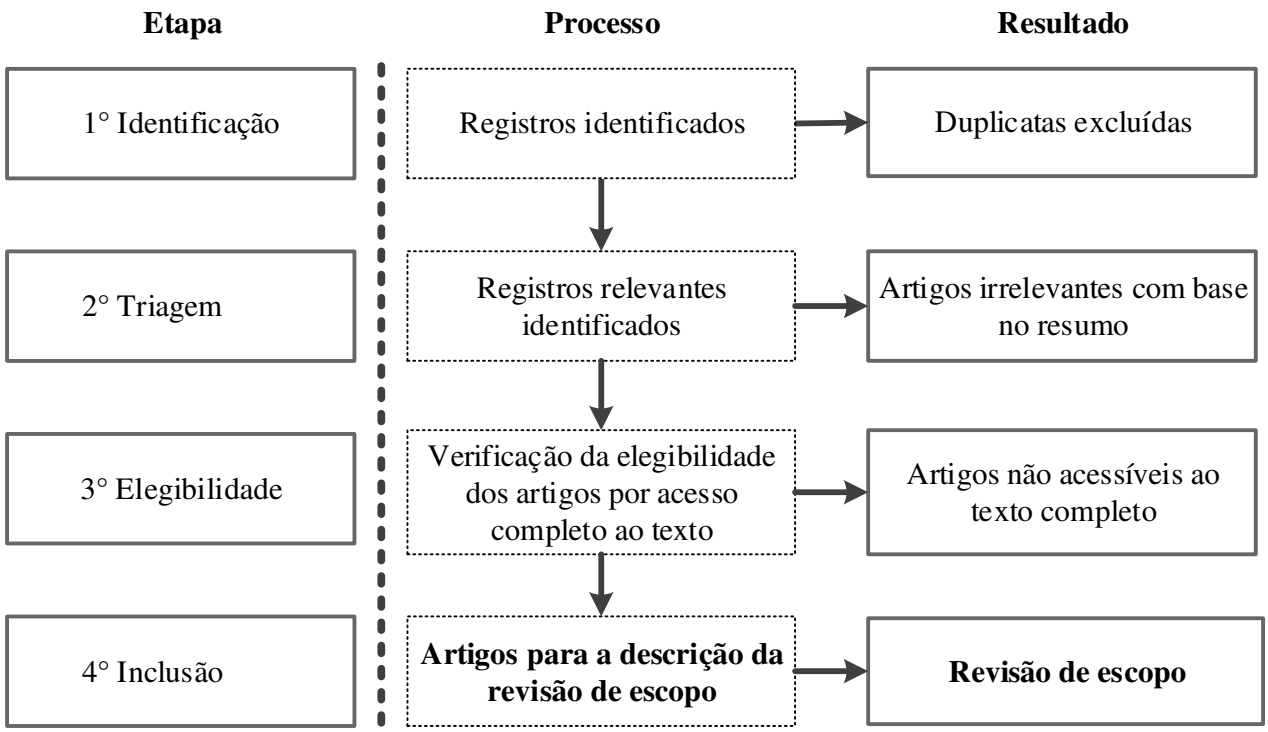
O SCAS destaca os estudos que podem ser automaticamente incluídos e excluídos, e também estudos que precisam ser revisados manualmente (OCTAVIANO; FELIZARDO, 2015), utilizando 4 quadrantes para sua classificação. 1° quadrante (Q1), artigos com altas pontuações e ao mínimo 1 citação; 2° quadrante (Q2), artigos com altas pontuações e sem citações; 3° quadrante (Q3), artigos com baixas pontuações e no mínimo 1 citação; e o 4° quadrante (Q4), artigos com baixas pontuações e sem citações (FABBRI *et al.*, 2016). Após a classificação, o SCAS sugere que os artigos classificados no 1° quadrante sejam aceitos e os do 4° sejam rejeitados, e os do 2° e 3° quadrante sejam revisados manualmente, estimando em média a redução do esforço nesta etapa em 58,2% (OCTAVIANO; FELIZARDO, 2015).

Quadro 1: Protocolo da pesquisa

ITEM	DESCRIÇÃO
Problema:	Desconhecimento da existência de métricas de gestão já incorporadas a BIM
Questão principal:	Quais métricas estão adaptadas ao contexto da modelagem da construção civil
Termos de busca:	BIM; building information model; metric; → BIM AND building information model AND metric
Intervenção:	Entre as categorias de métricas existentes, quais já possuem métricas que envolvem processo adaptados ao BIM
Controle:	(KERZNER, 2012; NUTINI, 2015; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012)
População:	Artigos científicos publicados em periódicos avaliado por pares
Resultados:	Classificação de Métricas BIM existentes. Identificação de lacunas.
Critérios de seleção das fontes:	Artigo em periódico com versão completa disponível
Idioma do estudo:	Inglês;
Método de procura:	Aplicar termos de busca nos títulos, resumos e palavras-chaves de artigos nas bases de dados
Base de dados:	Web of Science; Scopus; Scielo; Engineering Village;
Critérios de inclusão (I) e exclusão (E):	(I) Aborda métrica no contexto de BIM; (I) fala sobre a métrica voltada para o uso do BIM; (E) Aborda métricas sem associação com BIM; (E) não aborda BIM;
Agrupamentos e classificações	Métrica encontrada; Categoria de métrica={Financeira ou de negócios, Gestão de processos, Baseada no projeto, Baseada no sucesso}; Método usado; Área={Arquitetura,Engenharia,Construção}; Fase do ciclo de vida associada={Projeto,Construção,Operação}; Classificação segundo (KERZNER, 2012)

Fonte: Adaptado de Biolchini et al. (2005)

Figura 2: Delineamento da pesquisa



Fonte: Adaptado de Liberati et al. (2009)

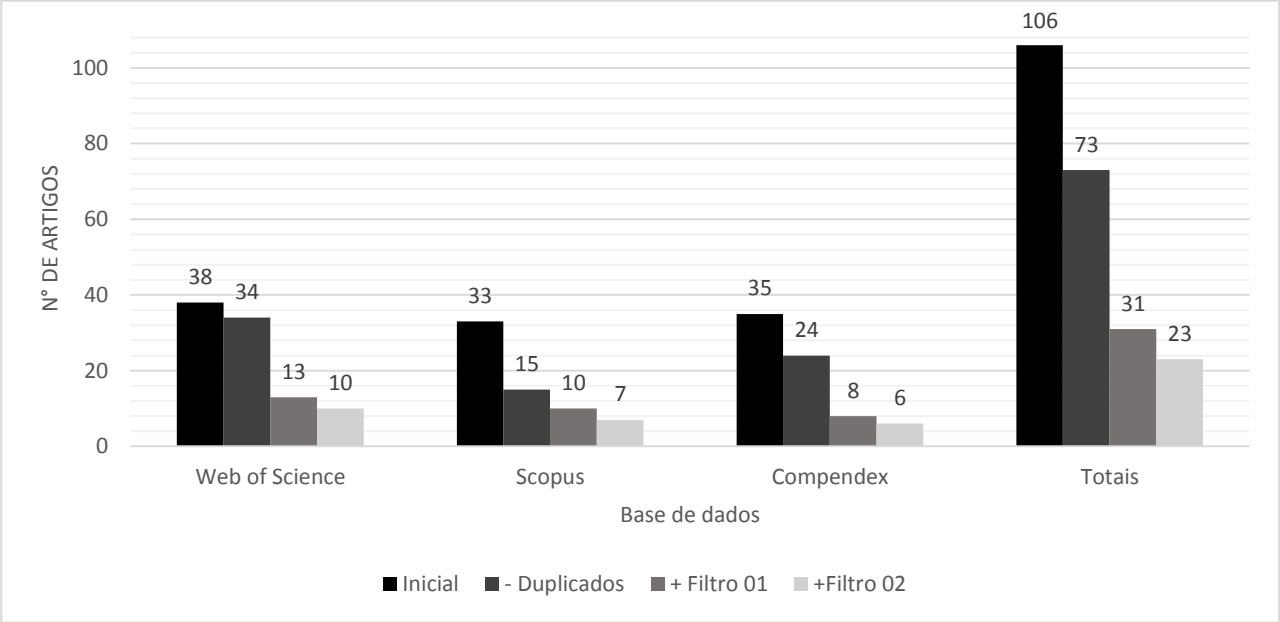
3 RESULTADOS

Os resultados decorrentes da aplicação do método possuem dois desdobramentos: aspectos bibliométricos e as análises das informações coletadas (com base nos agrupamentos e classificações especificados no Quadro 1.

3.1 Bibliometria

Como resultado da pesquisa foram coletados 106 artigos, que após o processo de seleção semi-automatizada SCAS findaram em 23 documentos, sendo 5 classificados no Q1, 8 no Q4 e o restante entre Q2 e Q3, que passaram por seleção manual, resultando nos dados da Tabela 1.

Tabela 1: Resultados das buscas nas bases de dados e aplicação dos filtros segundo critérios do protocolo



Fonte: Os autores.

Ao analisar os termos utilizadas pelos autores encontram-se os 10 termos mais usados: *Building information modeling, Information Theory*, BIM, *Benchmarking, Surveys, Information Technologies, Construction Industry, Performance, Productivity, e Construction.* Percebe-se ênfase em teorização, avaliação organizacional comparativa de desempenho e produtividade, voltadas para o projeto arquitetônico e para a indústria da construção (Figura 3).

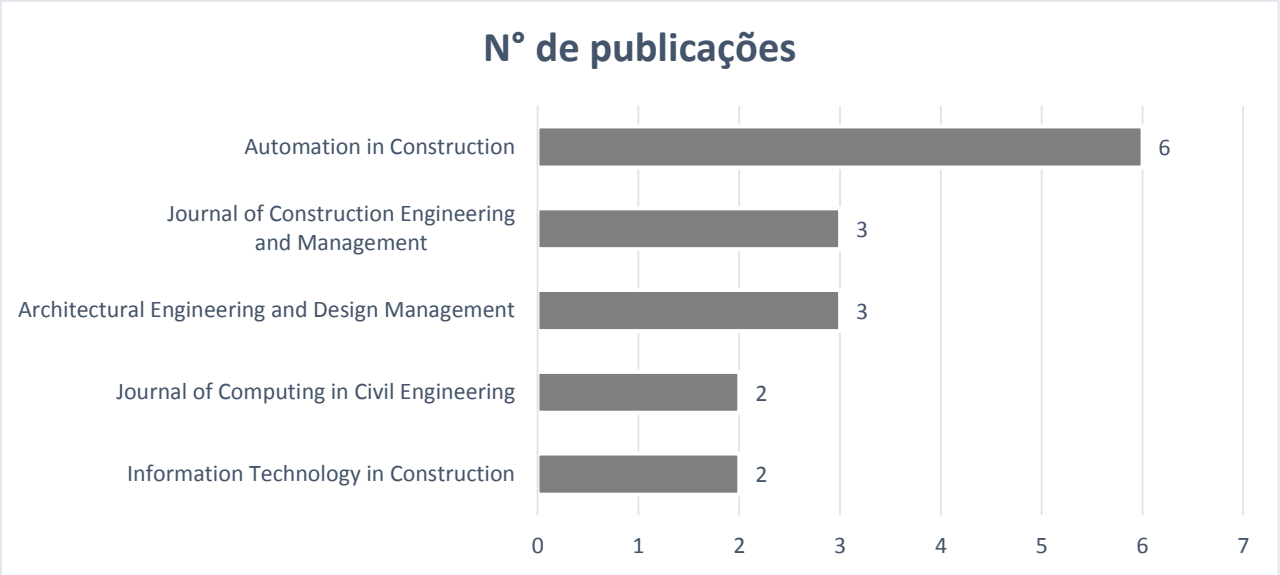
Figura 3: *Word cloud* dos termos encontradas nos artigos



Fonte: Os autores.

Quanto ao número de publicações por periódico a *AUTOMATION IN CONSTRUCTION* possui o maior número de publicações, 6. Sendo ao todo 12 periódicos com publicações do tema e aproximadamente 70% das publicações concentradas em 5 revistas.

Figura 6: N° de artigos por revista

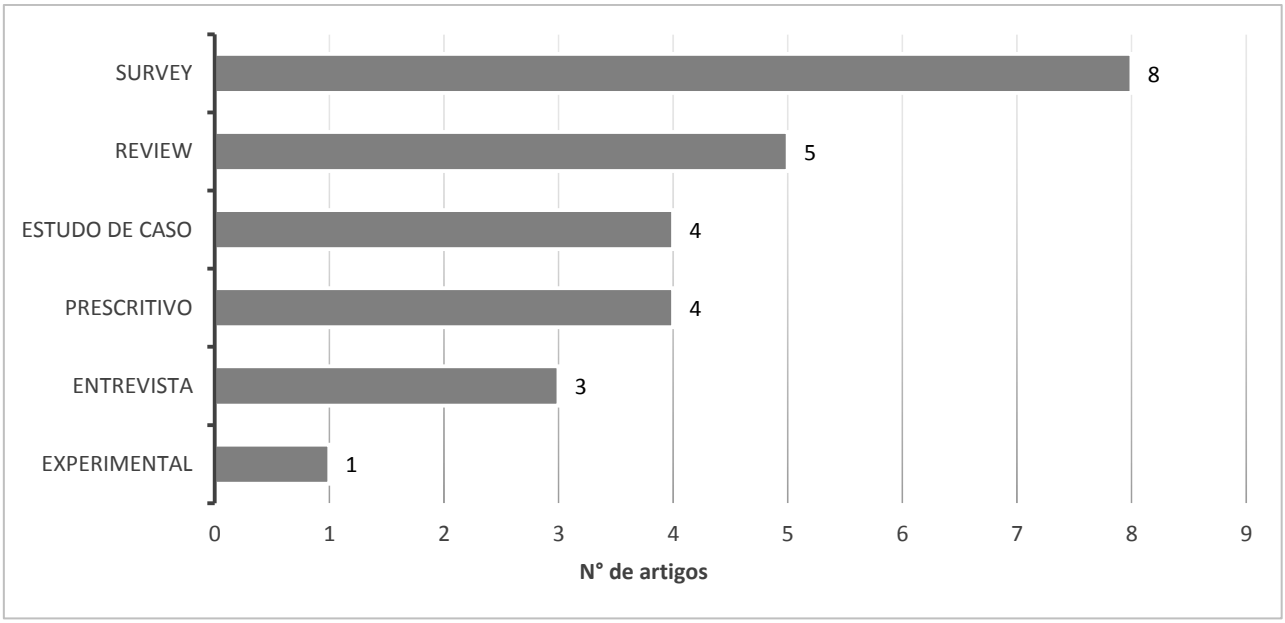


Fonte: Os autores.

3.2 Classificações

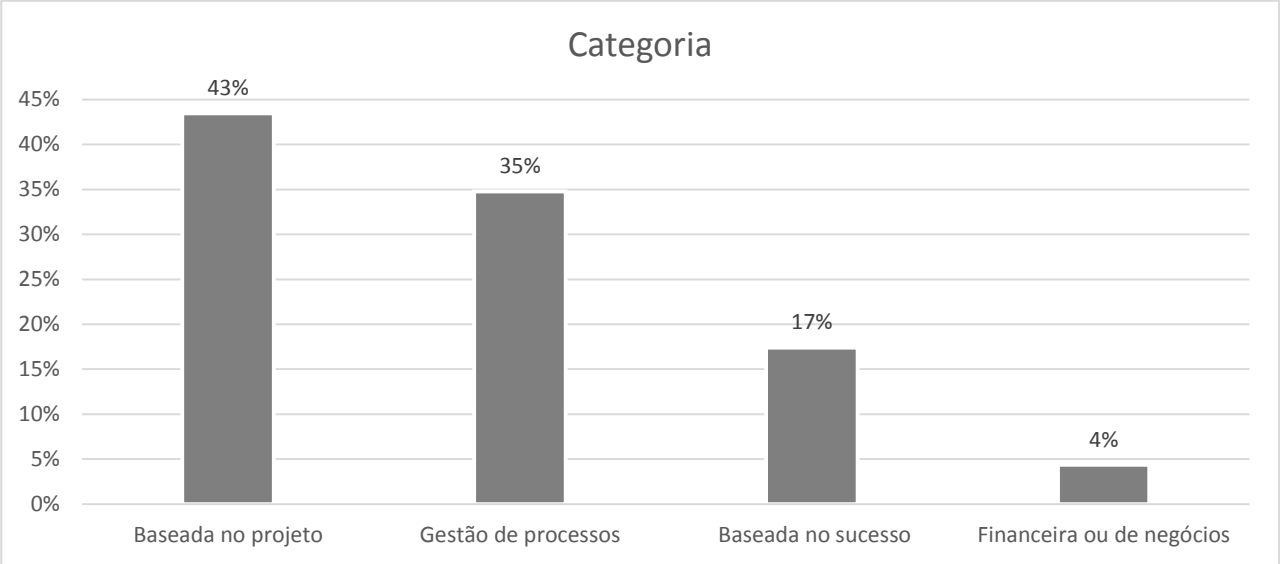
Com a leitura, os artigos foram classificados de acordo com o método utilizado e com a área de pesquisa. Identificando-se que a maioria das publicações utilizaram *Surveis* para o desenvolvimento das métricas (32%) Figura 7, e que outra parte significante usou *Reviews* (20%). Além dos estudos de casos, entrevistas, pesquisas experimentais e prescritivas que em sua maior parte se dedicavam a projetos e elaboração de sistemas de feedback. Identificou-se maior ênfase em métricas BIM para projeto e processo, e menor ênfase em métricas de sucesso e financeiras ou de negócios (Figura 8 e Quadro 2). Consequentemente, também se destaca a fase de projeto, no ciclo de vida de um empreendimento, onde se identifica métricas BIM já estabelecidas (Figura 9). No Quadro 3 estão os respectivos autores das métricas identificadas para projeto, classificadas de acordo com Kerzner (2012) quanto a tempo, custo, qualidade, escopo, gestão de risco e segurança. Finalmente, também para as métricas BIM de projeto identifica-se uma distribuição equilibrada entre métricas quantitativas, prática, de avaliação de sucesso e direcionais. A classificação das métricas BIM identificadas quanto a aplicação no ciclo de vida (Figura 10), confirma a análise resultante dos temos mais empregados, isto é, que as métricas são voltadas para a disciplina de arquitetura.

Figura 7: Procedimentos utilizados para o desenvolvimento das métricas BIM observadas



Fonte: Os autores.

Figura 8: Métricas BIM identificadas e categorizadas segundo (KERZNER, 2012)



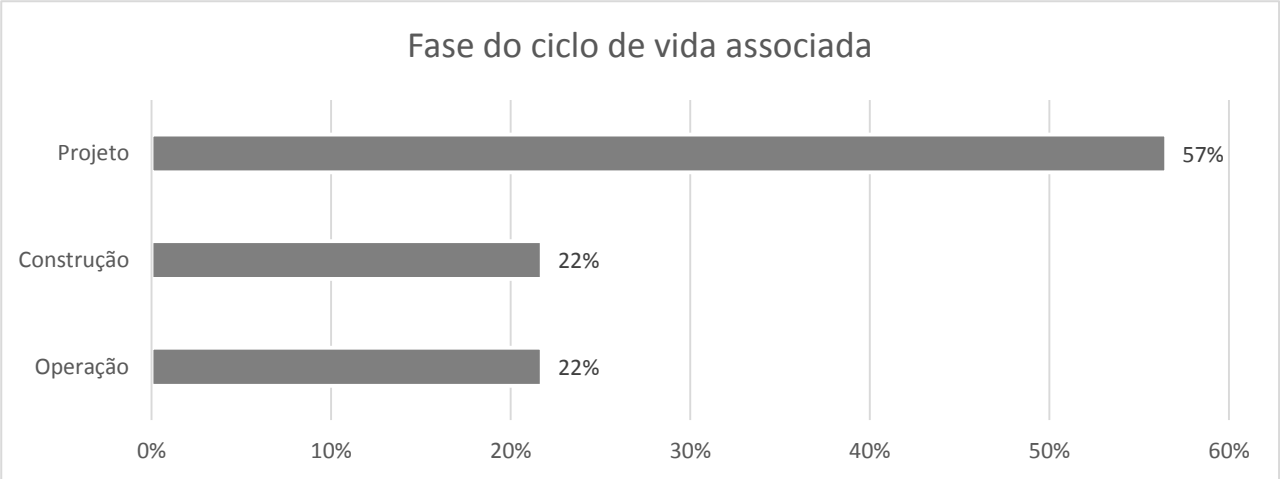
Fonte: Os autores.

Quadro 2: Referências de artigos que abordam métricas associadas a BIM

CATEGORIAS	AUTORES
Negócios	(WANG; KRIJNEN; VRIES, 2016)
Sucesso	(LIU; DU; ISSA, 2014; MAHAMADU; MAHDJOUBI; BOOTH, 2017; SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012; WON et al., 2013)
Processo	(ATAZADEH; RAJABIFARD; KALANTARI, 2017; CEROVSEK, 2011; DONG et al., 2018; KIM et al., 2015; LEE; WALTER, 2014; YANG; ERGAN, 2016; YARMOHAMMADI et al., 2015; ZHANG et al., 2017)
Projeto	(ABDIRAD, 2017; CECCONI et al., 2018; CHOI; LEITE; OLIVEIRA, 2018; FRANCOM; EL ASMAR, 2015; LAEFER; TRUONG-HONG, 2017; LIPMAN; PALMER; PALACIOS, 2017; SUERMANN, 2009; SYMONDS et al., 2017; TANEJA et al., 2016; ZHANG et al., 2015)

Fonte: Os autores.

Figura 9: Métricas categorizadas segundo sua aplicação no ciclo de vida do empreendimento



Fonte: Os autores.

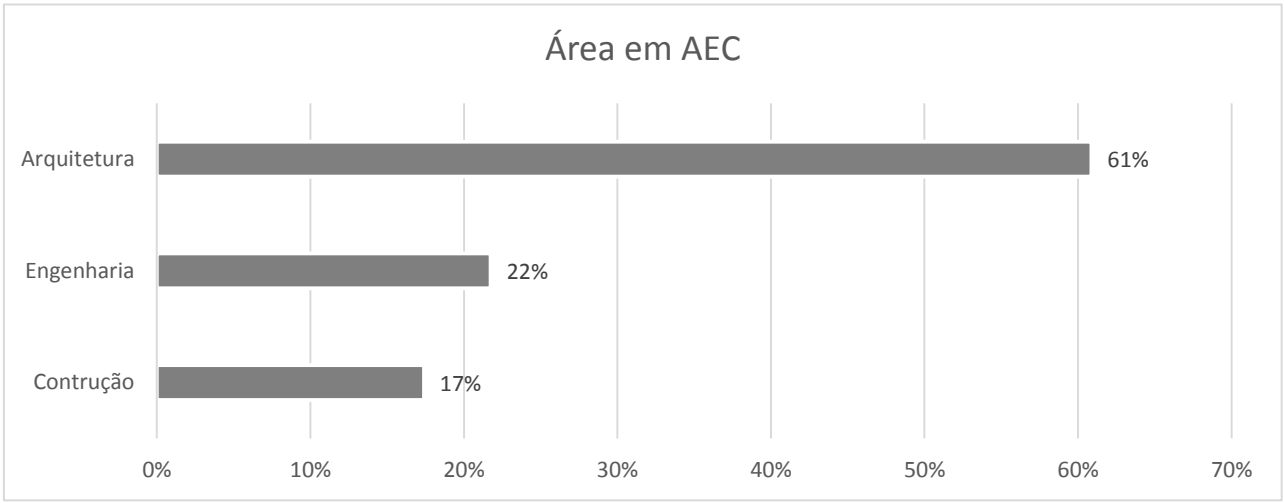
Quadro 3: Referências de artigos que abordam métricas associadas a BIM para projeto

AUTHORS	*PROJETC-BASED METRICS*	*TYPE*
Abdirad (2017)	*Time / Cost / Quality*	*Quantitative metrics*
Cecconi Et Al., (2018)	*Risk mitigation*	*Directional metrics*
Choi; Leite; Oliveira, (2018)	*Cost / Time*	*Practical metrics*

Francom; El Asmar, (2015)	*Cost / Risk mitigation*	*Practical metrics*
Laefer; Truong-Hong, (2017)	*Quality*	*End result or success metrics*
Lipman; Palmer; Palacios, (2017)	*Quality*	*End result or success metrics*
Suermann, (2009)	*Quality / Time / Cost / Safety Considerations*	*Practical metrics*
Symonds Et Al., (2017)	*Quality*	*End result or success metrics*
Taneja Et Al.,(2016)	*Scope and the number of scope changes*	*Practical metrics*
Zhang Et Al., (2015)	*Quality*	*Directional metrics*

Fonte: Os autores.

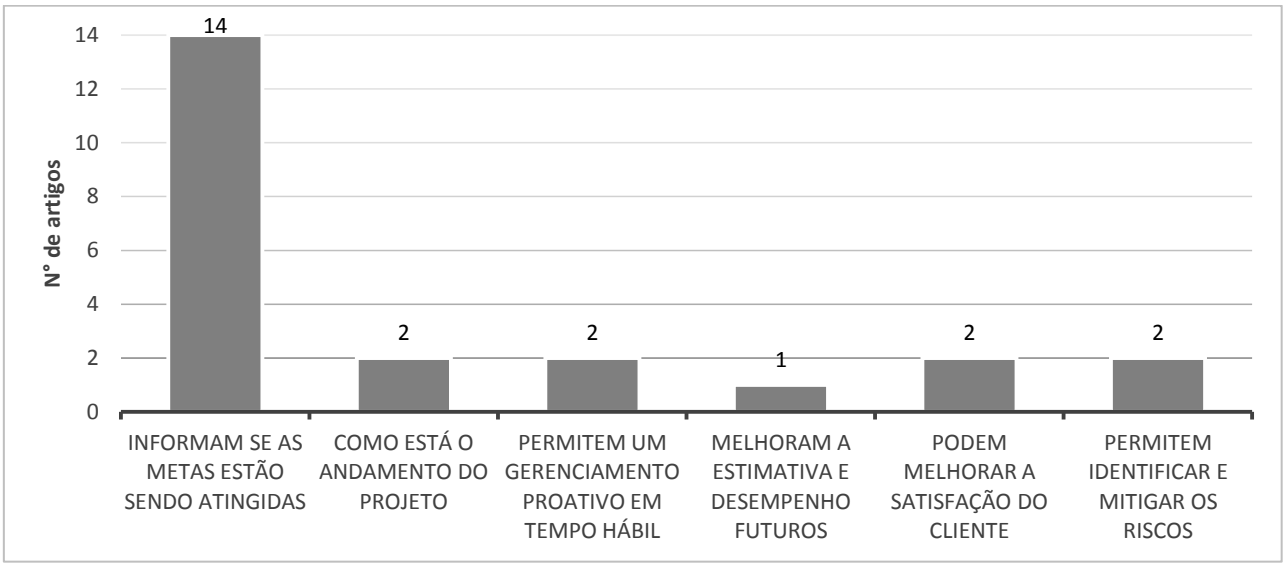
Figura 10: Métricas BIM identificadas e distribuídas segundo sua aplicação no ciclo de vida do empreendimento



Fonte: Os autores.

Na Figura 11 apresenta-se a classificação das métricas encontradas com base nos benefícios por ela apresentados. Verifica-se demando ou espaço para desenvolvimento de métricas BIM de melhoria de estimativa e desempenho futuro, entre outras.

. **Figura 11:** Benefícios das métricas classificados de acordo com Kerzner (2012)



Fonte: Os autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível ter um panorama geral dos estudos de métricas no contexto de BIM, estando as métricas de projeto e gestão de processos mais desenvolvidas. Percebe-se ênfase em teorização, avaliação organizacional comparativa de desempenho e produtividade, voltadas para o projeto arquitetônico. O período dos estudos identificados é recente, de 2015 a 2018. Tendo o país com maior destaque em publicações os Estados Unidos da América, e o periódico com mais artigos do tema a *Automation in*

Construction. Identificou-se demanda da criação ou adaptação de métricas para construção e operação que beneficiem o gerenciamento proativo, a satisfação de clientes, a mitigação de riscos e a estimativa e desempenhos futuros.

Foi possível identificar um estudo que sumariza as métricas existentes aplicadas para a fase de implementação de um empreendimento, apresentando 240 métricas apenas para esta etapa (ABDIRAD, 2017), sendo um dos esforços existentes para o reconhecimento de métricas no contexto BIM. Todos os autores das publicações encontradas no mapeamento, identificam a importância do uso das métricas, contudo poucos entendem a relevância delas estarem agrupadas, num sistema com pesos entre métricas, para melhor uso das mesmas, tal qual faz ou destaca: Du, Liu e Issa (2014); Cecconi *et al*. (2018); Symonds *et al.* (2017); Kim *et al*. (2015); Succar; Sher; Williams (2012); Suermann (2009) e Laefer, Truong-Hong (2017).

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. E com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ).

REFERÊNCIAS

ABDIRAD, H. Metric-based BIM implementation assessment : a review of research and practice research and practice. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 2007, n. May 2016, 2017.

ATAZADEH, B.; RAJABIFARD, A.; KALANTARI, M. Assessing Performance of Three BIM-Based Views of Buildings for Communication and Management of Vertically Stratified Legal Interests. **ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION**, v. 6, n. 7, jul. 2017.

BIOLCHINI, J. et al. **Systematic Review in Software Engineering**. Disponível em: <https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/es67905.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

CECCONI, F. R. et al. A rating system for building resilience. **Techne: Journal of Technology for Architecture & Environment**, v. 15, n. July, p. 358–365, 2018.

CEROVSEK, T. A review and outlook for a “Building Information Model” (BIM): A multi-standpoint framework for technological development. **Advanced Engineering Informatics**, v. 25, n. 2, p. 224–244, 2011.

CHOI, J.; LEITE, F.; OLIVEIRA, D. P. DE. Automation in Construction BIM-based benchmarking system for healthcare projects : Feasibility study and functional requirements. **Automation in Construction**, v. 96, n. August, p. 262–279, 2018.

DONG, Z. et al. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing An efficient global energy optimization approach for robust 3D plane segmentation of point clouds. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 137, p. 112–133, 2018.

DU, J.; LIU, R.; ISSA, R. R. A. BIM Cloud Score: Benchmarking BIM Performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 140, n. 11, p. 04014054, 2014.

FABBRI, S. et al. **Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process**. Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering - EASE ’16. Anais... New York, New York, USA, ACM Press, 2016. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2915970.2916013>

FRANCOM, T. C.; EL ASMAR, M. Project Quality and Change Performance Differences Associated with the Use of Building Information Modeling in Design and Construction Projects: Univariate and Multivariate Analyses. **Journal of Construction En- gineering and Management**, v. 141, n. 9, 2015.

KERZNER, H. **Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards: A Guide to Measuring and Monitoring Project Performance**. 2012. v. 43

KIM, J. I. et al. BIM-based decision-support method for master planning of sustainable large-scale developments. **Automation in Construction**, v. 58, p. 95–108, 2015.

KITCHENHAM. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. 2007. UK, Keele University, 2007.

LAEFER, D. F.; TRUONG-HONG, L. Automation in Construction Toward automatic generation of 3D steel structures for building information modelling. **Automation in Construction**, v. 74, p. 66–77, 2017.

LEE, G.; WALTER, J. Automation in Construction Parallel vs . Sequential Cascading MEP Coordination Strategies : A Pharmaceutical Building Case Study. **Automation in Construction**, v. 43, p. 170–179, 2014.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate

healthcare interventions : explanation and elaboration. **Journal of clinical epidemiology**, 2009.

LIPMAN, R.; PALMER, M.; PALACIOS, S. Assessment of conformance and interoperability testing methods used for construction industry product models Automation in Construction Assessment of conformance and interoperability testing methods used for construction industry product models ☆. **Automation in Construction**, v. 20, n. 4, p. 418–428, 2017.

LIU, R.; DU, J.; ISSA, R. R. A. BIM Cloud Score: Building Information Model and Modeling Performance Evaluation. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 143, n. 3, p. 1–9, 2014.

MAHAMADU, A.; MAHDJOUBI, L.; BOOTH, C. A. Critical BIM qualification criteria for construction pre- qualification and selection. **Architectural Engineering and Design Management**, 2017.

NUTINI, M. A. **Transformando o sistema de indicadores: Avaliação do desempenho global sob a ótica do MEG**. 1° ed. São Paulo, FNQ - Fundação Nacional da Qualidade, 2015.

OCTAVIANO, F. R.; FELIZARDO, K. R. Semi-automatic selection of primary studies in systematic literature reviews : is it reasonable ? **Empirical Software Engineering**, p. 1898–1917, 2015.

PHAM, M. T. et al. A scoping review of scoping reviews : advancing the approach and enhancing the consistency. **Research Synthesis Methods**, n. June 2014, 2015.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM Performance : Five Metrics Measuring BIM performance : Five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, n. March, 2012.

SUERMANN, P. C. Evaluating Industry Perceptions Of Building Information Modeling (BIM) Impact On Construction. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 14, n. December 2007, p. 574–594, 2009.

SYMONDS, P. et al. Overheating in English dwellings: comparing modelled and monitored large-scale datasets. **Building Research & Information**, v. 45, n. 1–2, p. 195–208, 2017.

TANEJA, S. et al. Algorithms for automated generation of navigation models from building information models to support indoor map-matching. **Automation in Construction**, v. 61, p. 24–41, jan. 2016.

WANG, T.; KRIJNEN, T.; VRIES, B. D. E. Combining GIS and BIM for facility reuse A profiling approach. **Research In Urbanism Series**, v. 4, p. 185–204, 2016.

WON, J. et al. Where to Focus for Successful Adoption of Building Information Modeling within Organization. **Journal of Construction Engi- neering and Management**, v. 139, n. 11, nov. 2013.

YANG, X.; ERGAN, S. Design and Evaluation of an Integrated Visualization Platform to Support Corrective Maintenance of HVAC Problem-Related Work Orders. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 30, n. 3, 2016.

YARMOHAMMADI, S. et al. BIM-BASED MEP COORDINATION IN THE USA. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 20, n. January, p. 347–363, 2015.

ZHANG, G. et al. A Sparsity-Inducing Optimization-Based Algorithm for Planar Patches Extraction from Noisy Point-Cloud Data. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, v. 30, n. 2, p. 85–102, 2015.

ZHANG, L. et al. BIM Log Mining : Measuring Design Productivity BIM Log Mining : Measuring Design Productivity. **Journal of Computing in Civil Engineering**, n. October, 2017.