

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE PÓS GRADUAÇÃO DE ARQUITETURA
CURSO DE ENGENHARIA DIGITAL E TECNOLOGIA BIM**

CARINE DIAMANTE FERREIRA GEVAERD

**ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DO TEMA: MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM PLANEJAMENTO E
ORÇAMENTOS DE OBRAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO

CURITIBA

2019

CARINE DIAMANTE FERREIRA GEVAERD

**ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DO TEMA: MODELAGEM DA
INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM PLANEJAMENTO E
ORÇAMENTOS DE OBRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia Digital e Tecnologia BIM, do Departamento Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Me. Paula Heloisa da Silva

CURITIBA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA RELEVÂNCIA DO TEMA: MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO EM PLANEJAMENTO E ORÇAMENTOS DE OBRAS

por

CARINE DIAMANTE FERREIRA GEVAERD

Esta Monografia foi apresentada em 09 de setembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de **Especialista em ENGENHARIA DIGITAL E TECNOLOGIA BIM**. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Paula Heloisa da Silva
Prof^a. Orientadora

Fábio Freire
Membro titular

Heverson Akira Tamashiro
Membro titular

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Fabio Freire pelo desenvolvimento da pós-graduação de Engenharia Digital e Tecnologia BIM, por seu empenho em apresentar a comunidade uma nova forma de aprendizagem de BIM.

Obrigada Prof. Paula H. Silva por ter aceito meu pedido de orientação e ter dado a base para os estudos e desenvolvimento do trabalho.

Agradeço também a todos os meus colegas que participaram ativamente da pós comigo e sempre me auxiliaram nas dificuldades do dia-a-dia da pós.

Obrigada Paulo, Gustavo e Pedro, por estarem sempre ao meu lado me incentivando e apoiando em tudo.

RESUMO

GEVAERD, Carine Diamante Ferreira. Análise da relevância do tema: modelagem da informação da construção em planejamento e orçamentos de obras. 71 f. TCC (Engenharia Digital e Tecnologia BIM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2019.

O contexto atual de inovação tecnológica e aplicação de BIM no Brasil vem crescendo e sendo difundido cada vez mais. Partindo de problemas do cotidiano observou-se a questão sobre a qual o trabalho se fundamenta. Os estudos de planejamento e orçamento de obras é relevante no contexto atual? Utilizando a metodologia de revisão sistêmica da literatura esse trabalho se debruça sobre um conjunto relevante de artigos e estudos que, após análise refinada apresentam uma resposta consistente para o problema. Utilizando o banco de dados do Scopus, as ferramentas BibExcel e Pajek, bem como uma análise qualitativa dos principais autores este trabalho apresenta em suas conclusões porque afinal o tema tem relevância tanto no Brasil como no exterior

Palavras-chave: BIM. BIM 4D. BIM 5D. BIM EAP.

ABSTRACT

GEVAERD, Carine Diamante Ferreira. Relevance analysis of the theme: modeling of construction information in construction planning and budgeting. 71 f. TCC (Engenharia Digital e Tecnologia BIM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, 2019.

The current context of technological innovation and application of BIM in Brazil has been growing and becoming more widespread. Starting from everyday problems, we observed the issue on which the work is based. Are studies of planning and budgeting of works relevant in the current context? Using the systemic literature review methodology, this paper focuses on a relevant set of articles and studies that, after refined analysis, present a consistent answer to the problem. Using the Scopus database, the BibExcel and Pajek tools, as well as a qualitative analysis of the main authors, this paper presents in its conclusions why after all the theme is relevant both in Brazil and abroad

Keywords: BIM. BIM 4D. BIM 5D. BIM WBS.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de digitalização das indústrias	9
Figura 2 – Planilha com apresentação da adoção de BIM no Brasil	10
Figura 3 – Structu da estratégia de pesquisa do trabalho.	15
Figura 4 – A tríade da implementação do BIM.	20
Figura 5 – Tarefas necessárias para desenvolver um modelo de integração escopo x custo x prazo.	22
Figura 6 – Método para gestão da produção com uso da modelagem BIM 4D.	24
Figura 7 – Fluxo geral para monitoramento de cronograma por imagem.	25
Figura 8 – Estrutura Geral de um Software de Integração Escopo x Custo x Tempo x Qualidade.	28
Figura 9 – Tabela de Benefícios resultantes da utilização de ferramentas compartilhadas com BIM.	30
Figura 10 – Tabela de Benefícios resultantes da utilização de ferramentas compartilhadas com BIM.	31
Figura 11 – Funções de Gestão e seus papeis em um projeto colaborativo BIM.	34
Figura 12 – Fluxo de Elaboração do BEP.	36
Figura 13 – Clusters dos Autores referência da pesquisa	57
Figura 14 – Nuvem de palavras dos principais autores citados nos trabalhos da pesquisa.....	58

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da pesquisa.....	39
Tabela 2 – Palavras-chave para String de busca Scopus.....	41
Tabela 3 – As 25 principais fontes de referência para o trabalho	46
Tabela 4 – Os 25 principais países ou territórios de referência para o trabalho.	52
Tabela 5 – Os 25 principais centros de financiamento de pesquisas relacionadas ao tema do trabalho.	55
Tabela 6 – Autores, Clusters, Área de Pesquisa e Relação com o Tema	56
Tabela 7 – Tipos de pesquisa dos trabalhos de referência.....	60
Tabela 8 – Tipos de estudo dos trabalhos de referência.....	61

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de relevância de publicações por ano.	43
Gráfico 2 – Gráfico de relevância de publicações por ano.	45
Gráfico 3 – Gráfico de publicação dos autores no período.	47
Gráfico 4 – Gráfico de publicações por afiliação no período.	49
Gráfico 5 – Gráfico de publicações por país no período.	51
Gráfico 6 – Gráfico de publicações por tipo no período.	53
Gráfico 7 – Os 10 principais agentes de financiamento da pesquisa.	54
Gráfico 8 – Os 10 principais agentes de financiamento da pesquisa.	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.2 PRESSUPOSTO.....	10
1.3 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	11
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 GERAL.....	16
2.2 ESPECÍFICOS.....	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 BIM – MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	17
3.2 BIM – 4D/5D – MODELAGEM DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO	21
3.3 BIM – WBS A IMPORTÂNCIA DA EAP	27
3.4 BIM – INTEGRAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
3.5 BIM – PLANO DE EXECUÇÃO BIM (BEP)	35
3.6 BIM – MODELO DE CONTRATAÇÃO	37
4 METODOLOGIA DA PESQUISA	38
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	39
4.2 MÉTODOS DA PESQUISA.....	41
5 RESULTADOS DA PESQUISA	43
5.1 DOCUMENTOS POR ANO DE PUBLICAÇÃO.....	43
5.2 DOCUMENTOS POR FONTE E ANO	45
5.3 DOCUMENTOS POR AUTOR	47
5.4 DOCUMENTOS POR AFILIAÇÃO.....	49
5.6 DOCUMENTOS POR PAÍS	51
5.7 DOCUMENTOS POR PATROCINADORES	54
5.8 ANÁLISE DOS CLUSTERS DOS AUTORES	56
5.9 ANÁLISE DAS REFERÊNCIAS PRINCIPAIS	60
6 CONCLUSÕES	62
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Em 17 de Maio de 2018, foi assinado pelo então Presidente da República Michel Temer, o Decreto Lei 9.377, que em seu Artigo 1º institui “a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling no Brasil - Estratégia BIM BR, com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em Building Information Modelling - BIM e sua difusão no País.” (BRASIL, 2018).

Em contra partida segundo Agarwal et. al (2015), em estudo desenvolvido pela McKinsey&Company, o grau de digitalização dos processos só não é menos desenvolvido que a indústria de caça, pesca e agricultura, conforme Figura 1.

Figura 1 - Gráfico de digitalização das indústrias



Fonte: Agarwal et al., 2015

Corroborando o estudo apresentado no parágrafo anterior temos o índice de utilização de tecnologia e processos BIM apresentado pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas, (2018). Nesse estudo é possível identificar a baixa aderência de empresas na utilização dos processos e da tecnologia BIM, Figura 2.

Figura 2 – Planilha com apresentação da adoção de BIM no Brasil
Participação, em %, das empresas que utilizam o BIM, setembro de 2018

Segmentos	Sua empresa utiliza a tecnologia Building Information Modeling (BIM)		
	Sim	Não	Não sei dizer
CONSTRUÇÃO	7,5	70,8	21,7
PREPARAÇÃO DE TERRENO	6,1	72,3	21,6
CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS E OBRAS DE ENGENHARIA	8,6	71,2	20,2
<i>Edificações</i>	11,8	68,3	19,9
<i>Residenciais</i>	14,8	63,9	21,3
<i>Não Residenciais</i>	8,4	73,1	18,5
<i>Obras Viárias</i>	2,2	76,9	20,9
<i>Obras de montagem</i>	8,7	58,3	33,0
<i>Obras de arte especiais + Obras de outros tipos</i>	5,1	79,5	15,4
OBRAS DE INFRAESTRUTURA PARA ENGENHARIA ELÉTRICA E PARA TELECOMUNICAÇÕES	0,0	63,1	36,9
OBRAS DE INSTALAÇÕES	8,4	75,8	15,8
<i>Instalações elétricas</i>	6,2	86,5	7,3
<i>Instalações de sistemas de ar condicionado, de ventilação e refrigeração + Instalações hidráulicas, sanitárias, de gás e de sistema de prevenção contra incêndio</i>	10,7	64,1	25,2
OBRAS DE ACABAMENTO	1,7	75,6	22,7
INCORPORAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS + OUTROS SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	7,3	68,4	24,3
OBRAS DE INFRAESTRUTURA	3,6	73,2	23,2
SERVIÇOS ESPECIALIZADOS	5,2	75,6	19,2

Fonte: Ibre – FGV, 2018.

1.2 PRESSUPOSTO

Este trabalho tem como problema de pesquisa o seguinte aspecto:
Qual a relevância da aplicação de modelagem 4d e 5d no contexto global?

Em função dessa questão esse trabalho se propõe a levantar, analisar e discutir como o tema modelagem da informação da construção no planejamento e orçamentação de obras é tratado e discutido no meio acadêmico global.

1.3 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Esse trabalho fará a análise de relação de artigos e publicações sobre planejamento e orçamentação em BIM. Dessa forma é uma revisão sistemática da literatura com a busca por literatura de referência em uma base de dados compatível com a área pesquisada.

Será feito o levantamento dos principais artigos em função das peculiaridades que a base de dados provê de análise. Para referendar o resultado serão feitas as análises sobre quantidade de publicações, ano, número de pesquisadores e investidores das pesquisas.

1.4 JUSTIFICATIVAS

Em Eastman et al. (2014) temos que a Modelagem da Informação da Construção, é um dos mais promissores desenvolvimentos tecnológicos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital.

Para Aouad et al (2005), após diversos workshops foi possível concluir que a própria cultura da indústria aliada a estrutura organizacional dos profissionais AECON e todos os problemas relacionados a isso, é o grande impulso necessário para que os vários tipos de Modelagem da Informação da Construção sejam atingidos.

Nesse cenário podemos levantar a questão de como seria possível aprimorar os processos da indústria e Florio (2007) entende que a inclusão de BIM já no ensino, cursos de arquitetura e engenharia, pode capacitar desde o princípio os futuros profissionais para deixar mais clara e objetiva a comunicação das informações dos projetos.

Embora a tecnologia consiga apresentar capacidade, é necessário muito mais desenvolvimento para desenvolver a interoperabilidade entre sistemas e permitir análises consistentes de cenários. Assim que os sistemas começarem a apresentar resultados positivos então teremos massa crítica suficiente para implementar mudanças culturais em favor de BIM. (Aouad et al., 2005)

Gevaerd (2017), apresenta em seu trabalho que existe uma relação direta entre a maturidade das empresas com a implementação de tecnologia. Uma vez que os níveis gerenciais são fortemente influenciados (positiva ou negativamente) sempre que uma nova tecnologia é implementada.

Dentro os diversos benefícios que a indústria da construção pode se beneficiar de BIM em relação à desenhos CAD 2D/3D convencionais, segundo Florio (2007), são:

- a. Banco de dados digitais integrados;
- b. Armazenamento de atributos dos objetos;
- c. Elementos paramétricos, interconectados e integrados espacialmente;
- d. Facilidade em encontrar conflitos entre os diversos projetos e elementos;
- e. Adoção de uma nova visão do ciclo de vida do projeto, tornando a comunicação das informações e intenções projetuais mais objetivas e claras.

Para Catelani (2016), BIM é uma tecnologia baseada em objetos 3D, paramétricos e inteligentes, que significa recursos de TI aplicados aos processos da construção civil.

De acordo com a Universidade de York (2009), as revisões sistemáticas da literatura visam identificar, avaliar e resumir os resultados de todos os estudos individuais, tornando assim as evidências disponíveis mais acessíveis aos tomadores de decisão.

Quando apropriado, a combinação dos resultados de vários estudos apresenta uma estimativa mais confiável e precisa sobre a eficácia de uma

intervenção que em apenas um estudo. Também, ao definir o que sabemos sobre uma intervenção específica, revisões sistemáticas podem demonstrar onde falta conhecimento. (Universidade de York, 2009)

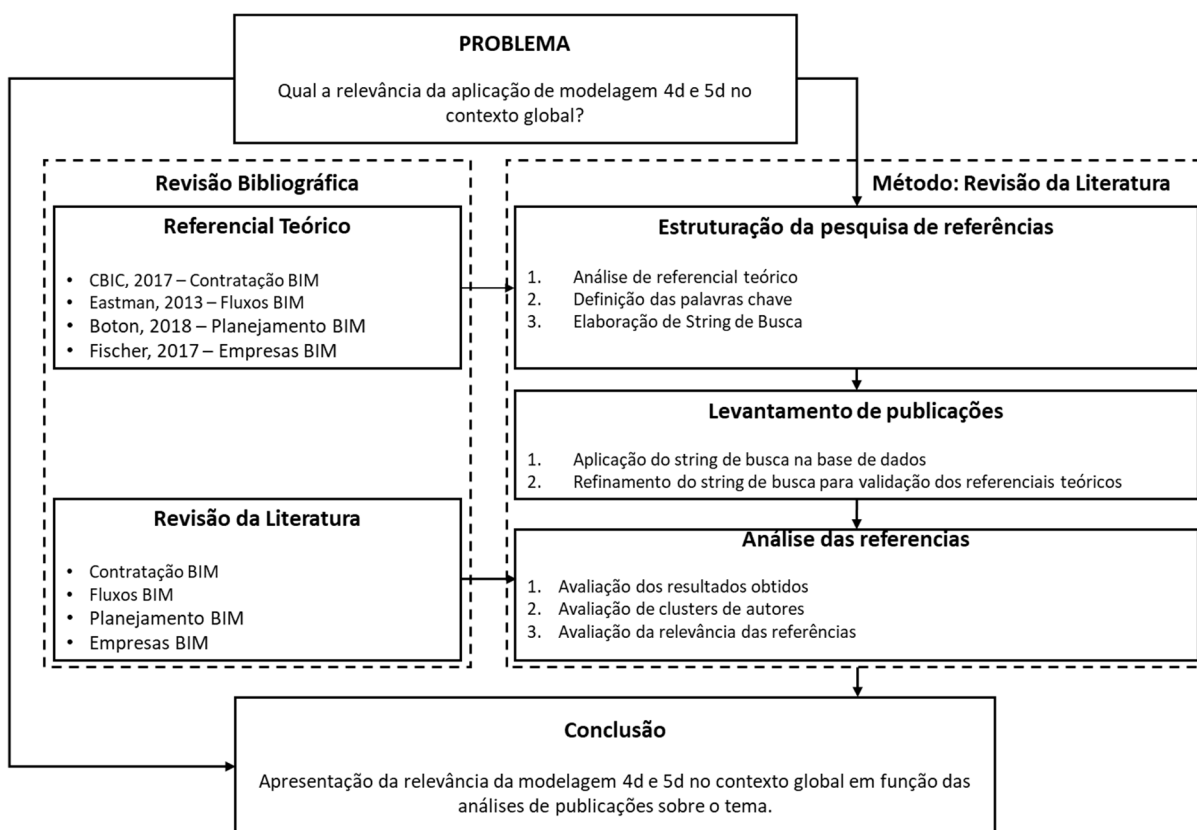
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA

A estrutura do trabalho consiste no seguinte:

- a. Definição do objetivo principal e objetivos específicos: Nesse momento a Autora apresenta qual o propósito principal a ser alcançado pela pesquisa e, em função dessa definição parte para como atingi-lo através de objetivos específicos.
- b. Com os objetivos definidos será desenvolvido e apresentado ao leitor a base conceitual que estrutura e motiva o tema da pesquisa. Com a apresentação dos principais temas utilizados: Modelagem da Informação da Construção – BIM; BIM 4D, 5D e WBS, Análise Scopus; e Análise Bibexcel.
- c. A apresentação da Modelagem da Informação da Construção – BIM, tem como objetivo ressaltar a relevância do tema no cenário atual da construção civil e comprovar a necessidade das revisões de literatura sobre o tema.
- d. BIM 4D, 5D e WBS apresentará como os temas estão sendo tratados nas bases acadêmicas e assim aprofundar a necessidade de levantamentos e pesquisas para aperfeiçoamento do tema.
- e. Análise Scopus, Pajek e Bibexcel apresentam as motivações pelas quais foram utilizadas essas ferramentas no desenvolvimento da pesquisa e quais os benefícios das mesmas.
- f. Na sequência a descrição da metodologia da pesquisa com a estruturação de como foram utilizadas as ferramentas e quais os resultados serão apresentados.
- g. Em resultados são apontadas as principais referências encontradas e os níveis de relevância de cada tema levantados no problema de pesquisa.
- h. Por fim as conclusões sobre os resultados encontrados.

A seguir temos a Figura 3 que representa a estrutura da estratégia da pesquisa.

Figura 3 – Structu da estratégia de pesquisa do trabalho.



Fonte: A Autora, 2019

Conforme Figura 1, temos que a estratégia da pesquisa se fundamenta em primeiro estruturar a pesquisa sobre as referências teóricas. Uma análise do referencial teórico encontrado pelo primeiro string de buscas. Definição de palavras chave através da análise da base teórica e em seguida a revisão do string de busca.

O levantamento de publicações é a segunda etapa com a aplicação do string mais consolidado e o refinamento do mesmo através da validação dos novos referenciais teóricos. A partir daí temos a complementação do referencial teórico da pesquisa bem como a avaliação dos resultados obtidos na plataforma de busca, a formulação dos clusters de pesquisa e a avaliação mais qualitativa dos conceitos apresentados pelas referências encontradas. É em função dessas últimas três análises que a pesquisa responde a pergunta inicial a que se propôs o trabalho bem como dá a base de validação do projeto proposto.

2 OBJETIVOS

Esse trabalho tem por objetivo apresentar um fluxo de trabalho em BIM de uma pequena empresa de planejamento e controle de obras. Desenvolvendo, primeiramente, o cenário atual, analisando o modelo de negócio em função dos cadernos técnicos nacionais para implementação de BIM. Na sequência será realizada uma análise do modelo convencional e então a reformulação do modelo de negócio atendendo as demandas expostas no referencial teórico.

2.1 GERAL

Apresentar uma análise dos principais estudos sobre modelagem da informação da construção em planejamento e orçamentação de obras.

2.2 ESPECÍFICOS

- 1.) Contextualização do problema.
- 2.) Levantamento dos estudos relacionados ao tema.
- 3.) Análise bibliométrica dos estudos, com desenvolvimento dos clusters de autores.
- 4.) Apresentação dos principais estudos dos clusters de autores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 BIM – MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O Processo BIM existe desde fins da década de 80, quando Jerry Laiserin – um arquiteto da Universidade de Princeton (EUA), especialista em Tecnologia da Informação (TI) –, deu origem à IAI (International Alliance for Interoperability, atual BuildingSMART), em razão de suas pesquisas na área de TI e interoperabilidade. (Addor et al., 2010)

As grandes barreiras na implementação da modelagem da informação da construção são a grande fragmentação da indústria da construção civil, bem como a falta de visão a longo prazo, os programas de P&D, a grande resistência a mudança e novas tecnologias, bem como substituir todos os processos de desenvolvimento de projetos em CAD para BIM. (Aouad et al., 2005)

Para Aouad et al. (2005), também é importante ressaltar que apesar de os problemas acima citados serem os principais para se mudar o sistema de análise de dados, os efeitos, no geral, são intangíveis, portanto, é preciso que BIM também apresente resultados na produtividade e redução de custos como um todo das obras.

A importância do estudo de BIM já na universidade é tão relevante que o processo BIM propicia um aprendizado integrador, onde os elementos construtivos vão sendo paulatinamente definidos em três dimensões. Os alunos vão desenvolvendo, além da visão espacial, também os conceitos de construção de um empreendimento. (Florio, 2007)

Para Lee e Sexton (2007), os profissionais da indústria da construção civil (AEC), tem um grande apreço pela adoção de BIM em função dos significantes benefícios que a tecnologia de modelagem em nD pode trazer aos seus serviços.

O grande desafio da tecnologia de modelagem nD, assim como com qualquer outro tipo de tecnologia disruptiva é superar a barreira do empurrão tecnológico” para uma postura equilibrada “orientada para o mercado, permitindo assim que se molde às necessidades do dia-a-dia dos profissionais de operação. (Lee e Sexton, 2007)

O uso de tecnologia da informação e comunicação na construção tem sido um fator-chave na indústria AEC nas últimas décadas. BIM é o mais promissor devido, em parte, à sua capacidade e versatilidade, o que permite o seu uso em diferentes áreas do setor AEC. (Martinez-Aires et al., 2017)

Embora o BIM deva beneficiar enormemente o setor de construção, a sua utilização ainda está nos primeiros estágios. A principal razão para isso é a necessidade de integrar o BIM com outras tecnologias, o que resulta em uma falta de interoperabilidade com vários padrões de dados. (Martinez-Aires et al., 2017)

Em Santos et al. (2009), temos que O BIM oferece uma tecnologia potencialmente transformadora, por meio da sua capacidade de fornecer um recurso compartilhado digital, para todos os participantes na gestão do ciclo de vida de um edifício, desde o desenho preliminar, até a gestão de instalações.

Para Clemente e Cachadinha (2012), para o estudo de caso aplicado à realidade virtual o BIM permitiu uma simulação dos trabalhos a efetuar no ambiente virtual, otimizando posteriormente o fluxo de serviços na obra, ampliando também o detalhe do projeto. Além de diminuir em 30% atividades sem valor agregado, reduziu em 50% o tempo de execução de duas atividades e um acréscimo em reuniões de planejamento em 5h por equipes.

De qualquer forma Garbini (2012), após realizar diversos estudos com empresas de arquitetura conclui que: os escritórios de arquitetura apresentam dificuldades em mudar seu método de trabalho, com destaque para a utilização de novos softwares, como aqueles que utilizam em sua plataforma a tecnologia BIM. Os

softwares ainda estão sendo subutilizados, pois as informações relativas a outros integrantes do processo não estão sendo agregadas ao modelo.

Em Maciel et al. (2014), temos um conjunto de estudos de caso que identifica o andamento da implementação de BIM e, após a revisão de literatura, apresenta que as perdas nas construções podem ser minimizadas assim que o trabalho simultâneo em BIM passe a ser adotado no setor AEC.

Para Santos et al. (2015), as ferramentas de informática utilizadas no cenário da construção civil modificaram o processo de desenvolvimento de projetos desde a sua implementação. Ferramentas CAD se tornaram o processo do projeto mais eficaz, mas com gargalos de integração complexos que foram quebrados pela implementação de ferramentas BIM.

Além disso o estudo de Santos et al. (2015) apresenta que:

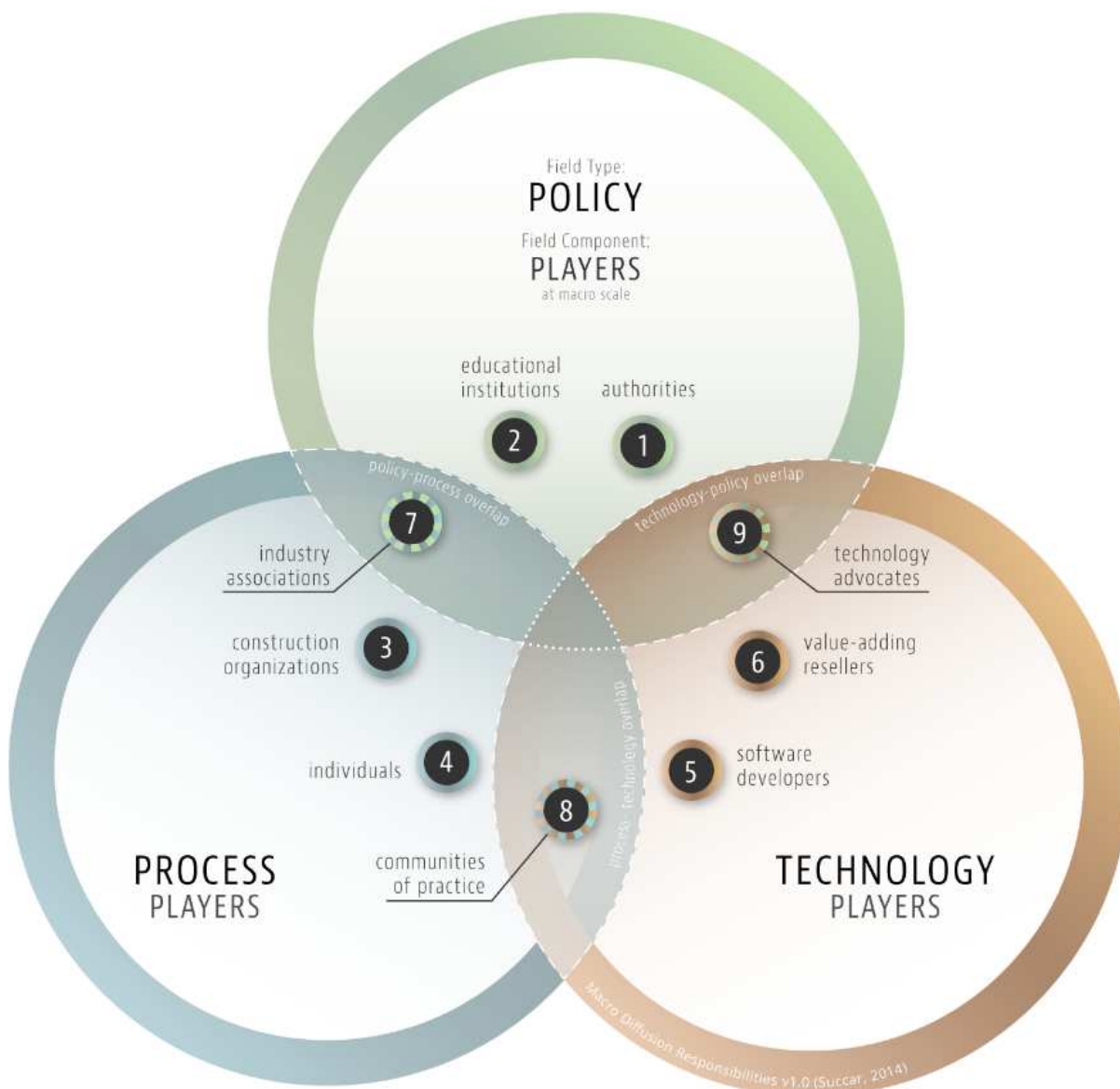
“A comparação de produtividade entre BIM e CAD mostra que os primeiros são mais eficientes que as ferramentas convencionais, considerando diferentes cenários das empresas. Desenvolvimento básico de projetos usando ferramentas BIM gastou 30% do tempo usado pelos softwares em CAD. Isso pode ser explicado pela interface do recurso de modelagem. Caso contrário, para projetos finais, as ferramentas BIM gastam 68% do tempo gasto com ferramentas CAD, o que ratifica a eficiência de eles.”

Portanto, no cenário brasileiro, a viabilidade da implementação do BIM pode ser garantida em função dos resultados obtidos, demonstrando que, mesmo pequenos escritórios, podem obter boa produtividade e retorno com a implementação da tecnologia. (Santos et al., 2015)

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) é um dos desenvolvimentos mais promissores da indústria AEC. Espera-se que o BIM faça uma mudança abrangente nas práticas do setor em prol da melhoria da produtividade, colaboração e qualidade. (Amin e Abanda, 2017)

O primeiro passo para adoção do BIM em qualquer empresa é entender que existem três entes que compartilham o processo e devem ser respeitados. Em Succar e Kassem (2015) temos a seguinte Figura 4 como interseção para esse compartilhamento e integração.

Figura 4 – A tríade da implementação do BIM.¹



Fonte: Succar e Kassem, 2015

¹ Não foi realizada tradução nem adequação da Figura para que não se perdesse as informações relevantes.

3.2 BIM – 4D/5D – MODELAGEM DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO

Para que os nD níveis de modelagem sejam realmente BIM Aouad et al (2005) apresenta que: “É imperativo que todos os conceitos sejam utilizados e, cada vez mais utilizados, por profissionais nos canteiros de obras e por toda a academia para fins de ensino e treinamento”.

Uma das conclusões que Lee e Sexton (2007) puderam tomar em função de suas pesquisas é que, naquele momento, as empresas de construção tem como visão que a tecnologia para modelagem nD é muito embrionária e que é uma mudança muito grande para uma indústria comprovadamente conservadora além de requerer um investimento relativamente elevado com um grau de risco muito alto.

Para Martinez-Aires et al. (2017), de acordo com a revisão da literatura, o BIM pode ajudar a melhorar segurança na construção, identificando possíveis riscos através da programação 4D: usando o modelo 4D, programação 4D e sequenciamento com o planejamento da logística da obra.

Como dito anteriormente, para Martinez-Aires et al. (2017) é necessária a integração entre os diversos tipos de tecnologia para que então possa se estabelecer uma estrutura de referência, então as soluções para implementação do BIM virão da colaboração entre os diferentes participantes já nas fases iniciais dos projetos.

Em Peterson et al. (2009), temos que a proficiência em preparar os modelos, seja para escopo-tempo (cronograma) ou escopo-orçamento (estimativa), é uma tarefa bastante difícil e complexa. Uma vez que existem diversos passos, complexos e repetitivos.

Para melhor entender esses passos foi adaptado de Peterson et al. (2009) a Figura 5 que ilustra os diversos itens que devem ser realizados para uma estimativa mais aprimorada.

Figura 5 – Tarefas necessárias para desenvolver um modelo de integração escopo x custo x prazo.

TAREFAS INTEGRAÇÃO ESCOPO – CUSTO - PRAZO
PLANEJAMENTO E CONFIGURAÇÃO DO PROJETO
1. desenvolvimento da estratégia do projeto ▲ 2. definir qual objeto é explícito no modelo do produto [montagem dos objetos-componentes implícitos] ▲■ 3. determinar WBS, projeto, locais, sub-locais e zonas de trabalho ▲■
EXTRAÇÃO DE QUANTITATIVOS DO MODELO DO PRODUTO (ESCOPO)
4. definição das operações & associações de objetos [montagem das operações] ■ 5. definição dos objetos implícitos a partir dos objetos explícitos [montagem dos objetos implícitos] ▲■ 6. criar equações base para os objetos implícitos (montar as equações base dos objetos, definir template e especificar) ▲■ 7. mapear os objetos nas operações [montagem das operações] ■ 8. calcular os quantitativos extraídos dos objetos utilizando as equações base ●■
PROCESSO DO MODELO (TEMPO)
9. verificação das taxas de produção da operação ●■ 10. &/ou derivar a taxa de produção da análise do processo ■ 11. criar atividades de operações simples ou múltiplas ■ 12. determinar a taxa de produção de andamento para a atividade ▲■ 13. aplicar os locais do planejamento do projeto ▲ 14. atribuir sequência lógica [montar operação] ●■ 15. atribuir recursos às atividades [montar operação] ●■
MODELO 4D (ESCOPO-TEMPO)
16. mapear as atividades no modelo 3D [combinar código] ●■
MODELO DO ORÇAMENTO 5D (ORÇAMENTO)
17. verificar a atribuição dos custos unitários ●■ 18. ajustar os custos unitários para as condições atuais [biblioteca contextual] ■ 19. &/ou derivar custo unitário de mão-de-obra, equipamento, material, transporte e subcontratado ▲■
OTIMIZAR A EFICIÊNCIA (RECONHECER A EFICIÊNCIA DO RISCO NÃO ATENDIDA)
20. calcular durações ●■ 21. ajustar locais de produção (20) ▲■ 22. nível dos recursos e fluxo de trabalho (20) ●▲■ 23. detecção de layouts e estações de trabalho (20) ●▲■ 24. checagem da taxa de andamento da produção ▲■ 25. move-se para frente (IC, FC) ●■ 26. retorna (IT, FT) e folga ●■ 27. determinação do caminho crítico e folga total ●■ 28. ajustar produção às condições climáticas [automático] (20) ▲■ 29. calcular o custo (orçamento no término OT, tempo variável, custos marginais) ●■ 30. ajustar a sequência de locais ▲■ 31. otimizar a lógica do processo do modelo para a eficiência ótima dos locais de execução (20) ▲■ 32. criar um plano global ótimo alternativo do projeto - iterar a partir do desenvolvimento da estratégia do projeto ▲

LEGENDA	
Tarefa Conceitual Manual	▲
Tarefas Repetitivas	■
Software	●
Potencial Software	

Fonte: A Autora, 2019. Traduzido e Adaptado de: Peterson et al., 2009

Peterson et al. (2009), define em função da Figura 5, a complexidade da atividade de se planejar e orçar qualquer tipo de empreendimento uma vez que quase todas as atividades tem repetições exaustivas e que, segundo os autores: são entediantes e propensas a atalhos, o objetivo de otimizar o planejamento do projeto se perde e logo o engenheiro não consegue ter uma visão sistêmica do projeto.

O processo orçamentário deve ser fortemente vinculado ao planejamento e controle da produção, em todo o ciclo de vida do empreendimento num ambiente altamente dinâmico. A diferença de formato e informação entre o orçamento tradicional e o executivo está no nível de detalhamento e lógica de execução do processo. (Santos et al., 2009)

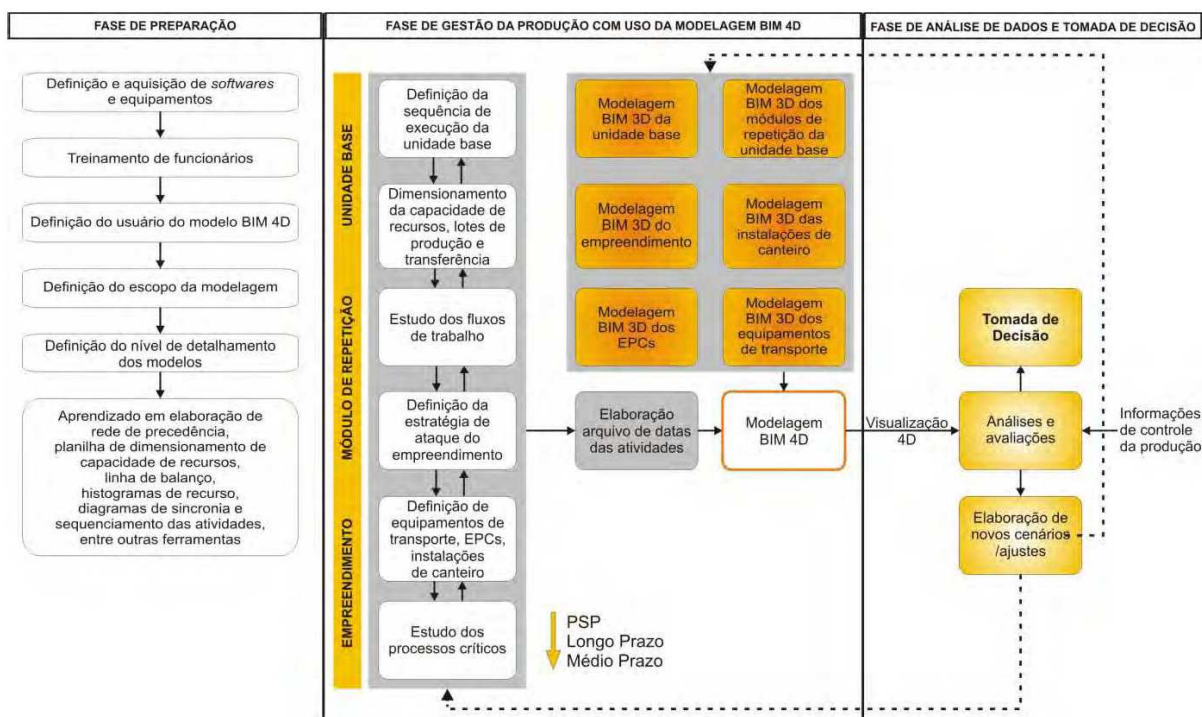
Portanto para Santos et al. (2009), ao se tratar da estrutura de custos, ela é desenvolvida mais cedo e em maior detalhe que um projeto convencional. O levantamento de quantitativos do projeto, quando realizados pelo BIM, permite uma rápida avaliação sobre o impacto de uma decisão do projeto no custo da obra.

A interação de toda a cadeia produtiva AEC é fundamental para o sucesso da implantação do sistema, envolvendo desde os projetistas, passando por incorporadoras e construtoras, poder público, setor de obras/construção, setor de vendas, indústria e facilities, uma vez que o processo permeia todos os setores e pressupõe esta integração. (Addor, 2010)

Em Boton et al. (2013), a simulação 4D é útil em muitas situações na indústria da construção, incluindo desenvolvimento do cronograma, análise de construtibilidade, monitoramento do local, etc. Seu principal valor agregado é a capacidade de fornecer suporte visual ao usuário.

Para Biotto et al. (2013), no que tange os benefícios de seu utilizar o método de gestão da produção com uso da modelagem BIM 4D é a facilidade de visualização de erros de sequenciamento dos processos, de conflitos entre equipamentos de transporte, instalações de segurança e tamanho do lote de produção. E para tanto os autores definiram o fluxo de trabalho da Figura 6.

Figura 6 – Método para gestão da produção com uso da modelagem BIM 4D.



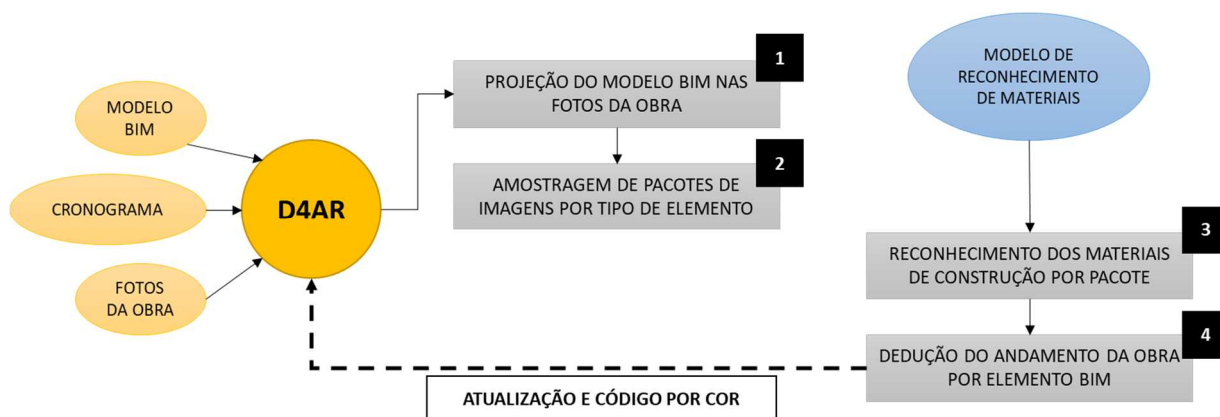
Fonte: Biotto et al., 2013

Com o objetivo de facilitar a análise visual de andamento da obra Han e Golparvar-Fard (2014), apresentam em seu trabalho uma análise sobre nuvem de pontos através de dois passos:

1. amostragem e reconhecimento material de construção a partir de dados de nuvem de pontos com base em imagem nos modelos D4AR;
2. usando essas informações de forma estatística para inferir o estado de progresso do BIM elementos.

E apresentam o seguinte fluxo (Figura 7) de como utilizaram as informações obtidas através dos modelos BIM, do cronograma da obra e das fotografias tiradas diariamente das obras.

Figura 7 – Fluxo geral para monitoramento de cronograma por imagem.



Fonte: Traduzido e Adaptado Han e Golparvar-Fard 2014

Para Santos et al. (2014) temos que:

“Observou-se que os quantitativos referentes aos projetos elétrico e hidráulico foram os que apresentaram maior diferença. O método convencional de obtenção de quantitativos pode, frequentemente, ser vítima do erro humano inerente ao processo. Esse erro, por sua vez, é passível de propagação por toda a análise de custos, causando, assim, o surgimento de novas falhas. Nos experimentos utilizando BIM, percebeu-se que os quantitativos são decorrentes diretos da modelagem, isto é, se o modelo foi criado de forma apropriada, os quantitativos resultarão exatos.”

O trabalho de Mendes Junior et al. (2014) apresenta os resultados sobre a interação entre BIM e os Sistema *Last Planner* para planejamento e controle da produção e demonstrou que é possível obter mais informações para produção do que utilizar documentos sem integração (projetos, cronogramas, orçamentos etc.).

Em Sakamori (2015) temos uma análise sobre a utilização do BIM 5D:

“Pode-se concluir que a adoção da modelagem 5D em um empreendimento otimiza o processo de levantamento de custos, pois todos os quantitativos são extraídos diretamente do modelo. Minimiza-se a intervenção humana durante todo o processo, o que leva a uma menor ocorrência de erros. Todavia, o processo necessita que a análise dos dados levantados seja feita por um profissional, pois um erro na modelagem 3D certamente incorrerá em erros dos dados na modelagem 5D.”

Ao processo de quantificação BIM em ABDI (2017) é apresentado como: *“Quantitativos são tão detalhados quanto o nível de informação presente no modelo BIM, a qual tanto pode estar modelada em 3D, como simplesmente estar inserida como metadados de seus componentes. Nem sempre é conveniente modelar todos os detalhes, pois, além de exigir mais esforço, isso pode sobrecarregar o modelo, tornando o trabalho mais lento.”*

Uma das conclusões que Silva (2018) nos apresenta é que:

“Apesar do uso de modelos BIM 4D/5D ainda apresentar algumas dificuldades como por exemplo o alto custo, conforme identificado na RSL, eles se evidenciam viáveis. A modelagem BIM 5D auxilia no provimento de diretrizes de otimização do processo tradicional de gestão de obras, trazendo soluções para grande parte dos problemas inerentes a falta de qualidade de informação subsidiada pelo método comum. Além disso, contribui para a automatização dos processos de elaboração de cronogramas e monitoramento de construções civis.”

Aredah et al. (2019) conclui em sua pesquisa que as empresas conseguem ver os benefícios do BIM 4D, porém, em função dos custos e da necessidade de capacitação barreiras na implementação surgem. Dentro os benefícios citados estão: melhor visualização, possibilidade de criação de cenários para o cronograma, planejamento do layout do canteiro e redução de erros.

As principais conclusões do impacto 4D BIM na confiabilidade do projeto são que ele permite que o processo de planejamento se torne um processo muito mais eficiente, permitindo que o planejador conduza responsabilidades típicas de uma maneira que obtenha mais resultados. (Crowther e Ajayi, 2019)

3.3 BIM – WBS A IMPORTÂNCIA DA EAP

Uma WBS é a fragmentação de um processo em partes menores chamadas de tarefas. Juntas essas tarefas podem ser organizadas em uma estrutura que permite a elaboração de orçamentos, o controle de custos e controle do cronograma do projeto. (Rischmoller et al., 2017)

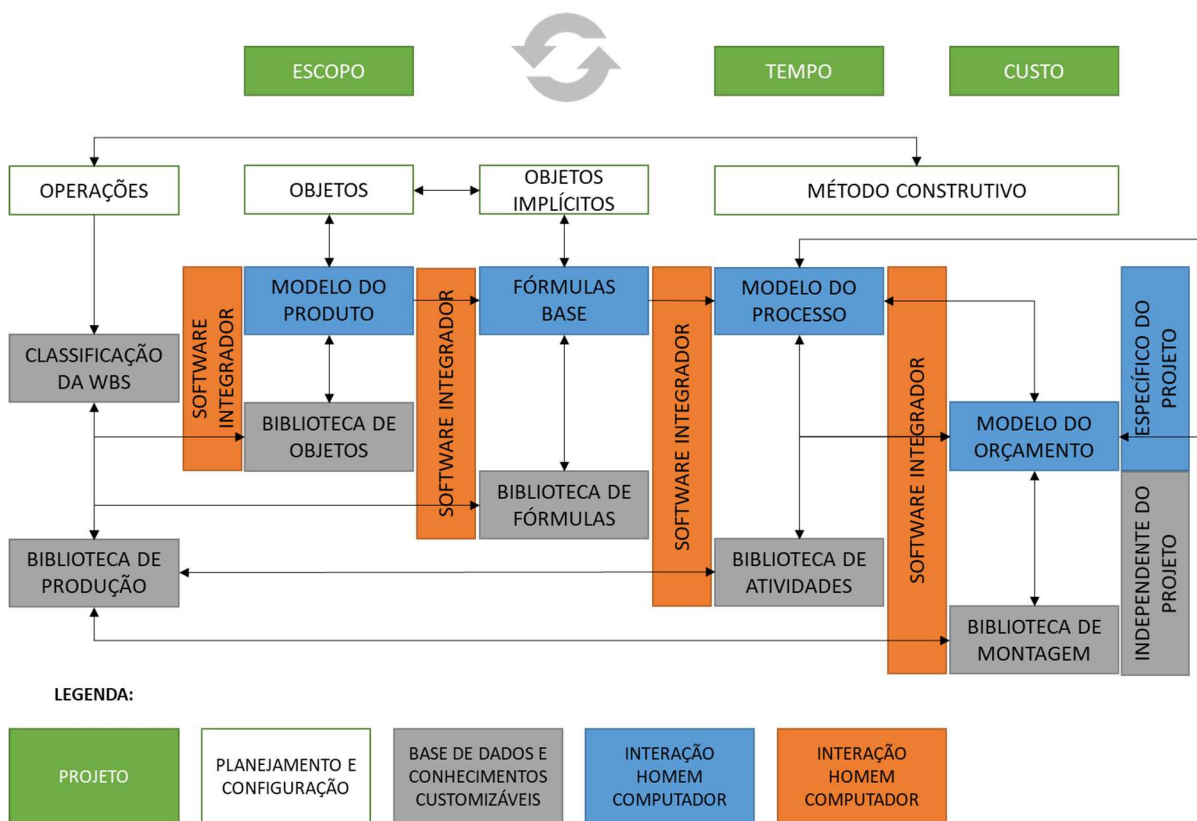
Para Peterson et al. (2009), a WBS fornece uma classificação comum entre softwares, fornecendo uma identificação da mesma operação ou objeto em várias ferramentas. O que facilita e permite uma melhor integração entre os diversos processos envolvidos no empreendimento.

Em Torres-Calderón et al. (2019), o trabalho apresenta um método para “minerar” as informações do cronograma para formatar um cronograma BIM 4D de maneira mais simplificada e ágil. Uma das barreiras encontradas para aprimorar o processo é a definição da EAP do projeto e da estrutura de execução que ainda devem ser desenvolvidas manualmente.

Em Rischmoller et al. (2017), são apresentadas as conclusões sobre a necessidade de elaboração de uma Estrutura Analítica para Modelos (MBS). E a conclusão é que, em se estruturando os modelos os casos analisados apontam para uma maior integração entre as equipes de modeladores, coordenadores e executores. Dessa forma rompendo barreiras de implementação de tecnologia e facilitando o acesso da informação no canteiro de obras.

Em Peterson et al. (2009), temos que a interação entre escopo, custo, tempo e qualidade em ferramentas computacionais de escopo-custo pode ser representada pela Figura 8. Observando o papel das bibliotecas em fornecer informações padronizadas para modelos. Idealmente, todos os modelos se integram entre si evitando a necessidade de reinserir dados de forma redundante ou manualmente transferir resultados para outros formulários.

Figura 8 – Estrutura Geral de um Software de Integração Escopo x Custo x Tempo x Qualidade.



Fonte: A Autora, 2019. Traduzido e Adaptado de: Peterson et al., 2009

A partir da adaptação feita no fluxograma de integração desenvolvido por Peterson et al. (2009), é possível identificar que para iniciar qualquer projeto é imprescindível identificar, definir e classificar a WBS do projeto. Esse tema será abordado na sequência.

Um importante ponto abordado em ABDI (2017) é que para facilitar a integração da execução de planejamento 4D ou 5D, recomenda-se que parâmetros que descrevam o código Work Breakdown Structure (WBS) ou Estrutura Analítica do Projeto (EAP), e o setor (trecho da obra onde deve ocorrer o serviço) sejam previamente associados aos componentes BIM.

3.4 BIM – INTEGRAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As equipes envolvidas em projetos da indústria da construção podem ser definidas como uma unidade complexa, adotando a forma de multiorganização temporária (TMO). Essas unidades utilizam as diversas habilidades, experiência e interesses dos membros envolvidos no projeto com o foco geral no tempo, nos custos e nas restrições e informações dos recursos. (Gadounis et al., 2017)

Além do formato dos arquivos gráficos e de dados padronizados entende-se que uma necessidade é a padronização do formato em que esses dados são apresentados. Em Silva e Amorim (2011), podemos observar que os sistemas de classificação têm na sua essência, a capacidade de criar classes de objetos e relacioná-las aos objetos em si. Esse relacionamento entre as classes dos objetos construtivos permite a criação de ontologias que ordenam todo um ambiente de terminologias específicas de modo que sejam acessadas de maneira facilitada por todos os agentes da cadeia de produção.

Sendo que a NBR 12.006-2:2015 estabelece uma estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído. Ela identifica um conjunto de títulos de tabelas de classificação, recomendadas para uma variedade de classes de objetos da construção, de acordo com pontos de vista diversos e particulares, por exemplo, pela forma ou pela função. Apresenta também como as classes dos objetos, em cada tabela, estão relacionadas como uma série de sistemas e subsistemas, por exemplo, em um modelo de informação da construção. (ABNT, 2018)

Em Garbini (2012) temos que IFC (Industry Foundation Classes) é o modelo que está sendo apresentado, desde 1994, pela Aliança Internacional de Interoperabilidade e aprovado pela Organização de Padrões Internacionais, que viabiliza o intercâmbio de informações arquitetônicas e construtivas entre software com inteligência baseada no objeto.

Em se tratando a análise dos benefícios da integração e compartilhamento de informações entre os diversos sistemas de informação existentes Ruschel et al. (2013) apresentam em sua pesquisa a Figura 9, como o resumo dos principais benefícios encontrados.

Figura 9 – Tabela de Benefícios resultantes da utilização de ferramentas compartilhadas com BIM.

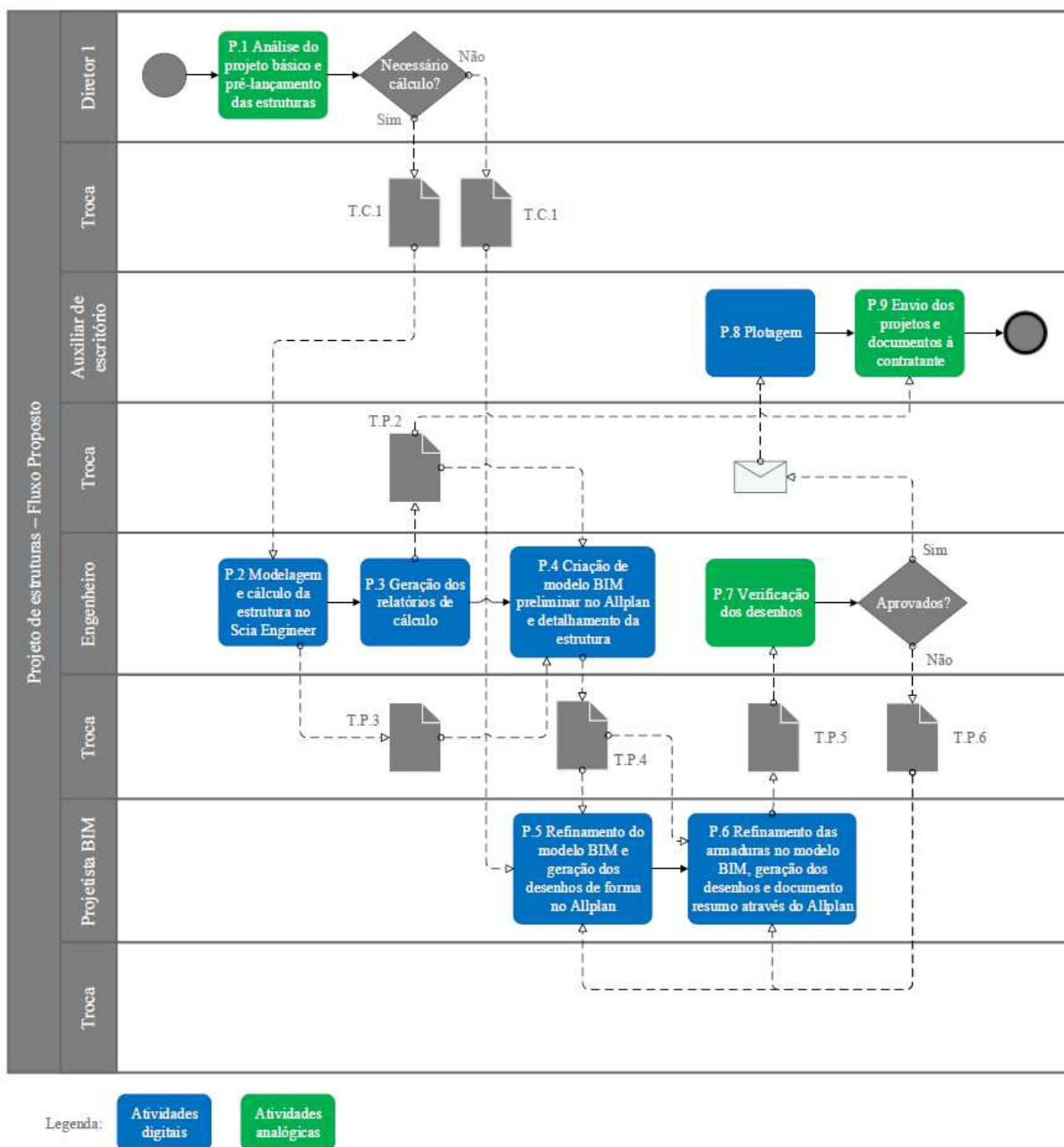
TABELA 6: Benefícios resultantes do uso de ferramentas compartilhadoras e de integração no processo de projeto com BIM.		
Critério	Ferramenta integradora	Ferramenta compartilhadora
Integração	Gera um modelo consolidado a partir de múltiplos modelos de informação	Todos envolvidos estão interconectados automaticamente
Colaboração	Centraliza as informações e gera maior consistência dos dados	Atualiza, importa e exporta modelos/arquivos do banco de dados
Coordenação	Suporte nas tomadas de decisões técnicas e gerenciais	Comunicação em tempo real
Análise	Identificação de interferências	Análise do fluxo da informações
Documentação	Emite relatórios de conflitos, animações (percurso, comportamento, 4D)	Compartilhamento de documentos técnicos, arquivos diversos e notificações
Navegação	Permite ao usuário interagir com e dentro do modelo	Suporte na coalizão de interesses

Fonte: Ruschel et al., 2013

Seguindo a linha de raciocínio de integração e fluxos de colaboração Antunes (2014), propõem em seu trabalho um fluxo compartilhado para desenvolvimento de projetos estruturais em infraestrutura que, se bem analisado, serve também como base para complementar os fluxos integrados em outros trabalhos, conforme Figura 10.

Outro levantamento muito significativo que Antunes (2014) nos apresenta é o desenvolvimento das linguagens IFC, IDM e IFD. E definindo que: Enquanto o IFC 2x3 foi conservador em termos de novas funcionalidades, o IFC4, seu sucessor, proporciona muitas melhorias e extensões ao formato. Entre outros avanços, o IFC4 conecta todas as definições de propriedades com o dicionário de dados BuildingSMART baseado na web, o IFD.

Figura 10 – Tabela de Benefícios resultantes da utilização de ferramentas compartilhadas com BIM.



Fonte: Antunes, 2014

Procurando esclarecer esse entendimento sobre os diversos formatos de linguagem para integração de dados a buildingSMART (2019) apresenta os seguintes aspectos:

1. O IFC é uma descrição digital padronizada do setor de ativos da construção civil. É um padrão internacional aberto (ISO 16739-1: 2018) e promove recursos neutros ou agnósticos e utilizáveis pelo fornecedor em uma ampla gama de dispositivos de hardware, plataformas de software e interfaces para muitos casos de uso diferentes. (buildingSMART, 2019)
2. Os dados IFC podem ser codificados em vários formatos, como XML, JSON e STEP, e transmitidos por serviços da Web, importados/exportados em arquivos ou gerenciados em bancos de dados centralizados ou vinculados. (buildingSMART, 2019)
3. O padrão ISO 29481-1: 2010 (IDM) “Modelagem da informação da construção - Manual para entrega de informações - Parte 1: Metodologia e formato” foi desenvolvido pelo buildingSMART para ter uma metodologia para capturar e especificar processos e fluxo de informações durante o ciclo de vida de uma instalação. (buildingSMART, 2019)
4. O principal objetivo de um manual de entrega de informações (IDM) é garantir que os dados relevantes sejam comunicados de forma que possam ser interpretados pelo software no lado receptor. (buildingSMART, 2019)
5. E o IFD é a A ISO 12006-3: 2007 que especifica um modelo de informação independente do idioma que pode ser usado para o desenvolvimento de dicionários usados para armazenar ou fornecer informações sobre obras de construção. Ele permite que sistemas de classificação, modelos de informação, modelos de objetos e modelos de processos sejam referenciados a partir de uma estrutura comum. (ISO, 2019)

Outra estrutura de informação, internacionalmente reconhecida como forma de compartilhamento de dados é o BCF (BIM Collaboration Format), que segundo a buildinSMART (2019) permite que aplicativos BIM diferentes comuniquem problemas baseados em modelos, aproveitando os modelos IFC que foram compartilhados anteriormente entre os colaboradores do projeto. Isso pode ser feito utilizando uma troca de arquivos entre plataformas de software ou usando um serviço RESTful que conecta plataformas de software diretamente ou a um servidor BCF de terceiros dedicado que atua como o hub para essas comunicações.

Em um outro ponto de vista Kim e Fischer (2014), fazem uma análise sobre a ontologia necessária para compatibilizar as necessidades dos usuários entre arquitetos e afirmam que: ainda é necessária uma ontologia detalhada que fornece aos arquitetos um vocabulário comum para representar atividades do usuário. E apresentam em seu trabalho um compilado que pode simplificar e facilitar essa comunicação.

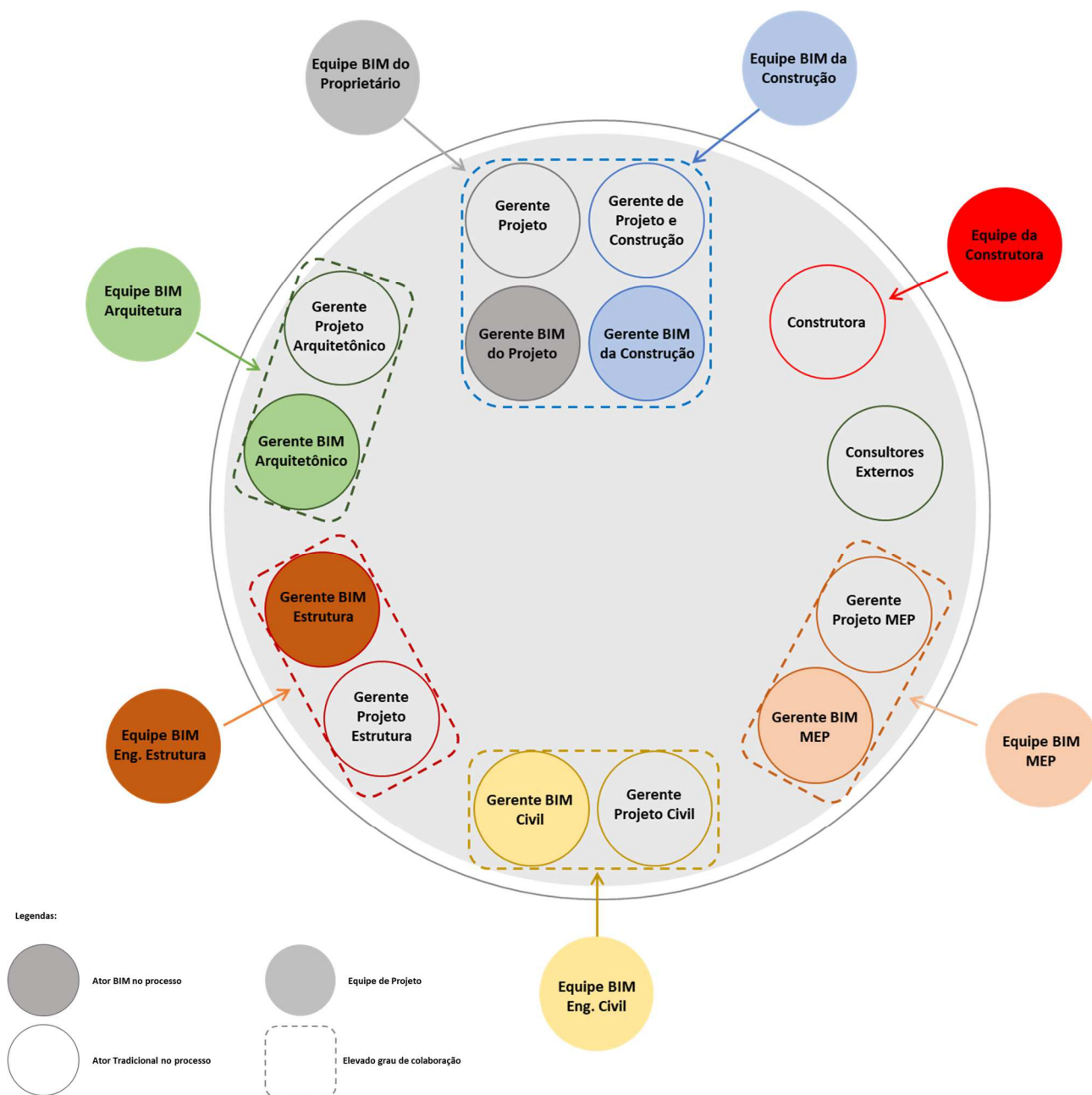
Para uma integração entre planejamento e execução Han et al. (2015) afirmam que, uma vez coletadas, as informações do *as-built* da obra, essas informações são comparadas com o planejamento 4D BIM para assim identificar, analisar e visualizar o progresso e os desvios. O produto é normalmente um código em cores para BIM usado em processos de coordenação para avaliação rápida e precisa do trabalho em andamento (Work in Progress - WIP) e análise de causa raiz dos desvios.

Outro ponto que deve ser considerado para uma integração e comunicação eficiente no processo de implementação BIM é a utilização de Bibliotecas padronizadas de objetos. Em ABDI (2018) temos que:

“A recorrência de objetos não paramétricos, com informações imprecisas, inadequadas ou mesmo sem informações agregadas à geometria ainda é significativa. Em resposta a este problema recorrente, as principais bibliotecas BIM têm adotado diferentes estratégias que impactam operacionalmente sobre a segurança das informações disponíveis ou sobre a restrição para adicionar e acessar objetos não proprietários.”

Em Botton e Forgues (2018), temos uma análise de um estudo de caso em que se identificam as interseções da integração dos processos *como planejado (em BIM)* e o *processo real*. É interessante ver na Figura 11 as relações entre os atores de um projeto regular e as alterações para o atendimento ao processo BIM.

Figura 11 – Funções de Gestão e seus papéis em um projeto colaborativo BIM.



Fonte: A Autora, 2019. Traduzido e Adaptado de: Boton e Forgues, 2018

3.5 BIM – PLANO DE EXECUÇÃO BIM (BEP)

Uma outra visão sobre a integração do Ciclo de vida do produto em função da estrutura analítica do projeto é apresentada em Botton et al. (2016):

“Poderíamos argumentar razoavelmente que os sistemas PLM (Project Life-Cycle Management) não seriam os mesmos sem um estrutura do produto para organizar os dados. No entanto, enquanto a indústria da construção utiliza estruturas analíticas dos produtos, comparar PLM e BIM através da maneira como a estrutura é definida e explorada pode trazer informações valiosas sobre as diferenças entre esses setores e as ferramentas que eles usam.”

A visão de Botton e Forgues (2017), sobre o desenvolvimento da colaboração na implementação de BIM na construção é a de que:

“A qualidade da cooperação entre as partes é crítica e é um dos principais fatores de sucesso de uma construção. Embora muito esforço de pesquisa tenha sido dedicado à sua melhoria nos últimos anos, é importante observar que as atuais abordagens analíticas não são suficientes para estudar todos os aspectos, especialmente os processos social e o informal muito importantes na fase de construção.”

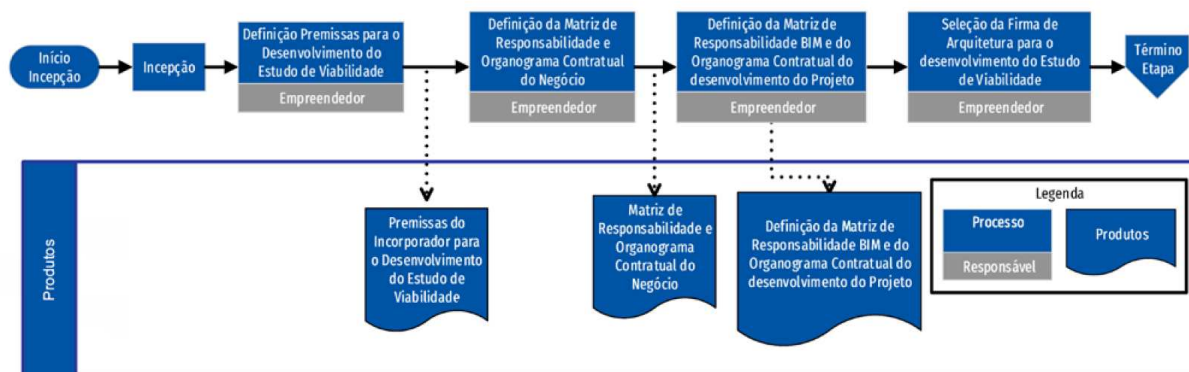
Além disso essas diretrizes devem ser detalhadas no Plano de Execução BIM, tanto na matriz de responsabilidades, como na especificação dos usos de cada produto, na planilha multidisciplinar de serviços. (ABDI, 2017)

Em ABDI (2017) temos que as diferentes organizações no exterior com experiência em processo de projeto BIM têm como característica comum a exigência de planejamento do processo de projeto desde os estudos iniciais até, se for o caso, a operação e reuso. Com os seguintes objetivos:

1. Organizar os processos BIM ao longo do empreendimento; e
2. Definir, em maior ou menor grau de detalhe, as responsabilidades e produtos associados e o modelo de comunicação e implementação para todos os participantes do empreendimento, em todas as fases de seu ciclo de vida.

O desenvolvimento do BEP pode seguir o fluxo da Figura 12, apresentado nos guias da ABDI.

Figura 12 – Fluxo de Elaboração do BEP.



Fonte: ABDI retirado de GDP, 2017

Para Ding et al. (2019), em um processo de construção eficaz, as informações precisam ser entregues à pessoa certa no momento certo. Em um projeto de renovação, a EAP visa garantir uma definição abrangente e adequada de todo o trabalho, bem como reconstrução e transmissão precisas de informações entre os principais participantes.

3.6 BIM – MODELO DE CONTRATAÇÃO

No que tange a contratação de projetos temos diversos tipos de modelos de contratação, principalmente licitações públicas. Dos modelos mais atrativos a implementação de BIM o RDC (Regime Diferenciado de Contratação), regido pela Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011, e posteriormente complementada pela Lei nº 12.980, de 28 de maio de 2014. (ABDI, 2017)

Em ABDI (2017) temos que:

“Dentre as inovações trazidas pelo RDC, destaca-se o regime de execução denominado de “contratação integrada”, inspirada no Decreto nº 2.745/1998, que regulamentava o procedimento licitatório simplificado da Petrobras. Nesse regime, cabe ao licitante/proponente desenvolver o projeto básico e o executivo, além de executar a obra, os testes de recebimento, a pré-operação e outros serviços eventualmente necessários para o comissionamento.”

Em Eastman et al. (2014) é apresentado que o processo de implementação de uma edificação é fragmentado e depende de formas de comunicação baseadas em papel. Erros e omissões nos documentos resultam, frequentemente, em custos imprevistos, atrasos e eventuais litígios judiciais.

Para os autores Eastman et al. (2014) o modelo de contratação que mais explorará as mudanças positivas do BIM é o Projeto & Construção. Modelo no qual a responsabilidade pelo projeto e pela construção é de uma única entidade contratada, simplificando a administração de tarefas do proprietário.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Segundo Galvão e Pereira (2014), os métodos para 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.

Com o objetivo de estruturar a revisão sistemática da literatura sobre o tema abordado por este trabalho foram definidos os seguintes critérios para análise dos artigos e referenciais levantados:

1. Conceitos e apresentações das diversas disciplinas durante a Pós-Graduação, em que foi levantado o material base do conjunto de regras em desenvolvimento no País.
2. Base Scopus de artigos para análise mais aprofundada do tema, cuja pesquisa foi fundamentada de acordo com a Tabela 1 e gerou o string de buscas a seguir.
3. Desenvolvimento dos métodos de gestão da empresa através dos cursos, consultorias e monitoramento dentro da Incubadora de Inovações Tecnológicas da UTFPR. Essa base gerencial foi utilizada para aplicação do fluxo de trabalho da empresa.

4.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Silva (2018), podemos classificar a pesquisa em relação ao método, à abordagem, a natureza, aos objetivos e aos procedimentos. Em função da pesquisa desenvolvida nesse trabalho segue a apresentação da classificação da pesquisa na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 - Classificação da pesquisa.

ASPECTO	CLASSIFICAÇÃO	JUSTIFICATIVA
MÉTODO	INDUTIVO	É o método no qual partindo de análises preliminares, infere-se uma verdade para ser analisada (Markoni e Lakatos, 2010)
ABORDAGEM	QUALITATIVA	Os dados coletados nessas pesquisas são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada (Prodanov e Freitas, 2013)
NATUREZA	APLICADA	Objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (Prodanov e Freitas, 2013)
OBJETIVOS	DESCRITIVA	Expõe as características de uma determinada população ou fenômeno, demandando técnicas padronizadas de coleta de dados. (Prodanov e Freitas, 2013)
PROCEDIMENTOS	BIBLIOGRÁFICA	Elaborada a partir de material já publicado com o objetivo de colocar o pesquisador em contato direto com todo material já escrito sobre o assunto da pesquisa. (Prodanov e Freitas, 2013)

Fonte: A Autora, 2019

As revisões sistemáticas seguem um projeto científico baseado em métodos explícitos, pré-especificados e reproduzíveis. Por esse motivo, quando bem executadas, fornecem estimativas confiáveis sobre os efeitos das intervenções para que as conclusões sejam defensáveis. (Universidade York, 2009)

Em contraste com as revisões narrativas clássicas, as revisões sistemáticas usam uma metodologia explícita e rigorosa. Elas começam com um conjunto declarado de perguntas relevantes e critérios predefinidos para inclusão no estudo. (Meerpohl et al., 2012)

Donato e Donato (2019), afirmam que para uma revisão sistemática da literatura ser bem executada ela deve ser reprodutível e tende a ser imparcial. Visa reduzir o viés através do uso de métodos explícitos para realizar uma pesquisa bibliográfica abrangente e avaliar criticamente os estudos individuais.

Dessa forma Donato e Donato (2019), apresentam a seguinte sequência para um bom desenvolvimento da revisão sistemática:

1. Formular uma questão de investigação;
2. Produzir um protocolo de investigação e efetuar o seu registo (itens 1 e de 3 a 8 devem constar no protocolo de elaboração da revisão sistemática);
3. Definir os critérios de inclusão e de exclusão;
4. Desenvolver uma estratégia de pesquisa e pesquisar literatura – encontrar os estudos;
5. Seleção dos estudos;
6. Avaliação da qualidade dos estudos;
7. Extração dos dados;
8. Síntese dos dados e avaliação da qualidade da evidência;
9. Disseminação dos resultados – Publicação.

4.2 MÉTODOS DA PESQUISA

Em função da Tabela 2, foi desenvolvido o string de buscas na base de dados Scopus. A base de dados Scopus é uma das maiores referências para trabalhos acadêmicos, principalmente, nas áreas relacionadas a Engenharia e Arquitetura.

Scopus é o maior banco de dados de resumos e citações da literatura revisada por pares: revistas científicas, livros e anais de congressos. Oferecendo uma visão abrangente da produção mundial de pesquisa nas áreas de ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e artes e humanidades, a Scopus apresenta ferramentas inteligentes para rastrear, analisar e visualizar pesquisas. (Scopus, 2019)

Tabela 2 – Palavras-chave para String de busca Scopus.

TEMAS PRINCIPAIS	REFERÊNCIA 1	REFERÊNCIA 2	REFERÊNCIA 3
BIM	Building Information Modelling	Building Information Model	BIM 4D OU BIM 5D
WBS	Work Breakdown Structure		
PCP	Production Planning and Control	Project Planning	Construction Management
PROCESSOS	Project Process	Building Management	
IND. CONS. CIVIL	Construction	Construction Industry	

Fonte: A Autora, 2019

Do conjunto de palavras desenvolvido na Tabela 2 foi possível elaborar o seguinte string de buscas na base Scopus:

("BIM" OR "Building Information Modelling" OR "BIM 4D" OR "BIM 5D" OR "BUILDING INFORMATION MODEL") AND ("Project Process" OR "Project Planning" OR "WORK BREAKDOWN STRUCTURE") AND ("BUILDING MANAGEMENT" OR "CONSTRUCTION MANAGEMENT" OR "Construction" OR "Construction Industry" OR "PRODUCTION PLANNING AND CONTROL").

Em função desse string foi possível obter diversas análises para entender a relevância do assunto no cenário mundial e nacional. O próprio banco de dados do Scopus apresenta uma relação de dados, gráficos e tabelas para análise desse trabalho.

Dentre eles serão feitas as análises das seguintes informações:

1. A relevância em função dos documentos publicados por ano, sendo o primeiro em 2003 e o último, ainda a ser publicado, em 2020.
2. Os artigos publicados em suas principais fontes, apresentando assim qual o *Paper* de maior relevância para o assunto tratado por esse trabalho.
3. Outra análise é com relação aos principais autores do tema pesquisado e a sua atuação com processos e BIM.
4. Em quais centros de pesquisas esse tema tem maior relevância, o que corrobora a importância global do tema pesquisado.
5. Uma outra análise será a distribuição de pesquisa por países, identificando assim quais são os principais *players* no tema.
6. Além disso é importante entender a relevância em função do tipo de documento gerado e qual o grau de impacto desses documentos além das principais áreas de atuação dos pesquisadores.
7. Por último uma breve análise da importância para os países em função dos patrocinadores de cada pesquisa.

O BibExcel foi desenvolvido para auxiliar um usuário na análise de dados bibliográficos ou de qualquer natureza textual formatada de maneira semelhante. A ideia é gerar arquivos de dados que podem ser importados para o Excel ou qualquer programa que faça registros de dados com guias, para em processamento. (Persson et al. 2009)

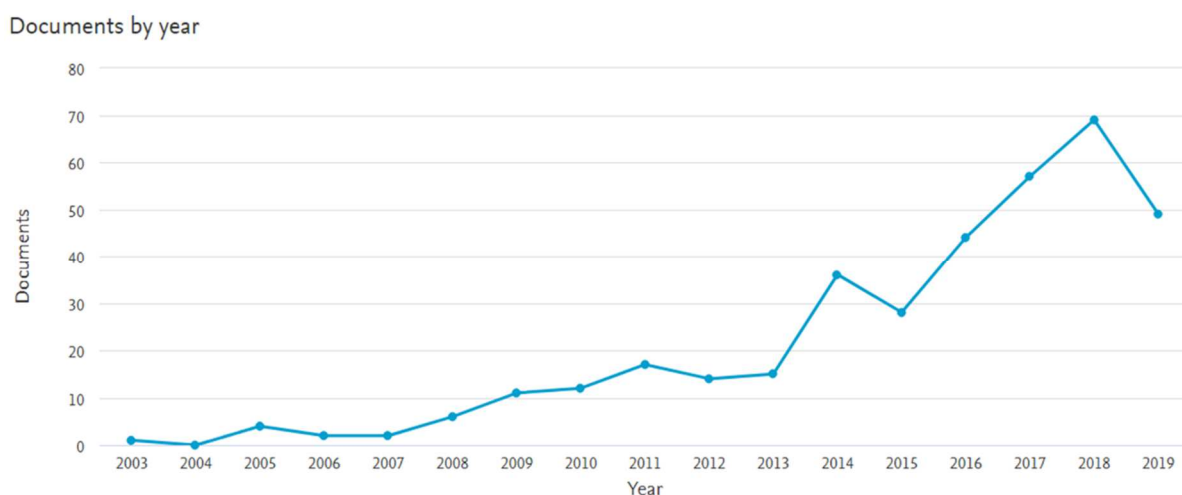
Para uma outra análise de nuvem de palavras em relação aos autores referenciados dentro de todas as publicações levantadas pelo string de buscas principal na plataforma Scopus, foi utilizada a ferramenta Web WordArt.

5 RESULTADOS DA PESQUISA

5.1 DOCUMENTOS POR ANO DE PUBLICAÇÃO

A primeira análise de relevância que esse trabalho apresenta é sobre a atualidade do tema tratado. Para tanto, em função da análise do string de buscas da base de dados Scopus, foi obtido o gráfico de documentos por ano de publicação apresentado na Gráfico 1.

Gráfico 1 – Gráfico de relevância de publicações por ano.



Fonte: Scopus, 2019.

Do Gráfico 1 é possível observar que:

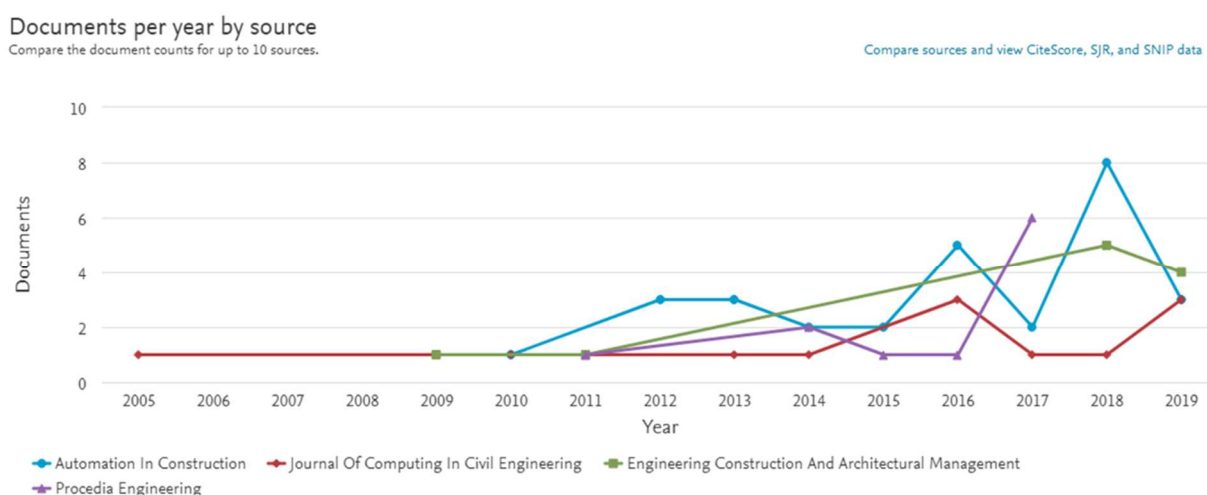
1. O tema é relativamente atual, sendo que as primeiras publicações foram apresentadas no ano de 2003.
2. Está dentro da atualidade uma vez que o conjunto de artigos do tema tem crescido ano após ano de publicações, passando de 1 em 2003 para 69 em 2018. O ano de 2019 ainda não finalizou e já existem ao menos 49 publicações do tema.
3. É um tema cada vez mais relevante visto que as publicações têm crescido a cada ano. Isso representa o interesse da comunidade acadêmica pelo assunto tratado por esse trabalho.

4. É possível observar também que entre os anos de 2015 e 2019 foram publicados 247 documentos, reforçando a necessidade de estudar o tema proposto por esse trabalho.

5.2 DOCUMENTOS POR FONTE E ANO

Uma vez entendido a relevância e a atualidade do tema é importante apresentar quais são as principais fontes dos documentos publicados. Essa etapa corrobora a presença do tema entre os principais *papers* e *journals* ao redor do mundo. O Gráfico 2 apresenta os quatro mais relevantes sobre o tema.

Gráfico 2 – Gráfico de relevância de publicações por ano.



Fonte: Scopus, 2019.

Em função do Gráfico 2 que apresenta o Gráfico sobre as fontes de referência é possível concluir que:

1. O principal *Journal* sobre o tema é Journal Of Construction Engineering And Management (33 artigos publicados entre 2003 e 2019), revista da ASCE, com frequência mensal. É um dos principais do mundo sobre temas relacionados à construção civil.
2. Além dele ainda temos o Automation In Construction (30 artigos publicados entre 2003 e 2019), tem como base a Elsevier que também é um dos maiores bancos de artigos sobre construção no mundo.
3. O próximo é o Journal Of Computing In Civil Engineering (12 artigos publicados entre 2003 e 2019), também é fomentado pela ASCE, com frequência bimestral.

4. Por último o Engineering Construction And Architectural Management (11 artigos publicados entre 2003 e 2019), *journal* com base de dados da Emerald Insight, outra grande plataforma de artigos sobre construção.
5. Assim como no tópico anterior é possível observar um incremento relativamente grande nos últimos anos no número de artigos publicados nos *Journals* de referência.

A seguir a Tabela 3 apresenta as 25 principais fontes dos documentos:

Tabela 3 – As 25 principais fontes de referência para o trabalho

Fonte	Nº de Documentos
Journal Of Construction Engineering And Management	33
Automation In Construction	30
Journal Of Computing In Civil Engineering	12
Engineering Construction And Architectural Management	11
Procedia Engineering	11
Advanced Engineering Informatics	8
Construction Management And Economics	8
Advances In Civil Engineering	7
Buildings	7
Construction Innovation	7
International Journal Of Construction Management	7
International Journal Of Project Management	6
Built Environment Project And Asset Management	5
IFIP Advances In Information And Communication Technology	5
Journal Of Information Technology In Construction	5
Journal Of Management In Engineering	5
Architectural Engineering And Design Management	4
AACE International Transactions	3
Energy And Buildings	3
International Journal Of Managing Projects In Business	3
International Journal Of Technology	3
Ksce Journal Of Civil Engineering	3
Malaysian Construction Research Journal	3
Applied Mechanics And Materials	2
Computer Aided Civil And Infrastructure Engineering	2
Congress On Computing In Civil Engineering Proceedings	2

Fonte: Scopus, 2019.

5.3 DOCUMENTOS POR AUTOR

Em seguida o trabalho será consolidado em função dos principais pesquisadores levantados na análise do string de busca do Scopus, segundo a Gráfico 3.

Gráfico 3 – Gráfico de publicação dos autores no período.

Documents by author

Compare the document counts for up to 15 authors.



Fonte: Scopus, 2019.

A primeira análise de autores, fundamentada pela base de dados Scopus, identificou os principais autores como:

1. O primeiro Autor com o maior número de documentos publicados no período é Conrad Boton, cujos trabalhos estão relacionados a processos e integração de BIM, além de também ter um artigo relacionado a modelagem 4D.
2. Na segunda colocação em número de publicações referente ao tema temos Martin Fischer com abordagem dos temas automação de modelos de estrutura analítica de projetos e modelos integrados de planejamento e orçamento para a construção civil.
3. Angela Lee é a terceira autora com mais publicações no tema abordando principalmente as considerações sobre os n'D níveis de modelagem e a integração entre eles.
4. Xiangyu Wang é o quarto autor com mais publicações sobre o tema desse trabalho, sendo que em suas pesquisas o tema principal é a estrutura de relacionamento para análises de BIM em projetos da construção.

5. Ghassan Aouad é um dos principais autores de referência quando o assunto é a automatização, através de sistemas computacionais, da construção. Dentro do tema do trabalho ele é o quinto autor com mais artigos publicados e tem como base a análise de BIM para o trabalho colaborativo na construção civil.

O levantamento dos autores e suas bases de referência servirão para a análise bibliométrica pelo Pajek e o Bibexcel. Assim este trabalho poderá indicar os grupos de autores que mais se referenciam, se analisam e tem familiaridade do assunto.

Com essa base preparada será possível então analisar, em função dos autores, seus grupos de pesquisa e seus clusters de relacionamento, como o tema do trabalho está sendo abordado, academicamente, ao redor do mundo.

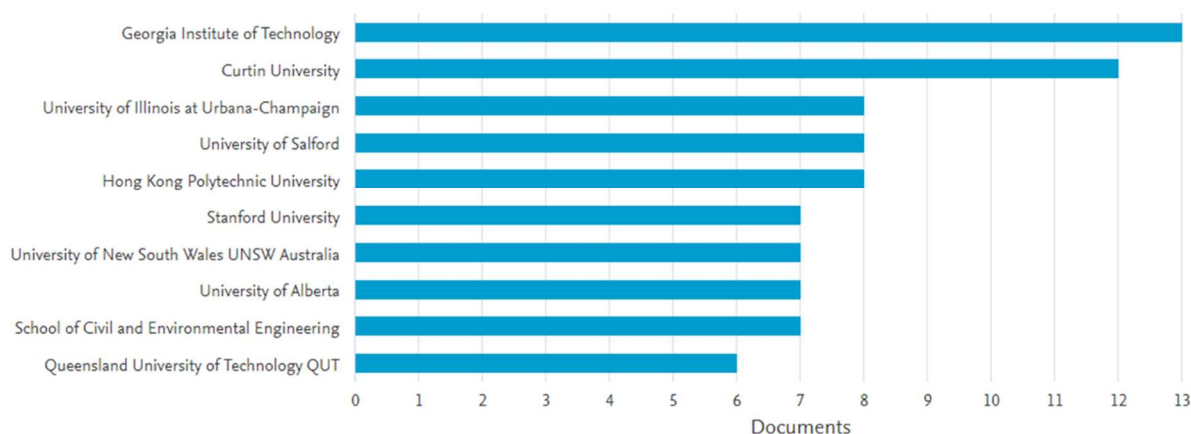
5.4 DOCUMENTOS POR AFILIAÇÃO

Outro ponto importante para validação da relevância do tema de pesquisa deste trabalho é com relação a quais universidades e centros de pesquisa o tema está sendo abordado. Para tanto, a base Scopus fornece o levantamento do Gráfico 4.

Gráfico 4 – Gráfico de publicações por afiliação no período.

Documents by affiliation

Compare the document counts for up to 15 affiliations.



Fonte: Scopus, 2019.

Em função da Figura 6 é possível identificar os principais centros de estudos do tema, sendo as cinco primeiras:

1. Instituto de Tecnologia da Georgia: Universidade de tecnologia nos EUA, no estado da Geórgia. Tem o 4º melhor programa de tecnologia e engenharias do mundo (GEORGIA TECH, 2019). Sendo um dos principais centros de referência do mundo em pesquisas para a área do tema deste trabalho.
2. Curtin University: A Curtin é uma universidade global e inovadora, conhecida por sua pesquisa de alto impacto, fortes parcerias no setor e comprometimento em preparar os alunos para empregos no futuro (CURTIN UNIVERSITY, 2019). É um dos principais centros de estudos de tecnologia e engenharia da Austrália.
3. University of Illinois: Desde a sua fundação em 1867, a Universidade de Illinois em Urbana-Champaign ganhou reputação como líder de classe mundial em

pesquisa, ensino e engajamento público, (UNIVERSITY OF ILLINOIS, 2019). Outra universidade de referência dos EUA, estado do Kansas.

4. University of Salford: É umas das principais universidades da Inglaterra desenvolvendo pesquisa de ponta em tecnologia.
5. Hong Kong Polytechnic University: É uma das 100 principais universidades do mundo e desenvolve pesquisas de ponta em um dos países com maior desenvolvimento econômico do mundo. Está listada entre as 15 principais universidades de pesquisa em engenharia civil e estrutura (POLYU, 2019).

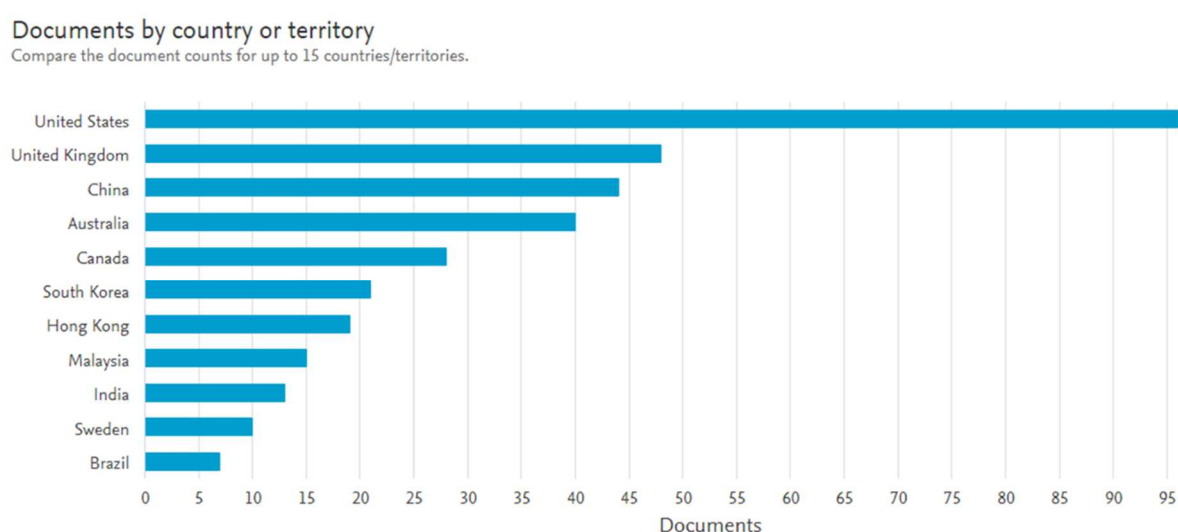
É interessante observar que entre as cinco principais universidades que abordam o tema do trabalho temos 4 continentes, o que demonstra a importância e a relevância do estudo em diversas partes do mundo.

Todas as universidades, entre as 10 apresentadas na Figura 6, estão entre as principais universidades e centros de pesquisa de seus respectivos países e continentes.

5.6 DOCUMENTOS POR PAÍS

Assim que o tipo de centro de pesquisa demonstra a relevância do tema abordado é importante analisar em quais países estão sendo feitos os estudos do assunto. Para tanto o Gráfico 5, apresenta o gráfico dos principais países centros de estudos do tema.

Gráfico 5 – Gráfico de publicações por país no período.



Fonte: Scopus, 2019.

De acordo com o Gráfico 5, podemos observar que os principais países são os Estados Unidos da América (com 95 artigos publicados no período, Reino Unido (com 48 artigos publicados no período), a China (com 44 artigos publicados no período), a Austrália (com 40 artigos publicados no período) e o Canadá (com 28 artigos publicados no período).

A relevância do estudo das publicações dos países se dá, em grande parte, para identificar se o estudo é tratado em diversos continentes, o que é comprovado com a Tabela 3.

Tabela 4 – Os 25 principais países ou territórios de referência para o trabalho.

	País ou Território	Nº de Documentos
1.	United States	96
2.	United Kingdom	48
3.	China	44
4.	Australia	40
5.	Canada	28
6.	South Korea	21
7.	Hong Kong	19
8.	Malaysia	15
9.	India	13
10.	Sweden	10
11.	Germany	9
12.	Taiwan	8
13.	Brazil	7
14.	Iran	7
15.	Norway	7
16.	Turkey	6
17.	Egypt	5
18.	Greece	5
19.	Israel	5
20.	Italy	5
21.	France	4
22.	New Zealand	4
23.	Singapore	4
24.	Spain	4
25.	Chile	3

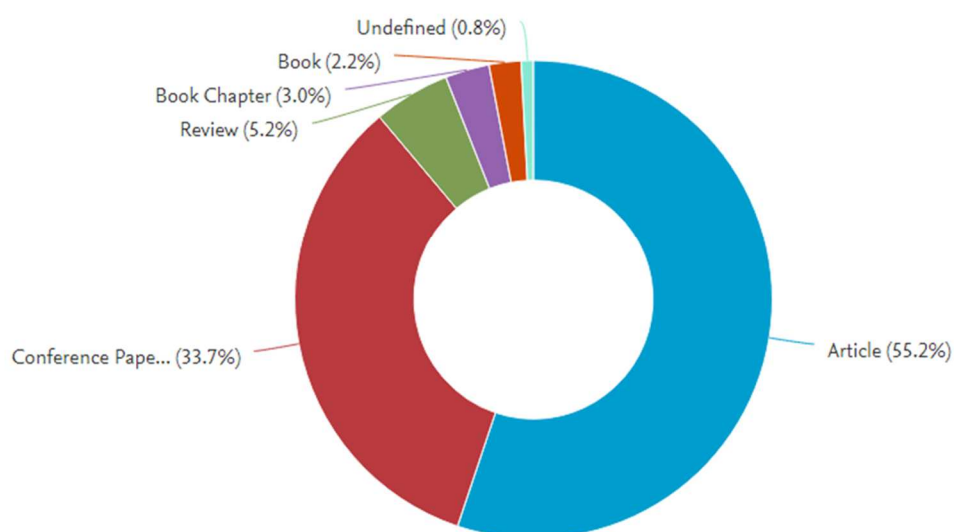
Fonte: Scopus, 2019.

Destaque para Brasil e Chile como os países representantes da América Latina com 7 e 3 artigos publicados no período. O que aponta dois fatos, o primeiro é que o Brasil tem um destaque internacional na publicação de artigos, porém o segundo é que a diferença para os primeiros colocados é relativamente grande, donde pode-se concluir que é muito importante a continuidade do estudo do tema para o desenvolvimento de BIM no nosso país.

Além da análise quantitativa é possível estabelecer uma análise de tipologia sobre o tratamento das publicações e podemos encontrar os seguintes resultados conforme Gráfico 6. Essa análise permite observar que quase 90% das publicações estão relacionadas a artigos técnicos (55%) e publicações em conferências (34%).

Gráfico 6 – Gráfico de publicações por tipo no período.

Documents by type

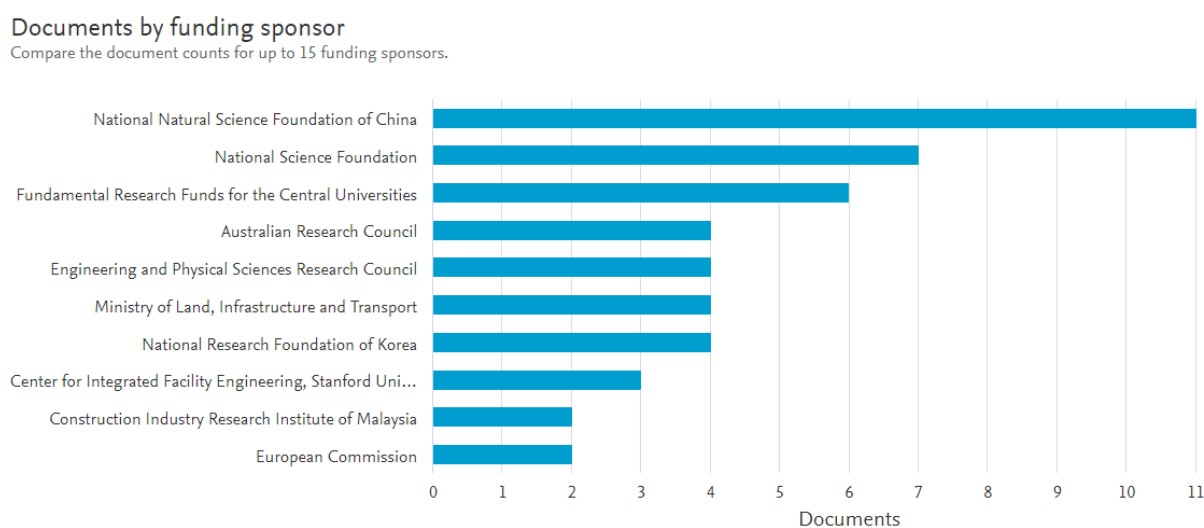


Fonte: Scopus, 2019.

5.7 DOCUMENTOS POR PATROCINADORES

Com relação à relevância para os países em relação aos centros de financiamento ou patrocinadores das pesquisas a partir do string de buscas foi possível obter o resultado do Gráfico 7.

Gráfico 7 – Os 10 principais agentes de financiamento da pesquisa.



Fonte: Scopus, 2019.

O principal centro de financiamento de pesquisas relacionado ao tema é a Fundação Nacional de Ciências Naturais da China com 11 publicações relacionadas aos seus investimentos. Outro centro financiador da China que está presente entre os dez primeiros Centro de Financiamentos para Universidades com 6 publicações patrocinadas.

Na sequência temos a Fundação de Ciências Naturais nos EUA com 7 artigos publicados. Também entre os dez primeiros e nos EUA temos a CEEE com 3 relacionados à pesquisa com publicações relevantes.

Entre os outros temos centros de investimentos na Austrália (4 publicações), Reino Unido (4 publicações), Japão (4 publicações), Coreia do Sul (4 publicações), Malásia (2 publicações) e União Europeia (2 publicações).

Entendendo que esse é uma das análises importantes para destacar a relevância do tema segue a Tabela 5, com os 25 principais centros de financiamento do tema da pesquisa.

Tabela 5 – Os 25 principais centros de financiamento de pesquisas relacionadas ao tema do trabalho.

Centros de Financiamento	Nº de Documentos
1. National Natural Science Foundation of China	11
2. National Science Foundation	7
3. Fundamental Research Funds for the Central Universities	6
4. Australian Research Council	4
5. Engineering and Physical Sciences Research Council	4
6. Ministry of Land, Infrastructure and Transport	4
7. National Research Foundation of Korea	4
8. Center for Integrated Facility Engineering, Stanford University	3
9. Construction Industry Research Institute of Malaysia	2
10. European Commission	2
11. Fonds National de la Recherche Luxembourg	2
12. Guangzhou Science and Technology Program key projects	2
13. Humanities and Social Science Fund of Ministry of Education of China	2
14. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs	2
15. National Basic Research Program of China (973 Program)	2
16. Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada	2
17. Queensland University of Technology	2
18. Stanford University	2
19. Aeronautical Science Foundation of China	1
20. Agence Nationale de la Recherche	1
21. Agência Nacional de Inovação	1
22. Airbus	1
23. Bradford Centre for Sustainable Environments, University of Bradford	1
24. British Association for Psychopharmacology	1
25. Bundesministerium für Bildung und Forschung	1



Fonte: Scopus, 2019.

5.8 ANÁLISE DOS CLUSTERS DOS AUTORES

Utilizando a ferramenta BibExcel para fracionar e relacionar todas as citações contidas nos principais autores de referência deste trabalho e com a ferramenta Pajek, para desenvolver graficamente as interrelações dos autores foi possível obter a Figura 13.

Nela temos a representação dos principais clusters de autores apresentados, na Tabela 6 estão os principais autores dos clusters e suas áreas de desenvolvimento de pesquisa e correlação com o tema deste trabalho.

Tabela 6 – Autores, Clusters, Área de Pesquisa e Relação com o Tema

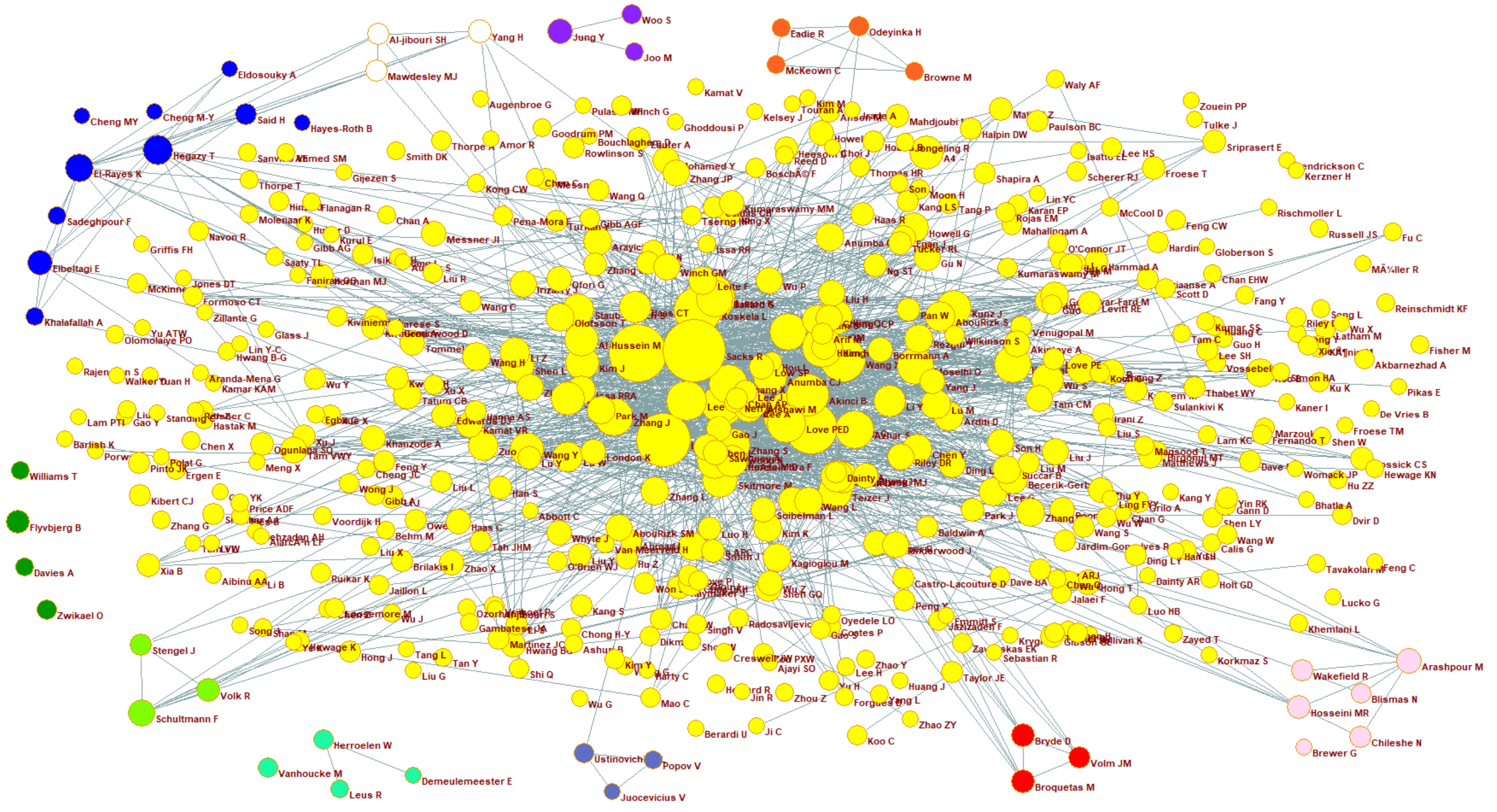
	Nome do Autor	País do Autor	Área de Pesquisa	Relação Pesquisa	Cor Cluster
1.	Eastman, C.	EUA	BIM Geral	BIM	
2.	Odeyinka, H.	Nigéria	Implementação BIM	BIM	
3.	Jung, Y.	China	Estrutura BIM	WBS	
4.	Mawdesley, M.J.	Reino Unido	Planejamento BIM	4D	
5.	Hegazy, T.	EUA	Orçamento BIM	5D	
6.	Flyvbjerg, B.	Reino Unido	BIM para o Proprietário	BIM	
7.	Schultmann, F.	Alemanha	Eficiência Energética	6D	
8.	Herroelen, W	Bélgica	Cronograma BIM	4D	
9.	Popov, V.	Rússia	Implementação BIM	BIM	
10.	Broquetas, M.	Espanha	Benefícios BIM	BIM	
11.	Arashpour, M.	Austrália	Ensino BIM	BIM	

Fonte: A Autora, 2019.

E da relação entre a Figura 13 e a Tabela 6 é possível identificar que existe um cluster de autores que é muito superior a quantidade de autores dos outros clusters o que indica uma integração grande entre a grande maioria dos autores.

Existem 10 clusters, excluindo o grupo amarelo, que estão vinculados com os temas principais da análise de BIM em um contexto global, passando pela modelagem em si, bem como outras análises 4D, 5D e 6D.

Figura 13 – Clusters dos Autores referência da pesquisa



Fonte: A Autora, 2019.

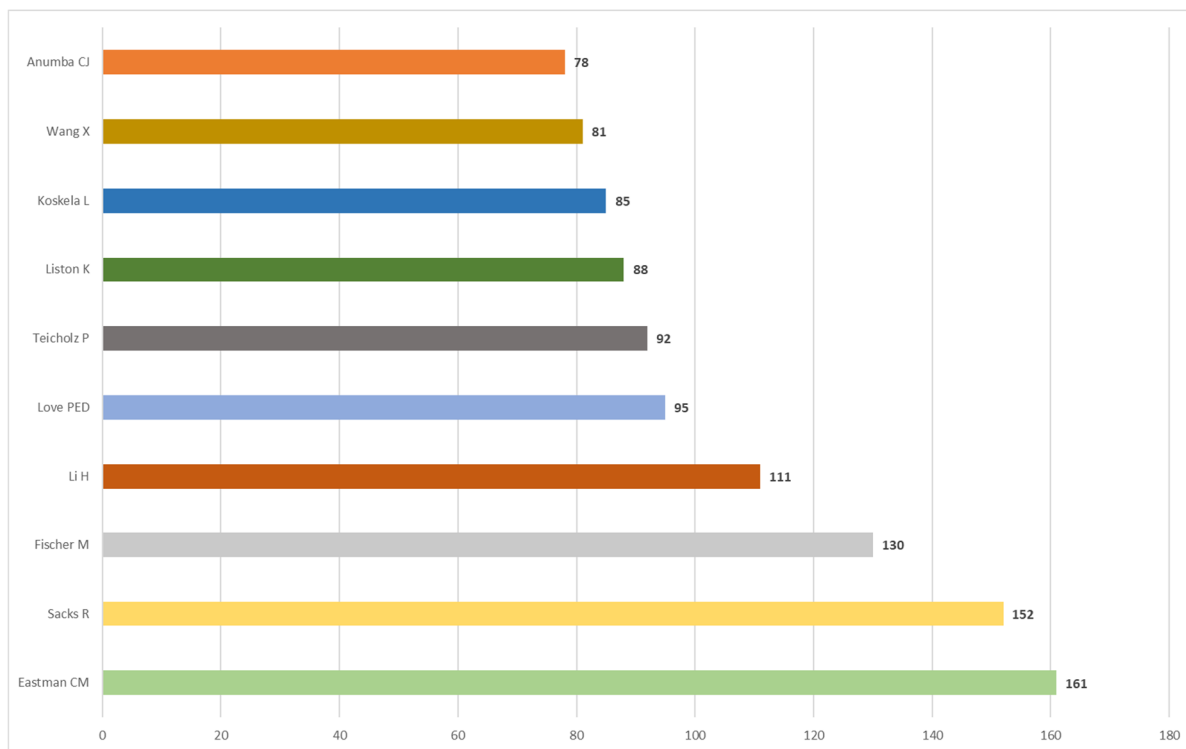
Além da análise de clusters, para apresentar uma abordagem mais visual sobre a relação dos principais autores referenciados foi desenvolvido o trabalho de nuvem de palavras com os nomes dos autores com mais citações de trabalhos entre os trabalhos relacionados com o tema central dessa pesquisa, conforme Figura 14.

Figura 14 – Nuvem de palavras dos principais autores citados nos trabalhos da pesquisa



Fonte: A Autora, 2019.

Portanto, da Tabela 6 e das Figuras 13 e 14, temos o resumo dos 10 principais autores referenciados nos principais trabalhos encontrados pelo string de buscas da pesquisa, conforme Gráfico 8.

Gráfico 8 – Os 10 principais agentes de financiamento da pesquisa.

Fonte: A Autora, 2019.

5.9 ANÁLISE DAS REFERÊNCIAS PRINCIPAIS

Por último temos a análise dos trabalhos lidos e tabelados formando um pool de temas abordados pelos principais autores encontrados pelo string de buscas do trabalho. A primeira análise é com relação aos tipos de pesquisa (Tabela 7).

Tabela 7 – Tipos de pesquisa dos trabalhos de referência

	TIPO DE PESQUISA	ANO INÍCIO	ANO FIM	Nº DE TRABALHOS
1.	ESTUDO DE CASO	2009	2019	22
2.	GUIA DE USO	2017	2018	2
3.	REVISÃO DE LITERATURA	2010	2017	3
4.	SEMINÁRIO	2017	2017	1
5.	SURVEY	2005	2019	9

Fonte: A Autora, 2019.

A maior parte dos trabalhos está relacionada a estudos de casos sobre a utilização, implementação e/ou boas práticas no uso e aprendizagem das empresas com BIM. Na sequência diversas pesquisas de questionários sobre empresas e profissionais e seus métodos de utilização de BIM no seu dia-a-dia.

Uma segunda análise realizada foi sobre os temas interrelacionados das pesquisas utilizadas como base de referencial teórico do trabalho. Nesse sentido foram encontrados 7 principais temas: Aplicação de BIM, Classificação IFC, Gerenciamento de Segurança, Orçamento de Obras, Planejamento de Obras, Processo de Projeto e Trabalho Colaborativo.

A Tabela 8 apresenta os tipos de estudos, o ano em que o primeiro trabalho foi publicado, ano da última publicação sobre o tema, o número de trabalhos relacionados e o nome dos primeiros autores de cada artigo sobre cada estudo.

Tabela 8 – Tipos de estudo dos trabalhos de referência

TIPO DE ESTUDO	ANO INÍCIO	ANO FIM	Nº DE TRABALHOS	NOME DOS AUTORES
1. APLICAÇÃO DE BIM	2007	2012	2	Lee, A.; Garbini, M.A.L.
2. CLASSIFICAÇÃO IFC	2011	2011	1	SILVA, J.C.B.; AMORIM, S.R.L
3. GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA	2017	2017	1	Martines-Aires, M.D.
4. ORÇAMENTO DE OBRAS	2014	2015	2	Santos, A.P.L.; SAKAMORI, M.M.
5. PLANEJAMENTO DE OBRAS	2009	2019	15	Peterson, F.; Clemente, J; BIOTTO, C. N.; BOTON, C.; HAN, K.K.; MENDES JUNIOR, R.; RISCHMOLLER, L.; SILVA, P.H.; Aredah, A.S.; Torres-Calderon, W.; Crowther, J.; Ding, Z.; Melzner, J.
6. PROCESSO DE PROJETO	2007	2018	9	Florio, W.; Santos, A.P.L.; ANTUNES, C. E.; SANTOS, S.D.; CATELANI, W.S.; AMIM, K. F.; CBIC; ABDI; BOTON, C.
7. TRABALHO COLABORATIVO	2005	2017	7	Aouad, G.; Addor, M.R.A.; RUSCHEL, R.C.; KIM, T.W.; MACIEL, M.; BOTON, C.; GEVAERD, P.H.F.

Fonte: A Autora, 2019.

6 CONCLUSÕES

Com relação à pergunta da pesquisa o que pode-se concluir em função das análises realizadas por esse trabalho é que: A relevância do tema “Aplicação de Modelagem 4D e 5D” no contexto global é grande. A explicação do porque obteve-se essa conclusão segue na sequência das conclusões.

A pesquisa fundamentou-se inicialmente em problemas e questões que justificam sua existência a partir de problemas do cotidiano da pesquisadora e da empresa em que atua. Portanto, no contexto local, o tema é relevante, pois está diretamente relacionado ao dia-a-dia do trabalho executado pela pesquisadora.

Em função das primeiras leituras de trabalhos de pesquisadores já consolidados sobre o tema foi possível começar a definir o string de buscas para os mais diversos tipos de banco de dados, ou bibliotecas digitais, sobre o tema.

Dentre os diversos tipos foi selecionado o banco de dados da base Scopus. Principal referência de trabalhos sobre engenharia e arquitetura. Partiu-se do pressuposto que, se na base Scopus, a quantidade de artigos fosse relevante, o trabalho por si só seria relevante. E na primeira análise do string o número de artigos foi relativamente elevado.

Portanto, considerando a base de dados Scopus como relevante no cenário global e o número de artigos que estão alinhados com o string de buscas é alto, pode-se concluir que o tema tem relevância no contexto global. O que seguiu a partir daí foi a análise qualitativa e quantitativa dos dados extraídos da base.

O referencial teórico, inicialmente básico e formado apenas pelas leituras iniciais, pode ser estruturado de forma mais densa, uma vez que o conteúdo foi aprimorado a partir dos principais artigos relacionados com o tema pesquisado.

É relevante salientar que a pesquisa tomou como base as palavras chave dos autores iniciais e que, portanto, pode ser aprimorada com novas validações de palavras chave do novo grupo de trabalhos levantados pela pesquisadora.

De qualquer forma, a partir do grupo de trabalhos levantados a base Scopus permite uma análise mais aprofundada do perfil dos autores a partir de gráficos e tabelas de análises como principais autores, países, centros de pesquisas e tipos de documentos encontrados.

Conforme os primeiros 7 subitens do Capítulo 5 apresentam, temos apontada a relevância do tema no contexto global principalmente pela distribuição de trabalhos em todos os continentes e, a presença de grandes centros de pesquisa relacionados ao tema.

Na sequência, para comprovar a relevância do tema e a fundamentação teórica dos autores dos principais artigos analisados foi realizada uma análise de correlação dos autores e referências pelos programas BibExcel e Pajek.

Dessa forma foi possível apresentar os principais clusters de autores relacionados ao tema e no subitem 8 do Capítulo 5 temos apresentados os 11 clusters com suas principais pesquisas e, também, o gráfico de correlação dos principais autores citados.

A partir da correlação foi criada a nuvem dos principais nomes relacionados ao tema identificando e comprovando a relevância do tema, uma vez que os 10 principais autores citados nas pesquisas são de fato os principais autores de publicações sobre o tema no contexto global.

Em seguida, no subitem 9 do Capítulo 5, foi desenvolvida uma análise qualitativa dos temas apresentados pelos autores dos principais artigos referência deste trabalho para confirmar a relevância do tema.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível analisar e identificar que a pesquisa sobre o tema é relevante tanto no exterior como no país e, portanto, novos estudos sobre o tema devem ser desenvolvidos a fim de complementar esta pesquisa.

A revisão sistemática da literatura deve ser exaustiva e contemplar o maior número de artigos e publicações sobre o tema. Tentou-se nesse trabalho apresentar os principais trabalhos relacionados ao tema, porém, sabe-se que, para ter uma melhor qualidade nos resultados novas iterações do string de busca podem e devem ser feitos em trabalhos futuros.

Com este trabalho será possível também trabalhar estudos de caso para aplicação em casos reais as principais iniciativas encontradas sobre planejamento de obras, framework de processos BIM, contratação de empresas e trabalho colaborativo com os diversos envolvidos no processo.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: Coletânea Guias BIM**. ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2017.
- ABDI. **Mapeamento internacional de bibliotecas de *Building Information Modelling* (BIM)**. ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. – Brasília, DF: ABDI, 2018.
- ABNT. NBR 12.006-2. **Construção de edificação - Organização de informação da construção Parte 2: Estrutura para classificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. ABNT/CEE-134 Modelagem de Informação da Construção. 27 de fevereiro de 2018.
- ADDOR, M.R.A., CASTANHO, M.D.A., CAMBIAGHI, H., DELATORRE, J.P.M., NARDELLI, E. S., OLIVEIRA, A. L. **Colocando o "i" no BIM**. USJT - ARQ.URB - número 4 segundo semestre de 2010.
- AMIN, K.F., ABANDA, H.F. **Developing a Business Case for BIM for a Design and Build Project in Egypt – Chapter 11**. Data-Driven Modeling for Sustainable Engineering. How to end the climate crisis. Proceedings of the First International Conference on Engineering, Applied Sciences and System Modeling. (ICEASS), Accra - Gana, 2017.
- ANTUNES, C. E. **Mapeamento de processos e determinação de requisitos de informação em projetos de estruturas em concreto armado para obras de saneamento através de sistemas BIM: estudo de caso utilizando a metodologia IDM**. 148p. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- AOUAD G., LEE A, WU S.. **nD Modelling for Collaborative Working in Construction, Architectural Engineering and Design Management**, 1:1, 33-44, (2005).
- AREDAH, A. S., BARAKA, M.A., ELKHAFIFI, M. **Project Scheduling Techniques Within a Building Information Modeling (BIM) Environment: A Survey Study**. IEEE ENGINEERING MANAGEMENT REVIEW, VOL. 47, NO. 2, SECOND QUARTER, JUNE 2019.
- BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. **Método para o uso da Modelagem BIM 4D na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção**. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3.; Encontro De Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6., 2013, Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013.

BOTON, C. KUBICKI, S., HALIN, G. **Designing adapted visualization for collaborative 4D applications.** Automation in Construction 36 (2013) 152–167. © 2013 Elsevier B.V. All rights reserved. 2013.

BOTON, C., RIVEST, L., FORGUES, D., JUPP, J. **Comparing PLM and BIM from the Product Structure Standpoint.** © IFIP International Federation for Information Processing 2016. Published by Springer International Publishing AG 2016. All Rights Reserved R. Harik et al. (Eds.): PLM 2016, IFIP AICT 492, pp. 443–453, 2016.

BOTON, C., FORGUES, D. **The need for a new systemic approach to study collaboration in the construction industry.** Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia. 2017.

BOTON, C., FORGUES, D. **Practices and Processes in BIM Projects: An Exploratory Case Study.** Hindawi. Advances in Civil Engineering. Volume 2018, Article ID 7259659, 12 pages. 2018.

BUILDINGSMART. Disponível em: <https://education.buildingsmart.org/>. Acesso em: 16 de Setembro de 2019.

BRASIL. Decreto Lei Nº9.377, de 17 de Maio de 2018. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, DF. 18 mai 2018, Seção 1, p. 3.

CATELANI, W. S. **BIM = [inovação na construção].** Seminário Nacional de Arquitetura e Urbanismo: Diálogo com o Futuro. Brasília. 2016.

CLEMENTE, J., CACHADINHA, N. **Building information modeling como ferramenta de visualização de realidade aumentada em obras de reabilitação – um caso de estudo.** 4º Congresso Nacional Construção 2012. Coimbra, Portugal. 2012.

CROWTHER, J., AJAYI, S. **Impacts of 4D BIM on construction project performance.** International Journal of Construction Management. DOI: 10.1080/15623599.2019.1580832. 2019.

CURTIN UNIVERSITY. Disponível em: <https://about.curtin.edu.au/>. Acesso em: 12 de Setembro de 2019.

DING, Z., LIU, S., LIAO, L., ZHANG, L. **A digital construction framework integrating building information modeling and reverse engineering technologies for renovation projects.** Automation in Construction 102 (2019) 45–58. 2019.

DONTATO, H. , DONATO, M. **Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática.** Revista Científica da Ordem dos Médicos. Acta Med Port 2019 Mar;32(3):227-235. 2019.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K.. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

KIM, T W., FISCHER, M.A. **Ontology for Representing Building Users Activities in Space-Use Analysis.** Journal Construction Engineering Management, 2014, 140(8): 04014035. 2014.

FLORIO, W. **Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura.** III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre – RS. 2007.

GALVÃO, T.F., PEREIRA, M.G. **Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração.** Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, 23(1):183-184, jan-mar 2014. 2014.

GARBINI, M. A. L. **Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia BIM.** Cuiabá, 2012. 182f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

GARDOUNIS, F., CHONG, H.Y., WANG, X. **A Conceptual Framework for Social Network Analysis of Building Information Modelling in Construction Projects.** IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP). Cochin, India 2017.

GEORGIA TECH. Disponível em: <https://www.gatech.edu/about/rankings>. Acesso em: 12 de Setembro de 2019.

GEVAERD, P. H. F. **Diagnóstico de maturidade tecnológica de micro e pequenas empresas da indústria AEC para implementação da Engenharia Simultânea.** 198 p. 2017. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

HAN, K.K., GOLPARVAR-FARD, M. **Automated Monitoring of Operation-Level Construction Progress Using 4D BIM and Daily Site Photologs.** Construction Research Congress 2014 ©ASCE 2014. P1033 – 1042. 2014.

HAN, K.K., CLINE, D., GOLPARVAR-FARD, M. **Formalized knowledge of construction sequencing for visual monitoring of work-in-progress via incomplete point clouds and low-LoD 4D BIMs.** Advanced Engineering Informatics 29 (2015) 889–901. 2015.

ISO. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/38706.html>. Acesso em: 17 de Setembro de 2019.

LEE, A., SEXTON, M. G. **nD modelling: industry uptake considerations.** Construction Innovation, Vol.7, N°3, p. 288-302. 2007.

MACIEL, M., OLIVEIRA, F., SANTOS, D. **Dificuldades para a implantação de softwares integradores de projeto (bim) por escritórios de projetos de cidades do nordeste do brasil.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional. Maceió – AL. 2014.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**, 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTÍNEZ-AÍRES, LOPES-ALONSO, M., MATÍNES-ROJA, M. **Building information modeling and safety management: A systematic review.** Safety Science 101 (2018) 11–18. 0925-7535/ © 2017 Elsevier Ltd. All rights reserved. 2017.

MEERPOHL, J.J., HERRLE, F., ANTES, G., VON ELM, E. **Scientific Value of Systematic Reviews: Survey of Editors of Core Clinical Journals.** ONE 7(5): e35732. doi:10.1371/journal.pone.0035732. 2012.

MENDES JUNIOR, R., SCHEER, S., GARRIDO, M. C., CAMPESTRINI, T.F. **Integração da modelagem da informação da construção (bim) com o planejamento e controle da produção.** XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional. Maceió – AL. 2014.

PERSSON, O.; DANELL, R.; SCHNEIDER, J. W. **How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis.** In: Celebrating scholarly communication studies: a Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday, p. 9-24. Leuven, Belgium: International Society for Scientometrics and Informetrics, 2009.

PETERSON, F., FISCHER, M., TUTTI, T. **Integrated Scope-Cost-Schedule Model System for Civil Works.** CIFE Working Paper #WP114. Stanford University. London – UK. 2009.

POLYU. Disponível em: https://www.polyu.edu.hk/irpo/ranking_and_awards.php. Acesso em 12 de Setembro de 2019.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico.** Novo Hamburgo: Feevale, 2009.

RISCHMOLLER, L., DONG, N., FISCHER, M.A., KHANZODE, A. **Automation of the building information model breakdown structure.** Em: LC3 2017 Volume II – *Proceedings of th 25th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, Walsh, K., Sacks, R., Brilakis, I.(eds.). Heraklion. Grécia. Pp. 389-396. 2017.

RUSCHEL, R.C., VALENTE, C.A.V., CACERE, E., QUEIROZ, S.R.S.L. **O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na**

indústria da construção civil. REEC, Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Volume 7, nº 3, p. 36-54, Universidade Federal de Goiás – UFG. 2013.

SAKAMORI, M. M. **Modelagem 5D (BIM) : processo de orçamentação com estudo sobre controle de custos e valor agregado para empreendimentos de construção civil.** p180. 2015. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SANTOS, A.P.L., WITICOVSKI, L.C., GARCIA, L.E.M, SCHEER, S. **A utilização do BIM em projetos de construção civil.** IJIE – Iberoamerican Journal of Industrial Engineering / Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial / Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial. Florianópolis, SC, vol.1, nº 2, p. 24-42, dez. 2009.

SANTOS, A.P.L., ANTUNES, C.E., BALBINOT, G.B. **Levantamento de quantitativos de obras: comparação entre o método tradicional e experimentos em tecnologia BIM.** Revista Ibero-americana de Engenharia Industrial. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianopolis, SC, Brazil, v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SANTOS, S.D., VENDREMETTO, O., GONZÁLEZ, M.L., CORREIA, C.F. **Potential of Building Information Modeling – BIM - Tools Inside Brazilian Civil Construction Scenery.** © IFIP International Federation for Information Processing 2015. S. Umeda et al. (Eds.): APMS 2015, Part I, IFIP AICT 459, pp. 299–307, 2015.

SCOPUS. Copyright © 2019. Elsevier, B. V. Disponível em: <<http://www.scopus.com>>. Acesso em: 10 de Agosto de 2019.

SILVA, G. P. da. **Identificação dos impactos da Indústria 4.0 nas organizações: uma Revisão Sistemática de Literatura.** 2018. 90p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

SILVA, J.C.B., AMORIM, S.R.L. **A contribuição dos sistemas de classificação para a tecnologia bim - uma abordagem teórica.** V TIC - Salvador, Bahia, Brasil, 4 e 5 de agosto de 2011.

SILVA, P. H. **Diretrizes de modelagem da informação da construção (bim) em projeto e planejamento de edifícios multipavimentos.** 293p. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

SUCCAR, B., KASSEM, M. **Macro-BIM adoption: Conceptual structures.** Automation in Construction 57, (2015), p64-79. 2015.

TORRES-CALDERÓN, W., CHI, Y., AMER, F., FARD-GOLPARVAR, M. **Automated Mining of Construction Schedules for Easy and Quick Assembly of 4D BIM Simulations.** ASCE. Computing in Civil Engineering 2019.

UNIVERSITY OF ILLINOIS. Disponível em: <https://illinois.edu/about/index.html>. Acesso em 12 de Setembro de 2019.

UNIVERSITY OF YORK. **Systematic Reviews: CRD's guidance for undertaking reviews in health care.** Centre for Reviews and Dissemination, University of York, 2008. United Kingdom, 2009.