



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL



AURÉLIA EMANOELA DE FREITAS GONÇALVES LANDIM

**OS OBSTÁCULOS À IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM COMO
PLATAFORMA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Cajazeiras
2020

AURÉLIA EMANOELA DE FREITAS GONÇALVES LANDIM

**OS OBSTÁCULOS À IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM COMO
PLATAFORMA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO
CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Mateus Rodrigues da Costa

Cajazeiras
2020

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catálogo na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

L155o

Landim, Aurélia Emanoela de Freitas Gonçalves

Os obstáculos à implantação da tecnologia BIM como plataforma no desenvolvimento de projetos na construção civil: uma revisão sistemática de literatura / Aurélia Emanoela de Freitas Gonçalves Landim; orientador Mateus Rodrigues da Costa. - Cajazeiras, 2020.

63 f.: il.

Orientador: Mateus Rodrigues da Costa.

TCC (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

1. Building Information Modeling 2. Construção civil I. Título

69(0.067)

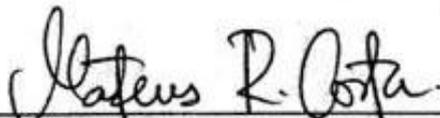
AURÉLIA EMANOELA DE FREITAS GONÇALVES LANDIM

**OS OBSTÁCULOS À IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM COMO
PLATAFORMA NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS NA
CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

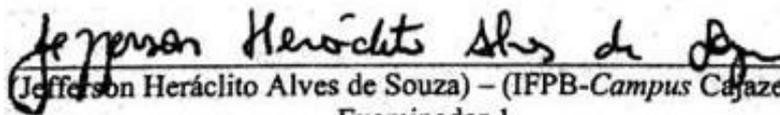
Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Coordenação do Curso de
Bacharelado em Engenharia Civil do
Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba, como parte dos
requisitos para a obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 18 de Fevereiro de 2020

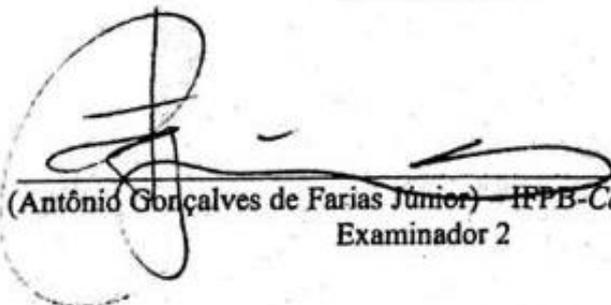
BANCA EXAMINADORA



(Mateus Rodrigues da Costa) – (IFPB-Campus Cajazeiras)
Orientador



(Jefferson Heráclito Alves de Souza) – (IFPB-Campus Cajazeiras)
Examinador 1



(Antônio Gonçalves de Farias Júnior) – (IFPB-Campus Cajazeiras)
Examinador 2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em especial aos meus pais e meus avós, por toda compreensão, dedicação e auxílio em todos os momentos difíceis. Também a todos os meus amigos por todo o apoio e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela sua presença onipotente em todos os momentos da minha vida, por todo o cuidado e oportunidades de sempre ter a chance de evoluir, por sempre me ouvir nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Antonio e Neta, responsáveis por me construírem com os melhores princípios e valores, por me apoiarem diante das dificuldades, pela dedicação ao longo desses anos e por fazerem o possível e o impossível para que eu realize os meus sonhos.

Aos meus avós, Manoel e Dora, pela ajuda e suporte durante toda essa jornada, por serem meus exemplos de vida e por me mostrarem o amor incondicional.

À minha irmã, Ana Carolina, por fazer minha vida mais leve e feliz e por me mostrar que a vida vale mais a pena quando existe alguém que te admira.

Ao meu namorado, Wellerson, pelo amor e cuidado que sempre me demonstra, por me escutar e me motivar, pela participação e apoio em todos os momentos dedicados ao desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos, que se tornaram uma família, em especial Alex, Alexandra, Alice, Álison, André, Assis, Breno, Geovany e Leonardo, por me fazerem esquecer a saudade de casa, estando comigo em muitos momentos felizes que guardarei para sempre na memória.

Ao meu orientador, Mateus Rodrigues da Costa, por ser um grande exemplo de dedicação, inteligência e competência, pelo apoio e contribuições durante o desenvolvimento deste trabalho, que só o tornaram melhor.

A todos os professores, pelos sábios ensinamentos e por compartilharem o amor pela Engenharia com todos nós, alunos, tornando-se exemplos de pessoas e profissionais, sem vocês nada disso existiria.

Ao Instituto Federal da Paraíba, IFPB, *Campus* Cajazeiras pela oportunidade de adquirir tantos conhecimentos e por ser minha segunda casa nesses 5 anos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste estudo.

Muito obrigada.

RESUMO

A Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM) é um dos desenvolvimentos recentes mais promissores na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). No entanto, sua adoção continua sendo um desafio para a indústria AEC, pois requer mudanças organizacionais e culturais, levando a uma discrepância no estado atual de implementação do BIM em muitos países. Dessa forma, este trabalho busca definir os principais obstáculos à implantação do BIM como plataforma de desenvolvimento de projetos através de uma revisão sistemática da literatura, avaliando estudos relevantes que contribuam para a identificação dos principais desafios ainda existentes na adoção do BIM na construção civil. A realização da revisão sistemática permitiu a análise de 23 barreiras reconhecidas por todos os estudos e respectivos países, independente do seu nível de implementação do BIM. Finalmente, a identificação dos desafios permitiu a elaboração de estratégias para mitigação dos fatores limitantes à implementação do BIM, contribuindo para que o setor AEC desenvolva soluções direcionadas para superar esses desafios.

Palavras-Chave: *Building Information Modeling*; BIM; Obstáculos; Desafios; Construção Civil.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is one of the most promising recent developments in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry. However, its adoption remains a challenge for the AEC industry, as it requires organizational and cultural changes, leading to a discrepancy in the current state of BIM adoption in many countries. Therefore, this work seeks to define the main obstacles to the implementation of BIM as a platform for project development through a systematic review of the literature, evaluating relevant studies that contribute to the identification of the main challenges still existing in the adoption of BIM in civil construction. The systematic review allowed the analysis of 23 barriers recognized by all studies and respective countries, regardless of their level of BIM adoption. Finally, the identification of challenges allowed the development of strategies to mitigate the factors limiting the implementation of BIM, helping the AEC sector to develop solutions aimed at overcoming these challenges.

Keywords: Building Information Modeling; BIM; Obstacles; Challenges; Construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo de vida da edificação com o BIM.....	20
Figura 2 – Interação entre vários projetos.	21
Figura 3 – Dimensões do BIM.	21
Figura 4 – Projeto de rodovia desenvolvido pela plataforma BIM.	26
Figura 5 – Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática.	32
Figura 6 – Processo de revisão sistemática da literatura.	33
Figura 7 – Fluxograma do processo de pesquisa.	34
Figura 8 – Processo de seleção dos artigos publicados sobre as barreiras à implementação do BIM.....	38
Figura 9 – Artigos publicados por ano.	44
Figura 10 – Número de publicações por país.	45
Figura 11 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria pessoal.....	47
Figura 12 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de tecnologia.....	50
Figura 13 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de custos.....	51
Figura 14 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de gerenciamento.	52
Figura 15 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria jurídica.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Importantes usos do BIM.	23
Tabela 2 – Itens do checklist a serem incluídos no relato de revisão sistemática ou meta-análise.	30
Tabela 3 – Critérios de exclusão aplicados aos artigos coletados.	36
Tabela 4 – Artigos selecionados para a revisão sistemática.	39
Tabela 5 – Classificação dos desafios identificados.....	46
Tabela 6 – Estratégias para mitigar os desafios na adoção do BIM nas PME.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – <i>Softwares</i> BIM.....	24
Quadro 2 – Comparativo entre as revisões sistemática e narrativa.	29
Quadro 3 – Alvo de pesquisa dos artigos selecionados.....	42
Quadro 4 – Metodologia de pesquisa dos artigos selecionados.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

BDS – *Building Description System*

BIM – *Building Information Modeling*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CBM – Centro Universitário Barão de Mauá

CDURP – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial

PME – Pequenas e Médias Empresas

PRISMA – Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises

RS – Revisão Sistemática

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS.....	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM).....	18
2.1.1 Origem.....	18
2.1.2 Definições.....	19
2.1.3 Dimensões do BIM.....	20
2.1.4 Benefícios da Aplicação do BIM.....	22
2.1.5 Compatibilização	23
2.1.6 <i>Softwares</i> BIM.....	24
2.1.7 Implantação do BIM.....	25
2.1.8 O BIM no Brasil	25
2.1.9 O BIM nas Universidades.....	27
2.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	28
2.2.1 Definições.....	28
2.2.2 Método PRISMA.....	29
3 METODOLOGIA.....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 VISÃO GERAL DA REVISÃO SISTEMÁTICA	37
4.2 SÍNTESE DOS ARTIGOS.....	40
4.3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	44
4.4 DESAFIOS IDENTIFICADOS À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM.....	45

4.4.1 Desafios da Categoria Pessoal.....	46
4.4.2 Desafios da Categoria Tecnologia.....	49
4.4.3 Desafios da Categoria Custos.....	50
4.4.4 Desafios da Categoria Gerenciamento	52
4.4.5 Desafios da Categoria Jurídica	53
4.5 ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS DESAFIOS	54
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil representa significativa influência no desenvolvimento de um país. De acordo com Achten e Beetz (2009), grande parte desse potencial se dá pelo uso de tecnologias que gerenciam informações e adicionam otimização e modernização na gestão de projetos na área da construção civil. Para Becerik-Gerber e Kensek (2010), a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), encontra-se diante de transformações tecnológicas baseadas na disseminação de informações, nas práticas de sustentabilidade e performance energética, além de avanços em termos de produtividade.

Apesar do advento da tecnologia oferecer inúmeras atribuições ao setor da construção civil, existem barreiras à introdução de novas técnicas, sendo elas de princípios financeiros, legais, culturais e tecnológicos. Segundo Florio (2007), uma das razões dessa resistência se dá pelas inúmeras necessidades para uma implementação de sucesso, das quais pode-se destacar a exigência de uma maturidade organizacional que depende da qualificação de técnicas e metodologias de trabalho, com aperfeiçoamento de *softwares* e *hardwares*. Dessa forma, muitas empresas resistem à incorporação de tecnologias inovadoras alegando falta de tempo para treinamento, de recursos financeiros e de integração entre os projetistas (DUARTE, 2016).

De acordo com Porwal e Hewage (2013), a natureza baseada no projeto e a fragmentação da indústria da construção levam seu desenvolvimento de produtividade a ficar atrás do de outras indústrias, logo, o surgimento do BIM visa solucionar esse problema.

A implementação da tecnologia BIM (*Builging Information Modeling* ou Modelagem da Informação da Construção) requer treinamentos, recursos e preparação, e assim como na inserção de uma nova tecnologia, há desafios e barreiras à sua implementação. Eastman *et al.* (2014) classifica essas barreiras em duas categorias: barreiras nos processos envolvendo negócios e trâmites legais, e as barreiras tecnológicas que envolvem agilidade de implementação.

Entretanto, mesmo havendo esses entraves, a ferramenta BIM vem ganhando espaço no mercado da construção civil nos últimos anos. Eastman *et al.* (2011) sugere que o BIM tem sido amplamente usado por grande maioria das empresas com destaques mundiais no setor de AEC. Isso se deve ao fato de que essa tecnologia é uma tendência que vem introduzindo novas maneiras de concepção de projetos e na geração de documentação por meio de uma

representação virtual do modelo digital do edifício que facilita para engenheiros, construtores e arquitetos a projetar e construir de uma forma mais eficiente (AZHAR, 2011).

O BIM constitui processos de gestão da informação e de produção ao longo do ciclo de vida da edificação (LEE; SACKS; EASTMAN, 2006). As informações são reunidas em um banco de dados de um modelo tridimensional parametrizado e compartilhadas entre os vários colaboradores do projeto, permitindo sua compatibilização de forma a evitar falhas que apenas na fase de execução poderiam ser encontradas, otimizando o período gasto com alterações projetuais (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

No Brasil, de acordo com Ruschel, Andrade e Moraes (2013), a quantidade de escritórios e universidades que aplicam e abordam o BIM é bem menor comparada à de países europeus e os Estados Unidos, e mesmo sendo utilizado, existe a falta de aproveitamento dos seus recursos pelo fato de poucos profissionais brasileiros estarem aptos para desenvolver projetos usando a ferramenta. Porwal e Hewage (2013) ressaltam que o estímulo do setor público é de grande relevância para disseminação do BIM no Brasil. Entretanto, a implementação de novas tecnologias baseadas em BIM requer a reorganização dos processos dentro das empresas, de uma sistematização do trabalho e de uma visualização do processo de projeto de forma integrada.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) indica os relevantes obstáculos à introdução da tecnologia BIM como sendo as barreiras culturais e peculiaridades do âmbito brasileiro que incluem a busca por resultados rápidos e econômicos, falta de planejamento e de ensino sobre o assunto nas universidades, além da ausência de interesse em colaboração (CBIC, 2016). Conforme Checcucci, Pereira e Amorim (2013), o maior impasse na implantação do BIM encontra-se na deficiência em compreender a prática do conceito. Alguns aspectos intrínsecos à ferramenta são julgados como complexos e sofisticados que compreendem elevados custos.

Sendo assim, tendo em vista os desafios e obstáculos do uso do BIM na escala nacional e levando-se em conta que muitos estudos abordam as boas experiências de utilizar essa tecnologia, porém poucos citam os desafios antecessores à sua implantação, o presente trabalho procura discutir sobre as barreiras para a implementação do BIM ainda encontradas pelas empresas de AEC a partir de uma revisão sistemática de literatura. Além disso, serão definidas maneiras de incentivo ao uso do BIM, considerando a abrangência de recursos da tecnologia que traz vantagens tanto para quem projeta quanto para quem desfruta do produto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Identificar, através de uma revisão sistemática da literatura, quais são os obstáculos à implementação da tecnologia BIM como plataforma de desenvolvimento de projetos na área da construção civil.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar uma investigação sistêmica da literatura visando coletar os estudos mais relevantes relacionados à questão motivadora;
- Discutir sobre as evidências encontradas nos estudos analisados e apontar para a resposta à questão motivadora;
- Consolidar os resultados através da escrita científica correlacionando-a com a motivação da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Esta seção irá realizar uma fundamentação teórica sobre o *Building Information Modeling* (BIM), cuja tradução significa Modelagem da Informação da Construção. Para discutir e analisar os aspectos dessa tecnologia, este item vai se subdividir nos tópicos a seguir.

2.1.1 Origem

O *Building Information Modeling* (BIM) é um dos desenvolvimentos mais prósperos da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Hoje em dia, essa ferramenta tecnológica vem ganhando cada vez mais espaço nesses setores e conseqüentemente no cenário mundial. Entretanto, segundo Yessios (2004), a origem dos conceitos BIM está ligada a teorias formuladas desde o fim da década de 70 por Charles M. Chuck Eastman que abordavam modelagem de dados de produtos construtivos.

O trabalho feito por Eastman, que era professor no *Georgia Institute of Technology*, é reconhecido como o documento mais antigo já encontrado e menciona o “*Building Description System* (BDS)”. O BDS possibilitava realizar desenhos em 2D por meio de um modelo que tinha banco de dados, permitindo a visualização e síntese quantitativa, aperfeiçoando a representação dos elementos do projeto. Além disso, Eastman citava e descrevia a concepção BIM sete anos antes da *Autodesk* ser criada e 25 anos antes do lançamento da primeira versão do *Revit* (EASTMAN *et al.*, 2008).

Entre 1970 e 1980, o desenvolvimento deste tipo de trabalho aumentou. O BDS, nos EUA era descrito como “*Building Product Models*” ou “Construindo Modelos de Produtos”. Já na Europa, era conhecido como “*Product Information Models*” ou Informações sobre o Produto de Modelos. Na década de 90, esses termos se uniram e formaram o *Building Information Modeling*, fato que foi documentado pela primeira vez em 1992 em um artigo escrito por G. A. Van Nederveen e F. Tolman no *Journal Automation in Construction* (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.1.2 Definições

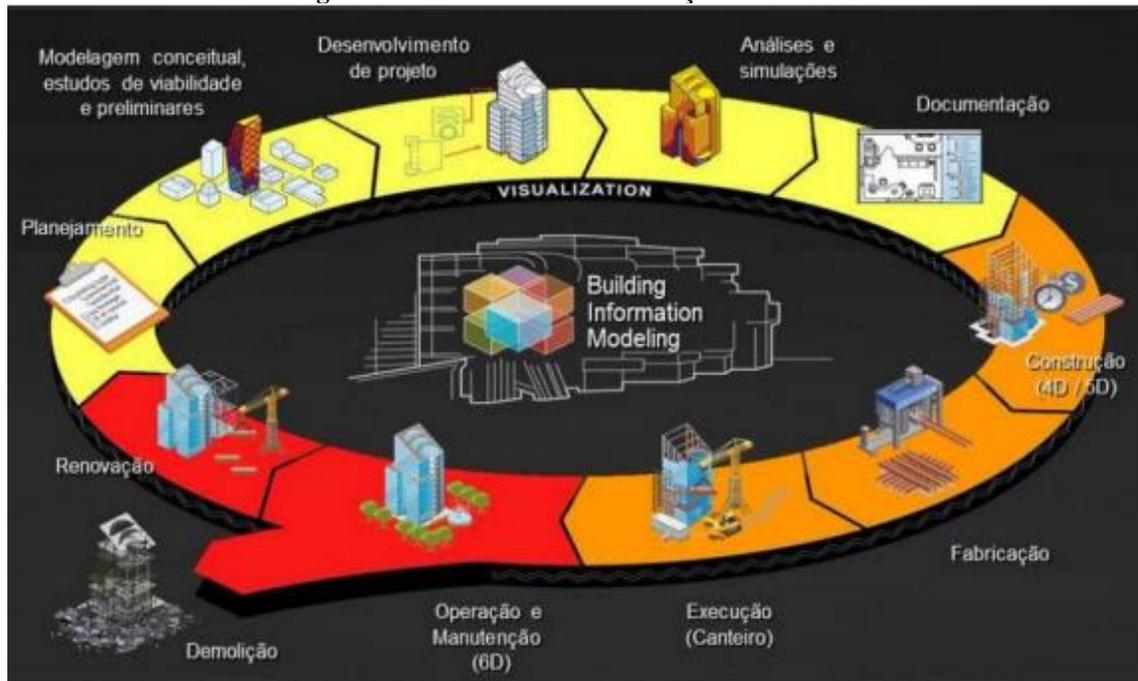
Segundo Eastman *et al.* (2014), BIM é uma ferramenta de modelagem que envolve a interligação de processos para elaborar, analisar e comunicar as informações das construções. Já Jernigan (2008), conceitua o BIM como um conjunto de sistemas que trabalham em um modelo único e paramétrico, em que o processo do projeto é feito de forma contínua sem fases separadas, com as elaborações e modificações interligadas entre si para resultar em agilidade e eficiência nas etapas da construção, reduzindo significativamente o acontecimento de possíveis erros.

A *National Building Information Modeling Standard* (NBIMS, 2007), apresenta o BIM sob a ótica de três níveis de concepção: produto, ferramenta e processo. O BIM como produto está relacionado à modelagem da construção, que resulta em um modelo virtual com todas as informações para a elaboração e operação. O entendimento do BIM como ferramenta faz referência aos *softwares* de modelação de edificações. Já o BIM como processo faz menção ao estímulo a colaboração possibilitado pela ferramenta.

A fundamentação dessas três concepções é baseada na modelagem em objetos, na parametrização e na interoperabilidade. O conceito de orientação a objetos, de acordo com Lobo (2008), é um modelo de *software* que contém classes configuradas para a criação de um objeto.

Já a parametrização, principal característica da tecnologia BIM, é definida por Eastman *et al.* (2014) como sendo um elemento fundamentado em uma hierarquia de parâmetros para caracterizar e controlar propriedades do desenho, admitindo definições de geometria, informações e regras de colaboração. A interoperabilidade consiste na capacidade de comunicação entre as aplicações, permitindo que os vários profissionais colaborem para a concepção do trabalho (EASTMAN *et al.*, 2014). A Figura 1 mostra a comparência do BIM no ciclo de vida de uma edificação.

Figura 1 – Ciclo de vida da edificação com o BIM.



Fonte: Mello (2012).

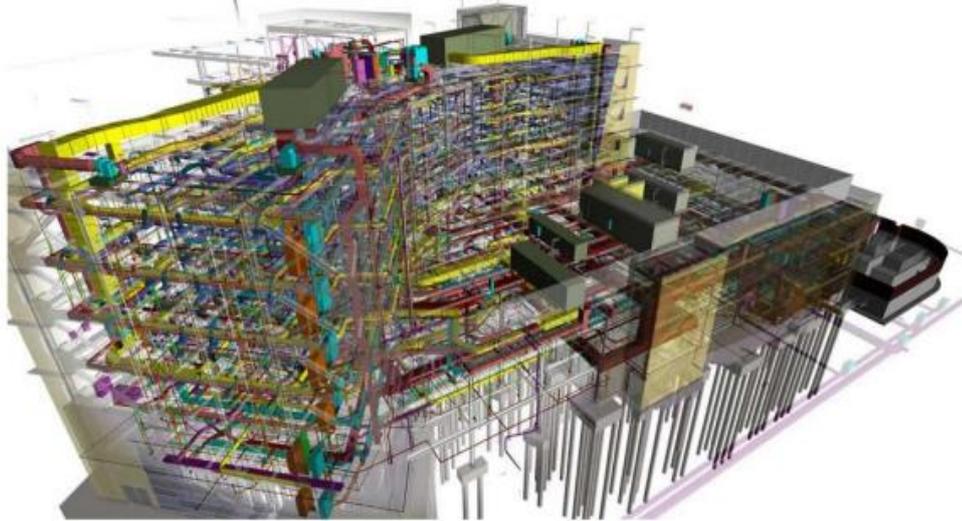
Pode-se observar na parte em amarelo as etapas compreendidas na fase de projeto. Em laranja apresenta-se a fase de construção, associando tempo e custos (4D e 5D), e ainda fabricação de materiais e a execução do empreendimento (serviços e mão de obra). Já em vermelho, nota-se a operação e manutenção (6D), e o recomeço do ciclo com a demolição e renovação. Segundo alguns estudos norte-americanos, em 20 anos de existência de uma edificação, a fase de projeto equivale a 5% dos custos, enquanto a fase de construção e a fase de operação/manutenção são responsáveis por 25% e 70% respectivamente (MELLO, 2012).

Portanto, o BIM em conjunto do avanço tecnológico aliado a novas técnicas de gerenciamento, determina uma nova forma de representação de uma edificação a ser construída, com a inserção da engenharia simultânea na construção civil, pois possibilita o cumprimento das operações em paralelo e troca constante de informação de forma eficiente entre os vários operadores (COSTA, 2013).

2.1.3 Dimensões do BIM

De acordo com Hardin (2009), o BIM não se trata somente de um *software* nem de um modelo aprimorado, mas sim de uma evolução dos procedimentos que envolvem uma construção, permitindo mais dados e informações nos projetos, fazendo-os mais acessíveis e interativos entre os diversos colaboradores, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Interação entre vários projetos.



Fonte: BSI, *Building Smart* (2011).

As metodologias BIM superam as representações tridimensionais do espaço euclidiano “nD”. Segundo Fu *et al.* (2006), a modelagem nD é uma ampliação do BIM, a qual envolve inúmeras etapas de projeto com dados gerados no decorrer de toda a vida da edificação, que incluem acessibilidade, economia energética, sustentabilidade, custos da obra, conforto térmico e acústico etc. A ferramenta BIM progrediu do seu modelo tridimensional para as extensões 4D, 5D, 6D e 7D, mostradas na Figura 3.

Figura 3 – Dimensões do BIM.



Fonte: Sienge (2019).

A dimensão 4D incorpora o fator tempo e é estabelecida no planejamento, em que ocorre o processo de vinculação das atividades executivas em horários e datas específicas, com o apoio de artifícios gráficos do desenvolvimento da obra em tempo real. Assim, os colaboradores de projeto e empreiteiros da obra podem verificar, analisar e interceder nos empecilhos relacionados ao tempo de forma eficiente e pontual (KAMARDEEN, 2010).

A quinta dimensão de um modelo BIM corresponde a incorporação de custo de todo o processo, agilizando os processos de orçamento e de gastos financeiros. Dessa forma, a atribuição de valores aos elementos do edifício e extração automática de quantidades garantem precisão das estimativas com o estado atual do projeto, além de evitar erros de medições e alastramento de inconformidades (KAMARDEEN, 2010).

O 6D BIM refere-se à sustentabilidade, em que os dados extraídos nessa dimensão incluem informações sobre cronogramas de manutenção, fabricante e detalhes de configuração dos itens a serem construídos. Assim, obtém-se um pré-planejamento das atividades de manutenção com antecedência e o desenvolvimento de perfis de gastos durante a vida útil de um ativo construído, evitando que os reparos se tornem dispendiosos ou os sistemas ineficientes (KAMARDEEN, 2010).

A dimensão 7D está relacionada ao gerenciamento de instalações, melhorando a qualidade da prestação de serviços durante todo o ciclo de vida da edificação e garantindo que as partes da construção permaneçam na sua melhor forma desde o início até a demolição da estrutura (KAMARDEEN, 2010).

Atualmente, o fator temporal e os custos são as dimensões "extra" mais difundidas. Entretanto, o potencial da ferramenta BIM possibilita outras dimensões, especialmente a nível de simulações e cálculo. Já está sendo possível utilizar a extração automática de quantidades e a atribuição de parâmetros aos elementos para prosseguir à simulação de cenários para análise estrutural e análise energética (KAMARDEEN, 2010).

2.1.4 Benefícios da Aplicação do BIM

De acordo com Jacoski e Lamberts (2002), com a inclusão do BIM nas práticas da indústria AEC, é possível aumentar o fluxo de informações de projeto entre todos os componentes, já que os documentos são disponíveis para acesso de todos em todas as etapas do processo construtivo. Dessa forma, CICRP (2012) mostra a divisão dos mais importantes usos do BIM nas fases de projeto, construção e operação, representada na Tabela 1.

Tabela 1 – Importantes usos do BIM.

FASES	USOS	
Projeto	Concepção	Diagnóstico de eficiência energética
	Documentação	Análises de engenharia
	Visualização	Quantitativos
	Compatibilização	Atualização e revisão de projetos
Construção	Sustentabilidade	
	Organização do canteiro de obras	Administração 3D
	Controle e programação 4D	Pré-fabricação
Operação	Gerenciamento de custos	Prototipagem
	Planejamento de manutenção	Gestão dos espaços
	Estudo dos sistemas da edificação	Projeto de evacuação
	Gestão do edifício	Protótipo final

Fonte: CIRCP (2012).

Desse modo, é notável os vários benefícios do uso do BIM no ciclo de vida de uma edificação. Birx (2006) relata que algumas das principais vantagens com a adoção da ferramenta são:

- Eficiência e facilidade na gestão de projetos por meio do sistema de compatibilização;
- Alto nível de detalhamento dos projetos e processos construtivos que elevam a qualidade do produto final;
- Capacidade do BIM em se tornar um arquivo de referências, aumentando a gestão de projetos;
- Destaque e expansão da empresa no mercado de trabalho;
- Melhoria do aprendizado de jovens projetistas que passam a desenvolver a capacidade de soluções construtivas;
- Tomada de decisões com maior facilidade.

2.1.5 Compatibilização

O sistema de compatibilização de projetos com o uso da tecnologia BIM dispõe de inúmeras vantagens sobre os modelos convencionais. As metodologias BIM permitem identificar possíveis conflitos de forma automática, informando as partes do projeto onde aconteceu o erro e que precisam de mais detalhes. Assim, a localização de interferências ocorre em qualquer nível de detalhamento e com qualquer tipo de disciplina seja arquitetura com instalações ou estrutura (EASTMAN *et al.*, 2008).

Com a eliminação de erros e conflitos na etapa inicial do projeto, o BIM se torna uma tecnologia essencial no decorrer do processo construtivo para impedir desperdício de tempo e

material e evitar falhas. Além disso, há uma melhoria no custo benefício do empreendimento, uma vez que a realização de um cronograma físico financeiro permite um eficiente planejamento do canteiro e das etapas da obra (EASTMAN *et al.*, 2008).

2.1.6 Softwares BIM

Conforme Barinson e Santos (2011), os principais *softwares* utilizados na área de projetos são o *Revit* da *Autodesk*, o *ArchiCAD* da *Graphisoft* e o *Bentley Architecture*, da *Bentley*. Já os *softwares* usados para orçamento e planejamento são o *Affinity* da *Trelligence* e o *DProfiler* da *Beck*. O Quadro 1 apresenta alguns *softwares* BIM à disposição no mercado.

Quadro 1 – Softwares BIM.

Disciplinas de Projeto	Ferramentas BIM
Arquitetura	<i>Revit Architecture</i>
	<i>ArchiCAD</i>
	<i>Vectorworks</i>
	<i>Bentley Architecture</i>
	<i>Allplan</i>
	<i>DDS-CAD Architect</i>
Estrutura	<i>Tekla Structures</i>
	<i>Revit Structure</i>
	<i>CAD/TQS</i>
	<i>Bentley Structural</i>
Elétrica	<i>Revit MEP</i>
	<i>Bentley - Building Electrical Systems</i>
	<i>DDS-CAD Electrical</i>
Hidráulica/HVAC	<i>Revit MEP</i>
	<i>Bentley Mechanical Systems</i>
	<i>DDS-HVAC</i>
Gerenciamento de projetos	<i>Navisworks</i>
	<i>Synchro</i>
	<i>Solibri</i>
Gerenciamento e orçamento de obras	<i>Vico Software</i>
	<i>Volare/TCPO</i>
	<i>Primavera</i>
	<i>MSPProject</i>
	<i>Tron-orc</i>
	<i>Orca Plus</i>

Fonte: Adaptado (BARINSON; SANTOS, 2011).

Fazer a escolha e investimentos em um *software* BIM não é tão simples como parece. Embora o BIM apresente várias vantagens e possibilidades, sua metodologia de implantação não é a mesma para cada empresa, sendo necessário delimitar um propósito de acordo com a

área de atuação, seja de elaboração de projeto, de orçamento ou de gestão da obra. Definindo-se o objetivo da empresa, adota-se o melhor *software* ou conjunto de *softwares* para tal finalidade. Apesar do tempo e empenho gastos para aperfeiçoar o manuseio da ferramenta, a recompensa vem com a economia de tempo e custo benefício no processo construtivo (ANTUNES, 2013).

2.1.7 Implantação do BIM

Segundo Succar (2009), não é repentino o processo de aceitação da modelagem da informação na indústria AEC. Para a adoção da ferramenta BIM existem estágios diferentes que acontecem de acordo com a sua introdução e com a transformação dos métodos, até sua inclusão completa. O acontecimento da quebra de paradigma precede a necessidade de percepção da execução dos processos até o presente momento. Para uma completa adaptação é preciso a adoção de diferentes estágios, relacionados ao número de disciplinas abordadas, fases do ciclo de vida da edificação e as mudanças causadas pelo uso de política, métodos e tecnologias.

De acordo com Eastman *et al.* (2008), para a implantação do BIM, é necessária a realização de projetos pilotos com o desenvolvimento de modelos tipo. Além disso, convém determinar objetivos e metas que otimizem o desenvolvimento do projeto. Na formulação de um protótipo, é recomendado refazer um projeto já executado, com uma equipe pequena e multidisciplinar formada por membros internos ou externos de forma a estimular a cooperação.

A etapa de implantação não deve ser vista como uma substituição dos *softwares*, treinamento e atualização de *hardwares*. Para o uso total do BIM, existe a necessidade que as empresas reformulem vários aspectos dos seus negócios, em que a elaboração de um planejamento estratégico e rigoroso é a melhor opção (EASTMAN *et al.*, 2014).

2.1.8 O BIM no Brasil

De acordo com Menezes (2011), o BIM destacou-se no cenário brasileiro a partir do ano 2000. Mesmo após esse período, a implantação da tecnologia BIM ainda enfrenta obstáculos na sua introdução efetiva, sendo que no Brasil isso se deve ao fato da ocorrência de muitos equívocos, grande dose de modismo e falta de devida cooperação entre os envolvidos (SAYEGH, 2011).

Conforme Figuerola (2011), um dos pioneiros na prática e uso do BIM no Brasil foi Cristiano Ceccato. Além disso, Ceccato foi o primeiro a declarar que o BIM deverá se tornar item obrigatório na indústria AEC, como o AUTOCAD é atualmente, afirmando que a implantação será mais rápida e eficiente pelo fato de as máquinas atuais serem mais bem sofisticadas com interfaces atualizadas.

Para Neiva Netto; Faria e Bizello (2014), a metodologia BIM se firmará nos escritórios e construtoras brasileiras por apresentar potencial em reduzir custos aliado a minimização dos impactos ambientais.

Observados os efeitos das suas vantagens e tendência de utilização, o BIM começou a ser exigido em licitações públicas a partir de 2011, sendo a Petrobrás a iniciante em determinar a concepção de projetos na plataforma com a obra da Unidade Operacional da Bacia de Santos, sede do pré-sal. Do mesmo modo, a CDURP (Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro) requereu a utilização do BIM nas licitações para as análises de acessibilidade físico-financeiro de terrenos. Além desses, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) também exigiu o BIM em licitações, como no projeto de reforma do prédio “A Noite”, no Rio de Janeiro (PINI, 2011).

No fim de 2013, o DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) anunciou a exigência do uso da plataforma BIM no desenvolvimento de projetos de engenharia (Figura 4).

Figura 4 – Projeto de rodovia desenvolvido pela plataforma BIM.



Fonte: Diniz (2012).

Esse tipo de modificação feita pelo governo federal implica em um melhoramento de cronogramas físico-financeiros, um dos maiores problemas das obras federais atualmente. Com o maior número de informações e detalhes, haverá quase inexistência de problemas de revisão

e aditivos, trazendo mais transparência para a obra com orçamentos e prazos condizentes com o projeto realizado (DINIZ, 2012).

Segundo Nascimento (2014), o Exército Militar Brasileiro foi um dos órgãos públicos que aderiram à implantação do BIM em 2014 em seu sistema de obras baseado no desenvolvimento de bibliotecas, capacitação, processos e normatização.

Apesar da metodologia BIM ter sofrido grandes avanços, tanto no Brasil como no mundo, o sistema de implantação ainda enfrenta mudanças de paradigma, em que a educação é peça fundamental para a evolução da tecnologia tanto no setor privado quanto no setor público. É preciso investimentos nas universidades e qualificação da mão de obra para que os novos profissionais se acomodem a nova prática (DINIZ, 2012).

2.1.9 O BIM nas Universidades

Segundo Santos e Barison (2011), a partir de 2003 deu-se início o ensino do BIM nos cursos da AEC em todo o mundo, tendo sido consolidado apenas entre os anos de 2006 e 2009 graças à exigência do mercado por mão de obra qualificada para realizar e gerenciar projetos dentro da plataforma. Entretanto, ainda existem dificuldades na inserção do BIM nas grades curriculares, muitas vezes originadas pela falta de compreensão dos conceitos básicos e carência de professores que dominem o assunto.

As universidades que solucionaram esses problemas destacam-se atualmente na implantação do BIM. Seus mecanismos de superação foram as matérias isoladas, a colaboração interdisciplinar e à distância. Essas metodologias incluem a compreensão dos conceitos, a parte prática com criação de modelos BIM e simulação da colaboração entre os participantes, que podem ser alunos do mesmo curso ou de outras universidades. Dessa forma, o BIM se mostra com potencial de estar presente em todas as fases do plano de ensino e não deve ser visto e ensinado apenas como uma matéria (EASTMAN *et al.*, 2008).

De acordo com Ruschel e Guimarães Filho (2008) e Ruschel *et al.* (2010), muitas universidades brasileiras já adotaram a metodologia BIM como plataforma de ensino, como a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Presbiteriana Mackensie (UPM), Centro Universitário Barão de Mauá (CBM), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e a Universidade de São Paulo (USP).

O acontecimento da integração da construção civil influencia diretamente na educação profissional de futuros arquitetos e engenheiros que terão currículos qualificados para projetar e construir de forma mais eficiente e unificada (SANTOS; BARISON, 2011).

2.2 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

2.2.1 Definições

De acordo com Biolchini *et al.* (2005), a abordagem sistemática de revisão da literatura constitui um processo formal que conduz a investigação dos conhecimentos existentes, permitindo maior precisão de dados, consistência de informações e acumulação de aprendizado científico acerca do problema de pesquisa. Dessa forma, a revisão sistemática é um método que auxilia o pesquisador no planejamento de uma nova pesquisa, evitando erros e esforços desnecessários (COOPER; HEDGES, 1994).

Assim como outros métodos de pesquisa, uma revisão sistemática é uma forma de estudo que utiliza como fonte de dados a literatura sobre certo tema. Esse estudo oferece um resumo das evidências encontradas a partir de uma estratégia de intervenção específica, através da aplicação de métodos sistematizados de busca, análise crítica e síntese das informações. Além disso, as revisões de caráter sistêmico são bastante úteis para compor as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente acerca de um determinado tema, que pode apresentar resultados discrepantes e/ou coincidentes, assim como indicar temas que precisem de evidência, colaborando em investigações futuras (LINDE; WILLICH, 2003).

Antes do início de uma revisão sistemática, há a necessidade de se considerar três etapas: estabelecer o objetivo da revisão, verificar a literatura e escolher os estudos que podem ser incluídos. Tais etapas preliminares são importantes pois auxiliam os pesquisadores a adaptar a questão norteadora da revisão tendo base as informações disponíveis sobre o tema. Vale destacar que uma revisão sistemática possui a estrutura de um artigo característico, que inclui seções de introdução, métodos, resultados e discussão (DOMHOLDT, 2005).

O protocolo da revisão sistemática necessita do envolvimento de dois ou mais pesquisadores, dessa forma especifica-se antecipadamente o processo de identificação de pesquisas relevantes, por exemplo, como a pesquisa identificada será filtrada. A partir disso é garantida uma ampla investigação da literatura com o foco de localizar o maior número de estudos relacionados à questão. Com estes estudos, devem ser aplicados critérios para avaliação da qualidade metodológica conforme o delineamento do estudo original (DOMHOLDT, 2005).

Comparada à revisão narrativa, que geralmente apresenta um tema mais aberto para as pesquisas e protocolos de desenvolvimento menos rígidos, a revisão sistemática se destaca na metodologia de pesquisa mais rigorosa e explícita para identificar, selecionar e avaliar os materiais

inclusos nos estudos (CORDEIRO, 2007). O Quadro 2 mostra um comparativo entre a revisão sistemática e a revisão narrativa (tradicional):

Quadro 2 – Comparativo entre as revisões sistemática e narrativa.

Revisão Sistemática	Revisão Narrativa
<ul style="list-style-type: none"> • “Reúne, avalia criticamente e conduz uma síntese dos resultados de múltiplos estudos primários.” (CORDEIRO, 2007, p. 429). • Apresenta uma temática bem definida e visa responder uma questão através do uso de métodos sistemáticos. (CORDEIRO, 2007). • O método usado no estudo é explícito, no qual utiliza-se critérios claros e reproduzíveis (PAI et. al., 2004). 	<ul style="list-style-type: none"> • Baseada em uma temática não bem definida, não utilizando um método criterioso de buscas. (CORDEIRO, 2007). • “A seleção dos artigos é arbitrária, provendo o autor de informações sujeitas a viés de seleção, com grande interferência da percepção subjetiva” (CORDEIRO, 2007, p. 429). • Não define o modo como a pesquisa foi feita e seleção dos artigos (PAI et. al., 2004).

Fonte: Autor (2020).

2.2.2 Método PRISMA

A recomendação PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises) é um guia desenvolvido para auxiliar no processo de revisões sistemáticas e meta-análises. As meta-análises referem-se às técnicas estatísticas em uma revisão sistemática que fazem parte dos resultados dos estudos. Já a revisão sistemática dentro da ótica do método PRISMA, trata-se de um conjunto de pesquisas relacionadas a uma pergunta clara e objetiva, que faz o uso de métodos sistemáticos para determinar, selecionar e analisar estudos relevantes, e ainda coletar e avaliar os dados dessas pesquisas que são incluídos na revisão (RICHARDS, 2004).

O método PRISMA compreende um *checklist* de 27 itens e um fluxograma com quatro etapas. O objetivo do método é ajudar os pesquisadores a aperfeiçoarem o relato das revisões sistemáticas. Além disso, o PRISMA pode ser usado para avaliar outras revisões sistemáticas já

publicadas, porém, o seu *checklist* não deve ser utilizado na avaliação da qualidade para estimar a qualidade de uma revisão sistemática (STRECH; TILBURT, 2008).

Os 27 itens listados na Tabela 2 pertencem ao conteúdo de uma revisão sistemática e metanálise, que incluem título, resumo, métodos, resultados, discussão e financiamento.

Tabela 2 – Itens do checklist a serem incluídos no relato de revisão sistemática ou meta-análise.

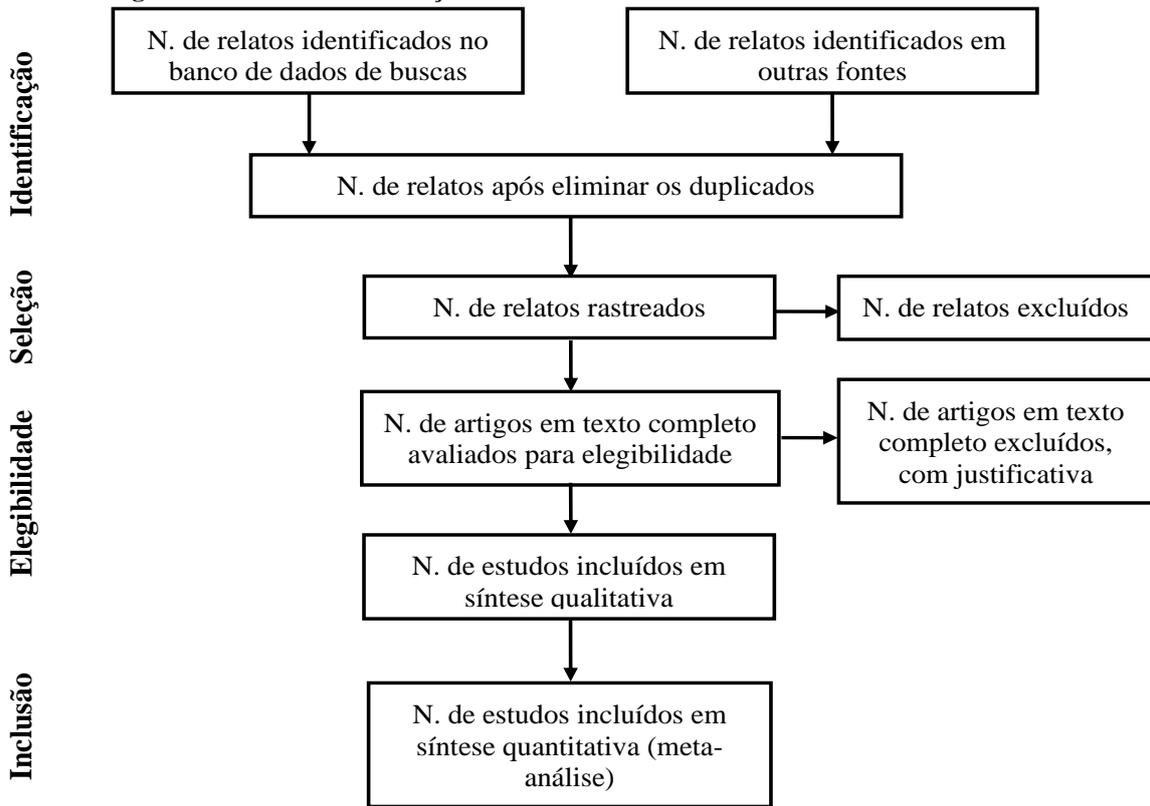
Seção/tópico	N.	Item do <i>checklist</i>
TÍTULO		
Título	1	Identifique o artigo como uma revisão sistemática, meta-análise ou ambos.
RESUMO		
Resumo estruturado	2	Apresente um resumo estruturado incluindo, se aplicável: referencial teórico; objetivos; fonte de dados; critérios de elegibilidade; participantes e intervenções; avaliação do estudo e síntese dos métodos; resultados; limitações; conclusões e implicações dos achados principais; número de registro da revisão sistemática.
INTRODUÇÃO		
Racional	3	Descreva a justificativa da revisão no contexto do que já é conhecido.
Objetivos	4	Apresente uma afirmação explícita sobre as questões abordadas com referência a participantes, intervenções, comparações, resultados e desenho de estudo (PICOS).
MÉTODOS		
Protocolo e registro	5	Indique se existe um protocolo de revisão, se e onde pode ser acessado (ex. endereço eletrônico), e, se disponível, forneça informações sobre o registro da revisão, incluindo o número de registro.
Critérios de elegibilidade	6	Especifique características do estudo (ex. PICOS, extensão do seguimento) e características dos relatos (ex. anos considerados, idioma, se é publicado) usadas como critérios de elegibilidade, apresentando justificativa.
Fontes de informação	7	Descreva todas as fontes de informação na busca (ex. base de dados com datas de cobertura, contato com autores para identificação de estudos adicionais) e data da última busca.
Busca	8	Apresente a estratégia completa de busca eletrônica para pelo menos uma base de dados, incluindo os limites utilizados, de forma que possa ser repetida.
Seleção dos estudos	9	Apresente o processo de seleção dos estudos (isto é, busca, elegibilidade, os incluídos na revisão sistemática, e, se aplicável, os incluídos na meta-análise).
Processo de coleta de dados	10	Descreva o método de extração de dados dos artigos (ex. formas para piloto, independente, em duplicata) e todos os processos para obtenção e confirmação de dados dos pesquisadores.
Lista dos dados	11	Liste e defina todas as variáveis obtidas dos dados (ex. PICOS, fontes de financiamento) e quaisquer referências ou simplificações realizadas.
Risco de viés em cada estudo	12	Descreva os métodos usados para avaliar o risco de viés em cada estudo (incluindo a especificação se foi feito durante o estudo ou no nível de resultados), e como esta informação foi usada na análise de dados.
Medidas de sumarização	13	Defina as principais medidas de sumarização dos resultados (ex. risco relativo, diferença média).
Síntese dos resultados	14	Descreva os métodos de análise dos dados e combinação de resultados dos estudos, se realizados, incluindo medidas de consistência (por exemplo, I ²) para cada meta-análise.
Risco de viés entre estudos	15	Especifique qualquer avaliação do risco de viés que possa influenciar a evidência cumulativa (ex. viés de publicação, relato seletivo nos estudos).

Análises adicionais	16	Descreva métodos de análise adicional (ex. análise de sensibilidade ou análise de subgrupos, metarregressão), se realizados, indicando quais foram pré-especificados.
RESULTADOS		
Seleção de estudos	17	Apresente números dos estudos rastreados, avaliados para elegibilidade e incluídos na revisão, razões para exclusão em cada estágio, preferencialmente por meio de gráfico de fluxo.
Características dos estudos	18	Para cada estudo, apresente características para extração dos dados (ex. tamanho do estudo, PICOS, período de acompanhamento) e apresente as citações.
Risco de viés em cada estudo	19	Apresente dados sobre o risco de viés em cada estudo e, se disponível, alguma avaliação em resultados (ver item 12).
Resultados de estudos individuais	20	Para todos os resultados considerados (benefícios ou riscos), apresente para cada estudo: (a) sumário simples de dados para cada grupo de intervenção e (b) efeitos estimados e intervalos de confiança, preferencialmente por meio de gráficos de floresta.
Síntese dos resultados	21	Apresente resultados para cada meta-análise feita, incluindo intervalos de confiança e medidas de consistência.
Risco de viés entre estudos	22	Apresente resultados da avaliação de risco de viés entre os estudos (ver item 15).
Análises adicionais	23	Apresente resultados de análises adicionais, se realizadas (ex. análise de sensibilidade ou subgrupos, metarregressão [ver item 16]).
DISCUSSÃO		
Sumário da evidência	24	Sumarize os resultados principais, incluindo a força de evidência para cada resultado; considere sua relevância para grupos-chave (ex. profissionais da saúde, usuários e formuladores de políticas).
Limitações	25	Discuta limitações no nível dos estudos e dos desfechos (ex. risco de viés) e no nível da revisão (ex. obtenção incompleta de pesquisas identificadas, viés de relato).
Conclusões	26	Apresente a interpretação geral dos resultados no contexto de outras evidências e implicações para futuras pesquisas.
FINANCIAMENTO		
Financiamento	27	Descreva fontes de financiamento para a revisão sistemática e outros suportes (ex.: suprimento de dados), papel dos financiadores na revisão sistemática.

Fonte: SCIELO (2015).

O fluxograma da Figura 5 descreve o fluxo de informações através das diferentes fases de uma revisão sistemática, além de mapear o número de registros identificados, incluídos e excluídos com os respectivos motivos das exclusões. Dessa forma, com a inclusão do *checklist* e do diagrama de fluxo, o método torna-se estruturado para a organização de informações contidas em artigos e revistas, permitindo maior velocidade na leitura, análise e processamento das informações existentes sobre determinado tema.

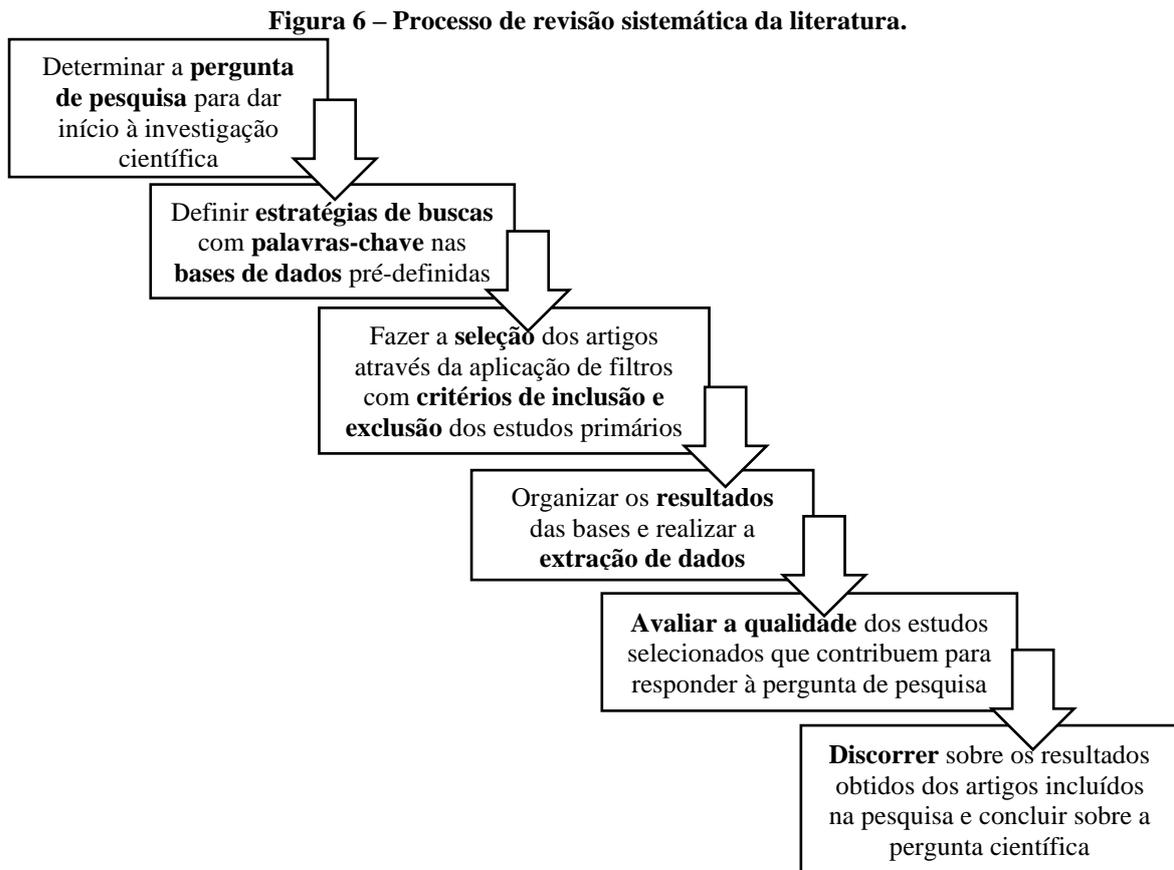
Figura 5 – Fluxo da informação com as diferentes fases de uma revisão sistemática.



Fonte: SCIELO (2015).

3 METODOLOGIA

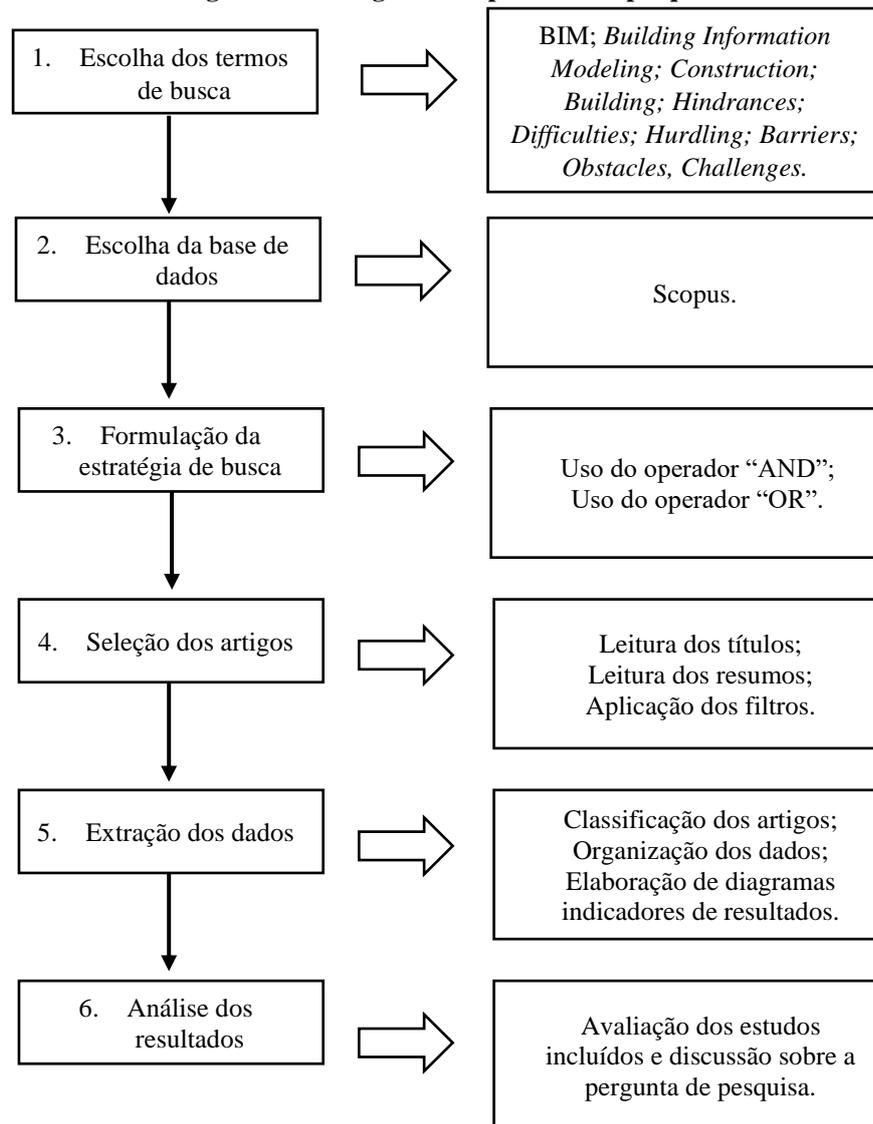
Este trabalho foi realizado através de uma Revisão Sistemática (RS) de literatura, definida como um tipo de pesquisa baseada em fontes de dados da literatura acerca de um tema específico. Este processo foi elaborado visando identificar e avaliar a produção científica na área de BIM relacionada com os obstáculos ainda existentes ao uso da ferramenta no desenvolvimento de projetos na construção civil. O fluxo do processo da RS seguido neste trabalho está ilustrado na Figura 6.



Fonte: Adaptado de Sampaio e Mancini (2006).

O trabalho foi iniciado com a formulação da pergunta a ser respondida. Visto o processo já iniciado de implementação para o qual caminham empresas e escritórios e a necessidade de entender, de fato, os fatores que ainda impedem a implementação efetiva da metodologia BIM na área da AEC, a pergunta de pesquisa definida para a realização da RS foi: “Quais os principais obstáculos ainda existentes à implantação da tecnologia BIM como plataforma no desenvolvimento de projetos na construção civil?”. Dessa forma, para uma melhor organização do trabalho a ser desenvolvido e para facilitar o seu andamento, o mesmo foi dividido em 6 etapas, mostradas a seguir na Figura 7 e descritas logo abaixo.

Figura 7 – Fluxograma do processo de pesquisa.



Fonte: Autor (2020).

Como estratégia de busca, foram definidas procuras por fontes publicadas em periódicos científicos disponibilizados em plataforma eletrônica de grande circulação e consistência acadêmica, no idioma inglês e no intervalo de tempo de 2000-2019. Para esta revisão sistemática, apenas artigos de periódicos foram utilizados pois foram revisados e consequentemente aceitos como a mais alta qualidade de contribuição acadêmica.

Posteriormente à definição da pergunta de pesquisa, deu-se início à primeira etapa que compreendeu a escolha das palavras-chave para a busca em inglês elencadas na Figura 7: BIM, *Building Information Modeling*, *Construction*, *Building*, *Hindrances* (ou empecilhos), *Difficulties* (dificuldades), *Hurdling* (entraves), *Barriers* (barreiras), *Obstacles* (obstáculos), *Challenges* (desafios).

A pesquisa foi realizada com acesso pela plataforma Periódico CAPES na base de dados *Scopus*. O *Scopus* foi usado pelo fato de ser o maior banco de dados científico de resumo e citação de literatura revisada por pares, oferecendo a mais alta confiabilidade em comparação com outros bancos de dados. No rastreamento das publicações utilizou-se o operador booleano “OR” (correspondente à união) para relacionar os termos sinônimos e o operador “AND” (correspondente à intersecção) para garantir que os resultados mostrassem apenas artigos que compreendessem as palavras relacionadas a BIM e aos obstáculos na sua implantação simultaneamente.

A busca foi feita através do campo de busca avançada com a digitação do seguinte texto para obtenção dos resultados: BIM OR "BUILDING INFORMATION MODELING" AND CONSTRUCTION AND BUILDING AND HINDRANCES OR DIFFICULTIES OR HURDLING OR BARRIERS OR OBSTACLES OR CHALLENGES.

A princípio, as combinações usadas para a busca foram testadas individualmente com o termo BIM e cada termo sinônimo para “obstáculos”. Porém, notou-se que os resultados obtidos para essas combinações eram menores quando comparados com a digitação de todo o texto. Assim, optou-se por realizar a busca com a inserção do texto apenas uma vez com todas as combinações.

Após a definição da estratégia de busca e escolhida a base de dados, a seleção dos estudos, baseada no método PRISMA, foi realizada em 3 passos:

- a) Passo 1 – aplicação dos primeiros filtros na base de dados limitando a busca para a área da engenharia e apenas documentos tipo artigo publicados em revistas entre os anos 2000 a 2019 no idioma inglês;
- b) Passo 2 – leitura dos títulos dos artigos selecionados no passo 1;
- c) Passo 3 – leitura dos resumos dos artigos selecionados no passo 2.

Depois da pesquisa na base de dados, todos os artigos foram baixados e exportados para o *Mendeley, software* de gerenciamento de referências, para uma melhor organização e posterior leitura dos trabalhos.

Na aplicação dos filtros, foram definidos critérios de inclusão e exclusão para obter os trabalhos que de fato se relacionavam com o objeto de estudo, reduzindo assim o número de artigos encontrados. Os critérios de exclusão, listados na Tabela 3 em conjunto com os motivos da exclusão, foram escolhidos para eleger os estudos mais relevantes para responder à pergunta motivadora.

Tabela 3 – Critérios de exclusão aplicados aos artigos coletados.

No	CRITÉRIOS	RAZÕES PARA EXCLUSÃO
1	Não escrito em língua inglesa	Pode não ser relevante e amplamente divulgado academicamente
2	Qualis – CAPES maior que B1	Grau de qualidade de acordo com a CAPES
3	Apenas artigos como tipo de documento	Outros tipos podem não ser relevantes
4	Artigos de texto completo indisponíveis eletronicamente	Recursos e tempo não estão disponíveis para recolhê-los
5	Artigos que não tratem sobre as barreiras à implantação do BIM	Não tratar sobre o foco deste trabalho

Fonte: Autor (2020).

Posteriormente à leitura dos resumos, procedeu-se a aplicação dos demais filtros com a verificação do Qualis das revistas dos artigos selecionados, de forma a levar em consideração aquelas com maior qualidade acadêmica e conseqüentemente mais relevância. Além disso, foi verificada a disponibilidade desses artigos nos meios eletrônicos para leitura na íntegra dos mesmos. Dessa forma, alguns trabalhos que não se encontravam totalmente disponíveis foram excluídos e os demais foram selecionados para posterior leitura.

Vale ressaltar que a realização de uma revisão sistemática requer a colaboração de pelo menos dois pesquisadores, responsáveis de analisar de forma independente os artigos selecionados e sintetizá-los, garantindo assim uma maior imparcialidade e convergência do processo. Assim, a realização desse trabalho contou com a colaboração de dois pesquisadores, além da contribuição do orientador deste, em que foram lidos todos os trabalhos não recusados pelos filtros e critérios de exclusão.

Após as etapas do protocolo de revisão sistemática abordado, foi possível selecionar os estudos com maior contribuição para a resposta da pergunta motivadora, e então procedeu-se com a análise e síntese dos resultados. Além dos itens relacionados com a revisão sistemática, para a estruturação deste trabalho, foram feitos processos de revisão bibliográfica acerca do BIM e suas abrangências, a fim do melhor entendimento sobre a importância dessa tecnologia atualmente, bem como sobre metodologias e protocolos de revisão sistemática.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão discutidos os resultados obtidos através da metodologia de revisão sistemática, realizada neste trabalho com intuito de analisar produções científicas que tratam sobre os fatores que ainda afetam a implementação do BIM na indústria da construção civil. No geral, todos os trabalhos selecionados contribuíram para elencar os principais obstáculos existentes ao BIM nos principais departamentos do setor AEC, como pequenas e médias empresas e escritórios. As contribuições dos estudos foram de total relevância para o entendimento do porquê algumas empresas e participantes da construção civil relutam em adotar uma metodologia inovadora com tantos benefícios como o BIM.

4.1 VISÃO GERAL DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Dos 350 artigos obtidos na busca inicial, 40 deles foram excluídos (passo 1) por não pertencerem à área de engenharia, não ser documento tipo artigo em inglês publicados em revistas durante os anos de 2000 a 2019.

Na leitura dos títulos (passo 2), foram dispensados da análise artigos que não trataram sobre BIM ou barreiras a sua implementação. Já com a leitura dos resumos (passo 3), foi possível uma melhor avaliação quanto ao tema central dos trabalhos, sendo excluídos aqueles que não abordavam de forma direta os desafios à implantação do BIM no setor da construção civil.

Dessa forma, dos 310 artigos selecionados para leitura dos títulos, 124 foram aceitos para leitura dos resumos, e dentre estes, 64 foram selecionados e 38 descartados após a aplicação dos demais critérios de exclusão.

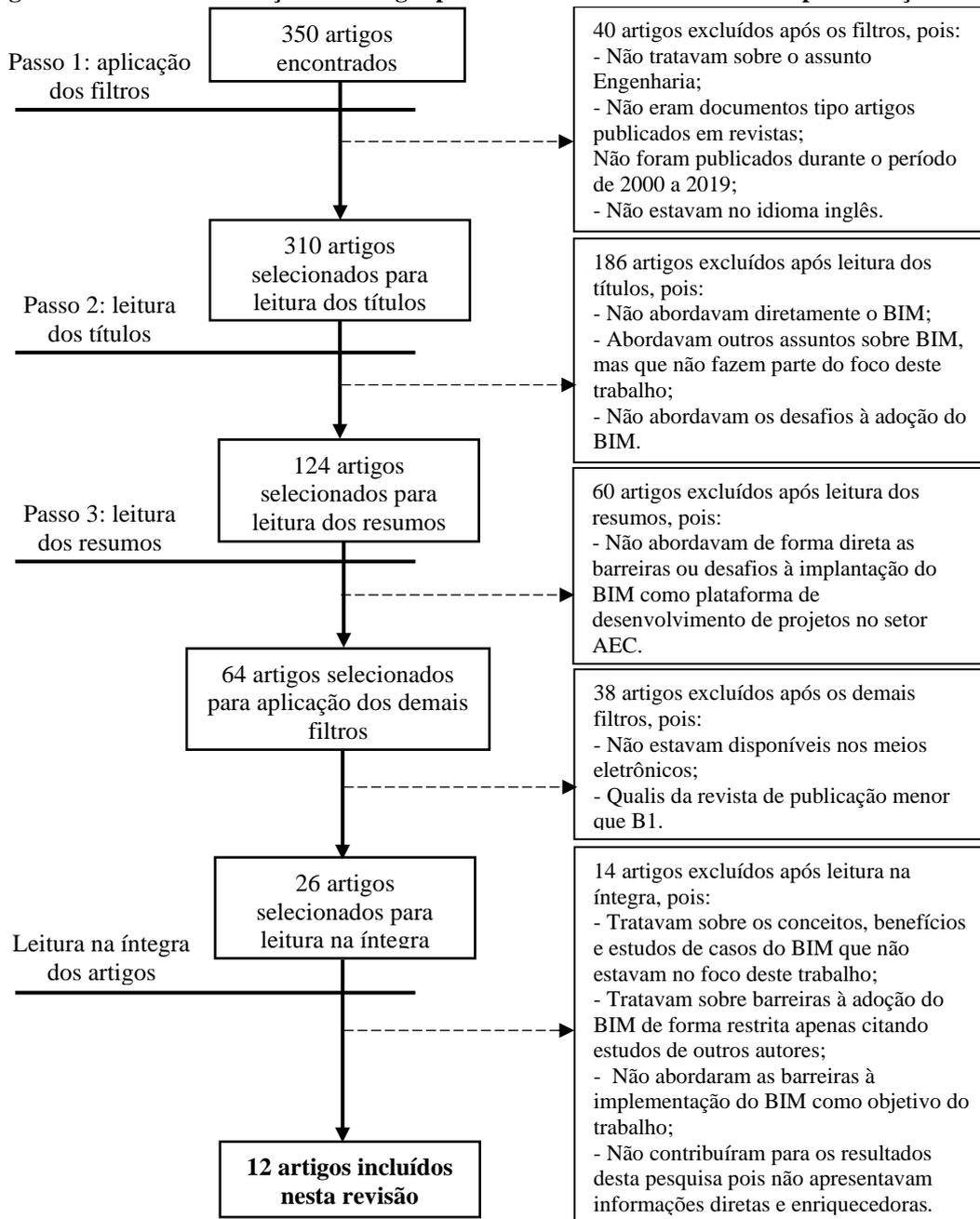
Permaneceram, portanto, 26 artigos para leitura na íntegra, dos quais excluiu-se 14 artigos por estarem em desacordo com os critérios de inclusão, não abordando de forma abrangente os desafios ou obstáculos a implementação do BIM, totalizando assim 12 artigos para a revisão final. O processo de seleção dos artigos baseado no método PRISMA é apresentado na Figura 8.

A maioria dos artigos incluídos nesta revisão teve uma abordagem voltada para pesquisa com questionários que eram distribuídos para profissionais e clientes do setor AEC da região. Além disso, alguns estudos realizavam revisões bibliográficas sobre o tema BIM para comparação com os resultados dos questionários, consolidando a prática com a teoria. Entende-se que esse tipo de metodologia é ideal pois faz um diagnóstico dos pontos de vista dos clientes

e profissionais da construção civil, permitindo que os resultados se aproximem da realidade em que a ferramenta BIM se encontra.

Vários dos estudos foram publicados em países diferentes, que apresentam economias, culturas, leis e processos de aprendizagem distintos. Contudo, pôde-se perceber a estreita relação entre os setores AEC desses países que ainda apresentam dificuldades na implementação do BIM. Dessa forma, perceber as necessidades dos setores AEC espalhados pelo mundo e comparar as barreiras em comum ao BIM foi totalmente importante para a obtenção dos resultados desse estudo.

Figura 8 – Processo de seleção dos artigos publicados sobre as barreiras à implementação do BIM.



Fonte: Autor (2020).

Os dados dos 12 artigos selecionados e analisados estão apresentados na Tabela 4. Logo abaixo os artigos encontram-se comentados, em que foi feita uma abordagem dos seus objetivos, metodologias e resultados para um melhor entendimento do porquê foram aceitos para esta pesquisa.

Tabela 4 – Artigos selecionados para a revisão sistemática.

ARTIGO	REVISTA	QUALIS	ANO DE PUBLICAÇÃO	PAÍS	AUTORES
Entendendo e facilitando a adoção do BIM no setor de AEC	<i>Automation in Construction</i>	A1	2010	Austrália	Ning Gu, Kerry London
Avaliação do grau de aceitação BIM dos participantes coreanos da AEC	<i>KSCE Journal of Civil Engineering</i>	A4	2016	Coreia	Seongah Kim, Chan Ho Park, Sangyoon Chin
Um estudo sobre as barreiras à implementação da modelagem de informações da construção	<i>International Journal of Civil Engineering and Technology</i>	A3	2017	Índia	S. Sreelakshmi, Boda Sagar Kantilal, Mohamed Roshan
Aceitação e implementação do BIM em empresas de arquitetura taiwanesas	<i>Journal of Civil Engineering and Management</i>	A2	2017	Taiwan	Yi-Kai Juan, Wan-Ying Lai Shen-Guan Shih
Um estudo de viabilidade sobre a implementação da modelagem de informações da construção (BIM): na perspectiva dos arquitetos e engenheiros	<i>Asian Journal of Civil Engineering</i>	A4	2018	Índia	S. Arunkumar V. Suveetha Aishwarya Ramesh
Barreiras da adoção de modelagem de informações da construção (BIM) em projetos de construção do Iraque	<i>Engineering Journal</i>	A4	2018	Iraque	Wadhah A. Hatem, Abbas M. Abd, Naghham N. Abbas
Desafios críticos para a adoção do BIM em pequenas e médias empresas: evidências da China	<i>Advances in Civil Engineering</i>	A4	2019	China	Pengfei Li, Shengqin Zheng, Hongyun Si, Ke Xu 1
Adoção da modelagem de informações de construção na União Europeia: uma visão geral	<i>Journal of Building Engineering</i>	A1	2019	Reino Unido	Rabia Charef, Stephen Emmitt, Hafiz Alaka, Farid Fouchal
Uma visão geral dos benefícios e desafios da adoção da modelagem de informações da construção (BIM) em projetos residenciais do Reino Unido	<i>Construction Innovation</i>	A1	2019	Reino Unido	Maria Christina Georgiadou

ARTIGO	REVISTA	QUALIS	ANO DE PUBLICAÇÃO	PAÍS	AUTORES
Implementando o BIM em empresas de arquitetura, engenharia e construção: benefícios e barreiras percebidos entre empreiteiros locais em Palembang, Indonésia	<i>International Journal of Construction Supply Chain Management</i>	A1	2019	Indonésia	Heni Fitriani, Andy Budiarto, Saheed Ajayi, Yakni Idris
Prós e contras do uso da modelagem de informações de construção no setor de AEC	<i>Journal of Construction Engineering and Management</i>	A1	2019	Turquia	Senem Seyis
Fatores limitantes para a implementação do <i>Building Information Modeling - BIM</i>	<i>Open Construction and Building Technology Journal</i>	B1	2019	Palestina	Mohammed A. Enshassi, Khalid A. Al Hallaq, Bassam A. Tayeh

Fonte: Autor (2020).

4.2 SÍNTESE DOS ARTIGOS

De forma geral, todos os artigos apresentaram os principais fatores negativos à implementação do BIM e suas respectivas formas de mitigação de acordo com o alvo e metodologia de pesquisa ideal para cada caso e localidade, sendo que a maior parte dos estudos contribuiu para representar o estado atual de adoção do BIM no setor AEC.

O Artigo 1 – Entendendo e facilitando a adoção do BIM no setor de AEC – traz uma análise do estado do BIM no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) na Austrália, onde existem inúmeros fatores que afetam a adoção do BIM, que podem ser agrupados em duas áreas principais: requisitos e necessidades funcionais da ferramenta técnica e questões estratégicas não técnicas (GU; LONDON, 2010).

O Artigo 2 – Avaliação do grau de aceitação BIM dos participantes coreanos da AEC – identifica os fatores que influenciam na aceitação do BIM na Coreia, indicando que os usuários se sentem sobrecarregados por experimentar o BIM como um teste antes da sua aceitação e pensam que o BIM é relativamente mais difícil de aprender em comparação com as tecnologias existentes. Em particular, engenheiros e arquitetos têm mais dificuldades (KIM; PARK; CHIN, 2016).

O Artigo 3 – Um estudo sobre as barreiras à implementação da modelagem de informações da construção – investiga o estado atual do conhecimento BIM na indústria de construção

indiana, onde observou-se que a adoção do BIM é limitada e o setor de construção local reluta em implantar a tecnologia na prestação de seus serviços (SREELAKSHMI *et al.*, 2017).

O Artigo 4 – Aceitação e implementação do BIM em empresas de arquitetura taiwanesas – teve o objetivo de investigar o status atual da adoção do BIM em 300 empresas de arquitetura de Taiwan, concluindo que a maioria das empresas de arquitetura de Taiwan não está pronta para implementar o BIM devido às culturas organizacionais, suporte tecnológico insuficiente, educação e treinamento e falta de software BIM (JUAN; LAI; SHIH, 2017).

O Artigo 5 – Um estudo de viabilidade sobre a implementação da modelagem de informações da construção (BIM) – abordou os benefícios da adoção do BIM e as barreiras à sua implementação na Índia, mostrando que apesar de ficar claro que existem muitos benefícios na adoção do BIM, ainda existem diversas barreiras para sua implementação na Índia (ARUNKUMAR; SUVEETHA; RAMESH, 2018).

O Artigo 6 – Barreiras da adoção de modelagem de informações da construção (BIM) em projetos de construção do Iraque – investiga as principais barreiras enfrentadas pela adoção do BIM no Iraque, onde que a maioria dos profissionais ainda usa o CAD 2D, o que pode dificultar a transformação de estilo de desenho 2D para a modelagem com várias dimensões no BIM (HATEM; ABD; ABBAS, 2018).

O Artigo 7 – Desafios críticos para a adoção do BIM em pequenas e médias empresas: evidências da China – aborda os principais desafios que dificultam a adoção do BIM nas pequenas e médias empresas (PMEs) da China, além de tratar das estratégias correspondentes que podem ser aplicadas para obter maior entendimento do BIM nesse setor da AEC. A pesquisa mostrou que adoção do BIM em PMEs chinesas está em um estágio muito lento (LI *et al.*, 2019).

O Artigo 8 – Adoção da modelagem de informações de construção na União Europeia: uma visão geral – tem como objetivo avaliar as lacunas na adoção do BIM entre os 28 países da União Europeia (UE) e as barreiras relacionadas à sua implementação, revelando que a implementação do BIM em nível nacional ainda não existe em alguns países da UE (CHAREF *et al.*, 2019).

O Artigo 9 – Uma visão geral dos benefícios e desafios da adoção da modelagem de informações da construção (BIM) em projetos residenciais do Reino Unido – examina o escopo, o valor e as implicações práticas da implementação do BIM em projetos residenciais, avaliando as perspectivas e experiências dos profissionais da construção civil que trabalham na Área da Grande Londres, revelando os benefícios, desafios e riscos específicos da implementação do

BIM no setor de projetos residenciais, dominado pelas pequenas e médias empresas (GEORGIADOU, 2019).

O Artigo 10 – Implementando o BIM em empresas de arquitetura, engenharia e construção: benefícios e barreiras percebidos entre empreiteiros locais em Palembang, Indonésia – investiga o entendimento atual do BIM, bem como a barreira para sua implementação na indústria da construção indonésia, sugerindo que existe um baixo nível de conscientização e conhecimento das ferramentas BIM, com um entendimento insuficiente do objetivo da adoção do BIM entre os profissionais locais da construção (FITRIANI *et al.*, 2019).

O Artigo 11 – Prós e contras do uso da modelagem de informações de construção no setor de AEC – classificou e identificou os benefícios, desafios e riscos do BIM na Turquia, priorizando os benefícios do BIM em termos de tempo, custo e sustentabilidade, bem como os riscos e desafios do BIM, considerando seus impactos negativos no processo de entrega do projeto (SEYIS, 2019).

O Artigo 12 – Fatores limitantes para a implementação do *Building Information Modeling* – abordou os fatores que limitam a implementação do BIM na indústria da construção palestina. Este estudo identificou 23 fatores de limitação para a implementação do BIM na indústria da construção, em que a categoria (de perspectiva) pessoal foi classificada como a mais importante, enquanto a categoria (da perspectiva) legal foi classificada como a menos importante (ENSHASSI; AL HALLAQ; TAYEH, 2019).

Cinco dos doze artigos selecionados abordaram os casos das empresas do setor AEC, como as pequenas e médias empresas e escritórios de arquitetura. Os sete demais trabalhos analisaram as perspectivas de participantes e profissionais que atuam na indústria da arquitetura, engenharia e construção local. O Quadro 3 mostra um resumo das abordagens dos artigos de acordo com o público alvo de cada pesquisa.

Quadro 3 – Alvo de pesquisa dos artigos selecionados.

Artigos	Alvo de pesquisa
Artigos 3, 7, 9 e 11	Pequenas e médias empresas locais
Artigo 4	Escritório de arquitetura
Artigos 1, 2, 5, 6, 8, 10 e 12	Participantes e profissionais do setor AEC

Fonte: Autor (2020).

Uma limitação importante é que o artigo 4 se restringe apenas a escritórios de arquitetura de Taiwan, que não é oficialmente um país além de ser uma localidade pequena, mas foi importante considerá-lo por ser um local bem desenvolvido. Além disso, foi interessante

entender os casos dos escritórios de arquitetura, uma vez que são locais iniciais de desenvolvimento de projetos nas indústrias AEC.

As metodologias empregadas para obtenção dos resultados foram pesquisas com análises qualitativa ou quantitativa. Os artigos que usaram a pesquisa qualitativa, analisaram e avaliaram as barreiras à implementação do BIM com pesquisas online, entrevistas complementares e presenciais, em que os entrevistados foram estimulados a se sentirem à vontade para dar sua opinião sobre os assuntos relacionados ao BIM e desafios na sua adoção.

Nas pesquisas de caráter quantitativo, foram realizados questionários com resposta de múltipla escolha sobre abordagens e práticas BIM, direcionados para os profissionais atores-chave na implementação do BIM, como arquitetos, engenheiros, contratados, gerentes de instalações, gerentes BIM, provedores de treinamento, entre outros. O Quadro 4 reúne os artigos e suas respectivas metodologias em comum.

Quadro 4 – Metodologia de pesquisa dos artigos selecionados.

Artigos	Metodologia de pesquisa
Artigos 1, 3, 5, 7, 9 e 11	Pesquisa qualitativa com realização de entrevistas
Artigos 2, 4, 6, 8, 10 e 12	Pesquisa quantitativa com realização de questionários

Fonte: Autor (2020).

Os artigos que abordaram os casos das pequenas e médias empresas com a realização de entrevistas com os componentes desse setor, apresentaram conclusões semelhantes com relação às restrições da ferramenta BIM que impedem sua ampla adoção nas PME, além de indicarem que poucas empresas começaram a promover a implantação do BIM, sendo que a maioria dessas empresas são grandes, o que significa que não há PME.

Outros tipos de indicativos em comum encontrados nos artigos que realizaram pesquisas com os profissionais atuantes no setor AEC, é a dificuldade de aprendizado do BIM, além da falta de conscientização sobre a metodologia e conhecimento dos seus benefícios.

As pequenas e médias empresas contribuem grandemente para o desenvolvimento econômico de várias regiões, no entanto a maioria das grandes e médias construções são limitadas às grandes empresas, que adotam mais facilmente tecnologias como o BIM para o desenvolvimento dos seus projetos.

Portanto, foi importante considerar neste estudo os casos das PMEs, que formam a maioria das empresas do setor AEC pelo mundo. Além disso, muitos trabalhos foram

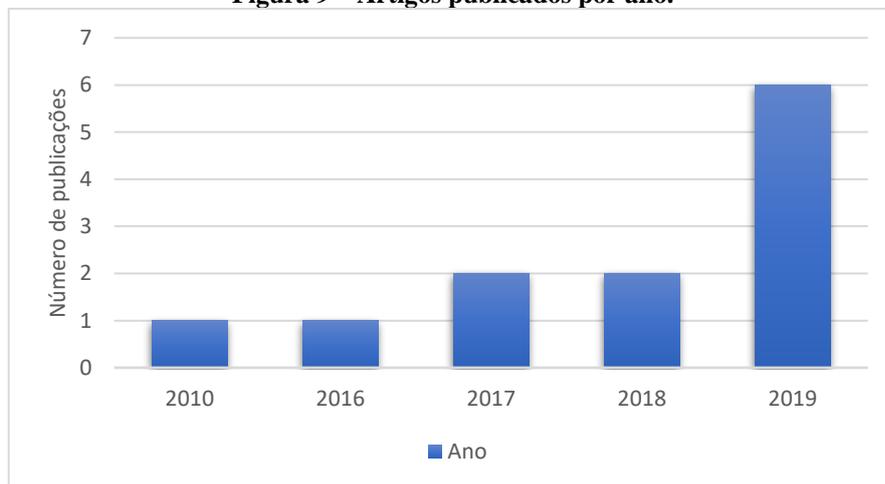
selecionados por abordarem as perspectivas de proprietários, gerentes, clientes e profissionais da AEC, contribuindo assim para uma visão geral das opiniões dos principais protagonistas na adoção do BIM.

4.3 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Os estudos selecionados foram publicados em sua maioria entre os anos de 2016 e 2019, sendo apenas um do ano de 2010. Entretanto, na busca inicial feita no *Scopus*, foram encontrados estudos publicados apenas entre os anos de 2005 a 2019, sendo que o limite imposto nesta pesquisa foi para o intervalo 2000-2019. Portanto, constata-se que o assunto BIM apesar de ser comentado e abordado há algumas décadas, ainda é recente em estudos relevantes por todo o mundo. Além disso, pode-se notar que os obstáculos e desafios à implementação do BIM é um assunto preocupante que recentemente vem sendo motivação de estudos por países que ainda enfrentam dificuldades na sua adoção nos setores AEC.

Nota-se ainda que a maioria dos artigos selecionados para esta pesquisa foi a mais atual, confirmando que o assunto BIM e barreiras na sua adoção também é alvo atual de inúmeras pesquisas. A Figura 9 apresenta como se deu a distribuição ao longo desses anos dos artigos selecionados.

Figura 9 – Artigos publicados por ano.

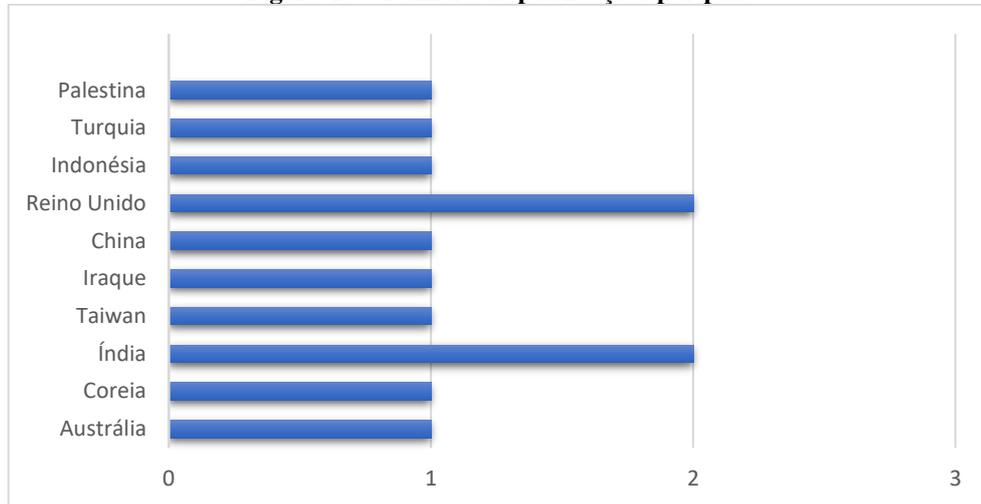


Fonte: Autor (2020).

Como pode ser observado na Figura 10, Índia e Reino Unido lideram com 2 trabalhos publicados cada, já os demais países contribuíram com uma publicação. Um dos trabalhos do Reino Unido fez uma pesquisa em todos os países da União Europeia, portanto, as informações desse estudo foram representativas para todos os países europeus, aumentando a contribuição e

resultados para esta pesquisa. Pode-se notar que a maioria dos países foram orientais com economias em desenvolvimento, o que pode explicar o processo de adaptação que esses países ainda passam na adoção da tecnologia BIM.

Figura 10 – Número de publicações por país.



Fonte: Autor (2020).

O fato desses países publicarem sobre o tema pode ser um indicativo de que a implementação do BIM como plataforma de projetos ainda é sinônimo de países mais desenvolvidos, que se encontram num estágio mais tecnológico. Tendo isso em vista, é importante notar que o nível de desenvolvimento de um país influencia no seu nível de adoção do BIM.

4.4 DESAFIOS IDENTIFICADOS À IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

Ao todo foram 23 barreiras encontradas em comum na síntese de todos os artigos, em que cada uma delas foi citada uma ou mais de uma vez ao decorrer das pesquisas. Para uma melhor divisão dessas barreiras, usou-se a classificação dada por Sun *et al.* (2017), que classifica os fatores de limitação ao BIM em cinco categorias: pessoal, tecnologia, custo, gerenciamento e jurídico. Essa classificação é a mais recente e usada atualmente e inclui todas as categorias já relatadas em trabalhos anteriores. A Tabela 5 faz essa classificação de acordo com os desafios identificados nesta revisão.

Tabela 5 – Classificação dos desafios identificados.

CATEGORIAS	DESAFIOS
Pessoal	Resistência à mudança Falta de especialistas no mercado Pouca conscientização sobre o BIM e seus benefícios Dificuldade do uso e aprendizado dos <i>softwares</i> Profissionais habituados com a plataforma CAD 2D Desmotivação de empregadores devido ao aumento de custo e tempo
Tecnologia	Falta de compartilhamento de informações (Interoperabilidade) Incompatibilidade entre plataformas de <i>softwares</i> Falta de pacotes de <i>softwares</i> BIM
Custo	Custos altos de aquisição de <i>hardwares</i> e <i>softwares</i> Custos altos de treinamento Alto custo de implementação Custos indiretos da mudança
Gerenciamento	Exigência de tempo suficiente para aprendizado da plataforma BIM Falta de diretrizes ou incentivos por parte dos governos locais Falta de suporte ou apoio por parte de superiores na adoção do BIM nas empresas Falta de conhecimento sobre como implementar o BIM Falta de demanda ou exigência (por parte dos clientes) para projetos detalhados em BIM Natureza fragmentada do processo de construção Falta de treinamento e educação nas universidades ou centros de treinamento do governo Exigência de grandes mudanças de cultura dentro da organização
Jurídico	Preocupações com segurança Falta de acordos contratuais para proteger os dados privados do modelo BIM contra perda e uso indevido

Fonte: Autor (2020).

De todos os desafios identificados, os mais citados entre os artigos foram os referentes aos custos de aquisição de *hardwares* e *softwares*, seguido pela resistência à mudança e falta de especialistas no mercado. A exigência de tempo para aprendizado do BIM, pouca conscientização e conhecimento sobre seus benefícios, os custos de treinamento e implementação foram outros fatores bastante comentados nas pesquisas.

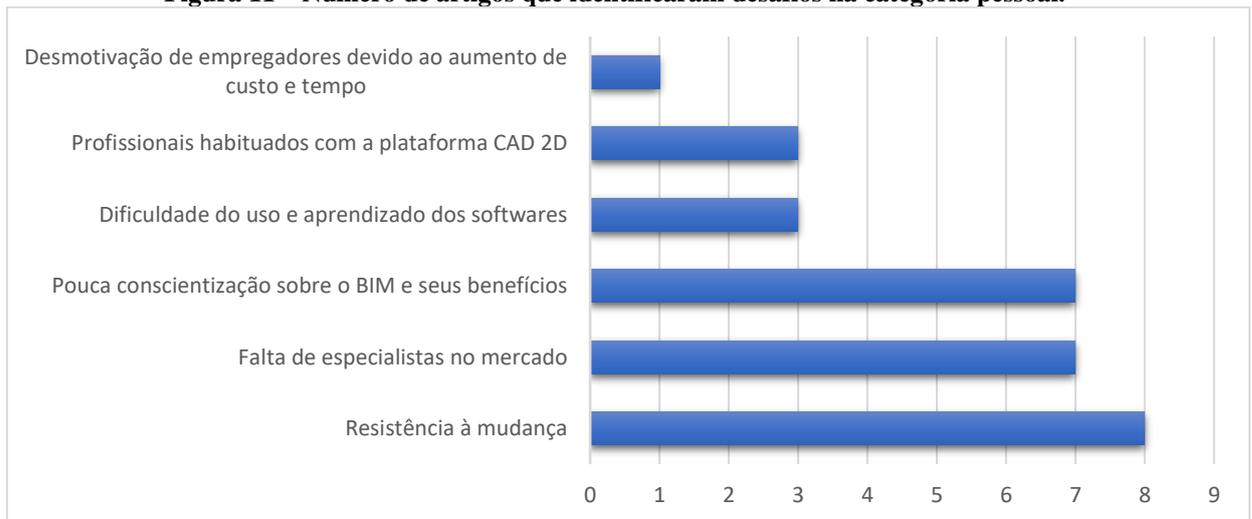
4.4.1 Desafios da Categoria Pessoal

A maior parte dos artigos selecionados observou que em termos de processo, a adoção do BIM exige uma alteração no trabalho existente na prática. É necessária maior colaboração e comunicação entre as disciplinas para o desenvolvimento de um único modelo compartilhado. Um padrão de processos e protocolos acordados são necessários para atribuir responsabilidades

e conduzir revisões e validação de projetos. Além disso, membros da equipe de projeto precisam de treinamento e informações adequados para poder contribuir e participar das mudanças do ambiente de trabalho. Dessa forma, os autores preveem o surgimento de novas funções nas equipes para projetos de grande escala, como gerente de processos BIM.

A Figura 11 mostra a quantidade de artigos selecionados que abordaram os desafios identificados da categoria pessoal.

Figura 11 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria pessoal.



Fonte: Autor (2020).

O artigo australiano, apesar de publicado há uma década, ainda apresenta informações e conclusões condizentes com muitos trabalhos atuais, visto que mesmo em 2010, muitos líderes de mercado australianos tinham graus variados de experiência de conhecimentos práticos de BIM e, portanto, às vezes diferentes entendimentos e níveis de confiança em relação à difusão futura da tecnologia BIM em todo o setor na Austrália.

Na Indonésia por exemplo, constatou-se que o interesse dos gerentes de projeto e a vontade de adotar o BIM são os fatores mais críticos de sucesso na implementação bem-sucedida do BIM. Isso sugere que o baixo nível de adoção do BIM na indústria da construção indonésia pode ser devido à falta de entendimento adequado de seus benefícios potenciais nos estágios de design e construção da entrega do projeto.

A falta de conscientização e a falta de conhecimento real sobre os benefícios da implementação do BIM pelas empresas de construção foram classificadas como barreiras significativas em quase todos os estudos desta revisão. O nível de conhecimento BIM por parte de profissionais e contratantes é muito fraco em países como Iraque, Índia, Indonésia e Turquia. Porém, esse fator não deixa de ser um obstáculo também no Reino Unido e China.

Além disso, a mentalidade da alta administração, apegada a métodos tradicionais e sem inovação tecnológica, especialmente na aceitação de novas reformas, traz outro desafio: a forte resistência à mudança tanto cultural como pessoal, por parte das equipes de funcionários, das organizações e dos clientes. Muitas empresas se apegam a práticas convencionais de construção, afirmando não precisar da tecnologia BIM em seus projetos por estes serem simples e menos complexos, e que é necessário muito tempo para o aprendizado da plataforma, além dos custos indiretos da mudança e queda da produtividade inicial (por questões de adaptação e treinamento). No Iraque, por exemplo, muitos engenheiros só aderem ao *software* familiar a eles.

O setor de construção de residências no Reino Unido é menos exigente com o BIM em projetos e construção de edifícios residenciais, gerando menos pressão por essa inovação nesse setor. Isso combinado aos projetos habitacionais geralmente não serem complexos, não garante o tempo e os recursos necessários para o BIM. Outro exemplo disso pode ser percebido nas pequenas e médias empresas (PMEs) chinesas, onde os projetos podem ser simples demais para que as empresas adotem as práticas dos *softwares* BIM.

Entretanto, a resistência à mudança não está presente apenas na alta gerência das organizações do setor AEC. Grande parte dos artigos mostrou que as intenções dos participantes coreanos da AEC no uso de BIM ainda são neutras e os arquitetos demonstraram ser mais negativos em relação a tecnologia e suas utilidades. Isso se justificou porque muitos participantes claramente não reconhecem os processos BIM e seus efeitos, resistindo na sua adoção por esses motivos. Já em relação a negatividade dos arquitetos, o motivo seria a falta de vontade por parte desses profissionais de usar o BIM pois estão mais habitualmente envolvidos nos processos de desenhos arquitetônicos em 2D.

Dessa forma, uma das motivações da relutância de muitos profissionais do setor AEC ao BIM é a dificuldade de aprendizado e uso dos *softwares* aliada ao pensamento que o BIM é muito complexo e que seus *softwares* não são fáceis de usar.

Nas PME chinesas, em termos de tempo, custo e esforço necessários para implementar a tecnologia, significa que com o investimento e recursos atuais é improvável que o BIM seja usado em projetos pequenos e simples, nos quais um projeto tradicional auxiliado por computador (CAD) permanece suficiente.

Outra resistência encontrada está relacionada aos clientes. No Reino Unido, há a crença de que grandes práticas arquitetônicas devem liderar a implementação do BIM e uma visão de que pequenas e médias empresas têm menos probabilidade de adotar o BIM, pois os clientes de

organizações menores não são familiarizados o suficiente com a tecnologia ou seus projetos são muito pequenos para uso do BIM. Logo, a demanda por BIM em projetos habitacionais é limitada, pois os clientes não querem que seus projetos sejam um teste BIM por parte das PME.

No artigo iraquiano, a pesquisa mostrou que quando os entrevistados foram perguntados se tinham ouvido ou não sobre o BIM, 21,4% deles responderam “sim” e explicaram como o conheciam, e 78,6% deles responderam que não o conheciam, ficando claro que o nível de conhecimento BIM de especialistas que trabalham na construção iraquiana é muito fraco. Quando os entrevistados foram questionados se a empresa em que trabalhavam estava usando o BIM, 2,7% responderam “sim” e 97,3% responderam “não”, mostrando que o uso de BIM nos projetos iraquianos é quase inexistente.

Na Índia, também se observa que a adoção do BIM é limitada e o setor de construção local reluta em implantar a tecnologia na prestação de seus serviços. Embora o conceito de BIM seja amplamente conhecido, as pessoas ainda não conseguem explorar como o BIM pode atuar em uma obra em tempo real.

Alguns países da UE como Finlândia, Holanda e Dinamarca foram os primeiros a adotar o uso do BIM. Entretanto, atualmente ainda existem países como Bulgária, Grécia e Malta, que não possuem nenhuma especificação sobre o uso do processo BIM. Portanto, esse é um ponto preocupante para o intuito de padronização do BIM na União Europeia, visto que muitos países se encontram bastante avançados na adoção da tecnologia em comparação aos adotantes tardios.

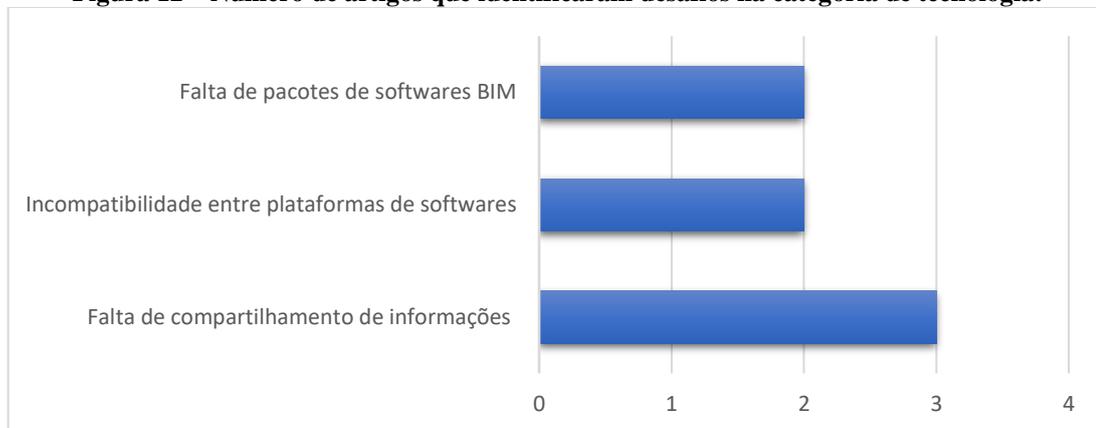
Portanto, um dos principais requisitos para a adoção do BIM é ter o conhecimento ou a experiência necessária para implementá-lo totalmente nas empresas de construção. Contudo, muitas empresas, escritórios e profissionais do setor AEC carecem de informações de como usar e implementar o BIM de forma efetiva e benéfica. A falta de conhecimento sobre o BIM e suas vantagens em projetos de construção implica que é necessário educar os profissionais da construção sobre os benefícios de curto e longo prazo do BIM antes de incentivar e facilitar sua implementação no setor.

4.4.2 Desafios da Categoria Tecnologia

No Iraque, cada parte envolvida na criação do modelo BIM utiliza *software* específico adequado à tarefa requerida, e a diferença entre esses *softwares* gera problemas de compatibilidade, que constituem uma barreira à troca de dados dentro do modelo. Alguns artigos que identificaram obstáculos de caráter tecnológico mostraram a importância do compartilhamento de informações dentro das redes de conexão entre as partes envolvidas.

A Figura 12 mostra a quantidade de artigos selecionados que abordaram os desafios identificados da categoria de tecnologia.

Figura 12 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de tecnologia.



Fonte: Autor (2020).

Esse problema de incompatibilidade entre *softwares* gera desafios de compartilhamento de informações entre as partes nos projetos, onde podem surgir erros de compatibilidade e limitações de projeto. Como observado no estudo feito com empresas de arquitetura de Taiwan, 81 % das empresas pesquisadas alegaram que não existia suporte efetivo de tecnologia e pacotes de *software* que lhes permitisse adotar o BIM.

4.4.3 Desafios da Categoria Custos

Os estudos que realizaram pesquisa qualitativas estruturadas em entrevistas, constataram que na perspectiva de arquitetos, engenheiros e contratados o custo de implementação é um dos principais desafios na implementação de BIM na indústria de AEC. Uma demonstração disso é a relutância das empresas de arquitetura taiwanesas em adotar a plataforma BIM, alegando que o custo de troca é muito alto e o suporte tecnológico é limitado.

O custo do investimento inicial para a aplicação do BIM no setor AEC é alto, pois exige grandes recursos para comprar o *software* e o *hardware* exigidos por determinadas especificações, além do custo do treinamento e do salário de especialistas. Isso pode ser percebido no artigo da China, onde constatou-se que as PMEs chinesas têm poucos recursos, não podendo arcar com despesas extras com adaptação à novas tecnologias e treinamento de pessoas, limitando-se em concentrar no que consideram ser critérios mais importantes para a empresa.

A Figura 13 mostra a quantidade de artigos selecionados que abordaram os desafios identificados da categoria de custos.

Figura 13 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de custos.



Fonte: Autor (2020).

A barreira mais alta encontrada nos artigos foi o custo inicial associado ao *software* e ao *hardware*. A maioria dos entrevistados percebeu o alto custo inicial do *software* BIM como a principal barreira para a implementação do BIM nas empresas AEC. A capacidade das empresas de acessar a tecnologia ainda é muito limitada para obter alta produtividade nos projetos em comparação com os custos totais do projeto. Embora as empresas locais pesquisadas estejam na categoria de níveis médios a altos em termos de autofinanciamento, sua capacidade de comprar o BIM e o *software* associado ainda é limitada devido ao alto custo do investimento inicial. Semelhante ao custo de instalação do sistema BIM, é a relutância em treinar arquitetos e engenheiros devido ao custo associado.

Ao contrário do Reino Unido e de outras nações onde o governo como cliente público e alguns clientes particulares solicitam o uso do BIM, não há motivação institucional para a adoção do BIM na Indonésia, Índia, Iraque e Turquia. O que isso implica é que qualquer custo associado à configuração do sistema ou ao fornecimento do treinamento relevante não pode ser facilmente compensado pelos custos do projeto.

Algumas PME turcas classificaram o alto custo de implementação da tecnologia BIM como uma das barreiras mais significativas que afetam a adoção do BIM na Turquia. O BIM requer investimento em *software* e treinamento, além da capacidade de executar e operar licenças de *software* e *hardwares* específicos, incluindo conscientização e educação para maior segurança cibernética. Isso geralmente é difícil de financiar devido à falta de recursos, principalmente para as PME.

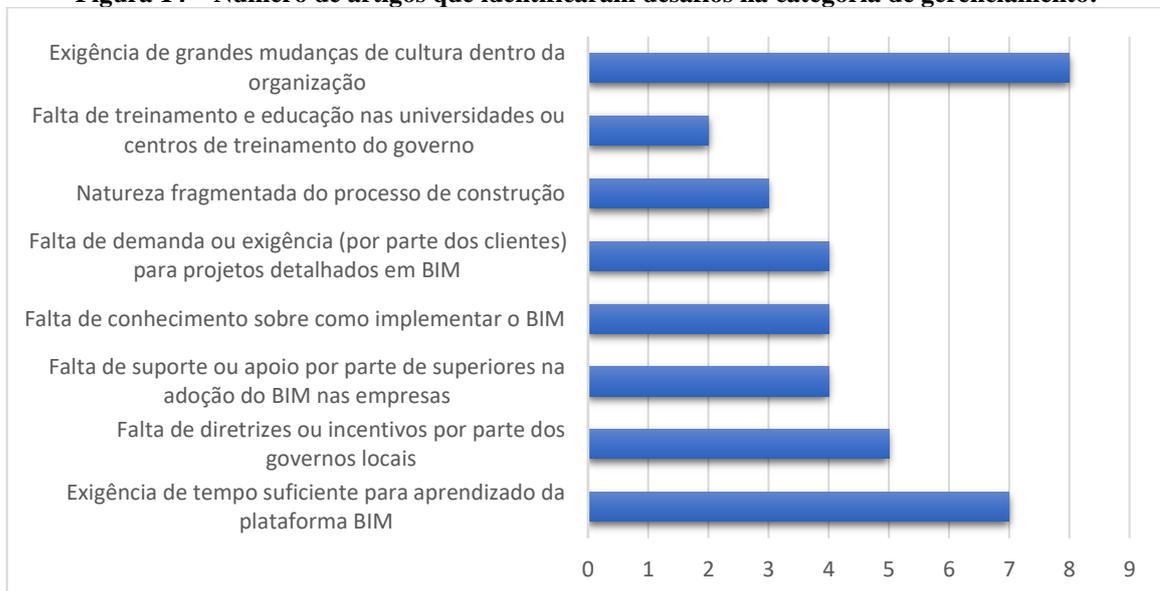
Embora custos de aquisição e custos do treinamento sejam citados como grandes barreiras, a economia no custo da implementação adequada do BIM será maior se comparada ao custo inicial do investimento.

4.4.4 Desafios da Categoria Gerenciamento

O artigo taiwanês observou que mais de 50 % das empresas de arquitetura taiwanesas não estavam dispostas a investir em equipamentos de TI e *software* BIM, devido as mudanças organizacionais necessárias. Outros estudos identificaram que membros do setor AEC consideram as grandes mudanças de cultura dentro de suas organizações como fator que dificulta a implementação do BIM. Essas mudanças referem-se às práticas de trabalho com a adaptação da equipe, e alterações na dinâmica dos projetos com a inclusão dos novos *softwares*.

A Figura 14 mostra a quantidade de artigos selecionados que abordaram os desafios identificados da categoria de gerenciamento.

Figura 14 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria de gerenciamento.



Fonte: Autor (2020).

No processo de adaptação da equipe aos *softwares* BIM, há a necessidade de tempo para aprimorar os níveis de habilidade e conhecimento acumulado até o estágio em que o BIM pode ser facilmente aplicado a trabalhos reais. A exigência de tempo suficiente para aprendizado da tecnologia BIM desanima membros da AEC e dificulta a adoção do BIM por parte de empresas e escritórios. Outro fator limitante para a adoção do BIM é a falta de suporte ou apoio por parte de superiores nas empresas. O fraco apoio da alta gerência é uma das barreiras mais enfrentadas por PME no Iraque e Turquia por exemplo, motivadas pela forte resistência à mudança.

Além disso, muitos estudos relatam o fraco apoio e incentivo por parte dos governos locais, além de falta de diretrizes para a implementação do BIM. De acordo com especialistas e profissionais iraquianos, o governo iraquiano não demonstrou um papel distinto na adoção e disseminação de tecnologias modernas no campo do setor de construção iraquiano. Os artigos

do Reino Unido também abordaram a falta de liderança do governo europeu na implementação do BIM em projetos residenciais na Europa. Dessa forma, pode-se identificar a falta de treinamento e educação nas universidades, onde isso também pode ser visto como falta de atenção do governo que não introduz diretrizes de ensinos que abordem o BIM nas grades de ensino superior.

Uma das barreiras enfrentadas pela aplicação BIM é a natureza fragmentada das partes interessadas, em que essa barreira é incompatível com o que o BIM exige de cooperação no trabalho. A natureza fragmentada das indústrias da construção leva a dificuldades no compartilhamento de informações e colaboração entre diferentes participantes. Junto a isso, destaca-se a falta de conhecimento em como implementar o BIM, em que existe a falta de esforços do governo em aumentar a capacitação nas universidades, além do preconceito e falta de demanda por parte dos clientes que acaba diminuindo a vontade dos profissionais em adotar a ferramenta e se capacitarem nela.

4.4.5 Desafios da Categoria Jurídica

Os artigos que abordaram obstáculos jurídicos demonstraram concordância na dificuldade em determinar quem tem controle total dos dados. Isso se dá pelo fato de o processo construtivo envolver inúmeras pessoas e informações, logo, torna-se uma problemática a identificação das responsabilidades. O modelo BIM armazena dados consideráveis, envolvendo entrada, saída e atualização. Dessa forma, há a preocupação por parte de muitas empresas com que a precisão da transmissão de dados entre as diferentes equipes do projeto seja assegurada. As empresas não enviarão dados importantes se a segurança dos dados não puder ser garantida.

A Figura 15 mostra a quantidade de artigos selecionados que abordaram os desafios identificados da categoria jurídica.

Figura 15 – Número de artigos que identificaram desafios na categoria jurídica.



Fonte: Autor (2020).

Segundo os artigos que abordaram os casos das pequenas e médias empresas, alguns modelos BIM contêm muitas informações que não são relevantes para todas as partes interessadas. Existe, portanto, o desafio da validação de dados e o problema de responsabilidade com os dados compartilhados inseridos ou interpretados incorretamente por outras partes interessadas ao longo do ciclo de vida do projeto. Isso causa problemas de confiabilidade e segurança dos dados, pois pessoas diferentes podem interpretar as informações que entram no modelo BIM de maneiras diferentes.

4.5 ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR OS DESAFIOS

Embora custos de aquisição e custos do treinamento sejam citados como grandes barreiras, a economia no custo da implementação adequada do BIM será maior se comparada ao custo inicial do investimento. Para superar os obstáculos de implementação, os benefícios devem ser entendidos claramente por todos os grupos de pessoas interessadas na indústria, sejam elas clientes, fornecedores, profissionais atuantes, gerentes, sócios, proprietários, entre outros. Como passo principal para superar essas barreiras, os profissionais da alta administração das empresas da indústria da AEC local devem fornecer o apoio necessário e incentivar os funcionários a superar seus receios ou barreiras culturais e treiná-los com sucesso.

Algumas estratégias para enfrentar os desafios identificados incluem o fornecimento de *softwares* de avaliação ou o uso de *softwares* a uma taxa subsidiada, o treinamento de pessoal no uso dos *softwares* e a introdução do BIM no currículo das universidades, aumentando a conscientização sobre o BIM, mudanças comportamentais das partes interessadas para colaborar no BIM, desenvolvendo diretrizes e padrões nacionais com capacidade mais fácil de compartilhamento de informações para torná-lo acessível.

Através de ações do governo, da indústria e das instituições acadêmicas juntas, pode-se produzir melhores resultados na implementação do BIM. Se os acadêmicos conscientizarem a comunidade estudantil, o número de indivíduos na lista de usuários do BIM aumentará. Os profissionais da indústria também precisam realizar sessões de treinamento e conscientização sobre o BIM para o bom funcionamento dos projetos. Se o governo puder promover a introdução do BIM, como é feito por poucos países estrangeiros, o cenário da AEC em muitos países poderá sofrer mudanças.

As empresas que adotaram o BIM demonstraram um nível mais alto de prontidão do que aquelas que não o fizeram. Essa observação pode beneficiar o governo ao repensar as estratégias de adoção e promoção do BIM e reflete que uma das chaves do sucesso é aumentar

a prontidão da empresa. O governo deve primeiro fornecer suporte estruturado ao treinamento, estabelecer um formato e uma infraestrutura de padrão industrial para facilitar o intercâmbio de informações, formular roteiros de adoção do BIM e desenvolver precedentes efetivos para dissipar dúvidas.

Na indústria, as empresas devem adotar uma atitude conducente à prontidão organizacional para a mudança. Quando o nível de prontidão organizacional aumentar, as empresas estarão mais dispostas a aceitar a tecnologia, levando a um virtuoso ciclo para concorrentes e participantes de setores que estão mais dispostos a adotar o BIM.

Portanto, aspectos técnicos do processo BIM precisam ser tomados em consideração, mas também outros parâmetros devem ser examinados, como a cultura do trabalho. É imperativo investigar como reduzir a diferença entre países em implementação BIM para abrir novas oportunidades de mercado, especialmente para PME. Além disso, promover as vantagens trazidas pela revolução tecnológica do BIM no setor da construção é o ideal a se fazer. Assim, as profissões nessa área se tornarão mais atraentes e então a escassez de especialistas poderia ser diminuída. As principais recomendações para mitigação dos desafios identificados nesta revisão foram:

- Aumentar o nível de habilidade dos profissionais do setor AEC, oferecendo programas de treinamento em centros e instituições governamentais;
- Construir e apoiar projetos acadêmicos, além de incentivar pesquisadores no campo do BIM, o que facilitará a transferência de conhecimentos e informações no mundo;
- O governo pode construir uma geração que tenha conhecimento sobre BIM impondo um currículo BIM no ensino universitário.

O sucesso da adoção do BIM depende mais de como uma empresa combina a tecnologia com seu fluxo de trabalho do que de como está bem preparada, permitindo assim que as equipes se adaptem às tecnologias para se adequarem às práticas de trabalho existentes. Devido a importância das pequenas e médias empresas no setor AEC mundial, este estudo propõe algumas estratégias para mitigar os desafios na adoção do BIM nas PME, listadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Estratégias para mitigar os desafios na adoção do BIM nas PME.

ESTRATÉGIAS	RECOMENDAÇÕES
Cultivar a percepção BIM das PME	<p>O governo deve fortalecer o treinamento BIM por meio do incentivo a criação um de departamento BIM dentro das PME;</p> <p>Questões como alto custo educacional e alto investimento econômico nas instalações deve ser resolvido por meio de legislação e supervisão obrigatórias;</p> <p>Desenvolvimento de uma base internacional de evidências das lições aprendidas em projetos residenciais habilitados para BIM, reforçando um ambiente de aprendizado contínuo.</p>
Fortalecer o ambiente jurídico para a adoção do BIM nas PME	<p>Identificar as responsabilidades imprecisas, já que as informações do projeto estão envolvidas na colaboração entre vários participantes;</p> <p>A legislação pode definir as informações específicas pelas quais diferentes atores são responsáveis pela comunicação.</p>
Desenvolvimento de <i>software</i> e padrões nativos	<p>Se o <i>software</i> relacionado ao BIM puder gerar automaticamente desenhos 2D e documentos relacionados para o processo de aprovação da construção, ele melhorará a adoção do BIM pelas PME;</p> <p>Experiências bem documentadas contribuem para avaliar conquistas, problemas e desafios, facilitando a adoção do BIM nas PME.</p>
Tecnologia baseada em nuvem	<p>Restringir a proteção por senha e avaliar os regulamentos das autoridades pode garantir a segurança e a privacidade que abordam as preocupações dos usuários sobre segurança;</p> <p>O BIM baseado na nuvem permite que usuários com conexão à internet sincronizem seus dados em mais de um dispositivo, como computadores pessoais e smartphones. Dessa forma, o custo da infraestrutura pode ser economizado e trazer comodidade para as PME.</p>
BIM em ambiente colaborativo	<p>Investigar como o BIM pode ser integrado à entrega de programas de estudo de ambiente colaborativo no ensino superior, abordando as atuais lacunas de habilidades e conhecimentos e mudar as tradições de uma indústria de construção fragmentada, para que todos os benefícios do BIM sejam alcançados.</p>

Fonte: Autor (2020).

5 CONCLUSÃO

Apesar das atividades de construção estarem em expansão, ainda há uma conscientização relativamente baixa e certa relutância na implementação do BIM nesta área. Para avaliar e identificar os obstáculos ainda existentes na implementação do BIM em projetos na construção civil, este estudo realizou uma revisão sistemática da literatura de vários artigos relevantes que responderam condizentemente à pergunta de pesquisa.

Os estudos revelaram que apesar do BIM ser uma ferramenta abordada há alguns anos, ainda existem muitas barreiras na sua adoção efetiva e no reconhecimento dos seus benefícios. Além disso, existe ainda um baixo nível de conscientização e conhecimento das ferramentas BIM, com um entendimento insuficiente entre os profissionais do setor AEC o que caracteriza a falta de especialistas no mercado, os quais se encontram muitas vezes habituados apenas com a plataforma CAD 2D.

Os artigos selecionados mostraram que a implementação do BIM em nível nacional ainda não existe em alguns países, enquanto alguns países usam a tecnologia BIM há mais de uma década. Uma das razões para isso vem da forte resistência à mudança adotada por parte de gerentes de empresas, profissionais e clientes. A disseminação do BIM é afetada pela relutância dos participantes do setor AEC em perceber os benefícios da tecnologia e aprender a usá-la.

Os altos custos de implementação aliados aos custos com aquisição de *softwares* e treinamento das equipes foram outros fatores limitantes mais citados durante a síntese dos trabalhos coletados. Esses desafios fazem parte da realidade de pequenas e médias empresas e também de escritórios da AEC.

Outras barreiras significativas identificadas foram a falta de incentivo dos governos locais, falta de compartilhamento de informações que vem da natureza fragmentada do processo de construção, falta de pacotes de *softwares* BIM, incompatibilidade entre plataformas de *softwares*, preocupações com segurança dos dados contra perda e uso indevido, além da falta de treinamento e educação nas universidades.

Este estudo revela, por meio de trabalhos publicados, os desafios do BIM para criar conscientização, assim permitindo que os profissionais desenvolvam estratégias práticas e soluções adequadas para superar esses desafios. Se os desafios associados a implementação do BIM forem resolvidos de maneira sistêmica, os benefícios previstos do BIM em vários aspectos podem ser alcançados de maneira eficaz e eficiente, o que, por sua vez, promoverá o uso do BIM no setor de AEC.

Com a elaboração desta pesquisa, surgiram algumas recomendações para trabalhos futuros, como:

- Utilizar da metodologia de revisão sistemática para avaliar mais aspectos relacionados à tecnologia BIM, como suas vantagens e evolução ao longo dos anos, as quais podem trazer conscientização para os participantes do setor AEC;
- Desenvolver métodos e estratégias eficientes capazes de diminuir ou eliminar os obstáculos à implantação do BIM;
- Aprofundar os estudos sobre a aceitação do BIM por parte das empresas, escritórios e participantes do setor AEC;
- Realizar investigações sobre as práticas BIM nas universidades e centros de ensino, para melhorar o aprendizado e aceitação da ferramenta.

REFERÊNCIAS

- ACHTEN, H.; BEETZ, J. What Happened to Collaborative Design? *In: Conferece on education and research in computer aided architectural design in europeu. 27.*, 2009, Istanbul. **Proceedings...** (...).
- ANTUNES, D. A. E. **Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício**, 2013. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadoresl) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013.
- ARUNKUMAR, S.; SUVEETHA, V.; RAMESH, A. A feasibility study on the implementation of building information modeling (BIM): from the architects' & engineers' perspective. **Asian Journal of Civil Engineering**, v. 19, n. 2, p. 239–247, 2018.
- AZHAR, S. **Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry**. Leadership and Management in Engineering, v. 11, p. 241-252. Auburn - Alabama, 2011.
- BARINSON, M. B.; SANTOS, E. T. Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas. ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. **Anais...** Salvador, 2011.
- BECERIK-GERBER, B.; KENSEK, K. Building Information Modeling in Architecture, Engineering, and Construction: Emerging Research Directions and Trends. **Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice**, v. 136, p. 139-147. California, 2010.
- BIOLCHINI, B.; MIAN, P.; NATALI, A.; TRAVASSOS, G., “**Systematic Review in Software Engineering**,” Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BIRX, G. W. Getting started with Building Information Modeling. **The American Institute of Architects - Best practices**. [S.l]: [s.n.], 2006. Disponível em: www.aia.org/bestpractices_index. Acesso em: 17 nov. 2019.
- BSI. Building SMART. **International home of openBIM**. [S.l]: [s.n], 2011. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/>. Acesso em: 17 nov. 2019.
- CBIC, **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, Câmara Brasileira da Indústria e da Construção**. Brasília, DF, junho de 2016. Disponível em: <http://cbic.org.br/bim/>. Acesso em: 05 out. 2019.
- CHAREF, R. *et al.* Building Information Modelling adoption in the European Union: An overview. **Journal of Building Engineering**, v. 25, p. 100–113, 2019.
- CHECCUCCI, É., PEREIRA, A. P.; AMORIM, A. L. de. Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Ensino de Arquitetura. In: Sigradi, 2013, Valparaiso, Chile, p 307-311. **Proceedings...** Blucher Design, vol 1, n 7, 2014.

CICRP (COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM). **Planning Guide for Facility Owners**. p. 105, 2012.

COOPER, H.; HEDGES, L.V. EDS.: “The Handbook of Research Synthesis”. **New York: Russell Sage Foundation**, 1994.

CORDEIRO, A. M. *et al.* Revisão sistemática: uma revisão narrativa. **Rev. Col. Bras. Cir.**, v. 34, n. 6, p. 428-431, 2007.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia BIM para compatibilização de projetos**. Dissertação. Ouro Preto. p.86. Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

DINIZ, A. Dnit exigirá nas licitações projetos entregues em BIM. **O Empreiteiro**, 2012.

Disponível em:

http://www.oempreiteiro.com.br/Publicacoes/11983/Dnit_exigira_nas_licitacoes_projetos_entregues_em_BIM.aspx. Acesso em: 17 nov. 2019.

Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM **Sienge**, 2019. Disponível em:

<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim>. Acesso em: 01 fev. 2020.

DOMHOLDT E. Rehabilitation research: principles and applications. **Missouri: Elsevier Saunders**; 2005.

DUARTE, T. M. P. **Coordenação e Desenvolvimento de Projetos de Edificações**. Brasília: FGV, 2016. [Apostila do curso de MBA em Gestão de Negócios de Incorporação e Construção - Fundação Getúlio Vargas].

EASTMAN, C. *et al.* **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008. 490 p.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de Bim- Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EASTMAN, C.M. *et al.* **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**, 2nd Edition. Hoboken: Wiley, 2011. 648 p.

ENSHASSI, M. A.; AL HALLAQ, K. A.; TAYEH, B. A. Limitation factors of Building Information Modeling (BIM) Implementation. **Open Construction and Building Technology Journal**, v. 13, n. 1, p. 189–196, 2019.

FIGUEROLA, V. BIM na prática. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 5860, jul. 2011. Disponível em: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-napratica-224332-1.aspx>. Acesso em: 27 nov. 2019.

FITRIANI, H. *et al.* Implementing BIM in architecture, engineering and construction companies: Perceived benefits and barriers among local contractors in Palembang, Indonesia. **International Journal of Construction Supply Chain Management**, v. 9, n. 1, p. 20–34, 2019.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. In: SEMINÁRIO TIC 2007 - TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10., 2007. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: TIC, 2007.

FU, C. *et al.* IFC Model Viewer to support nD Model Application: **Automation in Construction**. [S.l]: [s.n.], 2006.

GEORGIADOU, M. C. An overview of benefits and challenges of Building Information Modelling (BIM) adoption in UK residential projects. **Construction Innovation**, v. 19, n. 3, p. 298–320, 2019.

GU, N.; LONDON, K. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation in Construction**, v. 19, n. 8, p. 988–999, 2010.

HARDIN, B. **BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows**. Indianápolis: Wiley, 2009. 364 p.

HATEM, W. A.; ABD, A. M.; ABBAS, N. N. Barriers of adoption Building Information Modeling (BIM) in construction projects of Iraq. **Engineering Journal**, v. 22, n. 2, p. 59–81, 2018.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. A. A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. **Anais...** Porto Alegre, 2002.

JERNIGAN, F. **Big BIM little bim: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way**. 2. ed. Salisbury: Finith Jernigan, 2008. 260 p.

JUAN, Y.-K.; LAI, W.-Y.; SHIH, S.-G. Building Information Modeling acceptance and readiness assessment in Taiwanese architectural firms. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 23, n. 3, p. 356–367, 2017.

KAMARDEEN, I. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**. 2010. 9 p. Faculty of Built Environment, University of New South Wales, Australia, 2010.

KIM, S.; PARK, C. H.; CHIN, S. Assessment of BIM acceptance degree of Korean AEC participants. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 20, n. 4, p. 1163–1177, 2016.

LEE, G.; SACKS, R.; EASTMAN, C. M. **Specifying parametric building object behavior (BOB) for a Building Information Modeling system**, *Automation in Construction* 15(6), 758-776 (2006).

LI, P. *et al.* Critical Challenges for BIM Adoption in Small and Medium-Sized Enterprises: Evidence from China. **Advances in Civil Engineering**, v. 2019, p. 1–14, 2019.

LINDE K, WILLICH SN. **How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine.** J R Soc Med. 2003; 96:17-22.

LOBO, E. J. R. **Curso de engenharia de software.** São Paulo: Digerati Books, 2008.

MELLO, R. B. **BIM e custos: maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff.** São Paulo: Autodesk, 2012. 60 p.

MENEZES, G. L. B. B. DE. Breve histórico de implantação da plataforma bim. **Caderno de Arquitetura e Urbanismo**, v. 18o, p. 152–171, 2011.

NASCIMENTO, A. F. **Atualização do processo BIM na construção brasileira.** São Paulo: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), 2014. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/03/atualizacao-do-bim-na-constr.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2014.

NBIMS - **National Building Information Modeling Standard. Overview, Principles and Methodologies**, Version 1.0 – Part 1, 2007. Disponível em: http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMsv1_p1.pdf. Acesso em: 05 out. 2019.

NEIVA NETTO, R. S. N.; FARIA, B. L.; BIZELLO, S. A. Implantação de BIM em uma construtora de médio porte: Caso prático, da Modelagem a Quantificação. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n.1, p. 45-51, jan./jun. 2014.

PAI, M. *et al.* **Systematic reviews and meta-analyses: an illustrated, step-by-step guide.** The National Medical Journal of India, v. 17, n. 2, p. 86-95, 2004.

PINI WEB, jun. 2011. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/carreira-exercicioprofissional-entidades/pesquisa-mostra-que-mais-de-90-dos-arquitetos-e-engenheiros291885-1.aspx>. Acesso em: 3 nov. 2019.

PORWAL, A., HEWAGE, K. N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation in Construction**, v. 31, p. 204–214, 2013.

Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA*. **Scielo**, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ress/v24n2/2237-9622-ress-24-02-00335.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2019.

RICHARDS D. The quality of systematic reviews in dentistry: what is the quality of the available systematic reviews in dentistry? **Evid Based Dent**. 2004 Mar; 5:17.

RUSCHEL, R. C. *et al.* Building Information Modeling para projetistas. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade no Projeto de Edifícios.** São Paulo: Rima, 2010. p. 135162.

RUSCHEL, R. C.; GUIMARÃES FILHO, A. B. Iniciando em CAD 4D. In: Workshop brasileiro gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 8., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

RUSCHEL, R; ANDRADE, M. de.; MORAIS, M. de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 151-165, abr./jun. 2013.

SAMPAIO, R. F; MANCINI, M. C. **ESTUDOS DE REVISÃO SISTEMÁTICA: UM GUIA PARA SÍNTESE CRITERIOSA DA EVIDÊNCIA CIENTÍFICA**. São Carlos, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbfis/v11n1/12.pdf>. Acesso em: 10 out. 2019.

SANTOS, E. T.; BARISON, M. B. O desafio para as Universidades. **Construção Mercado: Especial BIM**, São Paulo, n. 115, p. 49-50, fev. 2011.

SAYEGH, S. Porque os escritórios de engenharia precisam adotar o BIM para facilitar o dia-a-dia dos arquitetos. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 72-75, jul. 2011. Disponível em: <http://www.au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/informacoescoordenadas-224374-1.aspx>. Acesso em: 27 nov. 2019.

SEYIS, S. Pros and Cons of Using Building Information Modeling in the AEC Industry. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 8, p. 1–17, 2019.

SOUZA, L. L., AMORIM, S. R. L; LYRIO, A. M. (2009). Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário. **Gestão & Tecnologia de projetos**. v. 4, n. 2, p. 26-53.

STRECH D, TILBURT J. **Value judgments in the analysis and synthesis of evidence**. J Clin Epidemiol. 2008 Jun;61(6):521-4.

SUCCAR, B. **Automation in Construction**. Building Information Modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, Australia, 2009. 357-375.

SUN, C. *et al.* A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 23, n. 5, p. 764–779, 2017.

SREELAKSHMI, S. *et al.* A study on the barriers to the implementation of Building Information Modeling. **International Journal of Civil Engineering and Technology**, v. 8, n. 5, p. 42–50, 2017.

YESSIOS, C.I. (2004). "Are We Forgetting Design?", **AECbytes Viewpoint**. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/viewpoint/2004/issue10.html>. Acesso em: 10 nov. 2019.