



**MÉTODO DE MAPEAMENTO PARA A PRIORIZAÇÃO DE RISCOS E AVALIAÇÃO DA
MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO BIM EM ÓRGÃOS PÚBLICOS**

VANESSA LEQUESTEBOUMES BORGES VIANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MÉTODO DE MAPEAMENTO PARA A PRIORIZAÇÃO DE RISCOS E
AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO BIM EM
ÓRGÃOS PÚBLICOS**

VANESSA LEQUESTEBOUMES BORGES VIANA

ORIENTADOR: Profa. Michele Tereza M. Carvalho, DSc

EXAMINADOR INTERNO: Francisco Evangelista Júnior, DSc

EXAMINADOR EXTERNO: Raquel Naves Blumenschein, DSc

BRASÍLIA/DF: NOVEMBRO/2020

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MÉTODO DE MAPEAMENTO PARA A PRIORIZAÇÃO DE RISCOS E
AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO BIM EM ÓRGÃOS
PÚBLICOS**

VANESSA LEQUESTEBOUMES BORGES VIANA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

APROVADA POR:

Profa. Michele Tereza M. Carvalho, DSc. (ENC-UNB)
(Orientador)

Prof. Francisco Evangelista Júnior, DSc. (ENC-UNB)
(Examinador Interno)

Profa. Raquel Naves Blumenschein, DSc. (FAU-UNB)
(Examinadora Externa)

BRASÍLIA/DF, NOVEMBRO DE 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

VIANA, VANESSA LEQUESTEBOUMES BORGES

Método de Mapeamento para a Priorização de Riscos e Avaliação da Maturidade da Implementação BIM em Órgãos Públicos. [Distrito Federal] 2020. 175p., 210x297 mm (ENC/FT/UnB, Mestre em Estruturas e Construção Civil, 2020). Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. *Building Information Modeling* (BIM) 2. Implementação
3. Maturidade 4. Risco

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIANA, V L B. (2020). Método de Mapeamento para a Priorização de Riscos e Avaliação da Maturidade da Implementação BIM em Órgãos Públicos. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM – 08A/20 Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Vanessa Lequesteboumes Borges Viana

TÍTULO: Método de Mapeamento para a Priorização de Riscos e Avaliação da Maturidade da Implementação BIM em Órgãos Públicos

GRAU: Mestre

ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito.

Vanessa Lequesteboumes Borges Viana
Rua Café Goiano, Quadra 5, Casa 6
Vila Vicentina, Planaltina
CEP: 73320-110 Distrito Federal – Brasil
e-mail: vanessa.lbviana@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente aos meus pais, Alcir e Vaina, que sempre se esforçaram para me dar o melhor que podiam, por me incentivar, por sempre acreditar que eu era capaz de realizar aquilo que desejava e por todo amor e dedicação. Ao meu irmão querido, Ari, por ser meu parceiro desde sempre e ao meu sobrinho amado, Gael, por encher meu coração de alegria. Ao meu namorado, Glauber, por estar comigo nos bons e maus momentos, por me apoiar e não me deixar esmorecer.

À Universidade de Brasília, pela oportunidade de desenvolvimento intelectual e cultural. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pelo fomento. À minha orientadora, professora Michele Carvalho, por aceitar me orientar, por toda contribuição e paciência.

Aos amigos feitos graças ao programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil - PECC por toda ajuda, companheirismo e suporte nos anos em que estivemos juntos nessa caminhada. Aos amigos da vida, por estarem comigo por mais essa etapa.

E finalmente, agradeço a Deus por todas as oportunidades de aprendizado vividas até aqui.

RESUMO

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma tecnologia disruptiva que altera o cenário da indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), crescente no cenário mundial, que gera soluções bastante eficazes para o setor. No Brasil, o crescimento vem impulsionado principalmente por ações governamentais por meio de decretos e atuações que visam disseminar o BIM em território nacional. Dessa forma, a parcela do mercado que ainda não aderiu ao processo, tem pressa em fazê-lo. E é neste ponto que muitos profissionais, empresas e órgãos falham, pois ingressam em outros processos, sem conhecer suas bases e preceitos. É nesse âmbito que a realização de trabalhos como esse é necessária. Nesse estudo, o objetivo principal é desenvolver método de mapeamento para priorização de riscos e avaliação de maturidade de implementação BIM em órgãos públicos. Para alcançá-lo, primeiro foi feito o mapeamento sistemático da literatura mais recente, a fim de compilar uma lista dos riscos a implementação BIM mais representativos no contexto internacional. Depois essa lista foi submetida à equipe envolvida nos processos de adoção BIM no DNIT. Juntamente foi submetida a essa equipe, matrizes de maturidade BIM. Com isso, foram obtidos os dados desse estudo: caracterização dos riscos em dois aspectos (probabilidade de ocorrência e impacto) e matrizes para avaliação do nível de maturidade da implementação BIM no órgão. A caracterização dos riscos foi submetida a sistemas de inferência *fuzzy* para quantificação e priorização dos mesmos. Já as matrizes foram aplicadas a metodologia proposta por Bilal Sucar e chegou-se ao nível da implementação BIM no DNIT. Os primeiros três riscos da lista de priorização obtida são: conhecimento e experiência relevantes inadequados, problemas de interoperabilidade e resistência cultural e estão fortemente interligados. Já a maturidade mostrou-se entre os níveis baixo e médio. Esses níveis de maturidade expressam deficiência principalmente no que tange o desenvolvimento dos processos de trabalho e de projeto. Uma vez que a definição dos processos é considerada etapa introdutória dentro da implementação BIM, afirma-se que esse resultado se relaciona ao apresentado pela priorização de riscos. Nessa, a equipe envolvida considerou os riscos ligados a questões a serem solucionadas nas etapas iniciais da adoção, como os mais críticos. O que pode ser apontado como uma vinculação dos resultados. Como contribuição científica, o presente estudo traz um método que permite o mapeamento da priorização de riscos e avaliação de maturidade de implementação BIM em órgãos públicos, que indica pontos a serem solucionados inicialmente no contexto brasileiro, de forma a eliminar principais entraves à adoção BIM. Também pode ser considerado como referência a países que estão no mesmo estágio e contexto de implementação. Dados como esse tendem a embasar cientificamente a indústria AEC e fazer que o desenvolvimento BIM, aliado às políticas públicas, consiga atingir níveis de maturidade já apresentados por países desenvolvidos.

Palavras-chave: *Building Information Modeling* (BIM); Implementação; Maturidade; Risco.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxo de projeto BIM	27
Figura 2 - Relação de esforço e impacto	28
Figura 3 - Triângulo padrão.....	29
Figura 4 - Os fundamentos do BIM.....	37
Figura 5 - Checklist de Projeto de Arquitetura	40
Figura 6 - Resumo do Plano de Implementação BIM	42
Figura 7 – Utilização do BIM no PROARTE	43
Figura 8 - Fluxograma hierarquia DIREX.....	44
Figura 9 - Níveis hierárquicos BIM.....	45
Figura 10 - Macrofases projetos piloto DNIT	45
Figura 11 - Macrofase diagnóstico	46
Figura 12 - Macrofase planejamento	47
Figura 13 - Macrofase comunicação	47
Figura 14 - Macrofase implementação	48
Figura 15 - Níveis de Maturidade BIM	56
Figura 16 - Representação Gráfica da Função de Pertinência Triangular Fuzzy	65
Figura 17 - Representação Gráfica da Função de Pertinência Trapezoidal Fuzzy	65
Figura 18 - Sistema Lógico Fuzzy.....	67
Figura 19 - Etapas de um Sistema Fuzzy de Inferência Baseada em Regras	68
Figura 20 - Representação Gráfica do Sistema Mamdani, do Método De Inferência Máximo- Produto	69
Figura 21 - Representação Gráfica do Sistema Mamdani, do Método De Inferência Máximo- Mínimo	70
Figura 22 - Fluxograma do método da pesquisa.	75
Figura 23 – Funções triangulares de inferência relacionadas à probabilidade de ocorrência e impacto	81
Figura 24 - Funções triangulares de inferência relacionadas ao risco	82
Figura 25 - Configuração do primeiro sistema fuzzy	83
Figura 26 - Janela de inserção da base de regras do primeiro sistema fuzzy de inferência. ...	84
Figura 27 - Janela de visualização da base de regras do primeiro sistema de inferência para desfuzzificação	84
Figura 28 - Funções triangulares de inferência relacionadas aos riscos obtidos pelos participantes.....	86
Figura 29 - Funções triangulares de inferência relacionadas ao risco final.	86
Figura 30 -Configuração do segundo sistema fuzzy	87
Figura 31 - Janela de inserção da base de regras do segundo sistema fuzzy de inferência	88
Figura 32 - Janela de visualização da base de regras do segundo sistema de inferência para desfuzzificação.	88
Figura 33 – Formação e tempo de atuação dos participantes da pesquisa	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Riscos da implementação BIM, número de ocorrências e referências.....	94
Tabela 2 - Matriz de maturidade BIM (BIm ³) – Preenchida. Nível operacional.....	102
Tabela 3 - Matriz de maturidade BIM (BIm ³) – Preenchida. Nível tático	104
Tabela 4 - Dados referentes à probabilidade de ocorrência (PO) e impacto (I) e quantificação dos riscos do primeiro sistema de inferência fuzzy	106
Tabela 5 - Quantificação dos riscos do segundo sistema de inferência fuzzy.....	109
Tabela 6 - Priorização dos riscos atrelados à implementação BIM.....	111
Tabela 7 - Riscos associados Implementação BIM classificados segundo os conjuntos de capacidades BIM	119
Tabela 8 - Priorização dos riscos à implementação BIM classificados segundo os conjuntos de capacidades BIM	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Normatização para IFC, IFD e IDM	30
Quadro2 - Quadro classificatório de nível de maturidade referente ao nível global em que se classifica a organização	79

LISTA DE ABREVIATURAS

Art. - Artigo

LISTA DE SIGLAS

2D - Duas Dimensões

3D - Três Dimensões

4D - Quatro Dimensões

5D - Cinco Dimensões

6D - Seis Dimensões

7D - Sete Dimensões

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA - *American Institute of Architects*

BCF - *BIM Collaboration Format*

BIM - *Building Information Modeling*

BIm³ - *Bim Maturity Matrix*

BIMMI - *BIM Maturity Index*

BNBIM - Biblioteca Nacional BIM

BS - *British Standards*

BSI - *British Standards Institution*

CAD - *Computer Aided Design*

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CDBB - *Centre for Digital Built Britain*

CGDESP - Coordenação Geral de Desenvolvimento de Projetos

CGMRR - Coordenação Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária

CIC - Construction Industry Council

CMM - *Capability Maturity Model*

DIR - Diretoria de Infraestrutura Rodoviária

DIREX - Diretoria Executiva

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DPP - Diretoria de Planejamento e Pesquisa

EUA - *United States of America*

FIS - *Fuzzy Inference System*

HVAC - *Heating, Ventilating and Air Conditioning*

IDM - *Information Delivery Manual*

IFC - *Industry Foundation Classes*

IFC2x - *Industry Foundation Classes, Release 2x*

IFD - *International Framework for Dictionaries*

IPD - *Integrated Project Delivery*

ISO - *International Organization for Standardization*

LOD - *Level of Development*

MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços

MEC - Ministério da Educação

MMGP - Modelo Prado

mvdXML - *Model View Definition markup language*

NBR - Norma Brasileira

NBS - *National Bureau of Standards*

ND - Nível de Desenvolvimento

OPM3 - *Organizational Project Management Maturity Model*

PAS - *Publicly Available Specification*

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

PME - Pequena e Média Empresa

PMI - *Project Management Institute*

PMMM - *Project Management Maturity Model*

PROARTE - Programa de Revitalização de Obras de Arte Especiais

RDC - Regime Diferenciado de Contratação

RDCi - Regime Diferenciado de Contratação integrada

SAC - Secretaria Nacional de Aviação Civil

SEI - *Software Engineering Institute's*

SINAENCO - Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva

SWOT - *Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats*

TI - Tecnologia da Informação

UCSF - *University of California San Francisco*

UK - *United Kingdom*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Motivação	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	<i>Objetivo Geral</i>	17
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	17
1.4	Abrangência e limitação	17
1.5	Justificativa	18
1.6	Estrutura do Trabalho	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	<i>Building Information Modeling – BIM</i>	21
2.1.1	<i>Implementação BIM</i>	33
2.1.1.1	<i>Implementação BIM pelo Guia 6 – A Implementação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC</i>	39
2.1.2	<i>BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT</i>	42
2.2	Avaliação de Maturidade	49
2.2.1	<i>Avaliação da Maturidade BIM</i>	51
2.2.1.1	<i>Metodologia desenvolvida por Bilal Succar</i>	53
2.3	Riscos	58
2.3.1	<i>Riscos da Implementação BIM</i>	60
2.4	Conjuntos e Lógica Fuzzy	63
2.5	Considerações Finais	71
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	74
3.1	Mapeamento sistemático da literatura	75
3.2	Obtenção de dados no órgão público	76
3.2.1	<i>Primeiro conjunto de dados</i>	76
3.2.2	<i>Segundo conjunto de dados</i>	77
3.3	Nível de maturidade da implementação BIM	78
3.4	Priorização dos riscos associados à implementação BIM	79
3.4.1	<i>Primeira modelagem matemática</i>	79
3.4.2	<i>Segunda modelagem matemática</i>	85
3.5	Relação Entre Os Principais Resultados	89
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
4.1	Mapeamento sistemático da literatura	91
4.2	Resultados e contextualizações iniciais referentes ao órgão público	98
4.3	Nível de maturidade da implementação BIM	100
4.4	Priorização dos riscos associados à implementação BIM	105
4.4.1	<i>Resultados das modelagens matemáticas</i>	105
4.4.2	<i>Discussões dos resultados das modelagens matemáticas</i>	112
4.5	Fechamento do Capítulo	117
5	RELAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS RESULTADOS	119
6	CONCLUSÕES	123
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	126
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	128
	APÊNDICES	147
	ANEXOS	165

INTRODUÇÃO

Contextualização

Motivação

Abrangência e Limitação

Objetivos

Justificativa

Estrutura do Trabalho

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

O *Building Information Modeling* (BIM), em português, Modelagem da Informação da Construção é uma inovação, uma revolução processual nos métodos e nos meios que são utilizados na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). O BIM não se restringe a um software, abrange desde questões técnico-tecnológicas a questões de cunho cultural. Como por exemplo, a muito discutida do meio BIM, mudança de paradigma necessária a aqueles que decidem por deixar os métodos tradicionais de trabalho, para adotar BIM.

O BIM permite ao usuário errar menos em seus projetos e consecutivamente, errar menos em campo. Possibilitando que os conflitos que possam vir a existir entre as várias disciplinas de um projeto, sejam identificados e sanados ainda na etapa de projeto, acarretando em economia de recursos. Ou seja, pode-se com menos recursos, construir mais, que é o fator significativo no contexto de obras públicas. O BIM proporciona que o ativo seja simulado em 3D, mas atrelado a dados de cronograma e orçamento por exemplo. Sobretudo, o BIM melhora a qualidade do produto.

Devido aos grandes ganhos atrelados ao BIM, países como Dinamarca, Finlândia, Noruega, Singapura, Coreia do Sul e Reino Unido aderiram seus métodos. Esse movimento, porém, teve como maior incentivador o próprio governo, visto que tornaram obrigatório o uso do BIM em obras públicas. Em alguns desses, tal obrigação foi replicada no setor privado. O que proporcionou a evolução de toda a indústria AEC no país. No Brasil, estratégia semelhante vem sendo implantada: A Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* no Brasil – Estratégia BIM BR. Essa foi criada em 2018 e instituída com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no País. Possui calendário de desenvolvimento que objetiva o uso integral do BIM no setor público até 2028.

Os benefícios trazidos com uso do BIM são muitos, porém a adoção de seus processos dentro de organizações deve ser feita com conhecimento de causa. Os processos baseados em 2D são vastamente diferentes dos propostos pelo BIM. Sendo assim, a mudança de um para o outro deve ser bem estudada e embasada. Para tal é válido a identificação da maturidade da implementação do BIM. Há na literatura diversas técnicas de avaliação dessa maturidade, porém uma das mais estruturadas é a de Succar (2010). A avaliação da maturidade permite a

organização acompanhar seu desenvolvimento, ajudando a identificar seus pontos de falhas e sua evolução no decorrer da implantação.

Durante a execução de projetos é evidente a existência de riscos. É bem difundido na indústria AEC e na literatura a importância da consideração de tais, sendo que há inúmeros guias que abordam o gerenciamento de riscos de projetos. Tratando a adoção do BIM como um projeto a ser executado, torna-se claro a necessidade de identificação, análise e avaliação desses. No contexto específico de BIM, torna-se ainda mais representativo a identificação dos eventos de risco a implementação. Isso por não serem aspectos vastamente difundidos no mercado e na academia, por possuírem pontos de subjetividade e por não ter seus níveis de criticidade bem estabelecidos.

Existem muitas ferramentas que possibilitam a priorização de riscos, sendo a especificidade do projeto a ser analisado e os dados disponíveis para execução de tais previsões, fatores que acometem na escolha. Para esse estudo, a ferramenta utilizada será a lógica *fuzzy*, que permite o tratamento de dados linguísticos e subjetivos de forma a gerar soluções objetivas.

1.2 Motivação

A criação do BIM marca da década de setenta, porém seu desenvolvimento marcante ocorreu apenas atualmente. Desde então, muitos pesquisadores tem se empenhado em estudar, entender e esclarecer os muitos aspectos e vertentes que o BIM aborda. Dentre as linhas de pesquisa desenvolvidas nesse tema, destacam-se as que relacionam o BIM a algum aspecto do gerenciamento de riscos. Essa tendência de estudo é bastante representativa e necessária, visto que o assunto é revolucionário e por isso causa bastante resistência por parte dos possíveis usuários. A identificação dos riscos, apresentação de meios de tratamento e possíveis formas de mitigação deles, tende a atenuar esse movimento de rejeição inicial a esse processo inovador e tão importante para a indústria da construção civil. Visto que essa se encontra a muitos anos estagnada, no que se refere aos seus métodos de trabalho.

Posto isso, cabe citar alguns autores que desenvolveram trabalhos importantes sobre esse tema, que motivaram e deram base ao desenvolvimento desta pesquisa. Zhao et al. (2017) e Zhao, Wu e Wang (2018), desenvolveram em seus estudos análises de como os riscos se relacionam e como um pode ser causa de outros, formando os chamados “caminhos de risco”. Chien et al. (2014), por sua vez identificaram riscos críticos de projetos BIM. Ghaffarianhoseini et al. (2017) e Lam, Mahdjoubi e Mason (2017) apresentaram metodologia

de identificação das vantagens e desvantagens da adoção BIM. Já Abbasnejad et al. (2020) abordou os facilitadores à implementação BIM. Khoshfetrat et al. (2020) e Okakpu et al. (2020) avaliaram os fatores de risco que influenciam a adoção do BIM. E por fim, Tomek e Matejka (2014), que analisaram o impacto do BIM na gestão de riscos, como argumento para sua implantação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver método de mapeamento para priorização de riscos e avaliação de maturidade de implementação BIM em órgãos públicos.

1.3.2 Objetivos Específicos

a) Identificar os principais riscos associados à implementação BIM na literatura internacional.

b) Determinar o nível de maturidade da implementação BIM através de estudo de caso no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

c) Priorizar os riscos associados à implementação BIM através de estudo de caso no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), utilizando a lógica fuzzy.

d) Definir relação entre relação entre o nível de maturidade e os riscos da implementação BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

1.4 Abrangência e limitação

O presente trabalho buscou identificar os riscos mais representativos à adoção BIM, apresentados pela literatura internacional. A pesquisa desenvolvida abrange desde o ano de 2008 até ano atual. Com relação ao órgão que a metodologia desenvolvida foi aplicada, procurou-se identificar coordenações, grupos, projetos ou programas que estivessem adotando os processos BIM de forma sistêmica. Foi identificado um programa em específico e esse foi definido como representativo. Porém, deve esclarecer que o BIM no órgão, não estava sendo aplicado exclusivamente nesse programa. Focos isolados vinham utilizando, principalmente *softwares* BIM, porém de forma tímida e não organizada, como identificado no programa escolhido para desenvolvimento da pesquisa.

Em relação à manipulação dos riscos, o presente estudo limita-se a aspectos ligados à identificação, análise e avaliação dos riscos ligados à implementação BIM em órgãos públicos. Não aborda os conceitos de tratamento e avaliação desses, ou seja, não se desenvolve o processo integral do gerenciamento dos riscos atrelados à adoção. Outra limitação aplicada nesse estudo refere-se ao contexto dos órgãos públicos, assim os resultados obtidos, uma vez replicados a outros setores devem prever adaptações.

1.5 Justificativa

O BIM atualmente é tema de diversas pesquisas, que abordam desde a pormenorização de seus processos, a estudos de caso aplicados a contextos diversos. Porém os vários aspectos ligados ao assunto, não foram esgotados e estão longe de ser. Por esse motivo, o cenário BIM apresenta várias lacunas, o que cria entraves teóricos ou metodológicos. Sendo assim, é importante o desenvolvimento de estudos sobre as diversas temáticas que o BIM possibilita, de forma a criar avanço em seu estado da arte.

Sobre os trabalhos existentes na literatura internacional, encontra-se os que buscam identificar os riscos advindos do processo de implementação BIM nas entidades. Porém poucos procuram indicar e quantificar tais riscos com ferramental matemático bem estabelecido e fundamentado, como é o caso da lógica *fuzzy*. A oferta de materiais que dão enfoque qualitativo é maior do que os materiais que tem viés quantitativo. O que torna representativo o investimento e desenvolvimento de trabalhos que possuem essa característica.

Em um contexto ainda mais específico, esse estudo aborda os riscos atrelados à implementação BIM em órgãos públicos. Contexto de substancial importância, principalmente devido às decisões políticas que o Brasil tem atualmente tomado no que se refere ao BIM. Desde 2018, o Governo Federal tem investido em programas com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento do BIM no Brasil, como é caso da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM - Estratégia BIM BR e da criação da Plataforma BIM BR que hospeda a Biblioteca Nacional BIM, que possui mais de 1,6 mil objetos e componentes. O que bastante expressivo, no que se trata do incentivo do BIM no país.

Outro ponto que justifica o desenvolvimento do presente trabalho é carência de pesquisas que relacionem o nível de maturidade da implementação BIM alcançado pelas entidades, aos riscos advindos do processo. Essa relação pode auxiliar as entidades a identificar quais aspectos do processo de implementação precisam de mais atenção, dada cada etapa alcançada.

Isso tende a gerar um processo de adoção mais homogêneo, onde todas as áreas envolvidas se desenvolvem de forma igualitária.

1.6 Estrutura do Trabalho

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO: breve contextualização da problemática que guiou o trabalho, seguida da motivação da pesquisa, abrangência e limitação, objetivos gerais e específicos, justificativa e estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – REVISÃO DA LITERATURA: comenta a literatura pertinente ao tema de pesquisa, dividida em quatro partes principais: *Building Information Modeling*, explica sobre o conteúdo, dando enfoque a conceitos ligados à implementação, desde aspectos abrangentes até o caso específico do BIM aplicado no órgão em estudo. Sobre a avaliação da maturidade, discorre sobre a ferramenta e seu emprego no contexto BIM. A respeito de riscos, trata do assunto de uma forma abrangente e também aplicada a implementação do BIM. E por último, versa sobre os conjuntos e lógica *fuzzy*.

Capítulo 3 – METODOLOGIA: descreve dos passos metodológicos da pesquisa enquadrados em um estudo de caso, a fim de alcançar o objetivo geral e objetivos específicos citados. Dividida em quatro partes: a) mapeamento sistemático da literatura, b) obtenção de dados, c) nível de maturidade da implementação BIM no órgão público e d) priorização dos riscos associados à implementação BIM no órgão público.

Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES: expõe e discute sobre os resultados obtidos referentes ao mapeamento sistemático da literatura, nível de maturidade da implementação BIM e priorização dos riscos associados à implementação BIM no órgão em estudo.

Capítulo 5 – RELAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS RESULTADOS: identifica e discute os pontos afins referentes os resultados da identificação do nível de maturidade da implementação BIM e da priorização dos riscos associados à adoção BIM no órgão em estudo.

Capítulo 6 – CONCLUSÕES: retoma dos objetivos, tanto o geral com também os específicos e como estes foram alcançados, enumera as contribuições da pesquisa e aponta sugestões para trabalhos futuros.

Após o capítulo 6, são registradas as referências bibliográficas comentadas ao longo deste trabalho, os apêndices e anexos pertinentes.

REVISÃO DA LITERATURA
Building Information Modeling – BIM
Avaliação de Maturidade
Riscos
Conjuntos e Lógica Fuzzy
Considerações Finais

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para o bom desenvolvimento e entendimento de um trabalho, torna-se necessário embasamento teórico prévio. Sendo assim, foi desenvolvida uma revisão da literatura científica existente quanto a aspectos envolvidos na adoção da tecnologia BIM.

Esse capítulo aborda aspectos gerais, a implementação e da identificação de sua maturidade do BIM. Também trata dos riscos associados à mudança do processo tradicional de se projetar para o processo BIM, sendo esse um ponto de destaque do estudo. Por fim, apresentam-se conceitos dos conjuntos e lógica *fuzzy*, e sua aplicação no contexto de riscos. Sendo esses, primordiais para o alcance do objetivo central dessa dissertação.

2.1 *Building Information Modeling* – BIM

Building Information Modeling é um método emergente que vem alterando o cenário da indústria AEC nos últimos anos. O processo BIM tem sido classificado como um marco na inovação, pois altera as soluções técnicas profundamente. De acordo com Eastman et al. (2011), BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações. Portanto, não é apenas uma ferramenta de projeto, mas também uma plataforma de modelagem 3D e gerenciamento de informações que permite que engenheiros e arquitetos trabalhem sem interrupção no mesmo projeto remotamente (BODDUPALLI et al., 2019). Diferentes profissionais podem trabalhar de forma colaborativa e síncrona em plataformas de coordenação de projetos BIM sob uma mesma base. Agregando informações das diversas disciplinas existentes num projeto, levando a um processo altamente integrado.

Assim, o BIM deve ser visto como uma abordagem multidisciplinar com o objetivo de facilitar a colaboração entre as partes e a integração de informações relacionadas a objetos ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo. (SIEBELINK; VOORDIJK; ADRIAANSE, 2018). A norma ISO 29841-1/2016 também define BIM, trazendo-o como a representação digital compartilhada de características físicas e funcionais de qualquer objeto construído que constitui uma base confiável para decisões. De acordo com Fischer e Kunz (2004), para entender o BIM é necessário compreender o conceito de projeto e construções virtuais, como sendo o uso de modelos de performance multidisciplinares de projeto e construção. Que inclui a organização do produto como um todo, desde a equipe que será utilizada, construção e operação aos processos de trabalho.

Os usos do BIM são diversos, compondo diversas dimensões do projeto. De acordo com o Bakchan, Faust e Leite (2019) as dimensões mais difundidas do BIM são a 3D, 4D, 5D, 6D

e 7D. Um projeto BIM 3D abrange aspectos relacionados à modelagem no ambiente virtual. Um projeto 4D adiciona a tudo que foi elaborado no ambiente 3D, a variável tempo. Ou seja, o projeto passa a conter informações referentes ao cronograma do ativo. A projetos 5D adiciona-se a variável custo. Passando a ser possível a obtenção e controle de informações ligadas a orçamentação. Em projetos 6D, levam-se em conta questões alusivas à sustentabilidade. E em projetos 7D, aspectos relativos à gestão das instalações.

O conceito de BIM surgiu na década de 70, porém de acordo com Paraná (2018) a terminologia utilizada é relativamente recente, sendo datada no início da década de 90. Com a ampliação do número de interessados pelo BIM, ainda de acordo com mesma referência, apenas no ano de 2005, no Reino Unido, surgiram as primeiras normativas, sendo uma das mais importantes na época, a ISO/PAS 16739:2005, *Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform)*, atualmente revogada pela *International Organization for Standardization (ISO)*.

Posteriormente, mais normas referentes ao BIM foram publicadas pelo Reino Unido, sendo elas:

- BS 1192: 2007 + A2: 2016 – *Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice* (atualmente revogada pela *British Standards Institution - BSI*);
- BS 1192-4:2014 – *Collaborative production of information. Fulfilling employer's information exchange requirements using COBie. Code of practice* (atualmente sob revisão pela *British Standards Institution - BSI*);
- BS 8541-1:2012 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Identification and classification. Code of practice*;
- BS 8541-2:2011 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Recommended 2D symbols of building elements for use in building information modelling*;
- BS 8541-3:2012 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Shape and measurement. Code of practice*;
- BS 8541-4:2012 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Attributes for specification and assessment. Code of practice*;
- BS 8541-5:2012 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Assemblies. Code of practice*;
- BS 8541-6:2012 – *Library objects for architecture, engineering and construction. Product and facility declarations. Code of practice*;

- PAS 1192-2:2013 – *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling* (atualmente revogada pela *British Standards Institution - BSI*);
- PAS 1192-3:2014 – *Specification for information management for the operational phase of assets using building information modelling* (atualmente revogada pela *British Standards Institution - BSI*);
- PAS 1192-5:2015 – *Specification for security-minded building information modelling, digital built environments and smart asset management* (atualmente revogada pela *British Standards Institution - BSI*);
- PAS 1192-6:2018 – *Specification for collaborative sharing and use of structured Health and Safety information using BIM*.

Como apresentado no texto, algumas dessas normas encontram-se revogadas. Porém, as demais ainda continuam sendo uma importante referência para a aplicação da metodologia BIM. O que põe em destaque, o importante papel do Reino Unido nos primeiros avanços do BIM mundialmente. Essas normas abrangem todas as fases da vida de um edifício, desde a fase de desenho até àquelas de construção e gestão. Dando assim, suporte para a indústria AEC. No que se trata das normas BS 1192: 2007 + A2: 2016 e PAS 1192-2:2013, tem-se que essas foram substituídas respectivamente pelas BS EN ISO 19650-1: 2018 e BS EN ISO 19650-2: 2018. Sendo utilizadas como base para a criação das citadas ISO. Essas últimas, internacionais e que foram publicadas no sentido de dar base para a expansão BIM na indústria AEC, no contexto internacional:

- ISO 19650-1:2018 – *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) — Information management using Building Information Modeling — Part 1: Concepts and principles*;
- ISO 19650-2:2018 – *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) — Information management using Building Information Modeling — Part 2: Delivery phase of the assets*.

A ISO 19650-1:2018 descreve os conceitos e princípios para gerenciamento de informações em um estágio de maturidade descrito como "modelagem de informações de construção (BIM) de acordo com a série ISO 19650". Já o resumo da ISO 19650-2:2018 traz que essa norma especifica requisitos para o gerenciamento de informações. Esse gerenciamento, na forma de um processo coordenado aplicado a fase de entrega de ativos e

das trocas de informações, usando a modelagem de informações de construção (BIM). Já em contexto nacional, seguem as principais normas:

- ABNT NBR ISO 12006-2:2018 – Construção de edificação - Organização de informação da construção. Parte 2: Estrutura para classificação;
- ABNT NBR 15965-1:2011 – Sistema de classificação da informação da Construção. Parte 1: Terminologia e estrutura;
- ABNT NBR 15965-2:2012 – Sistema de classificação da informação da Construção. Parte 2: Características dos objetos da construção;
- ABNT NBR 15965-3:2014 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção;

ABNT NBR 15965-7:2015 – Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção. A ABNT NBR ISO 12006-2:2018, trata-se da tradução da ISO 12006-2:2015 – *Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification*. O objetivo apresentado pelo texto da norma é o de estabelecer uma estrutura para o desenvolvimento de sistemas de classificação do ambiente construído. Ela identifica um conjunto de títulos de tabelas de classificação, recomendadas para uma variedade de classes de objetos da construção (ABNT, 2018).

Já o conjunto de normas ABNT NBR 15965, de acordo com Paraná (2018), baseia-se em uma tradução literal das quinze tabelas de classificação do sistema de informação *OmniClass*, que se adapta principalmente a realidade norte americana e europeia. A ABNT NBR 15965 adaptou as tabelas da *OmniClass* a realidade da construção civil brasileira. De acordo com Catelani e Santos (2016), a ABNT NBR 15965-1:2011 foi a primeira norma técnica BIM brasileira. Trata-se de um sistema de classificação das informações que oferece à indústria da construção, a possibilidade de padronização para o todo país da nomenclatura utilizada nos seus processos.

O processo BIM possui grande potencial de expansão, uma vez que traz muitas vantagens àqueles que o adotam. Suas aplicabilidades atingem todo o ciclo de vida das edificações, trazendo resultados mais eficazes que os métodos tradicionais desde a concepção até o descomissionamento, com reuso ou demolição. Algumas aplicações são: geração da documentação para a construção, extração de quantitativos de materiais, análise de desempenho dos sistemas construtivos, análises de interferências espaciais, entre outras (EASTMAN et al., 2011), sendo essa última uma das mais difundidas. O guia 1 da ABDI-MDIC (2017a) destaca como vantagens altamente aplicáveis para projetos públicos, a possibilidade de extração automática de quantitativos, descrições e cronogramas diretamente

do modelo virtual. Resultando em maior confiabilidade do projeto, minimizando os erros de orçamento e aditivos de serviços.

De acordo com Liu, Jin e Gambatese (2020) o BIM ainda oferece novas abordagens para os projetistas, por exemplo, minimizarem problemas e riscos por meio de análises de projeto, simulação e outras extensões baseadas em BIM. A adoção das análises de interferências BIM traz um incremento na qualidade e produtividade nos projetos. Sousa (2010) considera a compatibilização de projetos através da superposição de plantas em 2D trabalhosa e possuidora de fortes limitações. Tal problema é drasticamente reduzido utilizando-se BIM, pois o foco passa a ser a prevenção e correção de problemas antes da etapa da obra, ou seja, conflitos potenciais são evitados antes de surgirem.

Em relação a projetos BIM é importante discutir sobre o Nível de Desenvolvimento (ND) ou ainda *Level of Development* (LOD). Em projetos baseados em BIM, a noção de nível de desenvolvimento expressa a maturidade das informações fornecidas pelo modelo, que incluem tanto uma especificação dos detalhes geométricos quanto as informações semânticas necessárias (ABUALDENIEN et al., 2020). Ou seja, representam a confiabilidade que o modelo do elemento atingiu. Tornam-se importantes no sentido de possuírem as diferentes informações, que de acordo com Singaravel, Suykens e Geyer (2018), são subsídios utilizados pelos participantes do projeto em todas as etapas para projetar e executar análises.

De acordo com Paraná (2018), ao longo do processo de modelagem é necessário definir os níveis progressivos de precisão geométrica, levando em consideração o fato de que a evolução geométrica não necessariamente acompanha a progressão da informação. Desse modo, é possível que o modelo contenha pouco desenvolvimento geométrico, porém informações específicas referentes à modelo e fabricante. A mesma referência ainda aborda a importante dissociação dos níveis de detalhe e informação (ND) dos elementos às etapas do projeto. Ou seja, a etapa do projeto não avança em função do ND utilizado. Ficando a utilização dos diferentes níveis de desenvolvimento em cada etapa do projeto, a cargo do projetista.

Porém como forma de padronização, o *BIM Forum* (2019) traz as definições dos tipos de ND, cada um correspondendo a certo grau de definição dos elementos, componentes e materiais:

- LOD 100 – O elemento do modelo pode ser representado graficamente com um símbolo ou outra representação genérica. Informações relacionadas ao elemento do modelo (isto é, custo por m² quadrado, tonelagem de *Heating, Ventilating and Air Conditioning* (HVAC), etc.) podem ser derivadas de outros elementos do modelo.

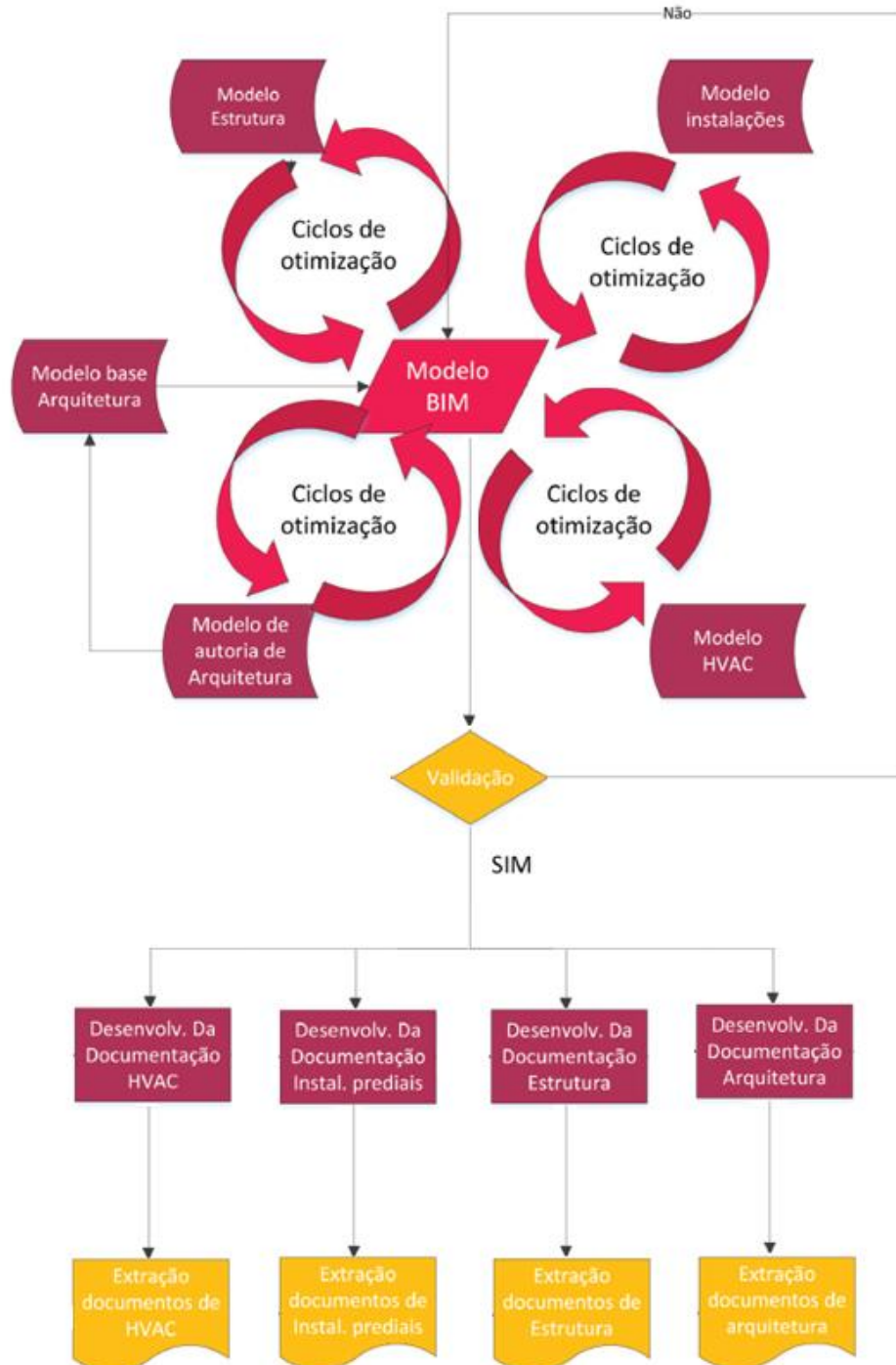
- LOD 200 – O elemento do modelo é representado graficamente como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas.
- LOD 300 – O elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento modelo.
- LOD 350 – O elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas.
- LOD 400 – O elemento do modelo é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas.
- LOD 500 – O elemento do modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas.

De acordo com o guia 1 da ABDI-MDIC (2017a), o fluxo do processo de projeto BIM inverte o método de trabalho usual. No processo tradicional toda a análise do projeto feita pelos diferentes participantes é estabelecida a partir de desenhos 2D, que serão repetidamente ajustados e corrigidos até atingirem um patamar satisfatório de solução e eliminação de conflitos. Com o BIM, a otimização do projeto ocorre nas fases de concepção e desenvolvimento. O esforço fica centrado no modelo virtual da construção, que depois de validado gerará a documentação final necessária aos processos subsequentes, como pode ser visto na Figura 1. Esse método reduz ou elimina imprevistos na obra da edificação, gera redução de custos e prazos e traz maior qualidade final para os empreendimentos.

Como forma de avaliar os ganhos da utilização do BIM, pode-se recorrer à relação entre esforço e impacto, conhecida como a curva de MacLeamy, que ilustra uma das principais mudanças entre o processo de projeto usual e o proposto pelo BIM. Pela análise da curva, ilustrada na Figura 2, conclui-se que no processo BIM, o pico de esforço encontra-se em uma fase anterior a do processo tradicional. Conclui-se também, que os resultados gerados têm um impacto maior no custo e funcionalidade. Já o pico de esforço do processo tradicional se

encontra na fase de documentação (projeto executivo) e pode ser atribuído ao dispendioso trabalho de compatibilização já discutido no texto.

Figura 1 - Fluxo de projeto BIM

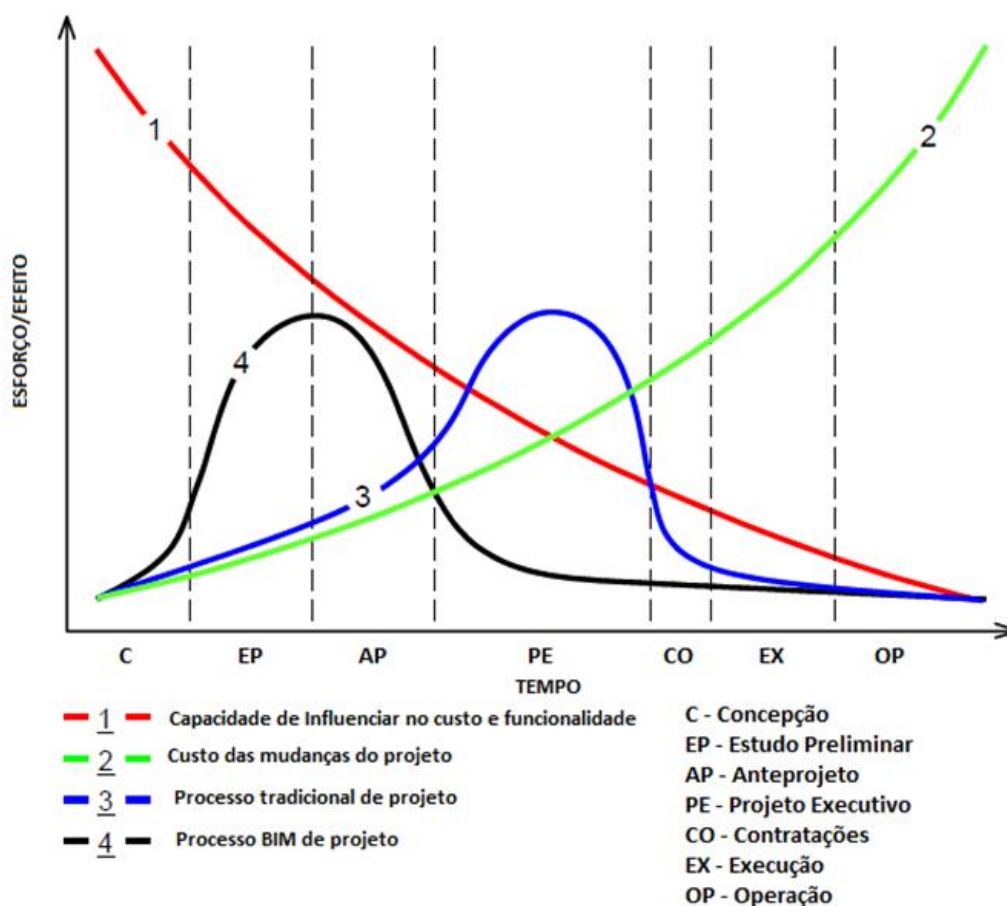


Fonte: ABDI-MDIC (2017a)

Confirmando a análise acima, tem-se o estudo de Davis (2013) a curva de MacLeamy. Em sua pesquisa, Davis (2013) evidencia a importância que deve ser dada as fases de estudo

preliminar e anteprojeto. Afirma que quanto mais cedo forem detectados os possíveis erros, menor será o impacto no custo do ciclo de vida do edifício. Isso leva a percepção que quanto maior a definição de um projeto em fases iniciais, maior a redução de incertezas e aumento da acuracidade do empreendimento.

Figura 2 - Relação de esforço e impacto



Fonte: Adaptado de Davis (2013)

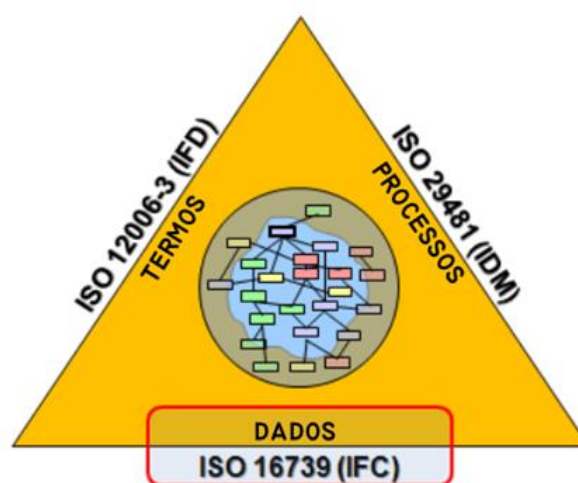
Outra característica marcante do BIM, já citada no texto, é a possibilidade multiusuário, onde diferentes profissionais podem trabalhar sob um mesmo modelo base agregando informações das diversas disciplinas inerentes a um projeto. O modelo base trata-se do modelo do qual serão gerados os demais modelos BIM das diversas disciplinas. Geralmente criado por arquitetos, porém nada impede que outros profissionais, como engenheiros, o criem. Pissarra (2010) traz que no contexto BIM, cada interveniente possui ferramentas informáticas próprias. Onde cria-se informação e procura-se estabelecer com os demais envolvidos, a partilha dessa.

Tal fato é então possibilitado graças à interoperabilidade intrínseca ao processo BIM. De acordo com Barbosa (2014), interoperabilidade define-se como a capacidade de transmissão

de dados entre aplicações, partilha de informação, bem como a capacidade de várias aplicações trabalharem conjuntamente. Para que se tenha uma boa interoperabilidade é indispensável à implementação de um padrão de protocolo internacional de troca de dados nos softwares e nos processos de projeto. Nesse sentido, a *BuildingSMART* (2019), resume a interoperabilidade do BIM através da Equação 1, ilustrada na Figura 3.

$$\text{BIM} = \text{IFC} + \text{IFD} + \text{IDM} \quad \text{Equação (1)}$$

Figura 3 - Triângulo padrão



Fonte: Adaptado de *BuildingSMART* (2019)

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é normatizado pela ISO 16739-1:2018. Essa norma o define como um padrão internacional aberto para dados BIM que são trocados e compartilhados entre os aplicativos de softwares usados pelos diversos participantes no setor da indústria de construção ou gerenciamento de instalações. O *International Framework for Dictionaries* (IFD) é descrito por Azenha (2014) como uma definição de terminologias para evitar ambiguidades e incompatibilidades de designação em todo o processo de interoperabilidade. Para Barbosa (2014), o *Information Delivery Manual* (IDM) expõe os processos a serem aplicados, quando certo tipo de informação é necessário durante a construção de um projeto ou na gestão de um ativo construído. O Quadro 1 apresenta os significados das siglas e sua respectiva normatização.

A *BuildingSMART* (2019) afirma que O IFC é o único padrão verdadeiramente aberto para o BIM. Porém a instituição também colhe especificações desenvolvidas externamente no domínio da modelagem da informação da construção. As seguintes especificações são atualmente reconhecidas como:

- *BIM Collaboration Format (BCF)*;
- *Model View Definition markup language (mvdXML)*.

Quadro 1 - Normatização para IFC, IFD e IDM

Sigla	Significado	Normatização
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>	ISO 16739-1:2018 <i>Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries</i> <i>Part 1: Data schema</i>
IFD	<i>International Framework for Dictionaries</i>	ISO 12006-3:2007 <i>Building construction - Organization of information about construction works</i> <i>Part 3: Framework for object-oriented information</i>
IDM	<i>Information Delivery Manual</i>	ISO 29481-1:2016 <i>Building Information models - Information delivery manual</i> <i>Part 1: Methodology and format</i> e ISO 29481-2:2012 <i>Building Information models - Information delivery manual</i> <i>Part 2: Interaction framework</i>

Fonte: A autora (2020)

No Brasil, as mudanças trazidas pelo BIM ainda não atingiram todos os setores da indústria AEC. Diante desse cenário de inovação é importante que o mercado brasileiro de construção civil se atualize e se mantenha a par desse processo de forma integral. É necessário que além de conhecer o BIM, os profissionais e demais envolvidos na indústria AEC, entenda-o e domine suas capacidades e aplicabilidades. De acordo com o guia 1 ABDI-MDIC (2017a), estudos comparativos internacionais mostram que para o BIM se desenvolver em um país, além da infraestrutura (equipamentos, software, capacidade de tráfego de dados) e do arcabouço técnico e institucional, é fundamental a participação do Governo, enquanto agente regulador e demandante de projetos e empreendimentos da construção nas mais diversas áreas.

O Governo Federal tem atuado nesse sentido, fazendo a publicação de uma série de decretos no tema a partir de 2018:

- Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018: o Governo Federal oficializa a estratégia nacional para a disseminação do *Building Information Modeling* (BIM), ou estratégia BIM BR. Visa promover um ambiente para o investimento na metodologia e sua difusão no Brasil.
- Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019: Esse decreto revoga o citado anteriormente. Também dispõe sobre a estratégia nacional de disseminação do *Building Information Modeling*, porém institui e dispõe sobre questões relacionadas ao comitê gestor da estratégia do BIM.
- Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do *Building Information Modeling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.

Esse último decreto, define que o BIM deve ser implementado de forma gradual, obedecendo a fases de adoção estabelecidas. Seguem as fases descritas pelo decreto:

- Primeira fase - a partir de 1º de janeiro de 2021, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia, referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM e abrangerá, no mínimo:
 - a) A elaboração dos modelos de arquitetura e dos modelos de engenharia referentes às disciplinas de: estruturas, instalações hidráulicas, instalações de aquecimento, ventilação e ar-condicionado e instalações elétricas.
 - b) A detecção de interferências físicas e funcionais entre as diversas disciplinas e a revisão dos modelos de arquitetura e engenharia, de modo a compatibilizá-los entre si;
 - c) A extração de quantitativos;
 - d) A geração de documentação gráfica extraída dos modelos a que se refere este inciso.
- Segunda fase - a partir de 1º de janeiro de 2024, o BIM deverá ser utilizado na execução direta ou indireta de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras, referentes a construções novas, reformas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a disseminação do BIM e abrangerá, no mínimo:

- a) Os usos previstos na primeira fase;
 - b) A orçamentação, o planejamento e o controle da execução de obras;
 - c) A atualização do modelo e de suas informações como construído (*as built*), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM.
- Terceira fase: a partir de 1º de janeiro de 2028, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia e na gestão de obras referentes a construções novas, reformas, ampliações e reabilitações, quando consideradas de média ou grande relevância para a disseminação do BIM e abrangerá, no mínimo:
 - a) Os usos previstos na primeira e na segunda fase;
 - b) O gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e cujas obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM.

Em seu Art. 2º, o mesmo Decreto discrimina quais entes estarão ligados as ações de disseminação do BIM previstas em seu conteúdo:

- Ministério da Defesa, por meio das atividades executadas nos imóveis jurisdicionados ao Exército Brasileiro, à Marinha do Brasil e à Força Aérea Brasileira;
- Ministério da Infraestrutura, por meio das atividades coordenadas e executadas:
 - a) Pela Secretaria Nacional de Aviação Civil, para investimentos em aeroportos regionais;
 - b) Pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), para reforço e reabilitação estrutural de obras de arte especiais.

Sendo assim, esses órgãos/entidades são responsáveis pelo desenvolvimento dos primeiros projetos piloto da estratégia nacional de disseminação do BIM. O Ministério da Defesa com as ações executadas nos imóveis jurisdicionados e o Ministério da Infraestrutura com o Programa de Investimentos em Aeroportos Regionais, pela Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC) e com o Programa de Revitalização de Obras de Arte Especiais (PROARTE), pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Ainda no Art. 2º, Parágrafo único do Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, há a definição que os órgãos e entidades da administração pública federal não mencionados no caput poderão adotar as ações de implementação do BIM nos termos do disposto no Decreto, independentemente da finalidade do uso do BIM, prevista ou não no Decreto. Dessa forma, fica evidente a necessidade do mercado brasileiro em se adaptar ao BIM. Inicialmente devido

à obrigatoriedade de sua utilização no setor público, mas também devido às implicações que isso trará. Uma implicação notável refere-se ao setor privado. Esse, no papel de prestador de serviços do setor público, também terá que atender as exigências expressas no Decreto nº 10.306. Tal experiência já foi vivenciada por países como Inglaterra, por exemplo, onde a obrigatoriedade da utilização BIM no setor público foi instituída objetivando o impacto gradual em toda a indústria AEC, o que de fato tem acontecido.

Ainda dentro das ações alinhadas a estratégia nacional de disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), como resultado de ação conjunta entre o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), foi lançada a plataforma BIM BR. Essa plataforma traduz um dos objetivos expressos na Estratégia BIM BR. De acordo com ABDI (2020b), a plataforma, além de possuir conteúdo dinâmico sobre a modelagem da informação da construção, hospedará a biblioteca nacional BIM (BNBIM), cujo intuito é se tornar um repositório das bibliotecas virtuais BIM no Brasil. Ainda de acordo com a mesma referência, esta iniciativa é um marco importante para o incentivo à expansão do BIM nacionalmente, fomentando o uso destes processos por órgãos públicos, instituições, organizações privadas e profissionais da AEC por meio de objetos condizentes com a realidade do mercado e com critérios de qualidade definidos.

Na elaboração de modelos BIM, profissionais podem dispor dos componentes presentes na biblioteca do software em uso. Porém quando componentes necessários não estão disponíveis nessas, uma alternativa ao desenvolvimento desses pelo projetista, dentro do próprio *software* (através das ferramentas básicas de modelagem) é a sua busca em bibliotecas públicas ou ainda em sites de fabricantes. Nesse sentido, a existência de ferramentas como a BNBIM é muito importante, pois apoiam e incentivam o mercado a adotar BIM, uma vez que gera embasamento e diminui a complexidade de criação dos modelos BIM.

2.1.1 Implementação BIM

Na última década, devido aos seus benefícios, a implementação do *Building Information Modeling* expandiu-se rapidamente, sobretudo no contexto dos países desenvolvidos. Porém, em outras partes do globo, a adoção desses processos ainda é escassa, principalmente devido à falta de conhecimento dos usuários em potencial sobre os ganhos atrelados ao BIM. De acordo com Kenley, Harfield e Behnam (2016), a indústria da construção ainda está entre os setores com mais baixos níveis de inovação. O que para Ryan, Miller e Wilkinson (2013)

pode mudar, uma vez introduzidas às extensas mudanças advindas do BIM, que melhoram o desempenho de todo o ciclo de vida de um ativo.

Benefícios do BIM para consultores, projetistas e engenheiros incluem: a diminuição no tempo de execução e aumento de qualidade do projeto; possibilidade de georreferenciamento; velocidade e precisão nos cálculos estruturais e demais cálculos; capacidade de atualizar e aplicar alterações a qualquer momento; redução ou eliminação de duplicações e erros em projetos; colaboração e interação aprimoradas entre o projeto e as partes interessadas (EASTMAN et al., 2011). Ainda sobre os ganhos advindos da adoção do BIM, Hwang, Ngo e Her (2020) trazem que com sua utilização é possível automatizar medições, o que melhora a eficiência e precisão das estimativas de custos, o que é bem visto principalmente em projetos públicos, por reduzir a possibilidade de fraudes.

Em pesquisa, o Centro de Engenharia Integrada da *Stanford University* (2007) revelou que o uso do BIM possibilita até 40% de eliminação de mudanças não orçamentadas, gera melhoria na precisão de estimativa de custos em 3%, redução de até 80% no tempo estimado de geração de custos, economia de até 10% do valor do contrato através da detecção de conflitos e redução de até 7% no tempo do projeto. Aplicado a um caso real, tem-se o projeto e construção com a utilização do BIM do UCSF *Medical Center* em *Mission Bay*, São Francisco, EUA, apresentado por Hamer (2017). Nesse projeto houve a redução dos resíduos da construção de 15 % para 6%, aumento da produtividade na execução de instalações em 8% e o atingimento da média de montagem de 15 painéis pré-fabricados/dia, em vez dos 10 a 12 em uma execução típica.

De acordo com o oitavo relatório anual NBS (2018), o Reino Unido foi um dos primeiros países onde a implementação do BIM foi apoiada pelo governo (precedentes Cingapura e Escandinávia, por exemplo). Tal fato é traduzido em altos níveis de implementação. De acordo com o décimo relatório anual NBS (2020), em dez anos a porcentagem de entrevistados que adotaram o BIM, cresceu de 13% para 73%. Essa informação mostra que iniciativas e apoios governamentais são de extrema importância para a conscientização dos benefícios da implementação do BIM. Lam, Mahdjoubi e Mason (2017) discutem que no Reino Unido, a principal ação governamental que impulsionou esse desenvolvimento se traduz na obrigatoriedade do nível de maturidade 2 (conceito que será explicado adiante) a partir de abril de 2016, para todos os projetos públicos. Gurevich e Sacks (2020) trazem que a aplicação de BIM no setor público é bastante significativa, pois além de trazer resultados positivos para o setor, agem como impulsionadores da nova metodologia no setor privado.

Porém no Reino Unido, tal conceito já foi superado. Em outubro de 2019, ainda de acordo com o décimo relatório anual NBS (2020), UK BIM Alliance, British Standards Institution (BSI) e Centre for Digital Built Britain (CDBB) lançaram o UK BIM Framework, visando à substituição do termo 'Nível 2 de BIM'. Tal substituição é justificada devido a esse conceito ter sido utilizado como requisito de informação em muitos projetos e por si só, ser uma referência vaga. Uma vez que não especifica exatamente quais informações são necessárias no projeto, quando são necessárias e quem deve produzi-las. As ações desse processo de substituição incluem a extinção do site bim-level2.org, sendo sucedido pelo ukbimframework.org. Esse vem para consolidar os recursos de conhecimento em um só lugar, incluindo:

- Links para todos os padrões que compõem o BIM Framework do Reino Unido;
- Orientação para aqueles que fazem a transição dos padrões BS/PAS 1192 para a série ISO 19650;
- Orientações gerais sobre a série ISO 19650;
- Etc.

Em pesquisa realizada pelo projeto “Diálogos Setoriais para BIM – Building Information Modeling no Brasil” e publicada por Kassem e Amorim (2015), no Brasil apenas 20% dos consultados não haviam tomado nenhuma iniciativa em relação ao BIM, embora o uso efetivo no setor da construção civil ainda fosse apenas de 13%. Sendo assim, apesar dos benefícios promulgados, estudiosos reconhecem que a disseminação generalizada de BIM ainda não ocorreu (LINDBLAD, 2018), bem como a mudança sistêmica prevista para o setor (AKSENOVA et al., 2018). Esse cenário pode ser atribuído à acomodação da indústria AEC as técnicas utilizadas há décadas, porém que já se encontram defasadas. O que é ratificado por Khoshfetrat et al. (2020), quando afirmam que a eficiência da indústria da construção diminuiu drasticamente nos últimos 50 anos.

Na literatura internacional, são apontadas diversas razões para esse declínio. Uma delas, citada por Khoshfetrat et al. (2020), é gerada pelo crescimento da tecnologia e aumento das expectativas das partes interessadas. O que leva a um acréscimo na complexidade dos projetos. Essa maior complexidade frequentemente resulta em falta de entendimento e coesão entre as partes e conseqüentemente, menor eficiência. Nesse contexto, Abbasnejad et al. (2020), apontam o BIM como uma iniciativa de inovação atual, contemplada para superar problemas como baixa produtividade na indústria de AEC, uma vez que o BIM facilita a visualização dos processos, de uma forma geral. Facilitando assim o entendimento entre as

partes interessadas. A implementação bem-sucedida do BIM pode gerar ganhos entre todos os atores envolvidos. É, portanto, benéfico para toda a cadeia da construção.

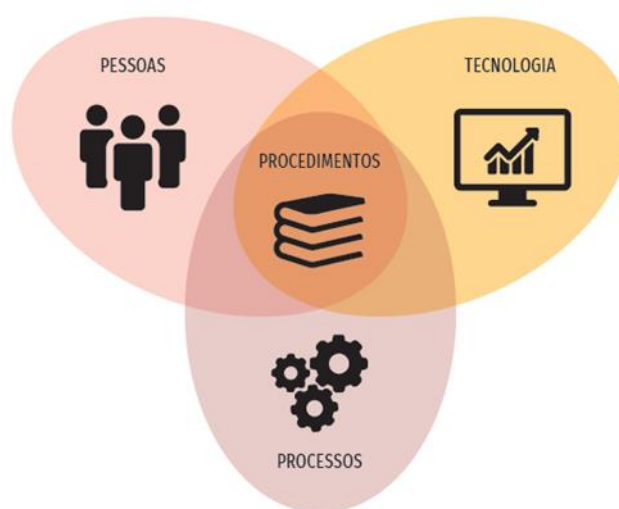
A adoção do BIM possui diversas fases até chegar ao nível que gere ganhos integrais àqueles que utilizam seus processos. Para Ma et al. (2020), a implementação inicia-se com o desenvolvimento da proficiência individual com ferramentas e métodos BIM. Para Liao e Teo (2018) essa etapa envolve questões como treinamento de habilidades, motivação extrínseca e intrínseca e os aspectos sociais e organizacionais da transformação do ponto de vista das pessoas envolvidas. Seguindo, tem-se a adoção em nível de projeto. Essa corresponde para Chan, Olawumi e Ho (2019), a etapa que os benefícios do BIM são bem compreendidos. Para Giel e Issa (2013), nessa etapa também inclui a documentação das possíveis economias de custos no processo de construção. Para Kassem e Succar (2017), o nível mais alto de adoção em BIM apresenta-se quando um país possui políticas baseadas em BIM e principalmente se possuem esforços de padronização.

Porém, adotar os processos BIM pode não ser uma tarefa fácil. Faz-se necessário que existam condições favoráveis nas organizações e, também, entre os intervenientes da adoção. Sendo esses: a motivação da equipe, recursos a serem despendidos etc. Para Gurevich e Sacks (2020), todas as ações de adoção devem ser apoiadas por um esforço de liderança concentrado, contínuo e sustentado pelos líderes dos setores e/ou das organizações. O que não necessariamente acontece em todos os processos de implementação vistos. Levando a adoções problemáticas e incompletas, onde não se atingem a maximização dos benefícios dela.

Existem custos distintos envolvidos na implementação do BIM e uma quantia substancial é normalmente gasta na superação de dificuldades de implementação associadas (AHANKOUB; MANLEY; ABBASNEJAD, 2019). De acordo com Abbasnejad, et al. (2020), uma organização pode adotar ferramentas e conceitos de BIM, no entanto devido a dificuldades, pode não ser capaz de obter plenamente seus benefícios. Resultando em desperdício de investimento e retorno às abordagens mais tradicionais. Tal fenômeno tem ocorrido em escala não desejável. Deve-se muitas vezes, ao não entendimento que a adoção BIM não se trata apenas da utilização de *softwares*, mas sim, da mudança de paradigma das organizações. Para Saka e Chan (2019), é necessário o reposicionamento das empresas, de forma a transformar seus processos e práticas. Os mesmos autores ainda complementam, afirmando que a implementação bem-sucedida exige uma abordagem sociotécnica. Visto que envolve gerenciar pessoas, mudanças de cultura, bem como, mudanças significativas nos processos e fluxos de trabalho.

A implementação de novas tecnologias é uma tarefa complexa, que precisa ser executada de maneira correta, com planejamento e cautela para que os saldos obtidos valham a pena. Nesse sentido, é importante que empresas se capacitem para efetuar mudanças, que no contexto BIM, vão desde aspectos organizacionais a culturais. ABDI-MDIC (2017a) afirma que a efetiva implantação da metodologia BIM se baseia em três dimensões fundamentais, ilustradas na Figura 4: tecnologia, pessoas e processos; associadas entre si por procedimentos, normas e boas práticas.

Figura 4 - Os fundamentos do BIM



Fonte: ABDI-MDIC (2017a)

De acordo com ABDI-MDIC (2017a), conceitua-se essas dimensões fundamentais:

- **Tecnologia:** envolve a infraestrutura necessária para a operação, os programas e equipamentos ou computadores, a conexão com a internet e a rede interna, a segurança e o armazenamento de arquivos e o treinamento e aculturação adequado de seus usuários no processo BIM;
- **Pessoas:** é foco fundamental na estratégia de implantação. Os profissionais devem ter a experiência necessária, capacidade de trabalhar, bem tanto com a equipe interna, quanto com equipes externas, ser flexíveis a mudanças e se manter atualizados na tecnologia, que tem avanços contínuos;
- **Processo:** abrange não apenas os novos processos internos a serem adotados, como também os processos interempresariais. Compreende o plano de trabalho: o fluxo de trabalho, o cronograma, a especificação dos entregáveis, o método de comunicação, a definição de funções, o sistema de concentração de dados, arquivos e informações, o

nível de detalhe em cada fase e a especificação do uso do modelo em todos os ciclos de vida da edificação;

- **Procedimentos, Normas e Boas Práticas:** são o conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, práticas comerciais e uso e operação da infraestrutura tecnológica.

À medida que uma organização passa por grande transformação devida, à implementação do BIM, é necessário um planejamento e gerenciamento pormenorizado. Nesse contexto, ressalta-se a importância da criação do plano de implantação. Nesse, identifica-se o patamar de desenvolvimento da organização e define-se aonde se quer chegar. Isso baseado em prazos e recursos disponíveis. Porém, de acordo com ABDI-MDIC (2017b), não basta planejar. É preciso implantar as ações e monitorá-las para que tenham sucesso. Isso, com ajustes necessários para se alcançar as metas estratégicas, realizando o gerenciamento do plano de implantação.

Para Abbasnejad et al. (2020), atualmente falta um guia internacional explícito de implementação do BIM, que se aplique as mais diversas entidades, organizações, etc. Afirma que tal escassez obstrui a clareza sobre a adoção do BIM. Porém, há alguns autores na literatura internacional que abordam o tema, buscando preencher lacunas existentes no assunto. McAuley, Hore e West (2017), em sua pesquisa, concluíram que as questões de primeira importância para entendimento daqueles que buscam implementar o BIM são: compreensão de como são feitos os contratos e aquisições relacionadas o BIM; desenvolvimento de projetos piloto; interpretação das diretrizes nacionais de BIM; possibilidade de financiamentos existentes; existência por programas nacionais de treinamento; e entendimento das normas internacionais. Outros autores também abordam procedimentos e orientações para a implementação do BIM, como Gu e London (2010), Arayici et al. (2011) Almutaser, Sanni-Anibire e Hassanain (2018) e Khosrowshahi e Arayici (2012), possuindo esse último, um roteiro de implementação apenas a partir de nível de maturidade três.

No contexto nacional, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) lançaram em 2017, a Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC. A essa coletânea, inclui-se o Guia 6 – Implantação dos Processos BIM, que apresenta as diretrizes para o planejamento da implantação de BIM nas organizações, adaptadas a realidade brasileira. Esse guia descreve os procedimentos que devem ser seguidos visando uma implementação organizada e bem-sucedida. Sendo elas: definição de metas, diagnóstico, *roadmap* estratégico, plano de implantação nas quatro

dimensões do BIM (tecnologia, processos, pessoas e procedimentos), e gerenciamento da implantação. Tal coletânea foi desenvolvida principalmente para dar norte aos projetos do setor público brasileiro, mas também se aplicam aos projetos desenvolvidos para o setor privado.

2.1.1.1 Implementação BIM pelo Guia 6 – A Implementação de Processos BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC

De acordo com o guia em estudo, o primeiro passo para a adoção dos processos BIM por uma organização é o desenvolvimento de um roteiro inicial, com definição de metas gerais e recursos que condirão com sua realidade. Nesse roteiro deve-se definir o que é prioritário e deliberar quais os usos projetados para o BIM serão mais relevantes para a organização. Deve ser definida a forma de alocação da equipe e dos recursos técnicos. Porém é altamente indicado que esses sejam introduzidos no novo cenário à medida que se tornem necessários. Também é aconselhável que tal roteiro inicial fixe uma meta preliminar de investimento, que servirá de balizador para a montagem do plano de implantação definitivo.

Tendo tais pontos delineados, passa-se ao diagnóstico das organizações. Nesse procura-se entender sobre qual base deseja-se estabelecer a implementação. São verificadas as condições atuais em termos de qualificação, estrutura técnica, processos e nível de documentação formalizada ou boas práticas consolidadas. Esse diagnóstico é subdividido baseando-se nas dimensões fundamentais do BIM: tecnologia, processos, pessoas e procedimentos e busca levantar a situação atual de cada uma dentro das entidades. Baseado no que é apresentado no Guia 6 ABDI-MDIC (2017b), define-se:

- **Infraestrutura Tecnológica:** O ambiente de projetos em BIM gera um enorme número de componentes incorporados aos projetos e que em execução, ainda gerarão mais dados para o sistema de gestão das edificações. Para as organizações, isso se reflete na necessidade de armazenamento (traduzido para a realidade brasileira em forma de servidores locais), banda de comunicação e capacidade de processamento em diferentes equipamentos. Sendo assim, o diagnóstico aplicado a essa dimensão fundamental, busca identificar esses aspectos da infraestrutura tecnológica das organizações. A partir dos dados gerados, serão realizadas atualizações nas organizações.
- **Processos:** O diagnóstico do quadro atual dos processos de uma organização deve indicar como se dá o fluxo e quais são seus produtos, de modo que seja possível identificar uma relação entre o que se faz hoje e o que se pretende fazer. Isto permite detectar as diferenças e as habilidades que serão necessárias. Também é aconselhável

relacionar que entregáveis são atualmente produzidos em cada etapa de modo que seja possível, ao estabelecer o fluxo do processo BIM, caracterizar rapidamente as diferenças. Para auxiliar essa tarefa, existem manuais de escopo. Tais manuais apresentam um *checklist* de produtos para cada disciplina em cada fase do projeto. Adequando esse *checklist* a realidade da organização, torna-se possível definir sua lista de produtos personalizada e iniciar a construção do fluxograma de processos BIM customizado para a entidade. A Figura 5 traz um exemplo de *checklist* de projeto de arquitetura.

Figura 5 - Checklist de Projeto de Arquitetura

Fase B - Definição do produto		(Anteprojeto conforme NBR 13.531)
S	N	Serviços específicos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 101 Perspectivas Volumétricas
S	N	Serviços específicos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 201 Estudos de alternativas de Tecnologias e Sistemas Construtivos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 202 Perspectivas detalhadas e/ou Maquetes Eletrônicas
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 203 Roteirização de aprovações legais juntos aos Órgãos Técnicos Públicos, em todas as esferas
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 204 Consultas/Projetos Órgãos Técnicos Públicos Municipais Específicos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 205 Consultas/Projetos Órgãos Técnicos Públicos na esfera Estadual
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 206 Consulta/Projetos Órgãos Públicos na Esfera Federal
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 207 Cálculos de Taxas e Emolumentos
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 208 Montagem e acompanhamento dos Processos de Aprovações junto aos O.T.P.s
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 209 Seleção e tomada de preços de Serviços de Terceiros
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 210 Projetos de Arquitetura Paisagística
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 211 Projetos de Arquitetura de Interiores
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 212 Gerenciamento Técnico e Administrativo
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	ARQ-B 213 Memorial de Incorporação

Fonte: ABDI-MDIC (2017b)

- **Pessoas:** De acordo com o Guia 6 ABDI-MDIC (2017b), o perfil do projetista BIM é diferenciado do projetista CAD, pois suas funções e responsabilidades são diferentes. Por essa razão, a capacitação torna-se ação de essencial importância. Porém, além da capacitação técnica, os processos BIM exigem capacidade de relacionamento e trabalho em equipe, uma vez que essa tecnologia está fundamentada em um ambiente colaborativo. Baseado nisso, o diagnóstico da equipe também deve abranger aspectos comportamentais e não se limitar às qualificações “tradicionais”. Outro aspecto não menos importante que também deve ser avaliado é a motivação para a mudança. O

Guia 6 ABDI-MDIC (2017b) afirma que metas ambiciosas, com usos sofisticados em prazos curtos podem desmotivar. As metas devem ser estipuladas considerando-se a capacidade de mudança e de investimento de cada um.

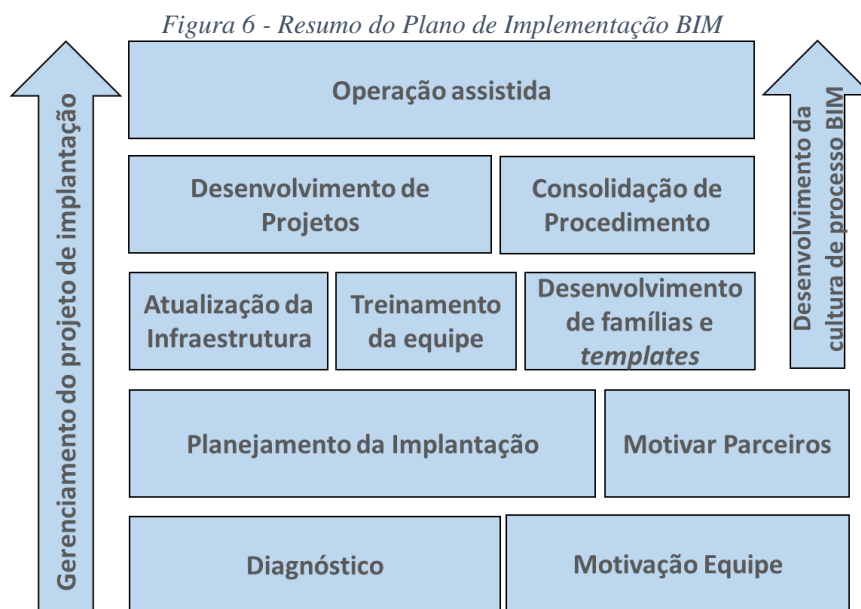
- Procedimentos: Tal item se refere à verificação da existência da descrição dos procedimentos realizados dentro das empresas. O Guia 6 ABDI-MDIC (2017b) aborda que tal técnica não é usual no setor AEC e que mesmo a academia, não aborda o tema com profundidade. A elaboração dos procedimentos deve descrever o processo, seu objetivo, entradas e produtos resultantes, bem como os indicadores de qualidade e pontos e métodos de verificação da qualidade (ABDI-MDIC, 2017b).

Com os diagnósticos desenvolvidos, indica-se a elaboração de um *roadmap* estratégico, apontando as principais ações a serem desenvolvidas para se alcançar a visão de futuro proposta. Para atingir a meta desejada, inicia-se o desenvolvimento do plano de implementação. Inicialmente através dos treinamentos e aquisição de equipamentos e softwares. Resolvidos tais pontos, passa-se a fase de definição de um projeto para dar início a utilização BIM. Há organizações que preferem iniciar por um projeto piloto, mas de acordo com o Guia 6 ABDI-MDIC (2017b), o mais comum é selecionar um projeto real, com folga de prazos, de modo que seja possível compatibilizar o seu cronograma com o cronograma de recursos, capacitação da equipe e documentação dos novos processos. Deste modo, boa parte dos custos de implantação serão alocados no projeto ou empreendimento. Finalizado o projeto BIM “número 1” (sendo ele um projeto piloto ou não), é aconselhável uma avaliação para consolidar os procedimentos.

A implantação em sim não acaba depois de concluído esse projeto. Em vias normais, levam-se alguns anos até que haja a completa consolidação e disseminação dos processos BIM por toda a organização. Nessa etapa é necessário identificar até onde a organização evoluiu. Nessa fase, torna-se necessário a definição de metas específicas a cada área da organização. Essas precisam ser mensuráveis, possuírem previsão de alocação de recursos e definição de prazos. Tal procedimento deve ser replicado nas quatro áreas de diagnóstico. A partir desse ponto é possível detalhar e consolidar as ações do plano de implementação BIM. Isso é feito gerando o cronograma físico-financeiro da implementação: organização do conjunto de ações no tempo, adicionado os valores previstos.

A seguir tem-se o plano de implementação BIM ilustrado na Figura 6. Percebe-se que nesse diagrama existe uma ação não citada até então: a ação de operação assistida. Trata-se um grupo de consultores especializados que pode acompanhar a equipe interna para dar atendimento a dúvidas e colaborar na avaliação do andamento da implantação. De acordo com

o Guia 6 ABDI-MDIC (2017b) é nesta etapa que deve ser efetuada a difusão dos processos BIM pelo restante da organização, através da ampliação dos treinamentos e de ações de desenvolvimento de cultura de processo BIM.



Fonte: Adaptado de ABDI-MDIC (2017b)

2.1.2 BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT

Como já apresentado no texto, o DNIT está responsável pelo desenvolvimento de um dos projetos piloto da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, instituída pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, que posteriormente foi substituído pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Esse projeto piloto é representado pelo Programa de Revitalização de Obras de Arte Especiais (PROARTE). De acordo com ABDI (2020a) tal programa possui relevância nacional, com oito mil obras distribuídas por cinquenta e cinco mil km de rodovias federais, com iniciativas já executadas em BIM.

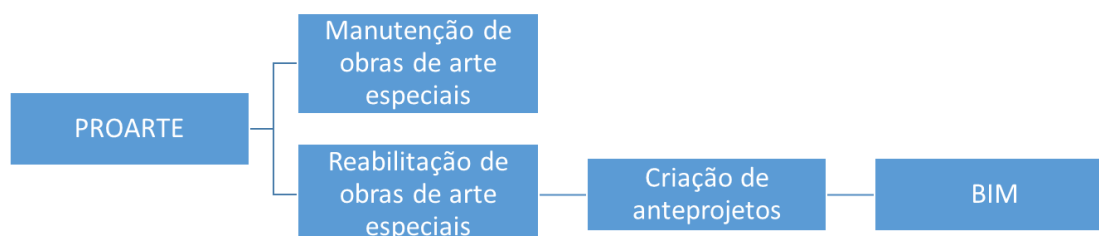
O PROARTE tem como objetivo principal o gerenciamento de serviços de manutenção e de reabilitação em obras de arte especiais – pontes, túneis, viadutos, passarelas e estruturas de contenção – em toda a malha rodoviária federal do país. Nesse, a utilização do BIM está focada nos serviços de reabilitação, que englobam o reforço das obras de arte e/ou alargamento das mesmas, mais especificamente na fase de criação de anteprojetos.

As normativas do órgão preconizam que a contratação de reabilitação se realize preferencialmente pelo Regime Diferenciado de Contratação (RDC), definida na Lei 12.462 na Constituição brasileira, com a utilização da modalidade integrada (RDCi).

Internacionalmente esse tipo de contrato se assemelha ao *Turn-key contract*. Wang e Wang (2011) trazem a definição dada pela *United Nations Centre on Transnational*

Corporations, ao *Turn-key contract*: é o contrato que inclui projeto, construção, aquisição de equipamentos e testes antes do serviço. O contratante também é responsável pelas responsabilidades contratuais e construção de todo o projeto. Tal definição é similar à do RDCi. Nesse, a licitação deve ser feita com a existência de um anteprojeto de engenharia, que de acordo com o órgão, se refere aos elementos técnicos mínimos, necessários para caracterizar a obra e/ou serviço, objeto licitatório (DNIT, 2016). Na elaboração dos anteprojetos, atualmente o BIM é utilizado para a modelagem da estrutura existente e para a modelagem das intervenções. O uso do BIM no PROARTE é observado na Figura 7.

Figura 7 – Utilização do BIM no PROARTE



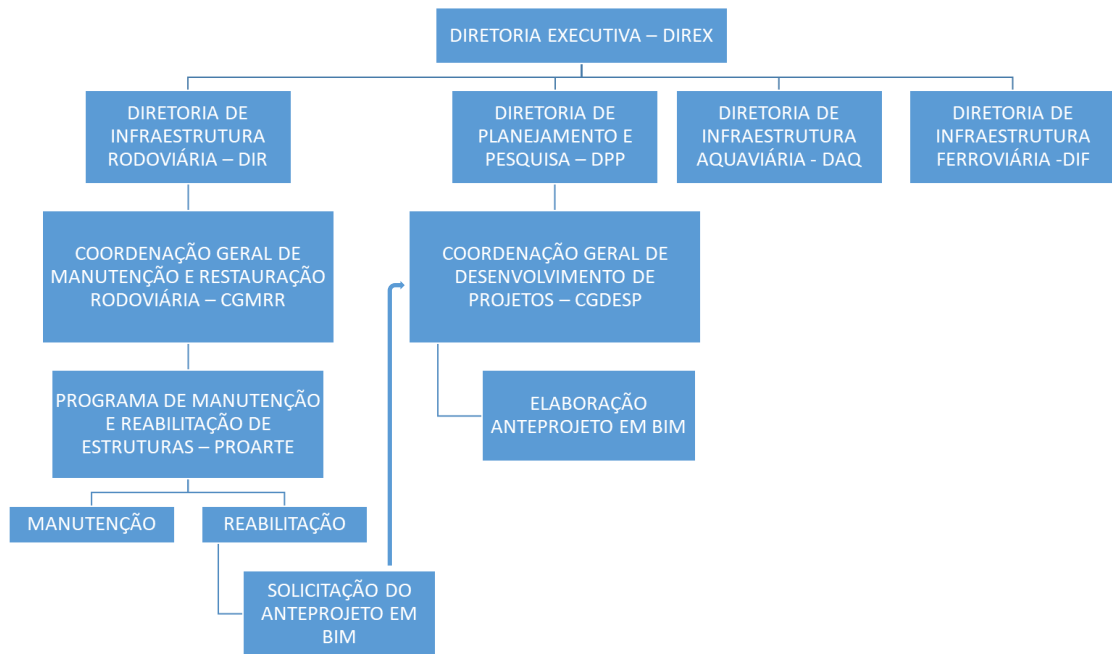
Fonte: A autora (2020)

De acordo com DNIT (2018), o case do PROARTE foi inicialmente apresentado em novembro de 2018 no Seminário Internacional BIM promovido pelo Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva (SINAENCO) em São Paulo pelo Diretor de Pesquisa e Planejamento do Órgão. O Seminário propunha uma análise sobre os desafios envolvidos na adoção do BIM em empreendimentos públicos de infraestrutura, contexto que o DNIT e assim o PROARTE, se inserem. Porém, partir de dados obtidos em pesquisa de campo, incentivos ao desenvolvimento do BIM no órgão, marcam desde 2017.

As ações de implementação do BIM no DNIT são de responsabilidade da Diretoria Executiva (DIREX). Sendo tais atuações, segmentadas entre a Diretoria de Infraestrutura Rodoviária (DIR) e a Diretoria de Planejamento e Pesquisa (DPP). À DIR, fica subordinada a Coordenação Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária (CGMRR), que tem a tutela do PROARTE. Como já citado, as utilizações do BIM no PROARTE se restringem as atividades de reabilitação, de onde surgem as demandas de execução de anteprojetos em BIM. A execução dos anteprojetos por sua vez, são responsabilidade da Coordenação Geral de Desenvolvimento de Projetos (CGDESP), submetida à DPP. Segue na Figura 8, fluxograma para melhor entendimento. No sentido de impulsionar a implementação da Modelagem da Informação da Construção (BIM) no órgão, a Coordenação de Comunicação Social em DNIT (2019a), pontua que a DIREX fomentou parcerias com instituições nacionais e internacionais

para acelerar a implementação da metodologia e trazer para os servidores capacitações exclusivas para o setor de infraestrutura.

Figura 8 - Fluxograma hierarquia DIREX



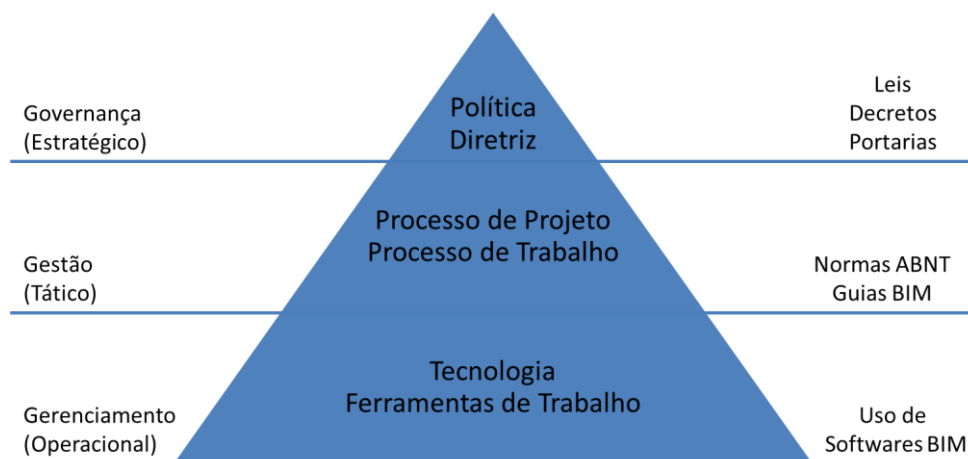
Fonte: A autora (2020)

Para Luke (2019), os processos BIM aplicados a projetos de infraestrutura se dividem em três níveis: o estratégico, o tático e o operacional. A nível estratégico, fala-se de ações relacionadas a governança. Esse nível elabora políticas e diretrizes a nível nacional, tendo em vista o impacto positivo na indústria AEC como um todo. Como produto desse nível, têm-se leis, decretos e portarias. Atualmente vivencia-se tais ações com os Decretos BIM publicados e com a Lei 8.666/93, que institui normas para estabelecer a obrigatoriedade para licitações com inclusão do sistema BIM, por exemplo.

A nível tático tem-se ações normatizadas visando o atendimento das políticas e diretrizes estabelecidas a nível superior. Procura-se estabelecer processos de trabalho e de projeto. Sendo assim, a esse nível de gestão torna-se de grande importância a existência de normas e guias. No DNIT, a DIREX está inserida nessa classe, uma vez que através de suas ações, busca implementar os processos de trabalho/projetos, intrínsecos ao BIM. Por fim, tem-se o nível operacional, ao qual as ações de gerenciamento baseiam-se nas tecnologias e ferramentas de trabalho BIM. A esse nível estão vinculados o uso efetivo dos *softwares* BIM. No DNIT, pode ser representado pelas ações do PROARTE, uma vez que são responsáveis

pelos anteprojetos, que como apresentado anteriormente, são necessários às licitações. A Figura 9 ilustra os níveis hierárquicos descritos acima.

Figura 9 - Níveis hierárquicos BIM



Fonte: Luke (2019)

De acordo com Ferreira e Cunha (2019), a implementação BIM no DNIT foi planejada para ser realizada em ciclos, definidos por uma sequência de projetos pilotos para possibilitar o aumento gradual do número de pessoas envolvidas, do entendimento dos benefícios da mudança, do engajamento e do aprendizado (capacitação). Sendo assim, cada projeto-piloto passaria pelos seguintes processos e macrofases: diagnóstico, planejamento, comunicação, implementação e teste/avaliação; como pode ser visto na Figura 10.

Figura 10 - Macrofases projetos piloto DNIT



Fonte: Ferreira e Cunha (2019)

Ainda de acordo com Ferreira e Cunha (2019), seguem as descrições das citadas macrofases. A macrofase diagnóstico foi iniciada pela apresentação de informações obtidas através da ferramenta Canvas®. Foi composto um quadro com a justificativa da implementação, objetivos, requisitos, restrições, resultados, premissas, equipe, entregas, linha do tempo, custos, riscos, benefícios futuros e demais itens próprios dessa ferramenta.

Estruturou-se uma matriz SWOT e realizou-se entrevistas com conhecedores da área BIM. Assim foram desenvolvidas pesquisas para avaliação do atual nível de maturidade BIM. Os processos de operação do DNIT e do programa PROARTE foram mapeados e alinhados. E por fim, foram delineadas as principais fragilidades e as principais oportunidades de melhoria. A ilustração das etapas dessa macrofase é apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Macrofase diagnóstico



Fonte: Ferreira e Cunha (2019)

Na macrofase planejamento, os casos de usos BIM potencialmente aplicáveis ao programa PROARTE foram identificados e classificados. As principais competências BIM necessárias à realização dos correspondentes casos de usos BIM foram identificados. A partir da conjugação das competências, foram traçados os perfis ideais para a capacitação BIM. Entre eles: o perfil gerencial, funcional, técnico, administrativo, operacional etc. Seguiu-se com a definição de uma estratégia para comunicação e para gerenciamento da mudança. O que para Ferreira e Cunha (2019) é fator fundamental para qualquer implantação BIM, mas ainda mais crítico num caso com o DNIT, considerando suas dimensões e a complexidade da sua operação, com capilaridade e atuação nacional.

Também foi definida uma estratégia para gestão do conhecimento para que o aprendizado pudesse ser capturado e documentado minimamente. Isso para viabilizar, ao mesmo tempo, a retenção do aprendizado na autarquia e a possibilidade do seu compartilhamento e expansão. Por fim, foi feita a revisão de sete das quinze tabelas do sistema de classificação das informações, baseado no *Omniclass*. A ilustração das etapas dessa macrofase é apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Macrofase planejamento



Fonte: Ferreira e Cunha (2019)

Na macrofase comunicação iniciou-se com a realização do mapeamento dos principais *stakeholders* da autarquia. Em seguida, os principais canais de comunicação formais e informais do DNIT foram mapeados e identificados. Foi desenvolvida uma estratégia de comunicação, considerando as dimensões e a complexidade da operação do DNIT. Um grupo para discussões e deliberações a respeito do tema, nomeado “Núcleo BIM DNIT” foi criado e formalmente instituído. Um website específico para o BIM no DNIT foi planejado, organizado e publicado (www.dnit.gov.br > Planejamento e Pesquisa > BIM no DNIT). A última ação desenvolvida refere-se à inclusão da geração de conteúdos como um entregável de todas as atividades da implementação BIM no programa PROARTE. A ilustração das etapas dessa macrofase é apresentada na Figura 13.

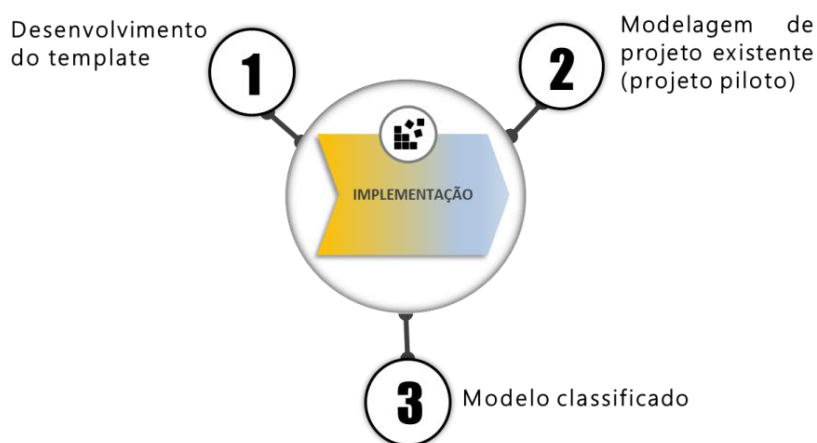
Figura 13 - Macrofase comunicação



Fonte: Ferreira e Cunha (2019)

A macrofase implementação encontra-se em andamento. Foram empenhados esforços no desenvolvimento e estruturação de *templates*, além da inserção de funcionalidades próprias das metodologias BIM. Paralelo a isso, iniciou-se a modelagem de projetos já existentes em CAD, como forma de aprendizagem. Tal prática é usual em organizações em fase de implementação do BIM. Nessa prática, optam por aplicar um projeto anterior, as metodologias BIM. Tornando possível avaliar os ganhos em relação à metodologia precedente. Em desenvolvimento, encontra-se a classificação dos elementos conforme sistema de classificação das informações do DNIT. A ilustração das etapas dessa macrofase é apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Macrofase implementação



Fonte: Ferreira e Cunha (2019)

Ferreira e Cunha (2019) trazem que os próximos passos a serem dados pelo órgão referem-se ao treinamento e capacitação dos colaboradores e operação assistida, parte integrante da macrofase implementação; testes e avaliações; revisões e ajustes; e a avaliação da possibilidade de realização de acordos de cooperação com o mercado. Sobre o assunto, a Coordenação de Comunicação Social em DNIT (2019b), afirma que entre as diretrizes para o ano de 2020, estão incluídas ações para a finalização da implementação BIM na Autarquia. Tais movimentações são impulsionadas principalmente, em função do Decreto 10.306/2020 publicado em abril último. Em entrevista à Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), o Coordenador de Gestão Estratégica e Riscos Corporativos Do DNIT, informou: “A partir de 2021, com o decreto, o processo (de implementação BIM no DNIT) será ainda mais acelerado. Ou seja, conseguiremos atingir todo o país, com controle gerencial e trazendo junto a iniciativa privada para esse novo cenário do setor de AEC (arquitetura, engenharia, construção) brasileiro.” ABDI (2020a).

2.2 Avaliação de Maturidade

Um modelo de maturidade é uma estrutura, composta por processos através do qual uma organização se desenvolve sistematicamente a fim de atingir um estado futuro desejado. Um modelo de maturidade reconhece e sinaliza o amadurecimento progressivo da organização (ALMEIDA NETO, 2015). Instituições podem se apoiar em tais modelos para acompanhar a evolução de implementações, mudanças ou seu desenvolvimento de uma forma geral; entendendo assim seu progresso de forma clara.

Para Grant e Pennypacker (2006) as organizações modernas de pequeno, médio ou grande porte, devem utilizar os conceitos e modelos de maturidade para acelerar o crescimento no que diz respeito às práticas, processos, definição de responsabilidades e aumento do nível de maturidade. A partir do diagnóstico de um nível de maturidade de uma organização, torna-se possível prever seu futuro desempenho dentro de determinada área ou conjunto de disciplinas (SEI, 1995), pontos fracos e aspectos bem-sucedidos. Quando as organizações seguem as propostas sugeridas pelos modelos de maturidade e alcançam os níveis mais altos podem obter resultados/benefícios significativos de desempenho em seus projetos, sobretudo na satisfação do cliente (TEIXEIRA FILHO, 2010).

Esses modelos podem ser aplicados em diversas áreas de organizações, sendo gerenciamento de projetos uma das mais representativas. Nesse contexto, Prado (2016) define um modelo de maturidade como o mecanismo capaz de quantificar numericamente a capacidade de uma organização gerenciar projetos com sucesso. De acordo com Silva Neto (2011), os modelos de maturidade de gestão de projetos mais difundidos são: *Organizational Project Management Maturity Model* (OPM3), *Capability Maturity Model* (CMM), *Project Management Maturity Model* (PMMM) e Modelo Prado (MMGP).

O *Organizational Project Management Maturity Model* (OPM3) é um modelo para avaliação da maturidade organizacional em gestão de projetos, proposto pelo *Project Management Institute* (PMI®). O objetivo do OPM3 é permitir às empresas a visualização das capacidades necessárias, para que possam implementar suas estratégias com consistência e previsibilidade (PMI, 2013). O modelo OPM3 visa a oferecer uma estrutura capaz de traduzir estratégias de negócio em resultados de sucesso consistentes e previsíveis. Trata-se de uma estrutura de melhora contínua do ambiente de gestão de projetos das organizações construída por meio de recomendação de “boas práticas”. A princípio, o modelo OPM3 retrata uma trilha capaz de orientar os gestores organizacionais nos seus investimentos em iniciativas de aprimoramento da operação de gestão de projetos (SOELTL, 2006).

De acordo com Rosemann e Bruin (2005), o *Capability Maturity Model* (CMM), foi proposto pelo *Software Engineering Institute da Carnegie Mellon University*. Possui foco em avaliar os processos de desenvolvimento de *softwares*, buscando avaliar a capacidade organizacional nesta disciplina específica. Desde então, o CMM tem se popularizado e se estendido para uma série de outras disciplinas, entre as quais é possível citar: gerenciamento de infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI), gestão de arquitetura organizacional, gestão do conhecimento e gerenciamento de projetos. Baseia-se em um caminho de aperfeiçoamento de processos. Sua estrutura se apresenta em níveis de capacidade, seguindo uma ordem recomendada para abordar a melhoria do processo dentro de cada área de processo especificada (CMMI PRODUCT TEAM, 2010).

Para Silva Neto (2011), o *Project Management Maturity Model* (PMMM) visa definir o estágio atual, planejar e implementar ações para o desenvolvimento gradual na gestão de projetos. Foca na gestão de mudança e no processo de mudança da cultura da organização. De acordo com Kerzner (2009), um modelo de excelência em gerenciamento de projetos pode ser descrito como um modelo de maturidade em gerenciamento de projetos. É composto por cinco níveis, definidos por Kerzner (2001):

- Nível 1 – Linguagem Comum: a organização reconhece a importância da gestão de projetos e a necessidade de uma boa compreensão do conhecimento básico em gestão de projetos, juntamente com a linguagem/terminologia correspondente;
- Nível 2 – Processos Comuns: a organização reconhece que os processos comuns precisam ser definidos e desenvolvidos de modo que o sucesso em um projeto possa ser repetido e os princípios de gestão de projetos sejam reconhecidos e aplicados a outras metodologias da empresa;
- Nível 3 – Metodologia Singular: a organização reconhece o efeito e a sinergia da combinação de todas as metodologias corporativas em uma única metodologia. Os efeitos dessa sinergia também tornam o controle de processos mais fácil do que antes, quando se usava várias metodologias;
- Nível 4 – *Benchmarking*: a organização reconhece que a melhoria dos processos é necessária para manter uma vantagem competitiva. O *benchmarking* deve ser realizado de forma contínua. A empresa deve decidir com quem vai se comparar e o que vai ser comparado;

Nível 5 – Melhoria Contínua: a organização avalia as informações obtidas através do *benchmarking* e deve então decidir se essas informações melhorarão ou não a sua metodologia. Os processos e práticas adotados pela organização são aprimorados e as lições

aprendidas são disseminadas na organização. O Modelo de Maturidade em Gerenciamento de Projetos (MMGP) se apresenta como a única contribuição do Brasil para a avaliação da maturidade. É composto de um questionário com quarenta questões onde se procura relacionar a maturidade da organização com sua capacidade de executar projetos com sucesso. O modelo é composto de cinco níveis (PRADO, 2016):

- Nível 1 – Inicial: neste nível existe um baixo conhecimento do assunto, o gerenciamento de projetos é utilizado por intuição e não existem processos/metodologia;
- Nível 2 – Conhecido: Nesta fase a empresa começa a criar uma nova cultura para criar competências;
- Nível 3 – Padronizado: a empresa começa a implementar uma plataforma para a gestão de seus projetos, através da estruturação organizacional, padronização e estruturação de modelos;
- Nível 4 – Gerenciado: neste nível, a empresa começa a aperfeiçoar a plataforma, com o funcionamento dos padrões, anomalias identificadas e eliminadas e alinhamento dos negócios da organização;
- Nível 5 – Otimizado: o processo de gerenciamento de projetos comporta-se como algo normal na companhia, com baixo stress e ruídos.

2.2.1 Avaliação da Maturidade BIM

No contexto BIM, Succar, Sher e Williams (2012) trazem o termo “maturidade” denotando a extensão da capacidade na execução de uma tarefa ou na entrega de um serviço/produto BIM. A maturidade BIM também pode ser relacionada à qualidade, possibilidade de repetição e ao grau de excelência dentro de uma capacidade BIM. Os autores Siebelink, Voordijk e Adriaanse (2018) trazem que a avaliação da maturidade na implementação BIM identifica o status atual de implementação das organizações como um todo, mas também em seus subsetores relacionados. Níveis inconsistentes de maturidade do BIM entre as partes colaboradoras em um projeto limitam o grau em que as metas do BIM e as expectativas de acompanhamento podem ser realizadas, especialmente em relação aos usos do BIM com ampla troca de dados entre as partes (ADRIAANSE; VOORDIJK; DEWULF, 2010; e SIEBELINK; VOORDIJK; ADRIAANSE, 2018).

Sendo assim, modelos de maturidade são ferramentas usadas na potencialização da implementação dos processos BIM. Nesse sentido, Liang et al. (2016) afirma que tais instrumentos são úteis para a difusão do BIM no mundo. Esses modelos são tipicamente

compostos por múltiplos níveis de maturidade, "blocos de construção" ou "componentes" de melhoria de processos (PAULK et al., 1993). Quando os requisitos de cada nível são satisfeitos, as organizações podem então, construir componentes estabelecidos para assim, tentar avançar em maturidade (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012).

Sobre o tema, Siebelink et al. (2020) pontua que organizações com maior maturidade BIM são aquelas que se objetivam a trabalhar em estreita colaboração com os *stakeholders*, visando assim maximizar os benefícios do BIM. Portanto, uma maior maturidade leva a um aumento do foco colaborativo em BIM no qual as organizações se tornam mais conscientes de sua posição no mercado. Em contrapartida, os mesmos autores se referem à falta de suporte da alta administração como um indicador de baixa maturidade BIM nas organizações. Siebelink et al. (2020) ainda fazem um análise relevante quanto aos níveis de maturidade BIM: os autores ressaltam que altos níveis de maturidade de TI não se correlaciona necessariamente com sua maturidade BIM. Acontece que ter aparato tecnológico nas organizações não influenciam no completo desenvolvimento dos processos BIM, uma vez que esse aspecto é apenas um dos muitos que são necessários a uma implementação eficaz.

De acordo com Succar, Sher e Williams (2012), o conceito de maturidade BIM foi adotado a partir do *Capability Maturity Model (CMM)*, do *Software Engineering Institute's (SEI)*. Sarshar et al. (2000) afirma que indústria de *software* CMM original não é aplicável ao setor de construção; visto que não aborda questões da cadeia de suprimentos. O mesmo autor ainda argumenta que os níveis de maturidade CMM não levam em conta as diferentes fases do ciclo de vida de um projeto de construção. Embora outros esforços, derivados do CMM, enfoquem o setor de construção, não há modelo/índice de maturidade abrangente que possa ser aplicado ao BIM, seus estágios de implementação, *players*, entregáveis ou seu efeito nas fases do ciclo de vida do projeto (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012).

Para Phang, Chen e Tiong (2020), o status de maturidade BIM em uma organização pode ser dividido em quatro níveis principais:

- Nível 0: design auxiliado por computador (CAD);
- Nível 1: denominado *lonely* BIM. Modelos não são compartilhados entre os membros da equipe do projeto;
- Nível 2: BIM proprietário como dados ligados a prazo (4D) e informações de custo (5D) são criados em modelos separados e anexados ao ambiente 3D;
- Nível 3: BIM integrado referindo-se a um único modelo de projeto colaborativo online com cronograma (4D), custo (5D) e informações de ciclo de vida do projeto (6D).

Todavia, Succar (2010) comenta a necessidade da existência de fatores como indicadores de desempenho para medir sucessos, falhas e desenvolvimento do BIM. Para que assim, seja possível a alocação de investimentos financeiros e organização do processo para melhorar o desempenho. Portanto, para medir o desempenho BIM Succar criou uma metodologia que analisa, quantifica e qualifica o uso do BIM em setores, organizações e empreendimentos (SANTOS, 2016).

2.2.1.1 Metodologia desenvolvida por Bilal Succar

Devido aos avanços que o BIM vem apresentando no contexto mundial, torna-se imperativo a existência de métodos que guiem sua adoção, de forma que essa se desenvolva e leve ao objetivo esperado. Para Succar (2010), os indicadores gerados por esse procedimento tornam possíveis a equipes e organizações medir conscientemente seus ganhos e perdas, avaliar suas próprias competências BIM e comparar-se em relação aos parâmetros da indústria. Succar, Sher e Williams (2013) esclarecem que a existência de um meio que permita organizar a avaliação, a aquisição e aplicação de competências BIM também facilita sua adoção e esclarece as atividades complexas para a realização da colaboração multidisciplinar.

Para tanto, Succar (2010) propôs cinco componentes para medir o desempenho em BIM:

1. Escalas Organizacionais (*Organization Scales*): são as variações de escala de empresas e organizações. É uma subdivisão hierárquica de mercados, indústrias, equipes de projeto e organizações para fins de capacidade BIM e medição de maturidade (SUCCAR 2010). Refere-se ao escopo da análise de maturidade BIM, podendo ser: macro, meso ou micro. Esses por sua vez, podem ser subdivididos com as mesmas categorias: macro, meso ou micro.
2. Níveis de Granularidade (*Granularity Levels*): são variações da profundidade da aplicação do método de avaliação do nível de maturidade. Succar (2010) desenvolveu níveis de granularidade para determinar a qualidade da matriz que indicam: a amplitude da avaliação, detalhes de pontuação, formalidade e especialização do avaliador. Rodrigues (2018) ainda traz, que a medição de desempenho do BIM pode ser realizada com poucos detalhes, feita de maneira informal ou autoadministradas. Ou ainda, pode ser realizada com mais detalhes de maneira formal e liderada por especialistas. Succar, Sher e Williams (2012) descrevem os quatro níveis de granularidade:
 - Descoberta (*Discovery*): uma autoavaliação;

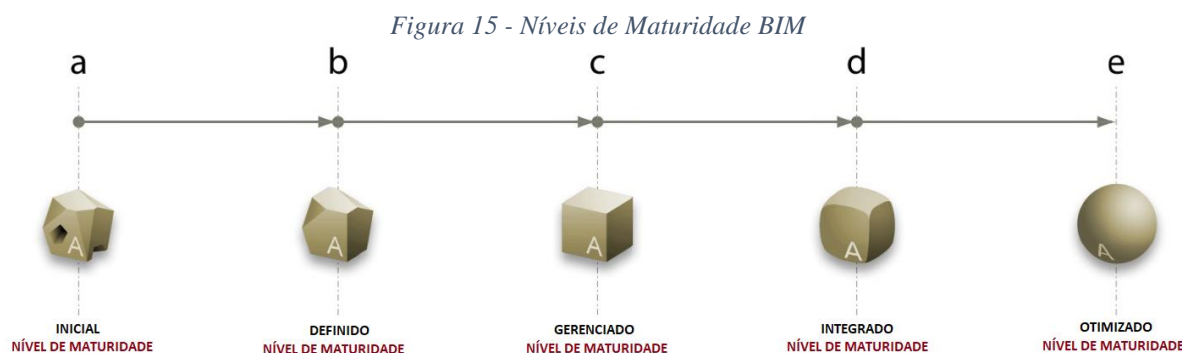
- Avaliação (*Evaluation*): processo de mensuração de desempenho individual ou por pares;
 - Certificação (*Certification*): realizado, por exemplo, por um consultor externo. Tem maior isenção e rigor metodológico na avaliação;
 - Auditoria (*Auditing*): é um processo mais complexo que engloba todos os demais: um consultor externo, autoavaliação e avaliação por pares.
3. Competências em BIM (*BIM Competencies*): De acordo com Succar (2010), competências em BIM referem-se à capacidade de um agente do BIM para satisfazer um requisito BIM ou gerar um BIM entregável. São as habilidades desses agentes. Santos (2016) define competências como habilidades, itens, procedimentos, processos que permitem avaliar a capacidade (o que se é capaz de fazer) e a maturidade da organização (com que qualidade e consistência se é capaz de fazer). Ou seja, competências em BIM são a reunião de capacidades para a execução de um serviço, tarefa, etc.
4. Estágios de Capacidade em BIM (*BIM Capability Stages*): Inicialmente, cabe apresentar o conceito de capacidade em BIM. De forma geral, a capacidade em BIM é definida por Succar, Sher e Willians (2012) como as habilidades mínimas de uma organização ou equipe para desempenhar as atividades inerentes ao Conceito de Modelagem da Informação da Construção. Dividem-se em três aspectos: tecnologia; processos; e políticas, pesquisa e regulamentação, sendo conceituadas pelos mesmos autores em:
- Tecnologia: tem relação com *software*, *hardware* e redes. Por exemplo, a utilização de um *software* e a capacidade das máquinas da empresa em administrar os arquivos BIM são fundamentais para o fluxo de trabalho. Assim como a capacidade de intercâmbio de arquivos e armazenamento de dados da empresa é fundamental para o processo de trabalho multidisciplinar. Ou seja, a tecnologia que uma empresa domina é fundamental.
 - Processo: são os aspectos do BIM que não se aplicam à modelagem de objetos. Ou seja, são características que se referem a como o projeto é desenvolvido dentro de uma empresa, o processo e as relações entre os agentes. Por exemplo: posturas de liderança, gestão, administração de recursos humanos, definição de fases de projeto, desenvolvimento de produtos, intercambio de arquivos, interoperabilidade e outros.

- Política, Pesquisa e Regulamentação: São habilidades dos agentes em organizar e legalizar sua atuação no mercado AEC. Por exemplo: aspectos como a alocação de riscos, política de entregas de dados e propriedade das informações, pagamentos e outros. Também diz respeito à habilidade de se enquadrar em padrões normatizados ou padrões vigentes no mercado. Portanto, essa competência inclui relações contratuais, utilização de normas existentes, parcerias com demais organizações do mercado, pesquisas na área, relações com empresas desenvolvedoras de *software* e outros.

Já estágios de capacidade em BIM, representam uma evolução da utilização da ferramenta BIM a partir de sua implantação (SUCCAR, 2010). Santos (2016) afirma que de um estágio a outro, há uma diferença no tipo de resultados produzidos pela organização e suas equipes, no grau de colaboração e integração e também no tipo e consistência das políticas de regulação, contratos e gestão de pessoas. Os estágios de capacidade em BIM são definidos por Succar (2010) em:

- Estágio 1 (*BIM Capability Stage 1*) – Modelagem: modelagem baseada em objeto, a empresa ou organização precisa ter implantado a ferramenta de modelagem;
- Estágio 2 (*BIM Capability Stage 2*) – Colaboração: colaboração baseada em modelo, a empresa ou organização precisa fazer parte de um projeto colaborativo multidisciplinar;
- Estágio 3 (*BIM Capability Stage 3*) –Integração: integração baseada em rede, a empresa ou organização deve usar uma solução baseada em rede para compartilhar modelos com pelo menos duas disciplinas;
- *Integrated Project Delivery (IPD)*: Entrega de Projeto Integrado.

5. Níveis de Maturidade em BIM (*BIM Maturity Levels*): é definido por Santos (2016) como a representação da qualidade, previsibilidade e variabilidade dentro dos Estágios do BIM. O conceito de maturidade em BIM pode ser mensurado em um índice: o *BIM Maturity Index* (BIMMI), para a maturidade da implementação como um todo; e também pode ser atribuído individualmente às diferentes áreas de capacidade BIM. Tal índice é uma estrutura de melhoria de processos, com cinco níveis distintos. Foi desenvolvida para avaliar a maturidade dos participantes BIM, seus requisitos e resultados através de escalas organizacionais (SUCCAR, 2010). Tais níveis são definidos por Succar (2010) como: inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado, assim como mostrado na Figura 15.



Fonte: Adaptado de Succar, Sher e Williams (2013)

Rodrigues (2018) aborda os níveis de Maturidade definidos por Succar da seguinte maneira:

- Nível de Maturidade “a” – Inicial: as ferramentas de BIM foram implantadas (software de modelagem ou outros), porém não existe uma estratégia geral. Os processos e políticas do BIM da empresa, equipe ou organização não estão definidos. Não existiram preparações adequadas para as mudanças culturais que o BIM exige no processo de projeto. Existe a ideia de “esforço heroico”, com campeões individuais entre os membros da equipe. A colaboração não acontece com os parceiros de projeto e o processo de projeto não tem um guia, padrão ou protocolo de intercâmbio pré-definidos. Não existe formalidade dos papéis e responsabilidades das partes envolvidas.
- Nível de maturidade “b” – Definido: os gerentes seniores orientam o uso do BIM. Já existe a documentação de processos e políticas. Existem diretrizes para o BIM, manuais de treinamento, guias de trabalho e padrões de entrega. O BIM é visto como inovação e oportunidade de negócio, mas as possibilidades do mercado ainda não são exploradas. A competência geral aumenta, diminuindo a ideia de “esforço heroico”, contudo, ainda não é possível prever a produtividade da equipe. Existe confiança entre parceiros de projeto e a colaboração segue guias de processo, padrões e protocolos de intercâmbio pré-definidos. Os contratos preveem alocação de risco e atribuição de responsabilidades.
- Nível de maturidade “c” – Gerenciado: a empresa ou organização tem objetivos claros, com planos de ação e monitoramento. Além disso, a visão do BIM é compartilhada entre todos os funcionários. São institucionalizadas as metas do BIM, que passam a ser alcançadas de forma mais ou menos regular. São reconhecidas as mudanças nas esferas da tecnologia, processos e políticas. O *marketing* da

organização aproveita as oportunidades do BIM. As especificações dos produtos e os padrões de entrega seguem normas nacionais ou internacionais. Aqui aplica-se a menção de Succar (2010) às especificações do *American Institute of Architects* (AIA), por exemplo. Existe o gerenciamento da modelagem e dos dados do modelo, com padrões detalhados e planos de qualidade. A colaboração entre parceiros prevê alocação de risco e atribuição de responsabilidades, mas, também as recompensas, podendo existir parcerias a longo prazo.

- Nível de Maturidade “d” – Integrado: funções e metas para o BIM são parte da organização. A equipe apresenta o BIM como vantagem competitiva no mercado e ele é utilizado para atrair e manter os clientes. O processo de negócio é integrado com os entregáveis em BIM. Existem requisitos estratégicos para implantação e manutenção de softwares, não apenas requisitos operacionais. Existe boa colaboração com os parceiros e as entregas de projeto (modelo) são sincronizadas. A produtividade é previsível. O sistema de gerenciamento da qualidade é associado aos padrões do BIM e metas de desempenho. O processo de projeto é caracterizado pelo envolvimento dos principais *stakeholders* nas fases iniciais.
- Nível de maturidade “e” – Otimizado: existe proatividade para alterações de processos ou políticas. Succar (2010) comenta que soluções inovadoras de produtos, processos e oportunidades de negócios são procuradas e seguidas de forma implacável. Da mesma maneira, são otimizados os canais de comunicação e integração de dados, a alocação de responsabilidades, riscos, recompensas e contratos. São constantemente revisados os usos de *softwares*, para alinhar a produção com objetivos estratégicos e melhorar a produtividade da empresa. Existe revisão periódica dos padrões de entrega, utilizando novas funcionalidades dos *softwares* chegando a melhorias dos produtos e da produtividade. Basicamente existe um processo contínuo de revisão dos objetivos do BIM da organização e suas estratégias.

Após definidos e entendidos esses cinco componentes, conceitua-se matriz de maturidade BIM. A Matriz de Maturidade BIM (BIm³) compila os componentes utilizados para medir o desempenho em BIM, com o objetivo de identificar quantitativamente e qualitativamente a capacidade e o nível de maturidade de uma organização. A análise quantitativa é obtida a partir da definição do grau e índice de maturidade. A partir desses valores, realiza-se a análise qualitativa, chegando-se à definição textual do nível de maturidade em BIM.

A BIM³ é uma ferramenta de avaliação e melhoria de desempenho que incorpora conjuntos de competências, estágios BIM e escalas organizacionais (SUCCAR, 2010). Essa matriz pode ser utilizada por diferentes agentes da AEC, de diferentes escalas organizacionais e em diferentes pontos do ciclo de vida de um projeto. A matriz pode ser empregada pelas partes interessadas, independentemente da tecnologia utilizada, processo de gestão de projetos, localidade e outros (RODRIGUES, 2018). Santos (2016) define a matriz como: específica, granular, atingível, aplicável, neutra e relevante e considera todas essas características perfeitamente integradas na Matriz.

2.3 Riscos

Toda atividade está sujeita a eventos imprevistos ou inesperados, que podem alterar seu resultado. A ocorrência desses eventos e a forma como afetam os resultados das atividades está associado ao conceito de risco. De acordo com a NBR ISO 31000/2018, o risco é o efeito da incerteza nos objetivos; é um desvio em relação ao esperado. Para Mortazavi, Kheyroddin e Naderpour (2020), os riscos podem interromper o andamento de projetos, bem como impor custos não previstos. Para o *Project Management Body of Knowledge – PMBOK* (2017), o risco de um projeto corresponde a um evento ou condição incerta que, quando ocorre, possui um efeito positivo ou negativo sobre um ou mais de seus objetivos, envolvendo escopo, prazo, custo e qualidade.

Ainda de acordo com o PMBOK (2017), um projeto consiste em esforço temporário para produzir um produto ou serviço único, sendo seu encerramento dado quando os objetivos são alcançados ou quando sua necessidade deixar de existir, dentre outros casos. Portanto, é possível o entendimento de um projeto dentro do contexto da construção civil e assim, a aplicação do conceito de gerenciamento de riscos. Nos últimos anos, os projetos de construção se tornaram mais arriscados e complexos devido às várias formas de atividades envolvidas (CHATTERJEE et al., 2018). Logo, o gerenciamento de riscos assume posição entre os tópicos mais relevantes para os profissionais da indústria da construção civil que se preocupam com o destino de seus projetos (CRETU; STEWART; BERENDS, 2011).

De acordo com Chatterjee et al. (2018), nas últimas quatro décadas, grandes avanços foram registrados na gestão de projetos de construção. Conseqüentemente, a gestão de riscos tornou-se parte importante das atividades nas organizações do setor. Está principalmente ligada a ações voltadas a evitar que eventos negativos gerem efeitos desfavoráveis aos objetivos do objeto a que se aplica e ao melhor aproveitamento dos recursos. Para Mahmoudi et al. (2020) umas das principais causas de falha de projetos relacionam-se ao não estudo de

seus riscos. Para Bahamid, Doh e Al-Sharaf (2019), tal prática é vista como um grande equívoco, principalmente em países em desenvolvimento. Pontuando que nesse contexto, os projetos de construção estão sujeitos a vários fatores desconhecidos.

Mahmoudi et al. (2020) ainda argumentam que quando a gestão de riscos é realizada regularmente, identificando riscos potenciais e soluções para os mesmos; o processo age como função complementar a outras atividades. Tais como planejamento e orçamento. Sendo assim, é bastante aconselhável que o gerenciamento do risco seja integrado aos processos das organizações e entidades, uma vez que subsidiam tomadas de decisão mais coerentes frente à imprevisibilidade gerada pela existência de riscos.

Ainda nesse sentido, Liu et al. (2020) afirma que o gerenciamento de riscos melhora a taxa de sucesso das operações e embasa a tomada de decisões na gestão do ciclo de vida de edifício. O que para o autor, leva a uma redução dos principais riscos do cronograma e garante a entrega oportuna do projeto. Portanto é seguro dizer que o sucesso do projeto depende do reconhecimento de riscos e gestão dos mesmos (MORTAZAVI; KHEYRODDIN; NADERPOUR, 2020).

Para Cooper et al. (2005) a atividade de gerenciamento dos riscos envolve a aplicação sistemática de políticas, processos e procedimentos de gestão. Esses, voltados para tarefas de estabelecimento de contexto, identificação, análise, avaliação, tratamento, monitoramento e comunicação de riscos. Sendo assim, cabe dizer que o sucesso de um projeto está vinculado ao bom desenvolvimento de tais etapas. Para esse estudo, é de substancial importância a compreensão das etapas de identificação, análise e avaliação do risco.

A NBR ISO 31000:2018 fornece princípios e diretrizes genéricos para o gerenciamento de riscos. Sendo assim, é aplicável a uma ampla gama de atividades (estratégias, processos, projetos, programas, dentre outros) tanto por empresas públicas, privadas ou comunitárias. A identificação do risco é uma das primeiras etapas do gerenciamento. A norma citada anteriormente define-a como um processo de busca, reconhecimento e descrição de riscos. Traz que o processo de identificação pode se fundamentar em dados históricos, análises teóricas, opiniões de pessoas informadas e especialistas, e as necessidades das partes interessadas.

Para autores como Cooper et al. (2005), Martins (2006) e Morano, Martins e Ferreira (2010), essa fase é considerada como uma das mais importantes em todo processo do gerenciamento, pois apresenta um impacto maior na acuracidade das avaliações. Já que a forma como os riscos são identificados e coletados constituem-se na questão central para a

efetividade de todo o processo. El-Sayegh e Mansour (2015) ainda definem a identificação como o meio de reconhecer e guardar informação dos riscos.

Sobre a análise de risco, a NBR ISO 31000/2018 a caracteriza como um processo para compreensão da natureza e determinação do nível do risco. A norma ainda a considera como base para a avaliação e definição de ações para tratamento do risco. A análise é a aplicação sistemática das informações disponíveis para determinar a frequência em que eventos específicos podem ocorrer e a magnitude de suas consequências, com uso de diversas técnicas matemáticas e outras ferramentas (COOPER et al., 2005).

De acordo com Mortazavi, Kheyroddin e Naderpour (2020), essa análise pode ser feita de forma qualitativa, quantitativa ou uma combinação destas. Além de poder ser realizada com vários graus de detalhamento e complexidade. A NBR ISO 31000/2018 determina que esses graus fiquem em função do propósito da análise, da disponibilidade e confiabilidade da informação, e dos recursos disponíveis. De acordo com Cretu, Stewart e Berends (2011), métodos e procedimentos de análise de riscos claros e bem definidos são o primeiro passo para auxiliar os gestores a incorporarem o risco no processo de tomada de decisão.

Já a avaliação de riscos corresponde ao processo de comparação dos resultados obtidos da análise de riscos com os critérios de risco, de modo a determinar se o risco analisado é aceitável ou tolerável. O propósito da avaliação de riscos é auxiliar na tomada de decisões sobre quais riscos necessitam de tratamento e a prioridade para a implementação destes tratamentos (ABNT, 2018). Riscos identificados como prioritários, devem receber maior atenção e definições mais rápidas de tratamento.

2.3.1 Riscos da Implementação BIM

Os benefícios trazidos com a implementação do BIM na indústria AEC são vastos. Porém, à medida que novos processos se tornam disponíveis novos problemas também surgem. De acordo com Sun, Xu e Jiang (2020), qualquer inovação traz valor para construção civil, mas também traz riscos. Riscos esses, causados devido às incertezas advindas das modificações aplicadas aos projetos, obras, etc. No cenário em estudo, essas modificações fazem parte do processo de transição entre métodos antigos e o BIM. Que pode ser dificultado devido a fatores de riscos inerentes a esse processo. Porém uma vez bem planejada e controlada, essa metodologia pode ser aperfeiçoada e por si só dissolver os fatores de risco existentes (CHIEN et al., 2014; SHANG; SHEN, 2014; TOMEK; MATEJKA, 2014; DING et al., 2015; OZORHON; KARAHAN, 2017; ZOU et al., 2017).

Avaliar a implementação do BIM sem considerar as dificuldades e os riscos trazidos, pode ser considerado um enfoque simplista. Ghaffarianhoseini et al. (2017), elucidam que a adoção do BIM em si envolve riscos diversos e complexos e Sun, Xu e Jiang (2020), argumentam que os tipos e graus de riscos trazidos pelo BIM são diferentes de outros processos. Sobre o tema, Gunhan e Arditi (2005) abordam que o setor da construção civil é sensível a eventos que impliquem riscos. Sendo assim, ainda existe por parte do mercado, receio de se adicionar riscos e responsabilidades decorrentes da aquisição de um modelo BIM, levando muitos a permanecer na abordagem tradicional (CHEW; RILEY, 2013). Logo, para se obter bons resultados na adoção dos processos BIM é altamente aconselhável que se estude os riscos intrínsecos e que se avalie a melhor forma de lidar com eles.

Atualmente as maiorias das empresas não estão capacitadas para avaliar os riscos e as recompensas que podem enfrentar quando investem no BIM. O que para Sun, Xu e Jiang (2020), ocorre devido ao desenvolvimento do BIM está em conflito com a situação atual do sistema de gerenciamento de projetos e da indústria AEC. Logo, os usuários do BIM devem conduzir uma gestão e análise sistemática de riscos e desenvolver estratégias eficazes, adequadas e ágeis para mitigar os riscos potenciais associados à implementação do BIM de forma proativa (KHOSHFETRAT et al., 2020). Uma gestão de riscos requer que as características dos fatores de risco sejam compreendidas para que os riscos possam ser priorizados e respondidos de forma oportuna.

Os autores Ahuja et al. (2018) comentam que riscos não gerenciados são uma das razões para a falha de projetos. Nesse mesmo viés, Chien, Wu e Huang (2014) afirmam que a implementação de uma nova tecnologia pode ser prejudicada quando seus fatores de risco não são identificados. Dessa forma, entende-se como significativo a empresas e entidades adotarem a identificação, análise e avaliação dos riscos associados à implementação. Com o conhecimento dos possíveis problemas, o setor tenderá a sentir-se mais seguro. Visto que estará a par dos possíveis entraves e poderá prever tratamentos para tais. Sendo assim, um entendimento completo dos fatores de risco permite que os usuários BIM tenham respostas mais rápidas, aumentando assim as chances de sucesso na adoção do BIM. O que é ratificado por Mom e Hsieh (2012), visto que afirmam que a percepção dos riscos envolvidos na implementação do BIM auxilia a alta gerência na decisão sobre a adoção. Tais autores ainda afirmam que a consideração do risco nos estágios iniciais da implementação aumenta a probabilidade de sucesso.

De acordo Ghaffarianhoseini et al. (2017), é de grande importância para indústria AEC, a materialização dos benefícios (ou não benefícios) trazidos com o BIM. Tais dados fornecerão

as informações necessárias para a decisão sobre as principais tecnologias, plataformas e níveis de investimento com uma expectativa razoável de retorno. Sobre o assunto, vale ressaltar que os fatores de risco variam de acordo com o contexto a que pertencem. Logo, esses devem ser estudados e as soluções devem ser adaptadas ao cenário que se encontra.

Depois de identificados, analisados e avaliados, torna-se de relevante a elaboração de um plano de mitigação dos riscos. Sun, Xu e Jiang (2020) em seus estudos, criaram etapas primordiais ao desenvolvimento de tal plano. Seguem tais passos: (1) desenvolver um programa e critérios de avaliação, (2) adotar ferramentas para compartilhamento/colaboração de informações, (3) desenvolver uma cultura positiva, (4) reavaliar o cronograma do projeto, (5) realizar pesquisas sobre o tema, e (6) fazer novas políticas para motivação de adoção de BIM.

Okakpu et al. (2020) trazem como resultado de seus estudos, a divisão dos riscos associados a implementação BIM em classes: riscos socioculturais, riscos financeiros, riscos técnicos, riscos de habilidade e riscos contratuais. Sun, Xu e Jiang (2020) também dividem os riscos em categorias e discutem não só a percepção individual desses, mas também a forma como eles se inter-relacionam, formando uma rede. Essa abordagem da avaliação dos riscos é significativa para o mercado, uma vez que investiga como os riscos se comportam de forma real, como se associam e qual o resultado gerado por essa interação.

Além dos autores já abordados no texto, cita-se publicações que também exploram os aspectos dos riscos potenciais da implementação do BIM, tem-se: Eastman et al. (2011), que aborda as barreiras associadas a mudanças no processo de trabalho e riscos tecnológicos; Zhao, Wu e Wang (2018), que tratam da falta de conhecimento técnico por parte dos usuários; Hsu, Hsieh e Chen (2015), que ressaltam as questões relacionadas a propriedade intelectual e Zhao et al. (2017), que abordam desde segurança de dados a problemas culturais como pontos importantes a serem considerados no processo de adoção BIM.

As publicações na literatura sobre o assunto vêm se desenvolvendo. Há demais estudos que tratam sobre a identificação de riscos relacionados à implementação dos processos BIM e procedimentos para mitiga-los ou até mesmo para elimina-los. Jung e Joo (2011) em seu estudo, elaboram um *framework* para implementação, identificando fatores que impulsionam a adoção e mitigam riscos, dando um norte para uma implementação bem-sucedida. Migilinskas et al. (2013), apontam os obstáculos, atitudes e problemas de implementação que devem ser evitados, uma vez que acarretam em riscos. Com tais informações, infere-se que o assunto ainda possui campos a serem explorados, mas que o material existente é capaz de embasar o tema da pesquisa: riscos da implementação BIM.

2.4 Conjuntos e Lógica *Fuzzy*

A lógica *fuzzy* trata-se de ferramenta bastante útil para solucionar problemas de engenharia, uma vez que nessa ciência possuiu alguns fatores não podem ser expressos de forma integral, apenas com números, mas sim com definições linguísticas. De acordo com Yaguinuma (2013), na teoria de conjuntos clássicos, também chamados de conjuntos *crisp*, objetos pertencem ou não a um conjunto. Sendo a decisão para a classificação desses objetos representada por meio de uma função, denominada função característica. Considerando um conjunto A e um elemento x desse conjunto, a função característica γ do conjunto A será:

$$\gamma_{A(x)} = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (\text{Equação 2})$$

Existem conjuntos que não estão bem definidos, ou seja, conjuntos onde não se pode definir uma função característica para dizer se um elemento pertence ou não a ele. Em 1964, durante trabalhos com tais conjuntos, Lotfi Zadeh apresenta a teoria dos conjuntos *fuzzy* (ORTEGA, 2001). Toda informação possui certo grau de incerteza. Para Zadeh (1965), ao se trabalhar com questões complexas ou que envolvam informações deficitárias, torna-se natural recorrer a variáveis linguísticas, cujos valores não são números, mas sim palavras ou sentenças estabelecidas em linguagem natural ou artificial. Num processo que ao mesmo tempo se mostra menos preciso, porém mais coerente e adequado na caracterização do fenômeno.

Teoria dos conjuntos *fuzzy* propõe a resolução de problemas onde haja a existência dessa imprecisão e indefinição, sendo tratados matematicamente a partir de avaliações subjetivas. É importante sublinhar que a teoria dos conjuntos *fuzzy* se apresenta como uma teoria matemática formal para representação da incerteza e que, embora trate de situações imprecisas, a caracterização de conjuntos *fuzzy* ocorre com base em um ferramental matemático bem estabelecido e fundamentado (WIERMAN, 2010).

Como dito, em conjuntos clássicos (ou conjuntos *crisp*), um elemento pertence ou não pertence ao conjunto. Dessa forma, pode-se dizer que sua pertinência é binária: 0, se o elemento não se ajusta ao conjunto ou 1, se se ajusta. Para Araújo (2019), em um conjunto *fuzzy*, a pertinência é imprecisa, ou mais especificamente, variável. Podendo assumir qualquer valor no intervalo dos números que o definem, geralmente [0,1]. Aguado e Cantanhede (2010) afirmam que a função de pertinência vem a ser um mapeamento matemático de cada valor numérico possível para as variáveis linguísticas.

Complementa-se a conceituação com Beltrão (2017), que explica que pertinência corresponde ao nível de compatibilidade ou similaridade do elemento com o conceito representado pelo conjunto *fuzzy*. Ainda de acordo com o autor, a capacidade dos conjuntos *fuzzy* expressarem graus de pertinência variáveis é de fundamental importância na representação e medida de incertezas, além de ser significativa na interpretação de conceitos vagos expressos em linguagem natural.

É possível perceber que, ao contrário dos conjuntos *crisp*, nos quais valores 0 e 1 não possuem significado numérico, sendo apenas símbolos que permitem distinguir objetos pertencentes ou não ao conjunto, os valores que as funções de pertinência assume, (por exemplo entre 0 e 1) tem aspecto quantitativo: não apenas representam a pertinência, mas a quantificam (NICOLETTI; CAMARGO, 2009). Como forma de materializar o conceito de pertinência, tem-se o exemplo dado por Rojas (1996): uma pessoa com cinco anos, não é adulta, logo seu grau de pertinência a esse conceito é zero. Porém, uma pessoa com quinze anos não é adulta nem criança, logo seu grau de pertinência a esse conceito “adulto” pode variar entre zero e um. Já uma pessoa com trinta anos é adulta. Sendo assim, seu grau de pertinência a esse conceito é um.

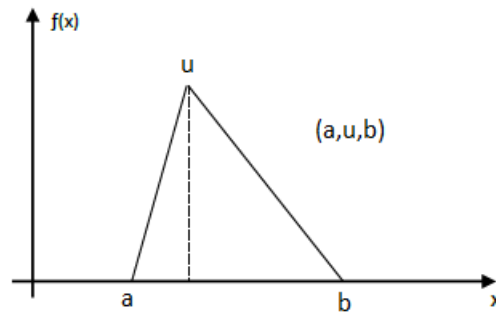
Não há procedimentos formais para determinação das funções de pertinência. Para Singer (1990), tais devem se fundamentar em métodos heurísticos a partir de conhecimentos de especialistas, devendo ser arbitradas a partir de uma análise racional, plausível e validadas em seu uso. O mesmo autor afirma que cálculos algébricos que considerem conjuntos *fuzzy* baseados no universo dos números reais representam um papel fundamental no desenvolvimento de aplicações para a teoria dos conjuntos *fuzzy*.

Estes conjuntos, cujas funções de pertinência envolvem valores reais que os caracterizam, são denominados números *fuzzy* (DUBOIS; PRADE, 1979). Números *fuzzy* podem apresentar funções de pertinência com diferentes formas, o que acaba por caracterizando como números triangulares, trapezoidais, quadráticos ou normais. Números *fuzzy* triangulares, ao lado dos números *fuzzy* trapezoidais, são aqueles mais comumente utilizados, principalmente por permitirem um tratamento matemático mais simples e poderem ser interpretados de modo mais intuitivo (OTERO, 2018).

Secco (2013) explica que o gráfico de uma função de pertinência de um número *fuzzy* triangular tem como base o intervalo $[a, b]$ e como único vértice fora desta base o ponto $(u, 1)$, como mostra a Figura 16. Os números reais a , u e b definem o número *fuzzy* triangular que também pode ser denotado pela ordenada (a, u, b) . Assim, um número *fuzzy* é dito triangular se sua função de pertinência é da forma:

$$f(x; a, u, b) = \begin{cases} 0, & \text{se } x \leq a \\ \frac{x-a}{u-a}, & a \leq x \leq u \\ \frac{x-b}{u-b}, & u \leq x \leq b \\ 0, & \text{se } x \geq b \end{cases} \quad (\text{Equação 3})$$

Figura 16 - Representação Gráfica da Função de Pertinência Triangular Fuzzy

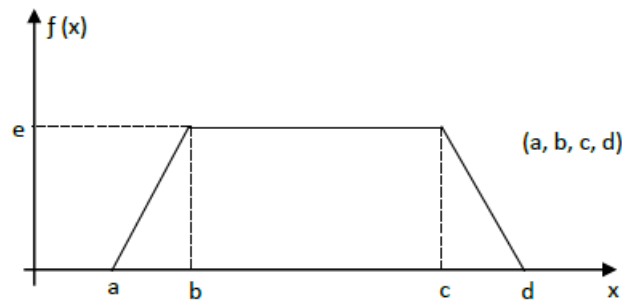


Fonte: Adaptado de Nicoletti e Camargo (2009)

De acordo com o mesmo autor, um número *fuzzy* trapezoidal tem os seguintes parâmetros: a, b, c, d, e , como mostra a Figura 17. Os números reais a, b, c, d definem o número *fuzzy* trapezoidal, que também pode ser denotado pela ordenada (a, b, c, d) . A função de pertinência tem a seguinte forma:

$$f(x; a,b,c,d) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1, & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (\text{Equação 4})$$

Figura 17 - Representação Gráfica da Função de Pertinência Trapezoidal Fuzzy



Fonte: Adaptado de Nicoletti e Camargo (2009)

Números *fuzzy* podem representar termos linguísticos com: “alto”, “médio”, “baixo”; resultando em variáveis linguísticas. O principal objetivo de utilização de tais variáveis é fornecer um método de se trabalhar com sentença expressas em linguagem natural. Segundo Klir e Yuan (1995), há diversos métodos para se associar variáveis linguísticas a um número *fuzzy*, sendo a maioria deles baseados no julgamento de especialistas.

Nesse sentido, afirma-se que o sistema lógico *fuzzy* possui diferentes sistemas, como por exemplo: análise hierárquica *fuzzy*, sistemas *fuzzy* de inferência, etc. Esse estudo dará foco ao sistema *fuzzy* de inferência, mais especificamente ao sistema *fuzzy* de inferência baseado em regras, o qual será objeto de sua metodologia. Sendo assim, torna-se necessária a elucidação do conceito “regras” nesse contexto. Ross (1995) afirma que uma das formas mais comuns de representar a linguagem natural é a formação de expressões de linguagem do tipo “*if-then*”, ou “se-então”, como segue:

SE premissa (antecedente), **ENTÃO** conclusão (consequente)

De acordo com Araújo (2019) essa expressão é chamada de “forma ‘se-então’ baseada em regras” (*if-then rule-based form*), ou geralmente chamada de forma dedutiva, pois toma um fato conhecido para inferir outro fato consequente, uma conclusão. A respeito, Nicoletti e Camargo (2009) trazem o exemplo de decisão da escolha da gorjeta em função do serviço e comida disponibilizados por um restaurante:

Regra 1: **SE** serviço é pobre E comida é rançosa, **ENTÃO** gorjeta é baixa

Regra 2: **SE** serviço é mediano E comida é aceitável, **ENTÃO** gorjeta é média

Regra 3: **SE** serviço é excelente E comida é deliciosa, **ENTÃO** gorjeta é alta

Percebe-se que algumas regras foram definidas, com as variáveis “serviço” e “comida” funcionando como os antecedentes e a variável “gorjeta”, como consequente. A maioria dos sistemas baseados em regras possui mais de uma regra. O número de regras de um sistema (L) pode ser obtido pela seguinte equação, de acordo com Ross (1995):

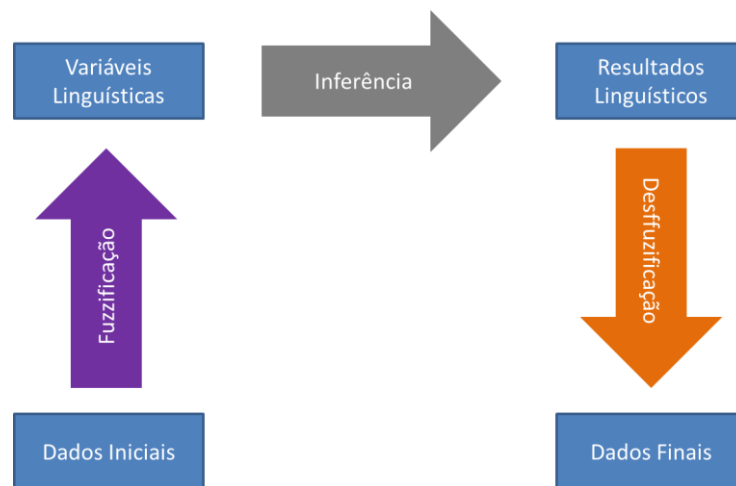
$$L = Kn, \text{ em que:} \tag{Equação 5}$$

K = número de partições do intervalo;

n = número de *inputs*.

Entendido o conceito regras, parte-se a conceituação do sistema *fuzzy* que as utiliza como base. De acordo com Aguado e Cantanhede (2010) um sistema de inferência *fuzzy* ou *fuzzy* baseado em regras (FIS, do inglês *Fuzzy Inference System*), é composto por três etapas: fuzzificação (*fuzzification*), inferência *fuzzy* e desfuzzificação (*defuzzification*). A Figura 18 apresenta essas operações básicas.

Figura 18 - Sistema Lógico Fuzzy



Fonte: Adaptado de Cox (1998)

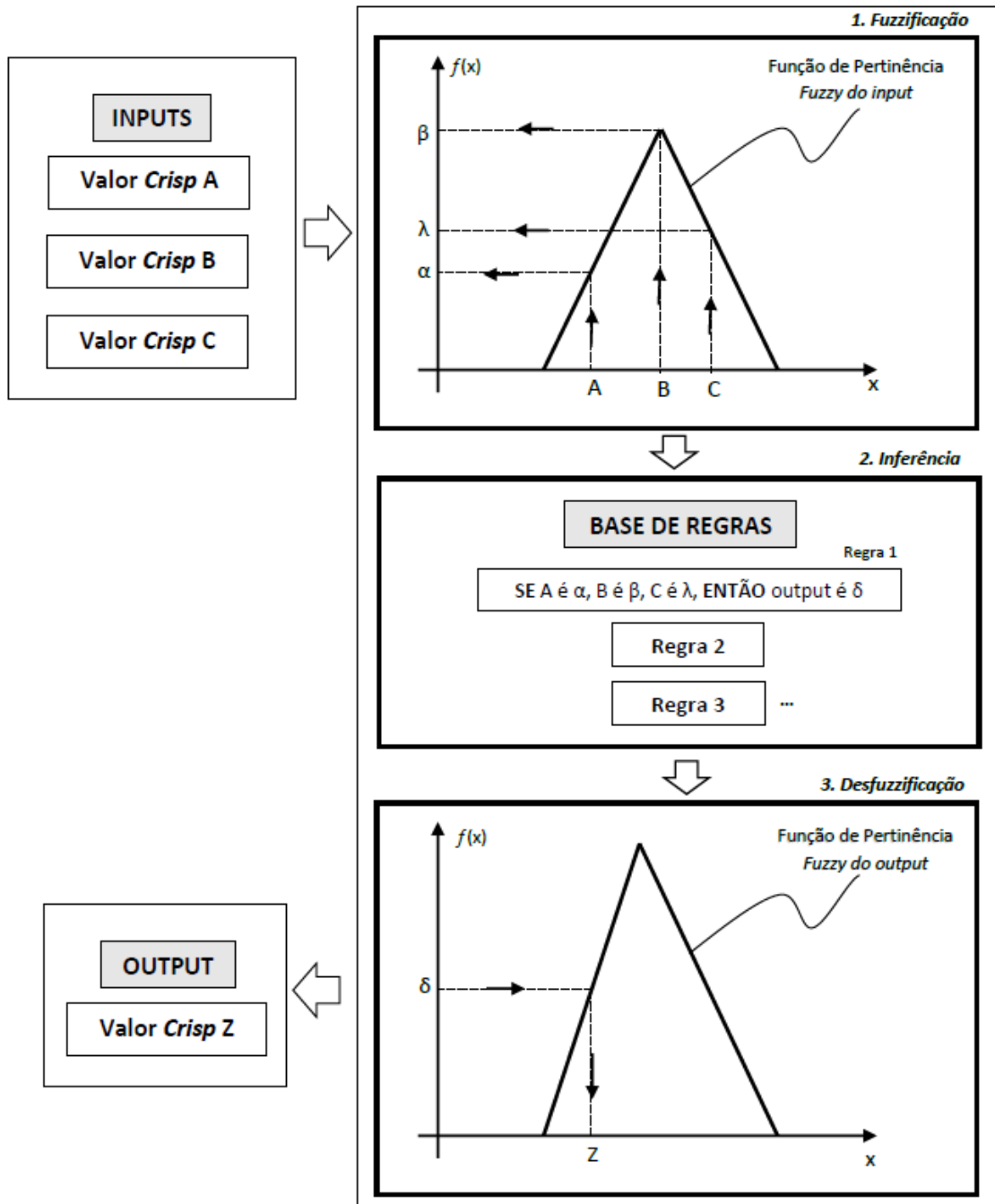
Para Araújo (2019), primeira etapa é a fuzzificação, que consiste no processo de transformar valores *crisp* em graus de pertinência de conjuntos *fuzzy*, usando as funções de pertinência apropriadas. O mesmo autor define a segunda etapa, a inferência, como a formulação da interação entre as regras ‘se-então’ do sistema, ou seja, provê um mapa para transformação das funções *inputs* (antecedentes) em funções *outputs* (consequentes) usando as regras criadas. Por fim, tem-se a desfuzzificação, que segundo Cox (1998) é a etapa em que os valores *fuzzy* são convertidos em números reais (*crisp*) tendo assim um conjunto de saída matematicamente definido. A Figura 19 representa esquematicamente essas etapas.

Existem algumas diferentes técnicas de desfuzzificação presentes nas literaturas, sendo os seguintes apresentados por Cox (1998) e pelo autor considerado os mais relevantes:

- *Centroid*: o método onde a saída precisa a ser considerada é o centro de gravidade do conjunto *fuzzy*;
- *Maximum height*: o método onde a saída precisa se obtém tomando a média entre os dois elementos extremos no universo de discurso que correspondem aos maiores valores da função de pertinência do conjunto *fuzzy* de saída.

Ross (1995) comenta que o método de desfuzzificação escolhido deve gerar resultados plausíveis, que retratem de forma adequada o problema, além de evitarem ambiguidade de respostas e prezarem pela simplicidade de processamento.

Figura 19 - Etapas de um Sistema Fuzzy de Inferência Baseada em Regras



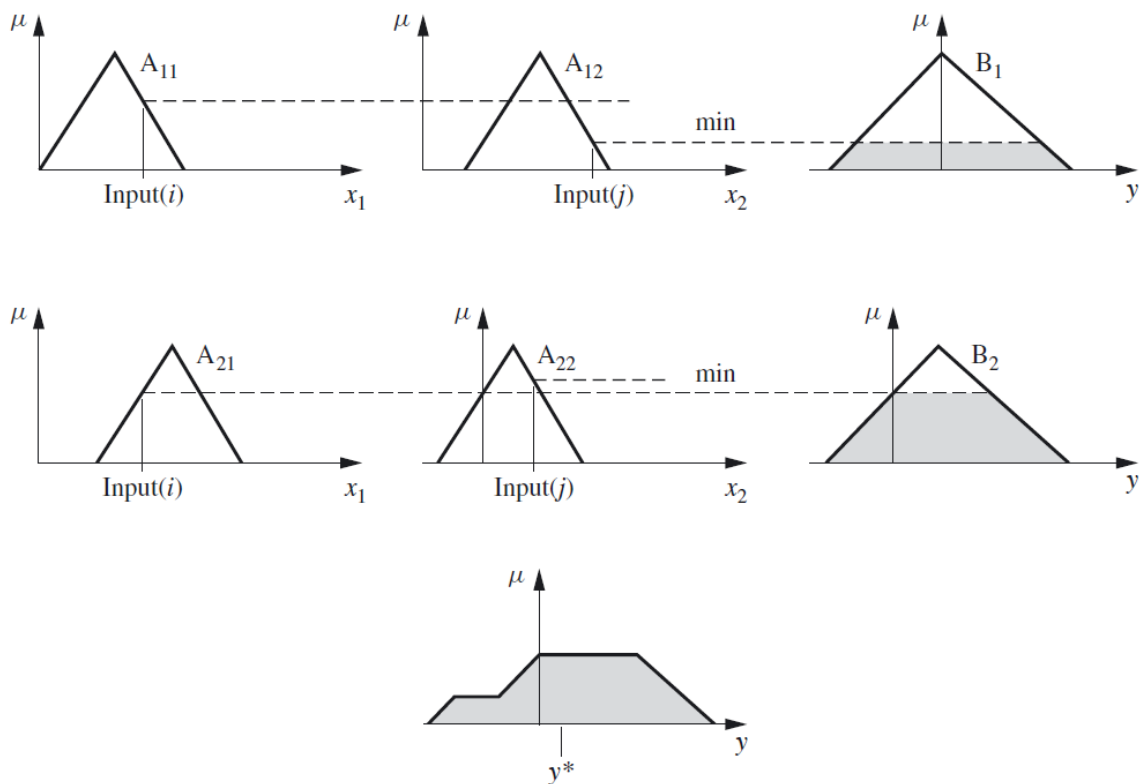
Fonte: Araújo (2019)

Existem diferentes métodos para uso dos sistemas de inferência *fuzzy*, cujo objetivo é definir algumas escolhas operacionais, como o operador usado na agregação das regras ('e', 'ou', etc.), o método de desfuzzificação, entre outras. Um dos modelos de inferência mais

utilizados para obter conclusões a partir de fatos e regras *fuzzy* é o modelo de Mamdani. Esse método é baseado em funções *fuzzy* e em operadores de composição para a definição da saída *fuzzy*. Sendo assim, o sistema Mamdani estabelece que os grupos de variáveis antecedentes dentro de uma mesma regra são conectados pelo operador “e”, logo o consequente de cada regra será o valor mínimo entre os antecedentes. Já a agregação de todas as regras é operada pelo conectivo “ou”, ou seja, o consequente final do sistema será o máximo entre todos os *outputs* de todas as regras.

Porém, o formato das funções de pertinência consequentes muda dependendo do método de inferência escolhido para o sistema. Esses podem ser de dois tipos: a inferência máximo-mínimo e a inferência máximo-produto. No método inferência máximo-mínimo a função de pertinência do consequente será um tronco de triângulo, com altura definida pelo valor mínimo dos antecedentes. Já no método inferência máximo-produto, a função de pertinência do consequente será mantida como um triângulo, com altura também definida pelo valor mínimo dos antecedentes. As Figuras 20 e 21 ilustram essas operações respectivamente.

Figura 20 - Representação Gráfica do Sistema Mamdani, do Método De Inferência Máximo-Produto

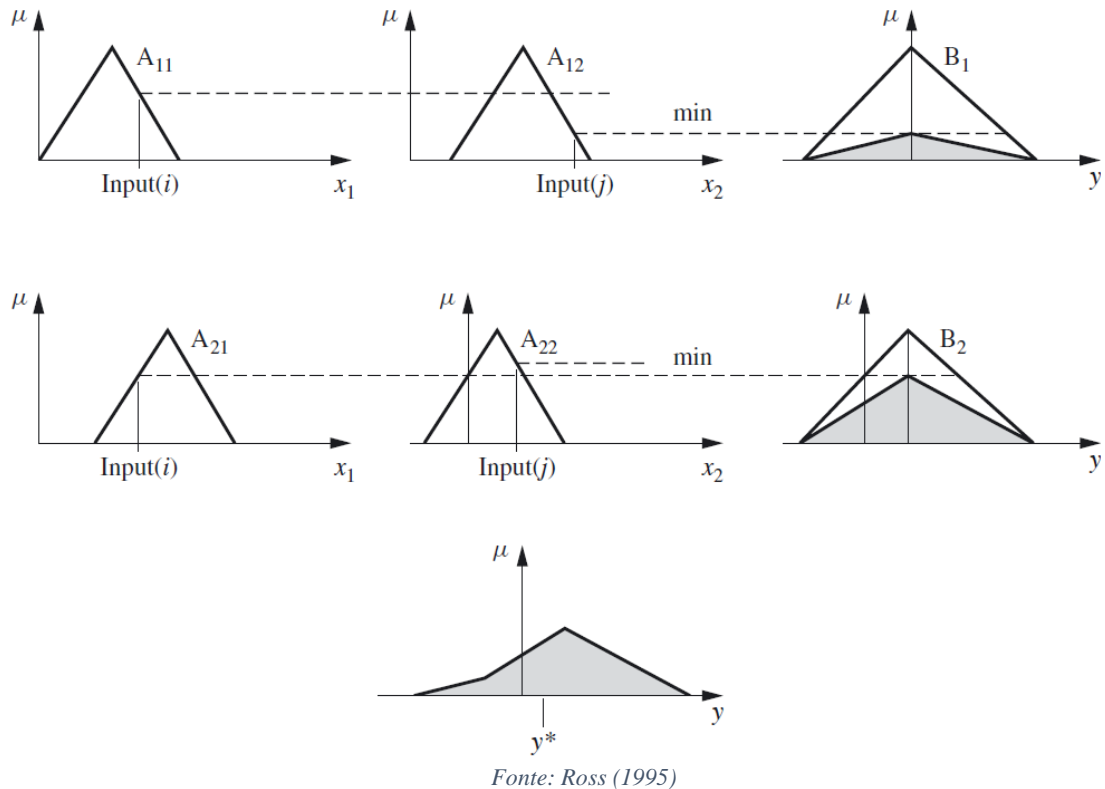


Fonte: Ross (1995)

Os símbolos A11 e A12 se referem ao primeiro e segundo antecedente da primeira regra, assim como os símbolos A21 e A22 se referem ao primeiro e segundo antecedente da segunda

regra. B1 e B2 representam os consequentes da primeira e da segunda regra, respectivamente e y^* é o número *crisp* que representa a área agregada dos consequentes B1 e B2. Araújo (2019) comenta que uma das características do sistema Mamdani é que o *output* é um conjunto *fuzzy* que necessita desfuzzificação, ou seja, um processo de transformação do valor *fuzzy* para um valor *crisp* característico

Figura 21 - Representação Gráfica do Sistema Mamdani, do Método De Inferência Máximo-Mínimo



Como aplicação da teoria dos conjuntos *fuzzy*, apresenta-se a avaliação de riscos. Zadeh (1965) afirma que na avaliação de risco, a teoria em estudo, permite que descrições qualitativas de avaliação de risco sejam formalmente definidas na lógica matemática. Wirba et al. (1996) aplicam variáveis linguísticas e lógica *fuzzy* para quantificar a probabilidade de ocorrência de um evento de risco, o nível de dependência entre o risco e o impacto de um evento de risco. Chan e Wang (2013), afirmam que a teoria *fuzzy* permite a quantificação de informações imprecisas e incorporem imprecisões em avaliações.

Zhao, Hwang e Low (2013) propuseram o uso da teoria dos conjuntos *fuzzy* para quantificar os níveis de implementação das melhores práticas na gestão de riscos. Markowski e Mannan (2008) submeteram dados de probabilidade de ocorrência e impacto de matrizes de risco geradas em seu estudo, às regras *fuzzy*, obtendo valores *crisp* de riscos associados ao desenvolvimento de projetos. Chen e Chen (2003) apresentam um método para análise de

risco *fuzzy* baseado em medidas de similaridade de números *fuzzy* generalizados. Abedzadeh, Roozbahani e Heidari (2020) utilizam a análise *fuzzy* associada à árvore de falhas para identificar os eventos críticos associados a projetos de infraestrutura.

Pode-se citar ainda Ciocoiu, Prioteasa e Colesca (2020), que analisaram através de modelos *fuzzy* os determinantes do comportamento frente à implementação da gestão de risco nas Pequena e Média Empresas (PME). Já Li (2019), propôs o uso de modelos *fuzzy* para identificar quais medidas são necessárias para reduzir as perdas econômicas do projeto, através da mitigação dos riscos. Esses são alguns exemplos das possíveis aplicações da teoria dos conjuntos *fuzzy*, através da associação de variáveis linguísticas ao risco. Todos esses métodos de avaliação “risco *fuzzy*” citados, têm um procedimento comum: definição e mensuração de fatores de risco, definição de inferência *fuzzy* e desfuzzificação em um valor numérico exato. Tal método também foi aplicado a esse estudo com o objetivo de se priorizar os riscos relacionados à implementação BIM.

2.5 Considerações Finais

Ao final da revisão da literatura é possível perceber que o BIM se trata de um marco na história da indústria AEC, uma vez que traz avanços a esse setor, que a muito estava estagnado. Os ganhos atrelados a essa nova metodologia são bastante abrangentes e se aplicam de aspectos tecnológicos a culturais. Porém identifica-se, principalmente no contexto brasileiro, que o mercado da construção civil não está completamente imerso nos conceitos BIM. Sendo assim, torna-se imperativo a busca pelo entendimento e aplicação do que o BIM prescreve.

Paralela a essa necessidade de atualização, nasce a dificuldade inata de aderência a mudanças. Esse cenário se potencializa no contexto da construção civil. Uma vez que é considerado bastante tradicionalista no que se refere a seus métodos. Nesse contexto, torna-se importante conhecer o que o BIM de fato oferece, seus conceitos, quais os ganhos e as possíveis perdas. Para isso é indicado ao possível usuário, a identificação de métodos que o embasem e que o oriente no processo de adoção BIM. Dentre esses métodos, foram apresentados nessa revisão abordagens para avaliação da maturidade BIM das organizações e a priorização dos riscos ligados a implementação BIM.

A avaliação da maturidade BIM permite identificar em que nível a entidade está e quais os pontos necessitam de ajustes ou mudanças. Sendo assim, essa dissertação apresentou a metodologia proposta por Bilal Succar, onde com o desenvolvimento de matrizes de maturidade BIM, através da avaliação do nível de maturidade de conjuntos de capacidades,

necessárias o desenvolvimento do BIM nas organizações, chega-se ao nível de maturidade global dessas entidades. Esse método também pode ser aplicado durante as fases do desenvolvimento da adoção BIM, de forma a se acompanhar a evolução do processo.

Porém só avaliar a maturidade não é suficiente. É necessário que os riscos inerentes a implementação BIM sejam conhecidos e avaliados. Objetivando a decisão de quais devem ser priorizados. Porém, a definição de o que é um risco ou não é subjetiva e depende do contexto e de vários outros aspectos. Como forma de se chegar a uma resposta comum, com a definição de quais riscos são os mais substanciais frente à implementação BIM, a lógica *fuzzy* foi apresentada. Visto que permite a elucidação de problemas onde exista a imprecisão e indefinição. Sendo eficiente na solução da definição dos limites subjetivos dos riscos.

METODOLOGIA DE PESQUISA
Mapeamento Sistemático da Literatura
Obtenção de Dados no Órgão Público
Nível de Maturidade da Implementação BIM
Priorização dos Riscos Associados à Implementação BIM
Relação Entre Os Principais Resultados

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Uma pesquisa científica pode ser definida como exploratória, descritiva ou explicativa. Para Malhotra, Nunan e Birks (2017), na pesquisa exploratória é ideal a formação de ideias para o entendimento do conjunto de um problema. Outra característica é a sua prática em contextos atuais, pouco explorados e com arcabouço literário não vastamente desenvolvido. Logo, justifica-se a sua utilização como prática metodológica do presente estudo, uma vez que se espera compreender vertentes da implementação do disruptivo processo BIM em um órgão público.

Esse tipo de pesquisa pode ser classificado como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso (GIL, 2019). Optou-se pelo estudo de caso, por atender melhor aos objetivos a serem atingidos. Sendo assim, o procedimento metodológico foi aplicado no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), mais especificamente ao Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE), que na data do desenvolvimento do estudo, encontrava-se em processo de implementação BIM. Tal procedimento foi desenvolvido com o intuito de identificar os principais aspectos relacionados os riscos referentes à adoção BIM no órgão público, para então quantificá-los e priorizá-los segundo uma ordem de maior para menor criticidade.

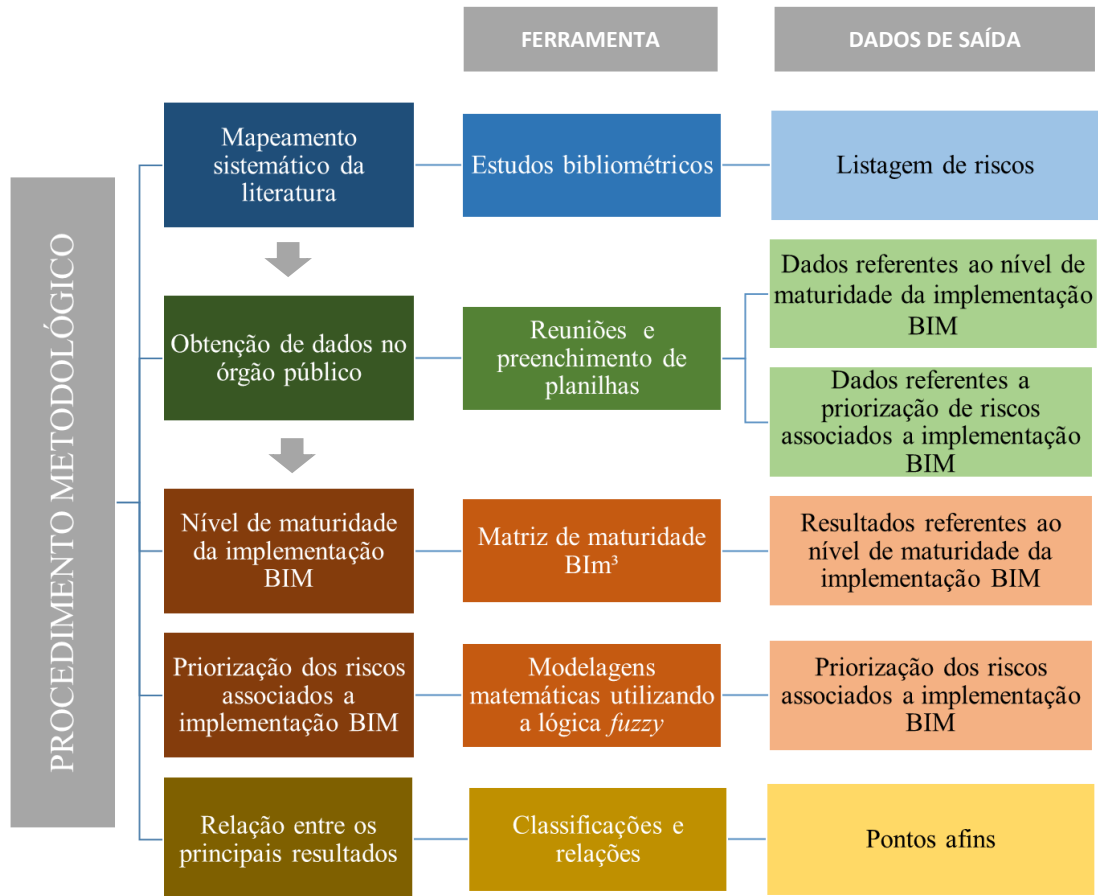
De acordo com Gil (2019), um estudo de caso se divide em três partes: levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Nesse estudo, a análise se subdivide em duas subetapas: avaliação do nível de maturidade e quantificação e priorização dos riscos. Com o objetivo de gerar melhores resultados a essa pesquisa, mais uma etapa não prevista pelo autor citado, foi adicionada: a relação entre os principais resultados. Essa teve como objetivo, identificar o ponto em comum entre os resultados da identificação do nível de maturidade da implementação BIM e da priorização dos riscos associados à adoção BIM no órgão. As etapas estão descritas a seguir:

1. Mapeamento sistemático da literatura;
2. Obtenção de dados;
3. Nível de maturidade da implementação BIM no órgão público;
4. Priorização dos riscos associados à implementação BIM no órgão público;
5. Relação entre os principais resultados.

Na Figura 22, essas etapas são ilustradas, apresentando também as ferramentas utilizadas para a obtenção dos produtos de cada fase do processo metodológico. As ferramentas serão

apresentadas nesse capítulo, dentro tópico correspondente de procedimento metodológico e os dados de saída serão apresentados no capítulo de resultados e discussões.

Figura 22 - Fluxograma do método da pesquisa



Fonte: A autora (2020)

3.1 Mapeamento sistemático da literatura

A primeira etapa metodológica é caracterizada pelo mapeamento sistemático da literatura. Esse tem a função de embasar a obtenção de riscos inerentes à implementação do processo BIM em empresas e organizações, presentes no meio acadêmico. Foram pesquisadas referências internacionais em base de dados científicas, via acesso do Portal Periódicos CAPES/MEC. As plataformas utilizadas foram: *Web Of Science* e *Scopus*. Foi imposta a limitação a trabalhos desenvolvidos de 2008, até a data presente, visando informações mais atuais relacionadas ao tema de pesquisa. As palavras-chave utilizadas nas bases foram: *Building Information Modeling*, *implementation*, *adoption* e *risk*. Tais palavras-chave foram associadas via operadores booleanos AND e OR, formando a seguinte *string* de busca: *(BIM OR "Building Information Modeling") AND (Implementation OR Adoption) AND Risk*. A mesma *string* foi usada nas duas bases, para equivalência de resultados.

Obtida a lista de artigos disponibilizados pelas plataformas, foi feita a leitura dos títulos e resumos buscando aderência ao tema e maior refinamento dos resultados. Após a seleção inicial dos trabalhos, foi realizada a leitura integral dos textos buscando a identificação dos principais riscos investigados pelos estudiosos do tema. Tal processo culminou no objetivo central dessa etapa metodológica: gerar uma lista com os principais riscos atrelados a adoção BIM em organizações, apresentados na literatura internacional.

3.2 Obtenção de dados no órgão público

Essa etapa do processo metodológico inicia-se com a seleção do órgão em que o estudo de caso seria aplicado. Feito isso, detectou-se quais setores do órgão, a adoção BIM estava em desenvolvimento e ainda quais estavam dispostos a se submeter à pesquisa. Tendo se estabelecido o vínculo com os setores, foi feita uma pesquisa sobre quais agentes estavam envolvidos e inteirados com o processo de implementação. Identificados tais colaboradores/diretores/etc., define-se como conexão inicial, reuniões com tais potenciais participantes. Esse procedimento para serem explicados os objetivos do estudo, a forma de preenchimento dos documentos para obtenção dos dados e o esclarecimento de possíveis dúvidas.

Como forma de obtenção de dados foi selecionado o meio digital, com o envio e posterior recebimento dos documentos, em formato .xlsx (planilhas do Excel), via e-mail. Nessa etapa, o ideal seria a obtenção de respostas do maior número possível de funcionários, porém respeitando a qualidade do material adquirido. A coleta se divide em dois conjuntos de informações: O primeiro, refere-se a dados para o desenvolvimento de uma matriz de maturidade. O segundo conjunto se refere à caracterização dos riscos identificados no mapeamento sistemático da literatura em dois aspectos: probabilidade de ocorrência e impacto.

3.2.1 Primeiro conjunto de dados

A obtenção do primeiro conjunto de dados tem o objetivo de captar percepções dos participantes, relacionadas ao nível de maturidade da implementação BIM no órgão. Para tal, utilizou-se a metodologia proposta por Bilal Succar, anteriormente citada. Essa metodologia define a matriz de maturidade BIM (BIm³), que aqui foi convertida em documento editável (planilha Excel), de forma a facilitar o processo de preenchimento pelos participantes. Essa se encontra no Apêndice A. O citado documento também contou com lacunas para preenchimento de informações pessoais dos especialistas, tais como: nome, formação, tempo

de atuação na área da construção civil e tempo de atuação na área BIM. Tais dados forneceram o perfil dos participantes.

A BIm³ possui dois eixos: conjuntos de capacidade em BIM, estágio de capacidade e escala organizacional (ordenadas); e índice de maturidade (abscissas). O conjunto de capacidades em BIM se traduz nas competências em BIM. Essas competências se dividem da seguinte maneira:

- Tecnologia: *software*; *hardware*; e rede;
- Processos: recursos; atividades e fluxo de trabalho; produtos e serviços; e liderança e gerenciamento;
- Política: preparatória; regulatória; e contratual.

O estágio de capacidade se refere ao estágio de implementação atingido pela organização e escala organizacional se refere às variações de escala de empresa, sendo classificadas em: micro, meso e macro. Quando explicada a forma de preenchimento dos documentos, foi esclarecido aos especialistas, que antes de se atribuir os níveis de maturidade a matriz, seria necessário a definição do estágio de capacidade e a escala organizacional em que o órgão se encontra. A maturidade BIM expõe as melhorias graduais e contínuas em qualidade, repetitividade e previsibilidade. É medida através de cinco níveis: inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado.

A BIm³ foi desenvolvida atribuindo-se ao estágio, escala organizacional e a cada subitem do conjunto de capacidades, um nível de maturidade. Aos participantes, foram apresentadas as descrições para cada de nível de maturidade propostas por Succar (2010) apresentadas no referencial teórico e as definições presentes na matriz de maturidade BIM (BIm³), apresentada no Anexo A, com o intuito de fundamentar as atribuições. Vale ressaltar que para o desenvolvimento dessa subetapa, procurou-se os funcionários mais bem capacitados e conhecedores do processo de implementação BIM, tais como diretores, coordenadores, etc. O produto gerado compõe-se de tabelas (uma tabela para cada participante) com avaliações da maturidade BIM do setor em que o participante era alocado. As avaliações foram baseadas em suas percepções, vivências e competências.

3.2.2 Segundo conjunto de dados

A lista de riscos obtida no item 3.1, aqui foi convertida em tabela e gerou o segundo documento para obtenção de dados (planilha Excel). Essa tabela encontra-se no Apêndice B e conta com três colunas e linhas de acordo com a quantidade de riscos identificados. Na primeira coluna, a identificação dos riscos. Na segunda, lacunas para o preenchimento do

valor que represente a probabilidade de ocorrência dos riscos, no contexto do órgão. Na terceira também lacunas, mas essas para o preenchimento de dados referentes ao impacto dos riscos. Os valores designados para esses dois aspectos caracterizantes variam de zero a dez. Sendo zero a situação de menor interferência dos aspectos nos riscos em análise e dez, a situação com maior interferência. A tabela ainda conta com lacunas para preenchimento de informações pessoais dos especialistas, tais como: nome, formação, tempo de atuação na área da construção civil e tempo de atuação na área BIM. O produto gerado nessa subetapa compõe-se de tabelas (uma tabela para cada participante) com a caracterização dos riscos em probabilidade de ocorrência e impacto.

3.3 Nível de maturidade da implementação BIM

Essa etapa metodológica refere-se à identificação do estado atual da implementação BIM no órgão em análise, mediante conjunto de dados adquirido através do preenchimento da matriz de maturidade BIM – BIm³ (item 3.2.1) pelos especialistas. Isso foi possível, mediante obtenção do grau de maturidade e índice de maturidade. Tendo os níveis de maturidade para cada área de competência preenchidos na matriz de maturidade BIM – BIm³, pontuou-se em 10, 20, 30, 40 e 50 pontos respectivamente para os níveis de maturidade inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado.

Obteve-se o valor grau de maturidade com a média aritmética da pontuação de todas as áreas (estágio, escala, subdivisões de tecnologia, subdivisões de processos e subdivisões de políticas). Considerando doze áreas, o valor foi calculado somando-se as pontuações individuais de cada área e dividindo-se o resultado por doze. Para o índice de maturidade calcula-se a porcentagem do valor do grau de maturidade em relação a cinquenta. Cinquenta corresponde à pontuação máxima que se pode ter em cada uma das áreas. Esse percentual resultante indica uma posição em um quadro classificatório, apresentado no Quadro 2, que define o órgão em: baixa, média-baixa, média, média-alta e alta maturidade. Essa classificação refere-se ao nível de maturidade da implementação do setor do órgão como um todo.

Quadro2 - Quadro classificatório de nível de maturidade referente ao nível global em que se classifica a organização

Nível	Nome do nível	Classificação textual	Classificação numérica
A	Inicial	Baixa maturidade	0-19%
B	Definido	Média-baixa maturidade	10-39%
C	Gerenciado	Média maturidade	40-59%
D	Integrado	Média-alta maturidade	60-79%
E	Otimizado	Alta maturidade	80-100%

Fonte: adaptado de Succar (2013)

3.4 Priorização dos riscos associados à implementação BIM

O segundo conjunto de dados (item 3.2.2), referente à caracterização dos riscos identificados, foram tratados nessa etapa metodológica. Para isso, foram submetidos à modelagem matemática através de variáveis linguísticas e da lógica *fuzzy*. O método para a quantificação, contou com a modelagem de dois sistemas *fuzzy* de inferência baseados em regras: um primeiro para tratar os dados advindos do órgão e um segundo, para gerar um dado único. Todo o método de quantificação dos riscos para a priorização foi desenvolvido no *software* MatLab® com o auxílio do *add-in Fuzzy Logic Toolbox*. As etapas desse processo metodológico são descritas a seguir.

3.4.1 Primeira modelagem matemática

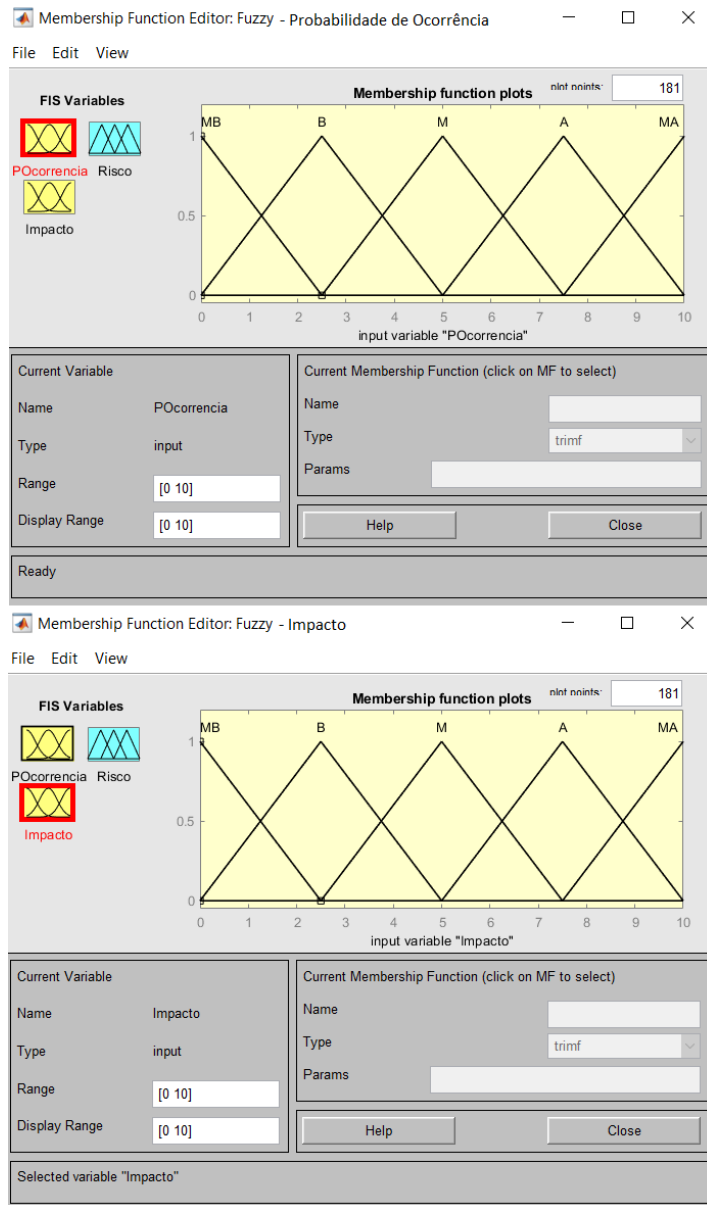
Nessa primeira subetapa, modelou-se o primeiro sistema *fuzzy* de inferência baseado em regras utilizado. Inicialmente foram definidos os conectivos lógicos e o método de inferência utilizado pelo *software*. O MatLab® permite escolher entre Mamdani e Sugeno, e escolheu-se Mamdani, por ser o modelo de inferência mais difundido (KUMAR; SANJAY; CHAKRAVARTHY, 2020). As seguintes opções foram selecionadas, em concordância com as convenções mais usadas nos sistemas de inferência Mamdani (GOMIDE et al., 1995):

- Connector “e” (*And method*): Operador “min.”
- Connector “ou” (*Or Method*): Operador “max.”
- *Implication*: “min.”
- *Aggregation*: “max.”
- *Defuzzification*: “centroid”
- Inferência: máximo-mínimo

Seguindo, a sequência numérica (de zero a dez) definida para a classificação dos aspectos caracterizantes dos riscos (probabilidade de ocorrência e impacto) foi dividida em classes correspondentes às variáveis linguísticas “muito baixo(a)”, “baixo(a)”, “médio(a)”, “alto(a)” e “muito alto(a)”. As variáveis linguísticas foram inseridas no *software* MatLab® por meio de funções de pertinência triangulares, que de acordo com Khazaeni, Khanzadi e Afshar (2012) têm sido empregadas com bons resultados na construção civil. Zhao, Hwang e Low (2013) afirmam que o mais importante do que o formato das funções é a necessidade de que elas se sobreponham. Como a tentativa é expressar um conceito impreciso, impreciso também deve ser o limite de quando acaba e começa. Tais autores também recomendam que essa sobreposição varie entre 25 e 50% da base da função correspondente, o que foi aplicado.

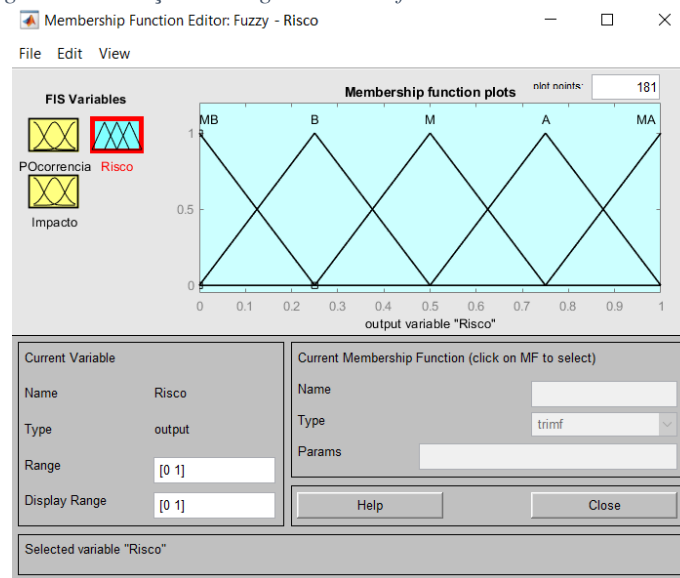
Até aqui foram definidos os conjuntos de funções *input* do sistema: funções triangulares de probabilidade de ocorrência e funções triangulares de impacto. Tais funções são idênticas podem ser visualizadas na Figura 23. O grupo de funções *output* é representado pelo risco e pode ser visualizado na Figura 24. Nesse, as classes correspondentes às variáveis linguísticas “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto” e “muito alto” são divididas entre a sequência numérica de zero a um. Dessa forma, mesmo com a variação entre as funções de pertinência dos *inputs*, os valores de saída puderam ser normatizados, para entendimento simplificado. Vale ressaltar que depois de inseridos os dados de entrada, as funções *inputs* se relacionam e geram a função *output*. A formatação desse primeiro sistema pode ser visualizada na Figura 25.

Figura 23 – Funções triangulares de inferência relacionadas à probabilidade de ocorrência e impacto



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Figura 24 - Funções triangulares de inferência relacionadas ao risco



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Passou-se a definição das regras lógicas do tipo “SE – ENTÃO”, características desse tipo de modelagem *fuzzy*. Probabilidade de ocorrência e impacto foram fixados como antecedentes das regras e o risco como o consequente. O número de regras de um sistema (L) pode ser obtido pela Equação 5, de acordo com Ross (1995):

$$L = K^n, \quad (\text{Equação 5})$$

Em que: K = número de partições do intervalo e n = número de *inputs*.

Cada regra prevê um cenário para a influência dos parâmetros, entre as opções “muito baixa”, “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta”. Segue o exemplo:

- Regra 1: **SE** probabilidade de ocorrência é baixa **E** impacto é baixo, **ENTÃO** risco é baixo;
- Regra 2: **SE** probabilidade de ocorrência é média **E** impacto é médio, **ENTÃO** risco é médio;
- Entre outras.

Esse sistema contou com (5^2) 25 regras lógicas, que estabelecem a ligação de causa e efeito dos parâmetros que levaram a classificação do risco em muito baixo, baixo, médio, alto ou muito alto. As combinações também foram feitas via MatLab® com o auxílio do *add-in Fuzzy Logic ToolBox* e estão apresentadas no Apêndice C. A janela de entrada da base de regras no MatLab® pode ser vista na Figura 26. Os procedimentos definidos até esse ponto fazem parte de processo de fuzzificação. O processo de desfuzzificação definido no sistema

foi o método do centroide. Nesse método, o valor de saída é o centro de gravidade da função obtida na etapa de fuzzificação. Esse valor é o *output* do sistema e pode ser visualizado na janela da base de regras do sistema de inferência para desfuzzificação, apresentada na Figura 27. É um número *crisp* e representa a quantificação do risco. Modelado o sistema, entra-se com os dados obtidos no órgão que representam *inputs crisp* do sistema.

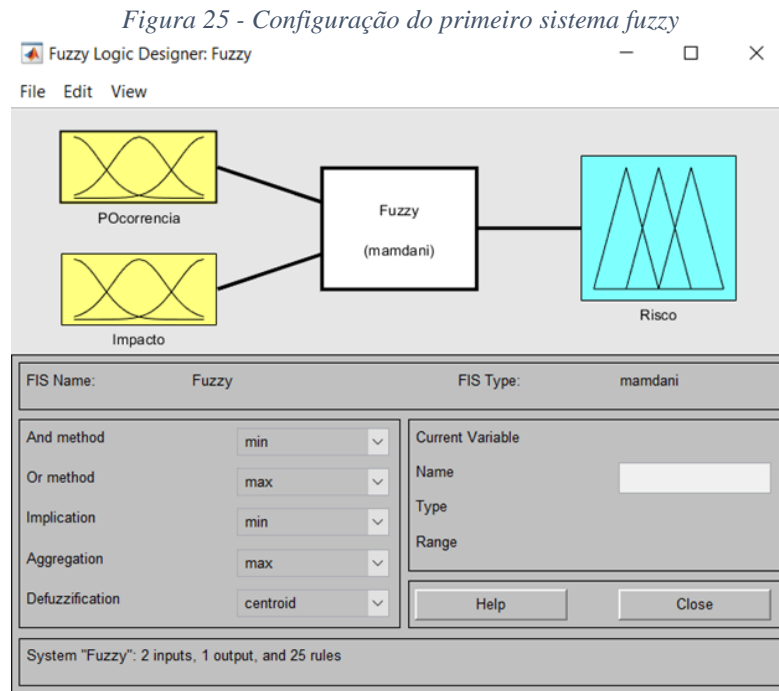
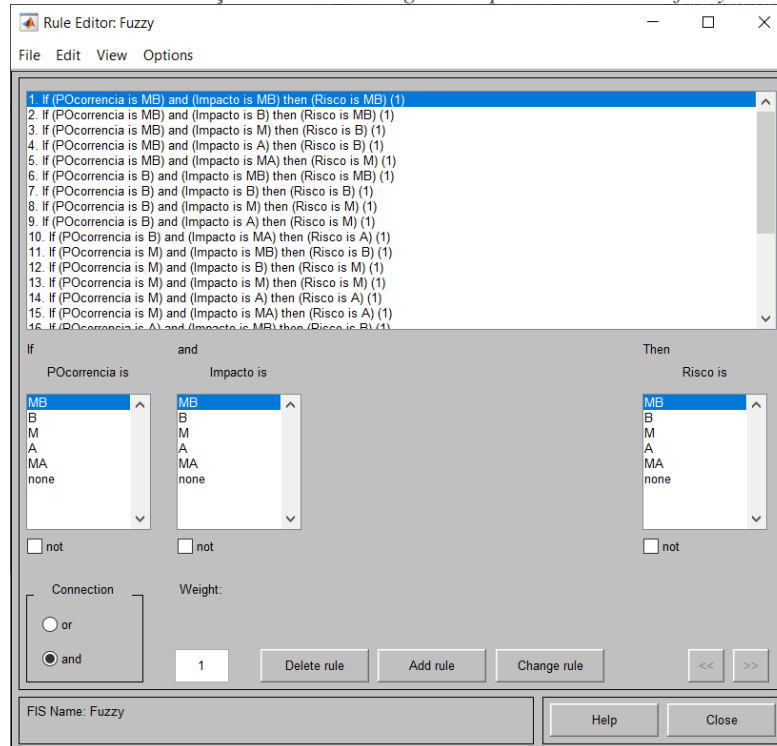
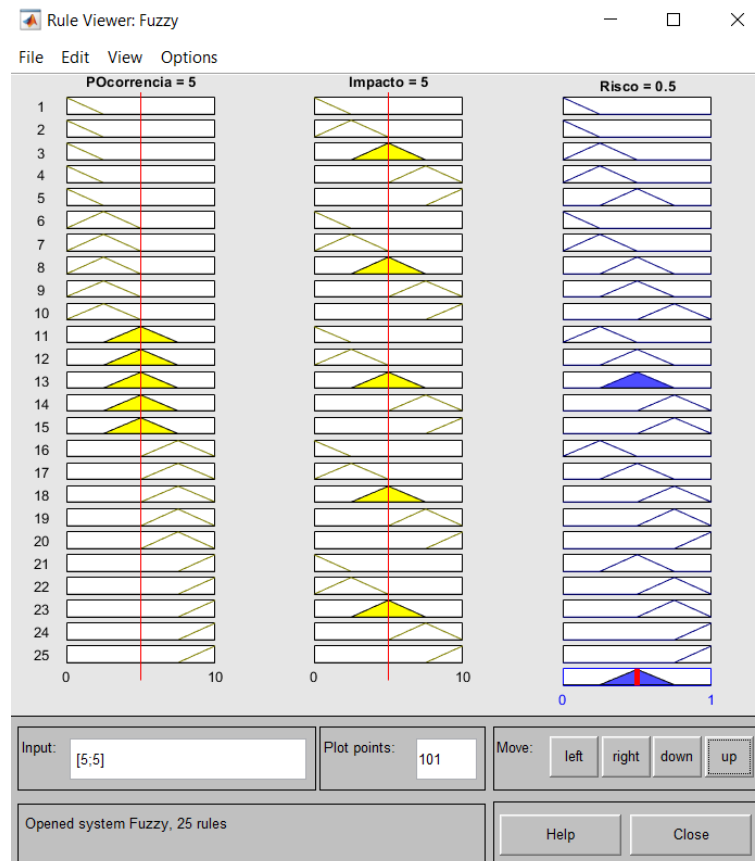


Figura 26 - Janela de inserção da base de regras do primeiro sistema fuzzy de inferência



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Figura 27 - Janela de visualização da base de regras do primeiro sistema de inferência para desfuzzificação



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

3.4.2 Segunda modelagem matemática

Para a priorização dos riscos envolvidos na adoção dos processos BIM é necessário que cada risco seja relacionado um valor único. O primeiro sistema *fuzzy* modelado gera uma quantificação do risco para cada planilha retornada pelos participantes. Sendo assim, tornou-se necessário a modelagem de um segundo sistema *fuzzy* baseado em regras. Nesse, os *inputs crisp* são os *outputs crisp* do sistema anterior. Modelando os “x” valores obtidos para cada risco, em um só valor.

O procedimento utilizado foi embasado no estudo de Fayek e Oduba (2005), onde trazem que sistemas *fuzzy* podem ser divididos em submodelos, de forma a gerar modelagens mais simples. Muitos dados de entrada; aqui caracterizados pela probabilidade de ocorrência e impacto para cada risco, de acordo com a opinião de cada participante; resultariam em uma modelagem bastante complexa. Seriam dez antecedentes (dois aspectos caracterizantes de cinco participantes) e um consequente (o risco final). Seguindo a divisão do intervalo das funções de pertinência da etapa anterior, de acordo com a Equação 5, o sistema *fuzzy* apresentaria 9.765.625 regras; o que inviabilizaria o procedimento. Dessa forma, percebe-se a importância da subdivisão dessa etapa metodológica.

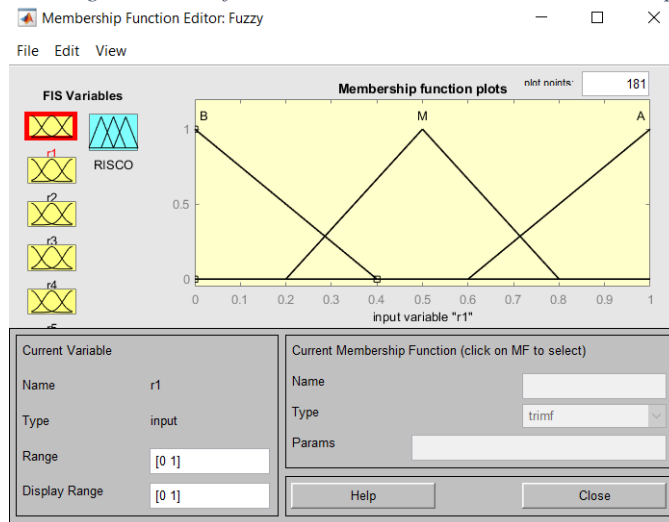
Autores como Ruvinskaya et al. (2015) e Hong e Harris (2003) também utilizaram esse artifício em seus estudos, afirmando que é altamente desejável decompor modelos complexos em submodelos.

Como já mencionado, os dados de entrada desse sistema são os *outputs crisp* do sistema anterior. Esses pertencem a uma sequência numérica de zero a um. Logo, o intervalo em que foram divididas as classes correspondentes as variáveis linguísticas desse novo sistema, também foi de zero a um. Tais variáveis linguísticas aqui utilizadas foram: baixo, médio e alto. As variáveis “muito alto” e “muito baixo” foram suprimidas visando à simplificação do método. De acordo com a Equação 5, tal escolha reduziu o número de regras de (5^5) 3.125 para (3^5) 243. As funções de pertinência foram mantidas triangulares, assim como o método de inferência, conectivos lógicos e as precauções relacionadas à sobreposição das funções.

Além do intervalo em que as funções de pertinência são definidas, esse novo sistema também se difere na quantidade de grupos de funções *input*. O sistema anterior foi composto por dois grupos. Nesse, a quantidade fica em função do número de especialistas participantes do estudo e representam os riscos. Esses riscos foram definidos em função da experiência e vivência individual de cada participante. Esses grupos de funções se relacionaram gerando o grupo de funções *output*, que representa o risco de uma forma final, considerada todas as opiniões dos especialistas. Fornecendo assim, um dado mais abrangente ao cenário do órgão.

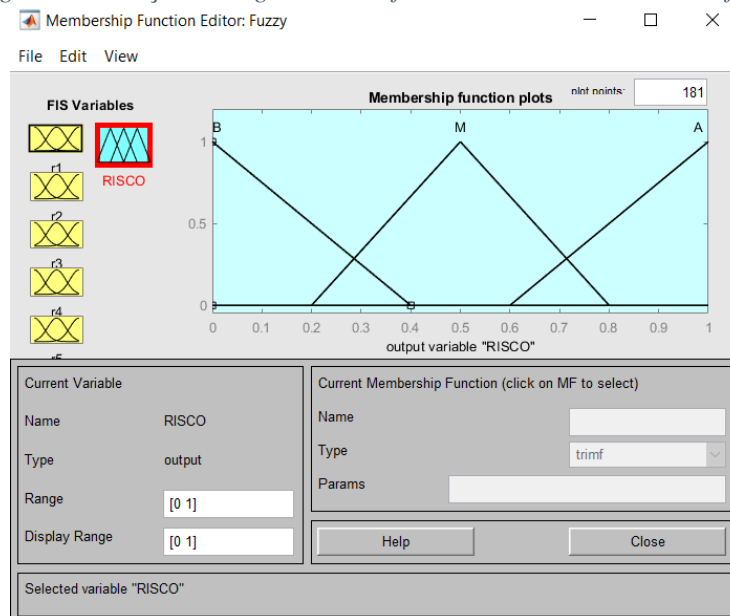
A Figura 28 mostra um exemplo das funções *input* do sistema. Essas são idênticas e são representadas como r_1, r_2, \dots, r_x ; sendo “x” a quantidade de participantes. Na Figura 29, exemplo da função *output* do sistema. A formatação do segundo sistema pode ser visualizada na Figura 30.

Figura 28 - Funções triangulares de inferência relacionadas aos riscos obtidos pelos participantes



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Figura 29 - Funções triangulares de inferência relacionadas ao risco final



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Para as regras lógicas do tipo “SE – ENTÃO”, os riscos obtidos pelas opiniões dos funcionários do órgão passam a ser os antecedentes e o risco final, o consequente. Segue exemplo de regras nesse caso:

- Regra 1: **SE** risco₁ é baixo **E** risco₂ é baixo **E ... E** risco_i é baixo, **ENTÃO** risco_{final} é baixo;
- Regra 2: **SE** risco₁ é médio **E** risco₂ é médio **E ... E** risco_i é médio, **ENTÃO** risco_{final} é médio;
- Entre outras.

Como na situação anterior, as regras lógicas também estabeleceram a ligação de causa e efeito dos parâmetros e esses levaram a classificação do risco final em baixo, médio ou alto. As combinações também foram feitas via MatLab® com o auxílio do *add-in Fuzzy Logic ToolBox* e estão apresentadas no Apêndice D. A janela de entrada da base de regras no MatLab® pode ser vista na Figura 31. Aqui terminam os processos necessários a etapa de fuzzificação e torna-se possível a desfuzzificação.

O método do centroide se mantém, visto que Sugeno (1985) afirma ser o mais prevalente entre os métodos de desfuzzificação, gerando finalmente valores únicos que representam a quantificação dos riscos atrelados à adoção BIM, apresentados inicialmente pelo mapeamento sistemático da literatura. Esses valores são os *outputs* do sistema e pode ser visualizado na janela da base de regras do sistema de inferência para desfuzzificação, apresentada na Figura 32. Com os *outputs crisp* finais, torna-se possível a priorização desses riscos de acordo com a sua criticidade. Isso é feito ordenando-os do maior para o menor valor obtido. Para melhor visualização, converte-se esses dados em tabela.

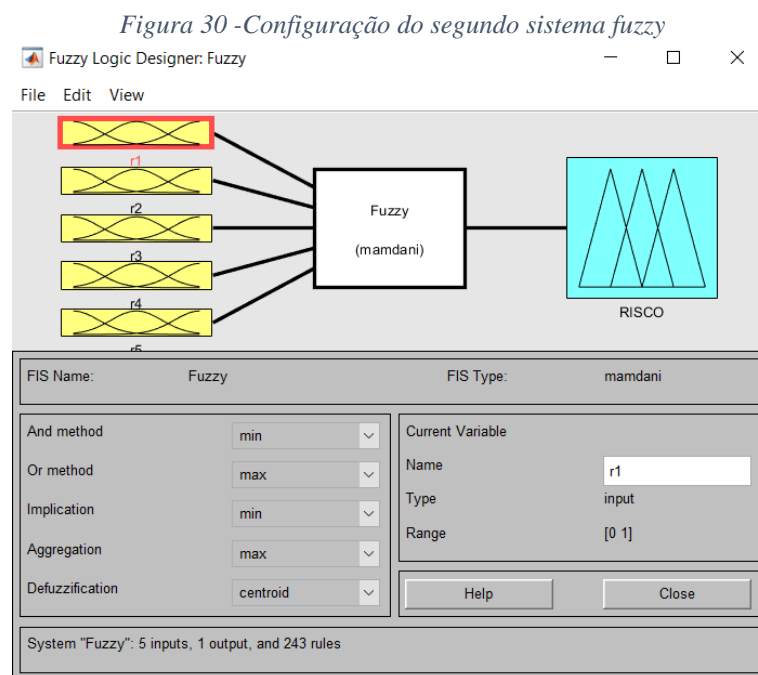
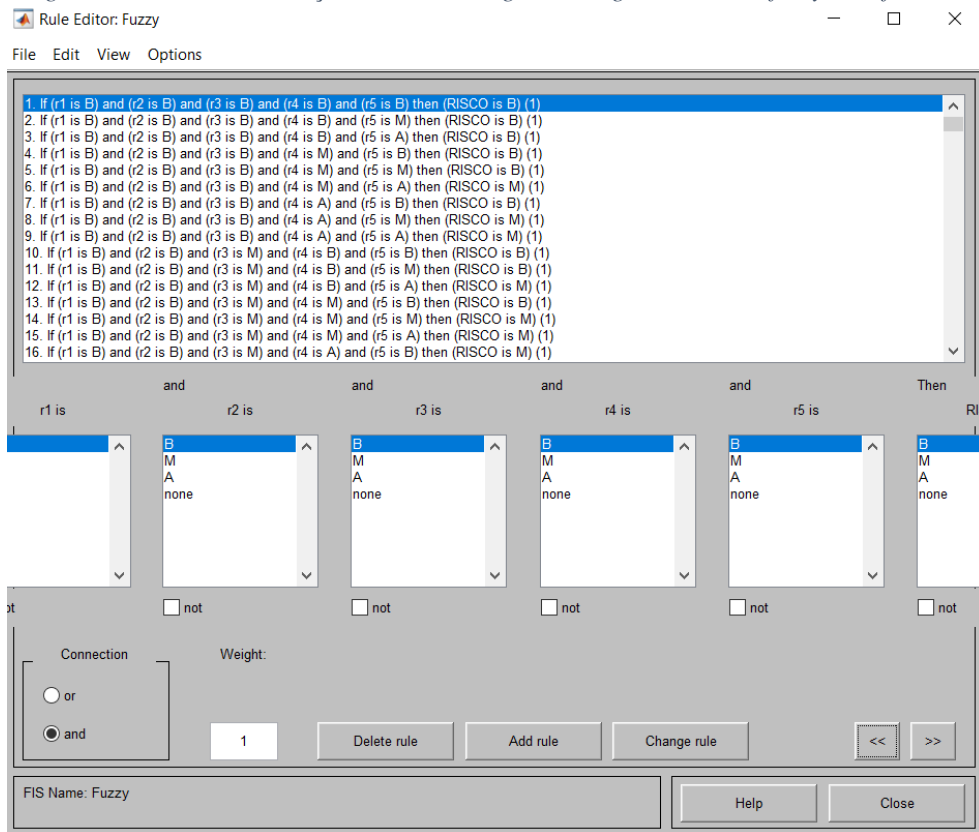
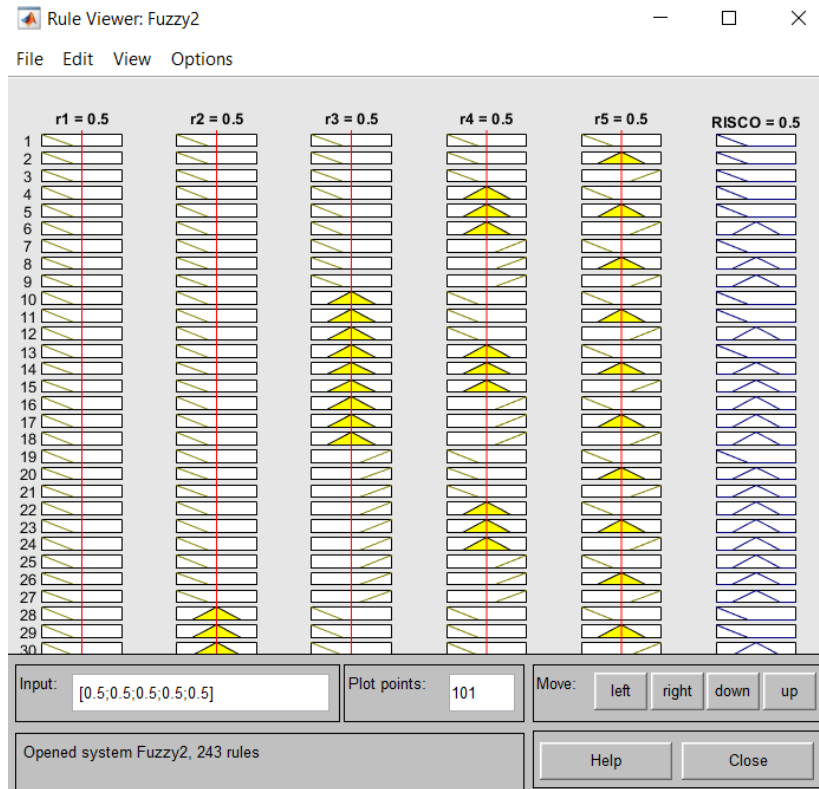


Figura 31 - Janela de inserção da base de regras do segundo sistema fuzzy de inferência



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

Figura 32 - Janela de visualização da base de regras do segundo sistema de inferência para desfuzzificação



Fonte: The MathWorks, Inc (2018)

3.5 Relação Entre Os Principais Resultados

Com o objetivo de identificar os pontos afins entre os resultados da identificação do nível de maturidade da implementação BIM e da priorização dos riscos associados à adoção BIM no órgão, criou-se uma tabela. Nessa, os riscos associados implementação BIM foram classificados segundo os conjuntos de capacidades BIM, apresentados na metodologia de Succar: tecnologia, processos e políticas. Esses conjuntos de capacidade se traduzem nas competências necessárias ao desenvolvimento do processo BIM. Uma vez classificado como pertencente a um desses conjuntos, entende-se que o risco foi gerado devido à falta ou deficiência de aspectos inerentes as características do mesmo.

De forma a gerar melhor visualização da tabela, as células de cada conjunto de capacidade foram coloridas de uma cor distinta: azul para tecnologia, laranja para processos e verde para políticas. Depois se aplicou a priorização dos riscos obtidos na etapa anterior, a essa tabela com distinção de cores. Logo, obteve-se a priorização dos riscos ligados a implementação BIM, com a informação adicional da “origem” do risco.

Sendo assim, foi possível perceber como qual conjunto de capacidade reúne mais riscos. E com isso, verificou-se qual conjunto de capacidade foi caracterizado como o mais relevante para os participantes do estudo e conseqüentemente, para o órgão em análise. Em seguida, foi resgatada a informação do nível de maturidade e buscou-se entender a forma como esses resultados estavam ligados e se relacionavam.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Mapeamento Sistemático da Literatura

Resultados e Contextualizações Iniciais Referentes ao Órgão Público

Nível de Maturidade da Implementação BIM

Priorização dos Riscos Associados à Implementação BIM

Fechamento do Capítulo

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo foram discutidos os resultados obtidos em cada uma das etapas descritas na metodologia de pesquisa, gerando três focos principais de discussão: mapeamento sistemático da literatura, a maturidade da implementação BIM e a priorização dos riscos associados a essa.

4.1 Mapeamento sistemático da literatura

A partir de pesquisas em plataformas online, foram obtidos setenta e seis artigos referentes a riscos e adoção BIM. Após o refinamento inicial, que consistiu na leitura dos títulos e resumos, foram obtidos dezesseis estudos aderentes à temática. Com o objetivo de identificar os riscos da implementação BIM, foi feita a leitura integral dos textos. Dos dezesseis aderentes, oito apontaram de forma clara os riscos associados ao processo. Buscando aumentar a quantidade de trabalhos que servissem de base para a catalogação de riscos, passou-se a identificação de artigos relacionados à temática nas referências bibliográficas dos estudos já selecionados.

Com isso, foram obtidos vinte documentos, totalizando vinte e oito para pesquisa. O processo descrito gerou dezesseis riscos, porém os riscos intitulados como “falta de colaboração entre os participantes do projeto” e “má comunicação entre os participantes do projeto”, foram considerados semelhantes. Sendo mantida apenas a nomenclatura “falta de colaboração entre os participantes do projeto” para a representação dos dois riscos identificados. A lista com os quinze riscos, quantidade de ocorrências na literatura e suas respectivas referências seguem na Tabela 1.

Segue em ordem decrescente a lista dos riscos mais citados pela literatura:

- 1 Falta de protocolos BIM;
- 2 Incerteza sobre responsabilidade de projeto;
- 3 Propriedade dos dados do BIM;
- 4 Problemas de interoperabilidade;
- 5 Interface tecnológica dos programas;
- 6 Custo além do esperado com o BIM;
- 7 Resistência cultural;
- 8 Conhecimento e experiência relevantes inadequados;
- 9 Falta de colaboração entre os participantes do projeto;
- 10 Não compartilhamento de informações;

- 11 Segurança de dados;
- 12 Baixa qualidade de dados BIM;
- 13 Questões de verificação do projeto;
- 14 Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas e,
- 15 Falta de plano de execução de implementação

Os riscos com maiores números de ocorrência obtidos nesse processo foram: falta de protocolos BIM, incerteza sobre responsabilidade de projeto, propriedade dos dados do BIM e problemas de interoperabilidade. Sendo assim, pode-se considerá-los como os riscos com maior destaque no meio acadêmico. O risco com maior ocorrência é o relacionado à importância da existência de protocolos BIM. A criticidade desse risco é defendida por Badrinath e Hsieh (2019) quando afirmam que a não padronização dos processos levam a um possível não alinhamento das partes interessadas, visto que essas podem possuir diferentes definições para as atividades relacionadas ao processo BIM.

Os mesmos autores ainda afirmam que existem alguns padrões e diretrizes para difundir adequadamente a tecnologia e os fluxos de trabalho BIM. De acordo com Binesmael, Li e Lark (2018), vários países estão desenvolvendo tais documentos, porém ainda não abrangem todas as vertentes possibilitadas pelo BIM. A exemplo tem-se a Alemanha, que possui alguns documentos concluídos e outros em desenvolvimento; os padrões americanos, que são criados exclusivamente para a realidade de cada estado, etc.

O risco incerteza sobre a responsabilidade de projeto também pode ser nomeado como incerteza da responsabilidade intelectual. Para Ghaffarianhoseini et al. (2017), com várias agentes inseridas dentro do processo de projetar, onde todos usam como base um modelo federado, pode surgir à incerteza sobre quem de fato é o “dono do projeto”. A propriedade dos dados BIM se relaciona diretamente com risco citado anteriormente. Uma vez padronizados os processos BIM, também ficam definidas as formas de se estabelecer domínio sobre o dado e informações geradas. Atualmente não existem no âmbito internacional, documentos criados especificamente para a regulamentação da propriedade de tais. Ou seja, não há respaldo legal que garantam o direito de posse desses itens. O que para Zhao et al. (2017), impede a expansão do compartilhamento de informações e assim um maior desenvolvimento da tecnologia BIM. Tornando-se para o autor, urgente a definição clara do direito propriedade e responsabilidades dos dados BIM.

O quarto risco com maior destaque no meio acadêmico refere-se aos problemas relacionados com a interoperabilidade, mais especificamente com a falta dela. Em um cenário de implementação dos processos em questão, a existência de softwares que não se comunicam

e que não permitem o acesso mútuo de informações trava toda a sistemática BIM. Sendo assim, é de extrema importância uma pesquisa prévia a respeito de quais programas são os corretos a se adquirir. Os autores Zhao et al. (2017) também discutem sobre esse aspecto, evidenciando a influência direta na inibição do compartilhamento de informações.

Para melhor entendimento do conteúdo do presente estudo, seguem definições dos riscos obtidos:

- a. Falta de protocolos BIM – Refere-se à falta de documentos padronizadores aplicáveis as diversas esferas que os processos BIM atingem;
- b. Incerteza sobre responsabilidade de projeto – Também pode ser nomeado como incerteza da responsabilidade intelectual. Surge do fato do BIM contar com vários participantes ativos, utilizando um modelo federado. Dependendo da dinâmica imposta no processo de projetar, pode surgir incertezas sobre quem é de fato o verdadeiro responsável pelo projeto;
- c. Propriedade dos dados do BIM – Ligado à propriedade dos objetos e famílias de objetos, etc.; e a não existência de regulamentação específica sobre sua posse;
- d. Problemas de interoperabilidade – Vem da não capacidade de um sistema se comunicar com outro, impossibilitando a troca de informações. Aspecto muito relevante quando aplicado ao contexto BIM;
- e. Interface tecnológica dos programas – A interface tecnológica está relacionada ao quanto os programas BIM possuem fácil entendimento por parte dos usuários. Por ser algo relativamente novo no mercado, é importante que os softwares BIM tenham interfaces amigáveis que possibilite a identificação de funções semelhantes entre os vários programas BIM, por exemplo;
- f. Custo além do esperado com o BIM – Os custos gerados ao se implementar BIM compreendem valores aplicados na compra de novas máquinas, de licenças para softwares, adequações na rede, previsão de armazenamento, custos com capacitação, etc. Muitas vezes são ignorados devido ao pouco embasamento daqueles que decidem adotar BIM, o que gera o chamado custo além do esperado;
- g. Resistência cultural – Está ligada a dificuldade em se abdicar do processo tradicional de se projetar, já bem consolidado e entendido; por outro que irá exigir um esforço inicial para entendimento de suas bases e preceitos;
- h. Conhecimento e experiência relevantes inadequados – Por se tratar de um novo processo, o número de pessoas capacitadas e com experiência em BIM é reduzido se comparado ao processo tradicional de se projetar.

Tabela 1 - Riscos da implementação BIM, número de ocorrências e referências. CONTINUAÇÃO

	RISCOS	AUTORES																	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS										
		Krygiel e Nies (2008)	Gao and Fischer (2008)	Simonian (2010)	Becerik-Gerber e Rice (2010)	Dossick e Neff (2010)	Rosenbusch, Brinckmann e Bausch (2011)	Ku e Taiebat (2011)	Azhar (2011)	Arayici et al. (2011)	Kuiper e Holzer (2013)	Porwal e Hewage (2013)	Hanna et al. (2013)	Fan (2014)	Jensen e Jóhannesson (2013)	Hanna et al. (2014)	Stanley e Thurnell (2014)	Chien et al. (2014)		Azhar et al. (2015)	Ding et al. (2015)	Hsu et al. (2015)	Ozorhon e Karahan (2017)	Hosseini et al. (2016)	Hanafi el tal. (2016)	Jin et al. (2017)	Zhao e Wu (2017)	Zhao et al. (2017)	Bodea e Purnus (2018)
5	Interface tecnológica entre programas							✓	✓							✓	✓		✓	✓				✓	✓	✓		✓	10
6	Custo além do esperado com o BIM				✓	✓					✓			✓		✓		✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	10
7	Resistência cultural	✓			✓	✓					✓			✓		✓								✓	✓	✓		✓	10
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados										✓						✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	9

Fonte: A autora (2020)

Tabela 1 - Riscos da implementação BIM, número de ocorrências e referências. CONTINUAÇÃO

RISCOS		AUTORES																	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS										
		Krygiel e Nies (2008)	Gao and Fischer (2008)	Simonian (2010)	Becerik-Gerber e Rice (2010)	Dossick e Neff (2010)	Rosenbusch, Brinckmann e Bausch (2011)	Ku e Taiebat (2011)	Azhar (2011)	Arayici et al. (2011)	Kuiper e Holzer (2013)	Porwal e Hewage (2013)	Hanna et al. (2013)	Fan (2014)	Jensen e Jóhannesson (2013)	Hanna et al. (2014)	Stanley e Thurnell (2014)	Chien et al. (2014)		Azhar et al. (2015)	Ding et al. (2015)	Hsu et al. (2015)	Ozorhon e Karahan (2017)	Hosseini et al. (2016)	Hanafi el tal. (2016)	Jin et al. (2017)	Zhao e Wu (2017)	Zhao et al. (2017)	Bodea e Purnus (2018)
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto				✓		✓		✓							✓								✓	✓	✓	✓	✓	9
10	Não compartilhamento de informações				✓			✓									✓	✓					✓		✓	✓	✓	8	
11	Segurança de dados							✓		✓								✓							✓	✓	✓	6	

Fonte: A autora (2020)

- i. Falta de colaboração entre os participantes do projeto – A construção civil está adaptada a ter vários agentes que trabalham individualmente, gerando projetos que como regra, precisam de compatibilizações posteriores. A forma de se projetar em BIM vai na contramão dessa ideia, existindo a necessidade de que os projetistas estejam conectados e inteirados com os demais projetos, o que gera uma dificuldade por parte dos novos usuários;
- j. Não compartilhamento de informações – Ligado ao risco citado à cima, esse também nasce de tal prática não fazer parte do processo tradicional de se projetar. Causando estranhamento e resistência inicial por parte dos usuários em compartilhar informações por eles geradas. Porém tal característica é bastante presente e importante dentro dos processos BIM;
- k. Segurança de dados – Risco ligado à necessidade de se evitar o acesso ou a transferência de informações desnecessárias ou incorretas do modelo federado;
- l. Baixa qualidade de dados BIM – Risco relacionado tanto à qualidade dos dados utilizados para se criar objetos, quanto à forma correta de criá-los;
- m. Questões de verificação do projeto – Risco ligado a problemas na verificação de projetos feita por parte dos projetistas. Cada tipo de projeto contém itens específicos de devem ser conferidos. Existem ferramentas que auxiliam nessa inspeção, porém itens erroneamente não identificados podem causar erros e omissões que podem se estender e se propagar por todo o ciclo de vida do ativo;
- n. Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas – Risco gerado quando participantes do projeto fazem mudanças que impactam em outras matérias, que podem ou não ser de sua competência, sem comunicar partes interessadas e que podem vir a impactar aspectos do projeto como um todo;
- o. Falta de plano de execução de implementação – Risco que possui origem no não planejamento das etapas que devem ser executadas sequencialmente ou com critério de importância dentro da implementação BIM. A falta do plano de execução dificulta ou até mesmo inviabiliza a adoção BIM.

4.2 Resultados e contextualizações iniciais referentes ao órgão público

O órgão definido para aplicação das etapas metodológicas do presente estudo trata-se do Departamento Nacional de Infraestrutura em Transportes (DNIT). Tal seleção se justifica por ser representativo órgão responsável pela implantação da infraestrutura no Brasil e por desenvolver um dos primeiros projetos piloto identificados pela estratégia BIM BR. Passou-se

a detecção do setor onde tal projeto piloto estava em desenvolvimento e que consequentemente passava por processo de adoção BIM. Identificou-se o Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE).

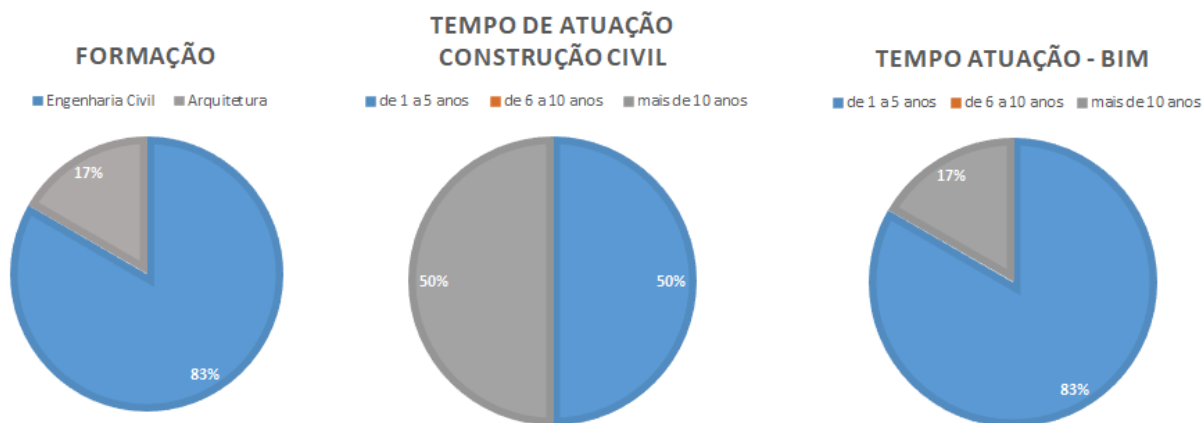
Em relação aos participantes do estudo, procurou-se identificar agentes envolvidos e inteirados com o processo de implementação. Dessa forma foram identificados três integrantes da diretoria executiva, a qual o programa citado está submetido, responsáveis por questões a nível tático. Ainda foram identificados dois integrantes do programa em sim, apontados como representativos no cenário do PROARTE, responsáveis por questões a nível operacional. Reuniões individuais com os cinco participantes foram realizadas para explicação dos objetivos do estudo, obtenção de documentos que autorizassem a publicação de dados e resultados referentes à pesquisa, explicação da forma correta de preenchimento dos resultados e esclarecimento de possíveis dúvidas. O documento de autorização encontra-se no Anexo B.

Vale ressaltar que além das cinco reuniões-chave que retornaram os dados aqui analisados e discutidos, demais reuniões foram feitas com os citados participantes e com outros colaboradores terceirizados e servidores do órgão, os quais possuíam envolvimento com o PROARTE. Essa abordagem teve como objetivo o entendimento integral dos aspectos relacionados ao programa. Sendo assim, foi possível a participação de reuniões de planejamento do desenvolvimento do BIM no âmbito do órgão, o contato com documentos produzidos no contexto do PROARTE, participação de treinamento iniciais de pessoal, conhecimento da metodologia de trabalho e resultados já atingidos pelo DNIT, etc. Para tanto, o contato com programa e com a diretoria ao qual é subordinado, estendeu-se por em média dois meses.

Como descrito no processo metodológico, o material para captação dos dados foi enviado via e-mail para os participantes da pesquisa. Além das informações referentes à maturidade e priorização dos riscos da implementação BIM, esse material tinha o objetivo de obter dados referentes à formação dos especialistas, ao tempo de atuação no ramo da construção civil e no ramo BIM. Inicialmente os dados coletados podem ser considerados confiáveis, uma vez que todos os participantes possuem graduação na área da construção civil, com metade dos respondentes com mais de dez anos de experiência no ramo. Ou seja, estão familiarizados com os processos, métodos, tecnologia, etc., da indústria AEC. Outra informação que valida os dados é o tempo de atuação dos participantes no âmbito do BIM. A maior parcela é representada pelo tempo de até cinco anos. Em outros cenários, esse período poderia ser considerado curto, porém dado o cenário brasileiro de implementação BIM e o cenário de

implementação do próprio órgão, o tempo de atuação é considerado satisfatório. Tais informações podem ser visualizada na Figura 33.

Figura 33 – Formação e tempo de atuação dos participantes da pesquisa



Fonte: A autora (2020)

4.3 Nível de maturidade da implementação BIM

Os resultados obtidos nesse bloco de estudo têm como base o primeiro grupo de dados adquiridos no órgão em análise. E tiveram como objetivo captar percepções dos participantes, relacionadas ao nível de maturidade da implementação BIM. A matriz de maturidade BIM (BIm³), proposta por Succar foi convertida em documento editável e enviada via e-mail a dois especialistas: um membro do PROARTE, identificado como bastante representativo e a um membro da diretoria executiva do órgão, a qual o projeto é subordinado. Dessa forma, após o retorno da BIm³ também via *e-mail*, obteve-se dois resultados da maturidade de implementação BIM no órgão.

A primeira matriz foi gerada baseada nas percepções do integrante do programa, que lida com a execução dos pré-projetos em si, ou seja, questões relacionadas ao nível operacional do BIM. A segunda foi baseada nas percepções do integrante da diretoria executiva, que lida com questões a nível tático relacionadas com, por exemplo, processos de projeto e de trabalho no órgão. Vale lembrar que esse método entrega quatro principais produtos: a matriz de maturidade BIM (BIm³), o grau de maturidade em BIM, o índice de maturidade em BIM e o nível de maturidade global em BIM. Sendo assim, foram obtidos dois pacotes de resultados: um a nível operacional e outro a nível tático, que resultaram na maturidade da implementação BIM a nível operacional e tático. Na Tabela 2 e Tabela 3 seguem as informações adquiridas a nível operacional e tático respectivamente.

A Tabela 2 apresenta a avaliação do nível de maturidade para o conjunto de capacidades em BIM, para o estágio dois de capacidade e escala organizacional micro. Esses dois últimos foram previamente definidos pelo especialista integrante do programa. Tendo tais níveis, pontuou-se em 10, 20, 30, 40 e 50 pontos, respectivamente, para os níveis de maturidade inicial, definido, gerenciado, integrado e otimizado. Obteve-se o grau de maturidade 25 com a média aritmética da pontuação de todas as áreas (estágio, escala e subdivisões de tecnologia, processos e políticas). Considerando 12 áreas, o valor foi calculado somando-se as pontuações individuais de cada área e dividindo-se o resultado por 12.

Chegou-se ao índice de maturidade 50%, calculando-se a porcentagem do grau de maturidade em relação a 50; que corresponde à pontuação máxima que se pode ser atribuída a cada uma das áreas. Tendo o índice de maturidade (50%) foi possível chegar ao nível de maturidade da implementação BIM. Aplicou-se esse percentual resultante a um quadro classificatório, apresentado no Quadro 2. Desta forma, chegou-se à maturidade da implementação BIM, a nível operacional: nível de maturidade C – gerenciado, que corresponde a uma média maturidade.

A Tabela 3 apresenta a avaliação do nível de maturidade para o conjunto de capacidades em BIM, para o estágio um de capacidade e para a escala organizacional meso. Esses dois últimos foram previamente definidos pelo especialista integrante da diretoria executiva. Ao mesmo procedimento descrito no parágrafo anterior, foram submetidos os dados advindos da Tabela 3. Gerando um grau de maturidade 11,67; índice de maturidade 23% e definindo a maturidade da implementação BIM no PROARTE, a nível tático: nível B – definido, que corresponde a uma média-baixa maturidade.

Como apresentado no referencial teórico do presente texto, Succar (2010) define o nível de maturidade “gerenciado”, atribuído a nível operacional, como: onde empresas ou organizações têm objetivos claros, com planos de ação e monitoramento. Além disso, a visão do BIM é compartilhada entre todos os funcionários. São institucionalizadas as metas do BIM, que passam a ser alcançadas de forma mais ou menos regular. São reconhecidas as mudanças nas esferas da tecnologia, processos e políticas. As especificações dos produtos e os padrões de entrega seguem normas nacionais ou internacionais. Existe o gerenciamento da modelagem e dos dados do modelo, com padrões detalhados e planos de qualidade. A colaboração entre parceiros prevê alocação de risco e atribuição de responsabilidades.

Tabela 2 - Matriz de maturidade BIM (BIm³) – Preenchida. Nível operacional

Avaliação da maturidade		Inicial	Definido	Gerenciado	Integrado	Otimizado
Pontos		10	20	30	40	50
TECNOLOGIA	Software		x			
	Hardware				x	
	Rede		x			
PROCESSOS	Recursos			x		
	Atividades e Fluxo de Trabalho				x	
	Produtos e Serviços		x			
	Liderança e Gerenciamento		x			
POLÍTICAS	Preparatória		x			
	Regulatória		x			
	Contratual	X				
ESTÁGIO	Estágio 2		x			
ESCALA	Micro				x	
Subtotal		10	149	30	120	0
Total de pontos						300
Grau de maturidade (total relativo às 12 áreas)						25
Índice de maturidade (percentual do grau de maturidade relativo a 50 pontos)						50%
NÍVEL						C
NOME DO NÍVEL DE MATURIDADE						Gerenciado
CLASSIFICAÇÃO TEXTUAL						Média maturidade

Fonte: A autora (2020)

Essa descrição corrobora com o que foi vivenciado e descrito pelos integrantes ao longo do tempo de desenvolvimento da pesquisa em que se teve contato com o programa PROARTE aqui em estudo. Os colaboradores possuíam ou estavam passando por capacitação BIM, os dirigentes estavam bem alinhados com metas que tinham a atingir, havia respeito a normas e protocolos BIM já existentes e demais estratégias e medidas sugeridas por planos de

implementação eram respeitadas. Tal cenário favorável pode ser explicado devido à natureza desse programa: desenvolve um dos primeiros projetos piloto identificados pela estratégia BIM BR. Sendo assim, os processos tendem a serem desenvolvidos de maneira séria e acompanhada. Identifica-se que a nível operacional, o desenvolvimento da implementação BIM esteja gerando bons resultados no órgão e com tendência a evolução, uma vez que os processos estão sendo seguidos de acordo com o que os guias de adoção sinalizam.

Como apresentado no referencial teórico do presente texto, Succar (2010) descreve o nível de maturidade “definido”, atribuído a nível tático, como: gerentes seniores orientam o uso do BIM. Já existe a documentação de processos e políticas. Existem diretrizes para o BIM, manuais de treinamento, guias de trabalho e padrões de entrega. O BIM é visto como inovação e oportunidade de negócio, mas as possibilidades do mercado ainda não são exploradas. A competência geral aumenta, diminuindo a ideia de “esforço heroico”, contudo, ainda não é possível prever a produtividade da equipe. Existe confiança entre parceiros de projeto e a colaboração segue guias de processo, padrões e protocolos de intercâmbio pré-definidos. Os contratos preveem alocação de risco e atribuição de responsabilidades.

Essa descrição corresponde com o apresentado na diretoria executiva do órgão. Como o grupo é formado por um número pequeno de pessoas (três), ainda existe o acúmulo de tarefas e funções; porém há a tentativa de colaboração entre as partes. Vale ainda ressaltar que tais agentes possuem bastante bagagem na temática. Existe uma grande quantidade de documentos produzidos e compilados, visando nortear o desenvolvimento do BIM no órgão a nível tático e seguem-se as orientações do plano de adoção BIM. Buscando assim a evolução no setor.

A disparidade apresentada entre as duas análises, pode ser atribuída a não experiência prática por parte dos funcionários a nível tático. Tais possuíam bagagem teórica, porém menor vivência em situação prática. Como nesse contexto, o BIM é considerado uma inovação e o PROARTE é o primeiro programa a adotar BIM de forma sistematizada no órgão; não existiu a possibilidade de os integrantes da direção executiva preverem situações ou saberem qual resposta dar aos eventos relacionados à adoção nesse contexto, visto seu caráter inédito. Porém esse resultado também pode ser relacionado ao tempo de existência das operações. As operações a nível tático começaram a ser desenvolvidas após o início das atividades da estratégia nacional. Como esperado, na adoção de novos processos, as atividades a serem desempenhadas precisaram de tempo para serem planejadas, desenvolvidas, adequadas a realidade do setor e implementadas. Considerando o período recente de início da adoção,

acredita-se que com o desenvolver dos processos, no transcorrer do tempo, esse cenário tenda a evoluir e se igualar ao nível de maturidade do nível operacional.

Tabela 3 - Matriz de maturidade BIM (BIm³) – Preenchida. Nível tático

Avaliação da maturidade		Inicial	Definido	Gerenciado	Integrado	Otimizado
Pontos		10	20	30	40	50
TECNOLOGIA	Software	x				
	Hardware		x			
	Rede	x				
PROCESSOS	Recursos	x				
	Atividades e Fluxo de Trabalho	x				
	Produtos e Serviços	x				
	Liderança e Gerenciamento	x				
POLÍTICAS	Preparatória		x			
	Regulatória	x				
	Contratual	x				
ESTÁGIO	Estágio 1	x				
ESCALA	Meso	x				
Subtotal		100	40	0	0	0
Total de pontos						140
Grau de maturidade (total relativo às 12 áreas)						11,67
Índice de maturidade (percentual do grau de maturidade relativo a 50 pontos)						23%
NÍVEL						B
NOME DO NÍVEL DE MATURIDADE						Definido
CLASSIFICAÇÃO TEXTUAL						Média-baixa maturidade

Fonte: A autora (2020)

As atividades a nível operacional também precisaram ser planejadas, desenvolvidas, adequadas e implementadas; porém os envolvidos já possuíam certa capacidade e experiência

na realização de atividades essenciais ao setor. O que não ocorreu na situação anterior, visto que a nível tático as ações envolvem processos de projeto e de trabalho, que precisam ser desenvolvidas do zero ou compiladas a partir de normas e protocolos BIM existentes. Necessitando assim de mais tempo ao amadurecimento das atividades e procedimentos. Os procedimentos a nível operacional envolvem mais fortemente o uso das tecnologias como ferramentas de trabalho, mais claramente o uso dos softwares BIM. A existência de funcionários já capacitados quando do início do processo, pode ter levado a criação de uma vantagem ao desenvolvimento da adoção no setor, possibilitando maior maturidade no mesmo tempo de existência.

A aplicação do modelo de maturidade proposto por Succar mostrou aplicabilidade mesmo em um contexto específico com o do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Possibilitou a visualização do desenvolvimento da implementação BIM em setores distintos do mesmo projeto, ressaltando assim que os pontos relacionados ao nível tático (ações envolvem processos de projeto e de trabalho) precisam de mais atenção. Dessa forma, visualiza-se que a avaliação da maturidade da adoção BIM pode ser usada como ferramenta de orientação a uma implantação mais eficiente e homogênea no órgão.

4.4 Priorização dos riscos associados à implementação BIM

As análises desenvolvidas nesse tópico se referem aos resultados obtidos a partir da aplicação dos dados adquiridos no órgão público, as duas modelagens matemáticas de sistemas fuzzy de inferência baseados em regras, descritas no procedimento metodológico. A seguir, os resultados que culminaram na priorização dos riscos e principais discussões.

4.4.1 Resultados das modelagens matemáticas

Retornada pelos especialistas do órgão, tabelas com a caracterização dos riscos em probabilidade de ocorrência e impacto, tem-se o material para desenvolvimento da primeira etapa da priorização de riscos referentes à implementação BIM em órgãos públicos. Vale lembrar que tal caracterização é feita com a atribuição de valores de zero a dez para esses dois aspectos caracterizantes do risco. Sendo zero a situação de menor interferência dos aspectos e dez, a situação com maior interferência. Contou-se com a participação de cinco especialistas, gerando cinco tabelas com a caracterização de quinze riscos cada uma. Tais tabelas encontram-se no Anexo C.

O desenvolvimento e singularidades da modelagem do sistema *fuzzy* baseado em regras aplicado nessa etapa, encontram-se descritos no item 3.4.1 do processo metodológico. As

designações feitas pelos especialistas formaram um grupo de cinco tabelas com quinze riscos cada uma, que passaram a ser os dados de entrada desse sistema *fuzzy*. Esses dados dividem-se em dois grupos: dados obtidos na direção executiva ao qual o programa está submetido, e dados do programa PROARTE. A nomenclatura utilizada pela lógica *fuzzy* os nomeia como *inputs crisp* e são inseridos no sistema na etapa de fuzzificação.

Após os valores atribuídos a probabilidade de ocorrência e impacto de um risco serem inseridos no sistema, parte-se para a desfuzzificação. Nesse processo é gerado um *output crisp*, a quantificação de tal risco. Esse procedimento é replicado nas cinco tabelas, gerando-se um grupo de cinco quantificações para cada risco. Essa quantificação é interpretada como a criticidade do mesmo. Como na modelagem do sistema foi definido que os *outputs* seriam expressos no intervalo de zero a um, de forma a normatiza-los e simplificar o entendimento, os valores mais próximos de zero representam riscos menos críticos e os mais próximos de um, riscos que merecem maior atenção. Os *inputs e outputs* obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados referentes à probabilidade de ocorrência (PO) e impacto (I) e quantificação dos riscos do primeiro sistema de inferência fuzzy

RISCOS	Parâmetros		OUTPUT CRISP	
	INPUT CRISP			
	PO	I		
Problemas de interoperabilidade	DIREÇÃO	9	9	0,797
		9	7	0,797
		10	8	0,917
	PROGRAMA	3	6	0,567
		5	8	0,75
Interface tecnológica dos programas	DIREÇÃO	8	8	0,756
		6	6	0,605
		9	5	0,75
	PROGRAMA	4	5	0,5
		8	8	0,756
Custo além do esperado com o BIM	DIREÇÃO	9	9	0,797
		7	5	0,69
		7	10	0,84
	PROGRAMA	5	8	0,75
		7	8	0,756

Fonte: A autora (2020)

Tabela 4 – Dados referentes à probabilidade de ocorrência (PO) e impacto (I) e quantificação dos riscos do primeiro sistema de inferência fuzzy. CONTINUAÇÃO.

RISCOS		Parâmetros		OUTPUT CRISP
		INPUT CRISP		
		PO	I	
Resistência cultural	DIREÇÃO	9	9	0,797
		9	9	0,797
		7	7	0,69
	PROGRAMA	7	9	0,797
		7	9	0,797
Conhecimento e experiência relevantes inadequados	DIREÇÃO	9	9	0,797
		9	7	0,797
		7	9	0,797
	PROGRAMA	3	9	0,645
		7	8	0,756
Falta de colaboração entre os participantes do projeto	DIREÇÃO	9	9	0,797
		7	8	0,756
		9	5	0,75
	PROGRAMA	1	9	0,5
		3	9	0,645
Não compartilhamento de informações	DIREÇÃO	6	8	0,757
		7	8	0,756
		9	9	0,797
	PROGRAMA	1	10	0,605
		3	9	0,645
Baixa qualidade de dados BIM	DIREÇÃO	9	9	0,797
		7	8	0,756
		8	9	0,797
	PROGRAMA	3	10	0,75
		7	8	0,756
Questões de verificação do projeto	DIREÇÃO	8	9	0,797
		7	6	0,683
		9	7	0,797
	PROGRAMA	3	8	0,56
		2	9	0,576

Fonte: A autora (2020)

Tabela 4 – Dados referentes à probabilidade de ocorrência (PO) e impacto (I) e quantificação dos riscos do primeiro sistema de inferência fuzzy. CONTINUAÇÃO.

RISCOS	Parâmetros		OUTPUT CRISP	
	INPUT CRISP			
	PO	I		
Falta de plano de execução de implementação	DIREÇÃO	4	8	0,645
		6	7	0,683
		7	9	0,797
	PROGRAMA	1	10	0,605
		2	9	0,576
Incerteza sobre responsabilidade de projeto	DIREÇÃO	6	9	0,771
		3	5	0,5
		5	5	0,5
	PROGRAMA	5	5	0,5
		2	5	0,44
Falta de protocolos BIM	DIREÇÃO	9	9	0,797
		8	8	0,756
		10	9	0,91
	PROGRAMA	5	8	0,75
		5	8	0,75
Propriedade dos dados do BIM	DIREÇÃO	5	8	0,75
		7	5	0,69
		2	1	0,203
	PROGRAMA	6	3	0,567
		2	4	0,388
Segurança de dados	DIREÇÃO	5	9	0,75
		8	8	0,756
		7	5	0,69
	PROGRAMA	4	8	0,645
		5	5	0,5
Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	DIREÇÃO	5	8	0,75
		4	7	0,645
		5	3	0,5
	PROGRAMA	2	8	0,5
		2	7	0,44

Fonte: A autora (2020)

O objetivo principal desse estudo refere-se à priorização dos riscos referentes à implementação BIM em órgãos públicos. Devido às cinco quantificações diferentes obtidas para cada risco identificado na literatura e apresentado anteriormente, essa priorização torna-se inviável. Uma vez que é essencial a existência de um dado único. Para isso, foi desenvolvida uma segunda modelagem de sistema *fuzzy* de inferência baseado em regras. Esse sistema teve seu desenvolvimento e singularidades (ref. item 3.4.2). O segundo sistema tem o objetivo de converter os cinco valores de quantificação de cada risco, em um só valor. Possibilitando assim, chegar-se a um valor único, que representa sua criticidade.

Outputs do sistema anterior passam então, a ser os *inputs* do presente sistema. Sendo também mantida a classificação em “dados da diretoria executiva” e “dados referentes ao programa”. Os cinco *inputs* de cada risco, que podem ser chamados de r1, r2, r3, r4 e r5; foram inseridos no sistema através do processo de fuzzificação. Geraram uma função triangular, que desfuzzificada forneceu o valor procurado: a quantificação única do risco. Esse procedimento foi repetido para todos os riscos. *Inputs* e *outputs* desse sistema podem ser visualizados na Tabela 5. Esse resultado possibilitou a criação de uma lista, que ordenada do maior valor para o menor valor, representa a maior e menor criticidade dos riscos respectivamente. Essa lista apresenta a priorização dos riscos atrelados à implementação BIM em órgãos públicos e pode ser visualizada na Tabela 6.

Tabela 5 - Quantificação dos riscos do segundo sistema de inferência fuzzy

RISCOS		INPUT CRISP	OUTPUT CRISP
Problemas de interoperabilidade	DIREÇÃO	0,797 0,797 0,917	0,824
	PROGRAMA	0,567 0,75	
Interface tecnológica dos programas	DIREÇÃO	0,756 0,605 0,75	0,692
	PROGRAMA	0,5 0,756	
Custo além do esperado com o BIM	DIREÇÃO	0,797 0,69 0,84	0,701
	PROGRAMA	0,75 0,756	

Fonte: A autora (2020)

Tabela 5 – Quantificação dos riscos do segundo sistema de inferência fuzzy. CONTINUAÇÃO

RISCOS		INPUT CRISP	OUTPUT CRISP
Resistência cultural	DIREÇÃO	0,797 0,797 0,69	0,823
	PROGRAMA	0,797 0,797	
Conhecimento e experiência relevantes inadequados	DIREÇÃO	0,797 0,797 0,797	0,825
	PROGRAMA	0,645 0,756	
Falta de colaboração entre os participantes do projeto	DIREÇÃO	0,797 0,756 0,75	0,692
	PROGRAMA	0,5 0,645	
Não compartilhamento de informações	DIREÇÃO	0,757 0,756 0,797	0,707
	PROGRAMA	0,605 0,645	
Baixa qualidade de dados BIM	DIREÇÃO	0,797 0,756 0,797	0,703
	PROGRAMA	0,75 0,756	
Questões de verificação do projeto	PROGRAMA	0,797 0,683 0,797	0,58
	DIREÇÃO	0,56 0,576	
Falta de plano de execução de implementação	DIREÇÃO	0,645 0,683 0,797	0,546
	PROGRAMA	0,605 0,576	
Incerteza sobre responsabilidade de projeto	DIREÇÃO	0,771 0,5 0,5	0,5
	PROGRAMA	0,5 0,44	
Falta de protocolos BIM	DIREÇÃO	0,797 0,756 0,91	0,703
	PROGRAMA	0,75 0,75	
Propriedade dos dados do BIM	DIREÇÃO	0,75 0,69 0,203	0,5
	PROGRAMA	0,567 0,388	

Fonte: A autora (2020)

Tabela 5 – Quantificação dos riscos do segundo sistema de inferência fuzzy. CONTINUAÇÃO

RISCOS		INPUT CRISP	OUTPUT CRISP
Segurança de dados	DIREÇÃO	0,75 0,756 0,69	0,589
	PROGRAMA	0,645 0,5	
Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	DIREÇÃO	0,75 0,645 0,5	0,5
	PROGRAMA	0,5 0,44	

Fonte: A autora (2020)

Tabela 6 - Priorização dos riscos atrelados à implementação BIM.

RISCOS	OUTPUT CRISP	PRIORIZAÇÃO
Conhecimento e experiência relevantes inadequados	0,825	1º
Problemas de interoperabilidade	0,824	2º
Resistência cultural	0,823	3º
Não compartilhamento de informações	0,707	4º
Baixa qualidade de dados BIM	0,703	5º
Falta de protocolos BIM	0,703	6º
Custo além do esperado com o BIM	0,701	7º
Interface tecnológica dos programas	0,692	8º
Falta de colaboração entre os participantes do projeto	0,692	9º
Segurança de dados	0,589	10º
Questões de verificação do projeto	0,58	11º
Falta de plano de execução de implementação	0,546	12º
Incerteza sobre responsabilidade de projeto	0,5	13º
Propriedade dos dados do BIM	0,5	14º
Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	0,5	15º

Fonte: A autora (2020)

4.4.2 Discussões dos resultados das modelagens matemáticas

O resultado da priorização traz como o risco com maior significância dentro do processo de implementação BIM em órgãos públicos, o conhecimento e experiência relevantes inadequados. Por ser uma inovação, empresas têm de passar por processos de capacitação e/ou contratação de pessoal. Hosseini et al. (2016) apresentam que para pequenas e médias empresas australianas, essa é a barreira mais influente à adoção BIM. Os processos BIM abrem um grande leque de possibilidades, dados e informações. Sendo assim, é de grande significância um usuário capacitado. Aquele que sabe qual informação usar e quais abordagens aplicar em situações específicas. Tal afirmação é ratificada pelo estudo de Wang e Leite (2014), onde afirmam que o uso eficaz do BIM depende de conhecimento especializado. No mesmo contexto, Ozorhon e Karahan (2017) afirmam que a disponibilidade de pessoal qualificado, liderança eficaz, disponibilidade de informação e tecnologia e o treinamento dos funcionários são os mais significativos fatores de sucesso para a implementação BIM.

Em segundo lugar, tem-se o risco relacionado a problemas de interoperabilidade. Esse é bastante preocupante, pois prejudica uma das características-chave do BIM: a possibilidade de um modelo ser acessado e manipulado em diversos programas que possuam a tecnologia. Para minimizar esse problema é imprescindível que os usuários tenham conhecimento e ponham em prática as normas que definem a interoperabilidade internacionalmente. Embora os problemas de interoperabilidade variem entre os diferentes pacotes de *software* BIM, é provável que esses problemas técnicos sejam resolvidos à medida que a tecnologia amadurece (GEORGIADOU, 2019).

Na sequência, o terceiro risco em prioridade é o que se refere à resistência cultural. As partes interessadas na indústria da construção são conhecidas por serem resistentes à mudança (TAN et al., 2019), o que vai em um caminho oposto a implementação do BIM, que muda inevitavelmente a forma que o projeto é entregue e a estrutura das organizações. Para Holbeche (2006), apesar do potencial positivo, a mudança é frequentemente resistida pelas pessoas porque geralmente se acostumam a formas de comportamento que funcionaram para elas no passado. O estudo de Zhao, Wu e Wang (2018) confirmam a que a resistência cultural é um dos principais desafios da implementação BIM. Afirmando que a resistência para o aprendizado de novas tecnologias, especialmente para funcionários seniores das organizações, contribui para o fracasso da adoção do BIM.

O quarto risco na priorização é o referente ao não compartilhamento de informações. Ainda existe uma parcela dos usuários BIM, que ainda apresentam forte resistência relacionada a essa prática. Como tal ação não é usual na forma tradicional de se projetar, essa

resistência pode ser mais um estranhamento fruto das grandes mudanças impostas pelo BIM. Sendo assim, aos novos usuários, há a dificuldade em se compartilhar informações com demais partes envolvidas no projeto. Em estudo ao tema Guo, Yu e Fang (2019), identificaram que apenas 16,95% dos entrevistados estavam dispostos a compartilhar todas as informações relacionadas aos seus projetos sem ressalvas. Outro aspecto relacionado ao compartilhamento de informações é uma maior transparência do processo, uma vez que as informações que o modelo federado possui ficam disponíveis a todas as partes interessadas. Tal característica é positiva e interessante principalmente aos projetos públicos.

A priorização mostra em quinto lugar, a necessidade de atenção à baixa qualidade de dados BIM. É de fácil percepção a necessidade de bons dados para a criação de projetos de excelência. Tal característica se relaciona tanto com a veracidade dos dados atribuídos aos objetos, quanto com a qualidade da produção de objetos, famílias, etc., entre outros aspectos. Para Georgiadou (2019) esse problema também pode ter como causa a falta de atenção ao se digitar dados e dados interpretados incorretamente por partes interessadas, o que leva a problemas que podem ser replicados por todo o ciclo de vida do projeto.

Em sexto lugar tem-se a falta de protocolos BIM. Tal resultado corrobora com estudos como os de Tan et al. (2019), que afirmam que a execução do BIM necessita de normas para orientar seus procedimentos, atividades e resultados. Também está de acordo com a pesquisa de West (2007), que defende a importância dos padrões, possibilitados pelos protocolos e normas, uma vez que direciona a indústria para a colaboração e troca de informações. Atualmente já existem vários padrões e protocolos BIM, podendo ser citadas as normas e documentos britânicos:

- *AEC (UK) BIM Technology Protocol: Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering, and Construction (AEC) Industry. 2015;*
- *Building Information Modeling (BIM) Protocol: Standard Protocol For Use In Projects Using Building Information Models. Construction Industry Council – CIC 2018;*
- *PAS 1192-2:2013 – Specification for information management for the capital delivery phase of construction projects using Building Information Modeling;*
- *PAS 1192-3:2014 Specification for information management for the operational phase of assets using Building Information Modeling (BIM);*
- *BS EN ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling*

(BIM) - information management using Building Information Modeling. Concepts and principles;

- BS EN ISO 19650-2:2018 *Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) - information management using Building Information Modeling. Delivery phase of the assets;*
- Entre outros.

No entanto Fan et al. (2019) afirmam que a conscientização e o uso desses e demais documentos existentes são bastante limitados. Outro problema ainda existente quanto ao assunto são os muitos pontos dessa tecnologia, que ainda não foram abordados. Exemplo: questões de cunho legal, contratos BIM (AZHAR; KHALFAN; MAQSOOD, 2015). Tal resultado apresentou-se em primeiro lugar no mapeamento sistemático obtido na literatura. O que mostra que esse risco também é considerado representativo para o meio acadêmico.

O risco relacionado ao custo além do esperado com o BIM, ocorre principalmente pela falta de preparação daqueles que desejam implementá-lo. Em comparação com métodos convencionais, o uso do BIM pode aumentar os custos durante a fase de concepção (LU et. al, 2014). Logo, é aconselhável que sejam realizados diagnósticos iniciais para se entender o nicho que se pretende ingressar, as ferramentas que são necessárias, o real gasto; para então se desenvolver um planejamento financeiro para a adoção. Esses gastos vão desde contratações, treinamento de pessoal, adequação da estrutura de rede, *hardware* e *softwares*. Sendo os mais vultosos, de acordo com Khosrowshahi e Arayici (2012), os despendidos em capacitação e ferramentas BIM.

O risco relacionado à interface tecnologia entre programas pode ser considerado em um aspecto técnico e tecnológico. Não basta que um *software* possua todas as aplicabilidades e que traga ganhos proporcionados pelo BIM, se não possuir uma interface amigável e de, no mínimo, médio entendimento por parte daqueles o utilizam. Para Zhao e Wu (2017), trata-se de um risco significativamente crítico. Sendo assim, esse deve ser considerado e minimizado pelos desenvolvedores de *softwares* BIM.

Para Won et al. (2013) e Zhang et al. (2017), a disposição dos participantes de um projeto em colaborar entre si é um fator crítico ao sucesso da implementação. Anteriormente, o conjunto de projetos de uma edificação era entregue com incompatibilidades e essas eram resolvidas principalmente pelos engenheiros de execução. Com o BIM, esses erros são facilmente detectados ainda na fase de projeto e os projetistas precisam encontrar a melhor solução para a compatibilização. Para tanto, é necessária maior colaboração entre os

participantes do projeto. Essa colaboração também inclui um maior volume de compartilhamento e troca de informações.

Em relação à segurança de dados, sabe-se que uma das principais características do BIM é a possibilidade de extração de dados de um modelo. Esses dados são digitais e parametrizados de forma a facilitar a sua reutilização nas demais disciplinas do projeto. Porém deve-se atentar a segurança dessas informações. Para Mahamadu et al. (2013) os problemas relacionados à segurança de dados e privacidade não podem ser desconsiderados. Como o compartilhamento de informações torna os dados do projeto acessíveis aos membros da equipe, a segurança cibernética é uma preocupação devido à possibilidade de acesso não autorizado *on-line* e violação de direitos autorais (CHIEN; WU; HUANG, 2014). Nesse sentido, Greenwood et al. (2010) afirmam a necessidade da criação de um plano de troca de dados para evitar a transferência de informações desnecessárias ou incorretas do modelo. Além disso, Ghaffarianhoseini et al. (2017) afirma que também são necessárias ao desenvolvimento de políticas de reutilização e adoção de modelos BIM, pela mesma equipe para finalidades diferentes ou por outras pessoas.

O risco relacionado à verificação de projeto se refere ao ônus em não se realizar ou realizar de forma ineficiente, a conferência de projetos buscando eliminar erros, omissões, incompatibilidades e demais ocorrências que possam interferir na qualidade. De forma prática, essa verificação tem o objetivo de reduzir os retrabalhos gerados por erros ao se projetar. Tal afirmação corrobora com os estudos de Dawood, Siddle e Dawood (2019), onde defendem que o surgimento do BIM gerou maior facilidade na detecção de conflitos e identificação de erros, o que reduziu os retrabalhos em obra. Zhao, Wu e Wang (2018) trazem que difundido *software* BIM gera 91% de economia no tempo de verificação em comparação com o desenho assistido por computador (CAD). Porém vale ressaltar que tal tarefa deve ser realizada por profissionais com conhecimentos específicos de forma a atingir resultados representativos. Além disso, Wang et al. (2013) afirmam que o BIM pode melhorar a qualidade da documentação e construtibilidade.

O risco referente à falta de plano de implementação dos processos BIM, se relacionam com o não preparo da empresa/órgão em introduzir um novo processo de trabalho, que difere em muito do tradicionalmente utilizado na indústria AEC. Nessas condições, as chances de a adoção não lograr êxito são representativas. Hanafi et al. (2016) defendem que as barreiras e dificuldades a adoção BIM podem ser superadas quando existe a orientação clara das melhores práticas. Essa orientação pode ser representada pelo plano de implementação, onde os passos a serem seguidos e estratégias a serem tomadas estão descritos. Jin et al. (2017)

afirma que o plano de implementação BIM deve apresentar objetivos estratégicos e padrões bem estabelecidos, sendo essa uma questão fundamental para a implementação bem-sucedida do BIM. Hanafi et al. (2016) ainda trazem que a adoção BIM precisa ser empregada progressivamente através de um plano que seja detalhado em fases com alterações incrementais.

O risco proveniente da incerteza sobre a responsabilidade do projeto de acordo com Ghaffarianhoseini et al. (2017), desenvolve as questões mais desafiadoras do tema BIM. Para ser legalmente responsável por um projeto, o arquiteto ou engenheiro deve ter controle sobre o desenvolvimento do mesmo. Porém quando diferentes partes se envolvem em um projeto BIM, essa responsabilidade se torna vaga (BODEA; PURNUS, 2018). Ainda nesse sentido, Azhar, Khalfan e Maqsood (2015) afirmam que o conceito integrado de BIM obscurece o nível de responsabilidade entre os diferentes membros da equipe do projeto. Um ponto que poderia aprimorar tais questões relaciona-se a orientação ou acordo prévio entre os membros da equipe sobre responsabilidade. Adicional aspecto abordado por Ghaffarianhoseini et al. (2017) é a dificuldade em se encontrar responsáveis por quaisquer erros que ocorram durante o ciclo de vida do projeto, num contexto de autoria conjunta de diferentes desenvolvedores de modelos BIM.

O penúltimo risco na lista de priorização refere-se ao advindo da não definição da propriedade dos dados BIM. Gu e London (2010) afirmam que se os problemas relacionados a esse risco não são bem resolvidos, é improvável que projetos BIM sejam bem-sucedidos. Tal afirmação se justifica devido à margem que se abre para contestações e disputas referentes à posse de objetos, famílias de objetos e até mesmo do modelo em si pelas partes interessadas. Sendo assim, para Christensen, Mcnamara e Oshea (2007) defendem uma clara definição de propriedade e responsabilidades dos dados BIM, firmadas em contrato. Outra forma de mitigar as dificuldades advindas dessa delicada vertente dos processos BIM é o embasamento através do documento que a *Construction Industry Council* (CIC) desenvolveu: o *Building Information Modeling (BIM) Protocol, second edition* – 2018, onde se estabelece fundamentações para o desenvolvimento de direitos de propriedade para modelos BIM.

O último risco apresentado pela priorização refere-se às mudanças no modelo por partes não autorizadas. Para Dawood, Siddle e Dawood (2019) a identificação de alterações no projeto constitui uma parte essencial do fluxo de projeto na indústria AEC, exigindo a formalização de um ambiente de modelagem de informações colaborativa multidisciplinar. Mudanças que ocorrem em cada disciplina do projeto tem impacto subsequente no fluxo do processo de outras disciplinas. Sendo assim, para os mesmos autores, quaisquer alterações de

design não detectadas que acarretem em erros ou prejuízos resultaram em aumento dos custos financeiros de retrabalhos e atualizações de projetos durante a fase de construção. Os processos BIM têm importante papel nesse contexto uma vez que facilitam a identificação dos erros, causados por mudanças inesperadas ou não, tornando o processo mais fácil. Várias ferramentas de *softwares* BIM, como o *Solibri Model Checker*, o *MagiCAD*, *Navisworks*, *Tekla Structures* e *Tekla BIMsight* abordam esse problema (VOLK; STENGEL; SCHULTMANN, 2014).

É importante comentar que tais riscos estão fortemente relacionados e possivelmente alguns são causas de outros. Os autores Zhao, Wu e Wang (2018) afirmam que o risco relacionado com conhecimento e experiências relevantes inadequados é o risco que se faz causa da maioria dos outros riscos pertencentes ao processo de implementação BIM, chamando-o de risco-raiz. Afirmam que esse risco tem relação direta com a resistência cultural, com problemas de propriedade de dados, baixa qualidade dos dados e mau compartilhamento de informações e colaboração, por exemplo. Essa informação valida o resultado da priorização dos riscos associados à adoção BIM, uma vez que esse é o risco apresentado com o de maior significância.

4.5 Fechamento do Capítulo

Ao final deste capítulo, pode-se perceber que a literatura sobre o tema em estudo não é muito vasta, mas que vem se desenvolvendo e ganhando força, principalmente no que se refere aos riscos ligados à implementação dos processos BIM. Constatou-se que o estudo da maturidade dessa implementação tem papel fundamental no processo, uma vez que é capaz de identificar quão avançados estão os procedimentos e quais carecem de mais atenção. Logo, as entidades podem se voltar aos pontos defasados, gerando uma adoção equilibrada em todas as áreas que o BIM se aplica.

Verificou-se a importância de se analisar os riscos à implementação com ferramentas robustas, como os sistemas *fuzzy* de inferência. Apesar de não ter interfaces amigáveis ao primeiro contato, produzem dados acurados e confiáveis. Sendo assim, capazes de gerar resultados que levam ao melhor direcionamento das organizações que se dispõem e se preocupam em considerar riscos.

5 RELAÇÃO ENTRE OS PRINCIPAIS RESULTADOS

Esse capítulo tem o objetivo de identificar os pontos afins referentes os resultados da identificação do nível de maturidade da implementação BIM e da priorização dos riscos associados à adoção BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Obtidos e discutidos os resultados dessas investigações individualmente, passa-se a discussão da relação entre eles. Uma primeira forma de relacionar às duas informações é a classificação dos riscos em categorias. Sendo essas categorias, os conjuntos de capacidades BIM apresentados na metodologia de identificação da maturidade BIM proposta por Succar.

Vale lembrar que esses conjuntos de capacidade se traduzem nas competências necessárias ao desenvolvimento do processo BIM. Uma vez classificado como pertencente a um desses conjuntos entende-se que o risco foi gerado devido à falta ou deficiência de aspectos inerentes as características do mesmo. Essa divisão dos quinze riscos trabalhados nos três conjuntos de capacidades BIM estudados foi desenvolvida especialmente para esta pesquisa, após intensa familiarização com o material obtido e é apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Riscos associados Implementação BIM classificados segundo os conjuntos de capacidades BIM

CONJUNTO DE CAPACIDADES BIM	RISCOS ASSOCIADOS À IMPLEMENTAÇÃO BIM
Tecnologia	Problemas de interoperabilidade Interface tecnológica dos programas
Processos	Custo além do esperado com o BIM Resistência cultural Conhecimento e experiência relevantes inadequados Falta de colaboração entre os participantes do projeto Não compartilhamento de informações Baixa qualidade de dados BIM Questões de verificação do projeto Falta de plano de execução de implementação
Políticas	Incerteza sobre responsabilidade de projeto Falta de protocolos BIM Propriedade dos dados do BIM Segurança de dados Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas

Fonte: A autora (2020)

Aplicando o resultado de priorização dos riscos a Tabela 7, obtém-se a Tabela 8. Nessa, os riscos classificados no conjunto de capacidades tecnologia estão coloridos em azul. Os

riscos classificados em processos, coloridos em laranja e os classificados em políticas, em verde. A Tabela 8 mostra que os riscos mais críticos dentro do contexto de implementação BIM do DNIT se associam de forma mais representativa ao conjunto de capacidades processos. Ou seja, os especialistas do órgão mostraram maior sensibilidade a riscos com essa natureza. Essa informação mostra que as questões que não se referem à modelagem de objetos em si, mas a características que influenciam o projeto dentro de uma entidade, o processo e as relações entre os agentes são as mais significativas dentro do contexto atual do órgão.

Tabela 8 - Priorização dos riscos à implementação BIM classificados segundo os conjuntos de capacidades BIM

RISCOS ASSOCIADOS À IMPLEMENTAÇÃO BIM		PRIORIZAÇÃO
Conhecimento e experiência relevantes inadequados		1
Problemas de interoperabilidade		2
Resistência cultural		3
Não compartilhamento de informações		4
Baixa qualidade de dados BIM		5
Falta de protocolos BIM		6
Custo além do esperado com o BIM		7
Interface tecnológica dos programas		8
Falta de colaboração entre os participantes do projeto		9
Segurança de dados		10
Questões de verificação do projeto		11
Falta de plano de execução de implementação		12
Incerteza sobre responsabilidade de projeto		13
Propriedade dos dados do BIM		14
Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas		15
LEGENDA:		
TECNOLOGIA	PROCESSOS	POLÍTICAS

Fonte: A autora (2020)

A atenção aos riscos ligados a essa capacidade se justifica, visto que questões referentes a processos precisam de tempo para serem desenvolvidas, adaptadas e sedimentadas num contexto organizacional. É fato que o conjunto de capacidades políticas e tecnologias também possuem sua relevância. Porém em uma organização com recente processo de adoção BIM é mais significativo que os processos sejam bem definidos, para então, partir-se para a legalização, padronização, etc. dos métodos de trabalho. Os riscos ligados a capacidade tecnológica se encontram em posição de alta-média relevância. Isso se justifica pela importância que é dada a interoperabilidade, principalmente. No que tange à interface tecnológica, o usuário final sente seus impactos, porém não tem controle sobre eles. Responsabilidade que se aplica aos desenvolvedores de *softwares* BIM. Esse aspecto fundamenta seu aparecimento em posição menos relevante na tabela.

Tal constatação corrobora com os dados obtidos na identificação de maturidade de implementação. A maturidade a nível operacional no órgão obteve nível gerenciado, que corresponde a uma média maturidade. Já a nível tático, nível de maturidade definido, que corresponde a uma média-baixa maturidade. Tais resultados apontam a maturidade da adoção em fases iniciais de uma forma geral. Essa fase é caracterizada pela adaptação da realidade das instituições e execuções das grandes mudanças impostas pelo BIM. Nessa etapa é esperada a capacitação de profissionais, a conscientização sobre a importância da aderência aos novos métodos, planejamentos e execução do plano de implementação e demais situações presentes no prisma do conjunto de capacidade processos.

Com essas informações, percebe-se que os resultados da avaliação da maturidade BIM e da priorização dos riscos a implementação BIM apontam para mesmas preocupações. Outra forma de verificar a ligação entre os resultados apresenta-se no “atraso” do nível de maturidade apresentado pelo nível tático em relação ao operacional. A questão que define essa desigualdade baseia-se na diferença de experiência e/ou capacitação de seus colaboradores. Como o risco “conhecimento e experiência relevantes inadequados” foi priorizado como o de maior criticidade, percebe-se convergência entre os resultados atingidos. Sendo assim, ao fim dessas análises, pode-se afirmar que os dados obtidos da maturidade da implementação BIM e da priorização de riscos a implementação BIM se validam.

Esse resultado é significativo, uma vez que pode auxiliar as entidades a identificar quais aspectos da implementação geram maior criticidade, dada cada etapa alcançada. Ou seja, é possível verificar quais riscos são mais significativos em cada fase de maturidade desenvolvida. Isso tende a gerar um processo de adoção mais homogêneo, visto que é possível discernir pontualmente a área e/ou o aspecto que necessita de evolução.

CONCLUSÕES

Sugestões para Trabalhos Futuros

6 CONCLUSÕES

Este capítulo aborda os principais pontos da presente pesquisa exploratória, do tipo estudo de caso. O objetivo geral, de desenvolver método de mapeamento para priorização de riscos e avaliação de maturidade de implementação BIM em órgãos públicos foi alcançado com sucesso. Os objetivos específicos definidos embasaram e se relacionaram ao objetivo principal, gerando resultados mais representativos ao estudo.

A compilação de uma lista de riscos ligados à adoção BIM, que se traduz no primeiro objetivo específico, foi cumprida com um mapeamento sistemático da literatura. Esse reuniu produções acadêmicas publicadas entre 2008 até os dias atuais sob o tema “riscos associados à implementação BIM”. As bases de dados usadas foram *Web Of Science* e *Scopus* retornaram setenta e seis artigos referentes ao assunto. Após a leitura de títulos e resumos, dezesseis se mostraram aderentes. Partindo-se para a leitura integral dos textos, apenas oito apontaram riscos de forma clara.

De forma a aumentar a quantidade de artigos para a catalogação de riscos ligados a adoção BIM, passou-se a identificação de artigos relacionados à temática nas referências bibliográficas dos estudos já selecionados. Com isso foram obtidos vinte documentos, totalizando vinte e oito para pesquisa. Esse procedimento por fim, retornou quinze riscos considerados pela literatura internacional, como os mais expressivos no contexto da implementação dos processos BIM. Sendo os quatro com mais ocorrências nos textos os riscos relacionados à falta de protocolos BIM, incerteza sobre responsabilidade de projeto, propriedade dos dados BIM e problemas de interoperabilidade. Sendo então considerados como os mais significantes nesse contexto para o meio acadêmico.

O segundo objetivo específico gerou resultados satisfatórios. Esse se refere à identificação do nível de maturidade da adoção BIM. Foi aplicada metodologia desenvolvida por Bilal Succar a especialistas do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Pelo preenchimento de matriz de maturidade, nomeada de BIM³, obteve-se grau de maturidade, índice de maturidade e por fim o nível de maturidade de implementação BIM. Buscando resultados mais aprimorados, aplicou-se os procedimentos a nível operacional e tático, buscando entender se o desenvolvimento da adoção dos processos BIM se deu de forma uniforme no órgão. A nível operacional obteve-se nível de maturidade C – gerenciado, que corresponde a uma média maturidade A nível tático, um nível B – definido, que corresponde a uma média-baixa maturidade. Os resultados foram próximos, mas revelaram que a adoção a nível operacional se encontra mais desenvolvida que a nível tático.

Tal disparidade pode ser explicada pela possível capacitação prévia atribuída aos funcionários do nível operacional. As atividades desse nível relacionam-se à tecnologia em si e às ferramentas de trabalho (*softwares* BIM). Para essas atribuições existem cursos capacitantes e a experiência adquirida em projetos mais simples, prestação de serviços a escritórios de arquitetura, etc.; dão bagagem para a execução dessas atividades. O que não acontece a nível tático. Para os integrantes da diretoria executiva, responsáveis pelos processos de projeto e de trabalho relacionados à implementação BIM nesse nível, não existem cursos. O caráter inovador da adoção BIM em órgãos públicos, o escasso campo de pesquisa e a baixa possibilidade de experiências prévias, podem ter contribuído para o “atraso” na implementação BIM do órgão nesse nível.

O terceiro objetivo específico representado pela priorização dos riscos associados à implementação BIM no DNIT foi atingido. Para isso duas modelagens matemáticas de sistemas *fuzzy* de inferência baseado em regras foram desenvolvidas, sendo a segunda uma submodelagem. Essa configuração foi desenvolvida devido à complexidade inerente a sistemas *fuzzy* com muitos parâmetros de entrada. Seriam necessárias muitas regras e assim a combinação de muitos cenários, o que inviabilizaria o sistema. Logo a opção por se criar um subsistema possibilitou a quantificação dos riscos a implementação BIM, para a então priorização.

Ambos os sistemas *fuzzy* possuíam funções de pertinência triangulares. O primeiro sistema contava com domínio $[0,10]$ para funções *inputs*, domínio $[0,1]$ para funções *output* e a base de regras dispunha de (5^2) vinte e cinco regras. As variáveis linguísticas foram: muito baixo (a) [probabilidade de ocorrência/impacto], baixo (a) [probabilidade de ocorrência/impacto], médio (a) [probabilidade de ocorrência/impacto], alto (a) [probabilidade de ocorrência/impacto], muito alto (a) [probabilidade de ocorrência/impacto]. O segundo sistema possuía tanto para funções *input* e *output*, o domínio $[0,1]$. A base de regras dispunha de (3^5) duzentas e quarenta e três regras e as variáveis linguísticas foram: baixo [risco], médio [risco] e alto [risco].

Os valores de zero a dez, atribuídos pelos especialistas do órgão aos dois aspectos caracterizantes do risco (probabilidade de ocorrência e impacto) passaram a representar os dados de entrada do primeiro sistema *fuzzy*. Ou seja, cada lista entregue pelos especialistas, referente à caracterização dos quinze riscos a implementação BIM, passaram a ser os *inputs crisp* do primeiro sistema *fuzzy*. Dessa forma foram obtidas cinco quantificações (*outputs crisp*) diferentes para cada risco, através dos processos de desfuzzificação. Esse resultado não é suficiente para a priorização dos riscos. Sendo assim, esses *outputs* passaram a ser *inputs* do

segundo sistema *fuzzy*. Esse teve como objetivo, reunir as cinco quantificações de cada risco em um valor único, possibilitado o ranqueamento e assim priorização dos mesmos segundo sua criticidade.

Posto isto, foi obtida uma lista em ordem decrescente dos riscos que mais merecem atenção no contexto da implementação BIM do DNIT. O risco mais crítico relaciona-se a questões geradas pela falta de conhecimento dos processos BIM e experiências relevantes. O segundo, a problemas de interoperabilidade entre os vários *softwares* BIM, seguido pela resistência cultural e resistência por parte dos novos usuários BIM em compartilhar informações. Os riscos que ocupam as primeiras posições na tabela de priorização, exceto o risco gerado pela não interoperabilidade, possuem como raiz a deficiência no conjunto de capacidades BIM (conceito definido por Succar) referente a processos. Esse conjunto de capacidades abrange questões que não se referem à modelagem de objetos em si, mas a características que influenciam o projeto dentro de uma empresa, o processo de trabalho e as relações entre os agentes.

Tal argumentação é validada em dois aspectos, através do desenvolvimento do quarto objetivo específico. Esse relaciona os resultados obtidos na identificação do nível de maturidade da adoção BIM no DNIT. Inicialmente, essa identificação traz que implementação se encontra em fases posteriores ao contato inicial com o processo, mas ainda incipiente se considerado todo o processo de adoção. Nessas etapas, questões relacionadas ao fluxo de trabalho, adaptação e capacitação de pessoal e demais questões de cunho processual estão em maior relevância. Logo, justifica-se que a equipe envolvida considere os riscos relacionados a esse contexto, como os mais críticos. O que foi identificado nas análises desenvolvidas.

A segunda forma que os resultados de avaliação da maturidade ratificam os de priorização ocorre através da percepção de uma diferença nos avanços da implementação BIM entre os níveis tático e operacional, considerado o mesmo tempo de implementação do processo no DNIT. Concluiu-se que essa desigualdade pode ser atribuída ao diferente grau de capacitação e/ou experiência nos processos BIM dos colaboradores envolvidos em cada nível. Tal resultado se assemelha ao obtido pela priorização dos riscos, em que o risco “conhecimento e experiência relevantes inadequados” foi apresentado como o de maior criticidade no contexto do órgão.

Posto isso, considera-se que o objetivo geral foi atingido, uma vez que o reunidas todas as etapas metodológicas propostas, chega-se a sistematização de um método de mapeamento para priorização de riscos e avaliação de maturidade de implementação BIM em órgãos públicos. Inclusive com a capacidade de encontrar pontos em comum, provenientes das duas

principais abordagens de investigação propostas. O que substancia e robustece o método. Sendo assim, afirma-se que esse método de mapeamento desenvolvido pode ser replicado em outros órgãos públicos. Isso buscando apoiar os mesmos na implementação BIM e consequentemente no atendimento ao Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 e ao Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, institui a estratégia BIM BR e estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, repectivamente.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

O tema abordado por essa pesquisa permite desenvolvimento em demais áreas que não as do contexto exclusivo da implementação BIM no DNIT. Como sugestões, são apresentados os temas a seguir:

- Aplicação dos sistemas *fuzzy* de inferência baseado em regras, como estudo de caso em demais órgãos que estejam implementando os processos BIM de forma a identificar os pontos críticos da implementação;
- Desenvolvimento de sistemas *fuzzy* com variações das funções de pertinência e comparação de resultados, como por exemplo: funções trapezoidais, gaussianas, etc;
- Aumento da complexidade e número dos aspectos caracterizantes dos riscos, levando a mais subdivisões do sistema *fuzzy*;
- Interação da lógica fuzzy e das redes neurais na quantificação dos riscos, a fim de atribuir ao sistema o aprendizado com dados históricos e a auto otimização;
- Evoluir a pesquisa atual, ao nível de desenvolvimento de categorias, critérios e bases. Isso visando chegar-se a um processo de certificação em implementação em BIM, com o objetivo de apoiar órgãos públicos a atender ao Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 e ao Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASNEJAD, Behzad; NEPAL, Madhav Prasad; AHANKOOB, Alireza; NASIRIAN, Araz; DROGEMULLER, Robin. Building Information Modeling (BIM) adoption and implementation enablers in AEC firms: a systematic literature review. **Architectural Engineering And Design Management**, [S.L.], p. 1-23, 16 Jul. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2020.1793721>.

ABEDZADEH, Saeedeh; ROOZBAHANI, Abbas; HEIDARI, Ali. Risk Assessment of Water Resources Development Plans Using Fuzzy Fault Tree Analysis. **Water Resources Management**, [S.L.], v. 34, n. 8, p. 2549-2569, jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11269-020-02578-5>.

ABUALDENIEN, Jimmy; SCHNEIDER-MARIN, Patricia; ZAHEDI, Ata; HARTEK, Hannes; EXNER, Hannah; STEINER, Daniel; SINGH, Manav Mahan; BORRMANN, André; LANG, Werner; PETZOLD, Frank. Consistent management and evaluation of building models in the early design stages. **Journal Of Information Technology In Construction**, [s.l.], v. 25, p. 212-232, 27 Mar. 2020. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. <http://dx.doi.org/10.36680/j.itcon.2020.013>

ADRIAANSE, Arjen; VOORDIJK, Hans; DEWULF, Geert. Adoption and use of interorganizational ICT in a construction project. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 136, n. 9, p.1003-1014, set. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000201](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000201).

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI) E MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC). **GUIA 1 – Processo de projeto BIM**. Brasília, DF: ABDI, 2017a. 82 p. (Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC).

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI) E MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS (MDIC). **GUIA 6 – A Implantação de Processos BIM**. Brasília, DF: ABDI, 2017b. 60 p. (Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC).

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **Projeto PROARTE do DNIT consolidará metodologia BIM no Brasil**. 2020a. Elaborado por CCOM. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/postagem/projeto-proarte-do-dnit-consolidara-metodologia-bim-no-brasil>> Acesso em: 02 jul. 2020.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL (ABDI). **A BNBIM**. Disponível em: <<https://plataformabimbr.abdi.com.br/bimBr/#/conteudo/62>> Acesso em: 10 jun. 2020b.

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHEDE, Marco André. Lógica Fuzzy. **Faculdade de Tecnologia – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)**, Limeira – SP, p. 1-12, 2010.

AHANKOOB, Alireza; MANLEY, Karen; ABBASNEJAD, Behzad. The role of contractors' Building Information Modeling (BIM) experience in realizing the potential values of

BIM. **International Journal Of Construction Management**, [S.L.], p. 1-12, 11 Jul. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2019.1639126>.

AHUJA, Ritu; SAWHNEY, Anil; JAIN, Megha; ARIF, Mohammed; RAKSHIT, Samya. Factors influencing BIM adoption in emerging markets – the case of India. **International Journal Of Construction Management**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 65-76, 27 abr. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2018.1462445>.

AKSENOVA, Gulnaz; KIVINIEMI, Arto; KOCATURK, Tuba; LEJEUNE, Albert. From Finnish AEC knowledge ecosystem to the business ecosystem: lessons learned from the national deployment of bim. **Construction Management And Economics**, [S.L.], v. 37, n. 6, p. 317-335, 21 jul. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2018.1481985>

ALMEIDA NETO, Humberto Rocha de. **Um modelo de maturidade para governança ágil em tecnologia da informação e comunicação**. 2015. 337 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2015.

ALMUNTASER, Taqiadden; SANNI-ANIBIRE, Muizz O.; HASSANAIN, Mohammad A.. Adoption and implementation of BIM – a case study of a Saudi Arabian AEC firm. **International Journal Of Managing Projects In Business**, [S.L.], v. 11, n. 3, p. 608-624, 2 jul. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijmpb-05-2017-0046>.

ARAÚJO, Lissa Gomes. **Quantificação da Influência dos Parâmetros da Produtividade da Mão de Obra na Construção Civil por Meio de Sistemas Fuzzy de Inferência**. 2019. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ARAYICI, Y.; COATES, P.; KOSKELA, L.; KAGIOGLOU, M.; USHER, C.; O'REILLY, K.. Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 189-195, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15965-1:2011** – Sistema de classificação da informação da construção – Parte 1: Terminologia e estrutura. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15965-2:2012** – Sistema de classificação da informação da construção – Parte 2: Características dos objetos da construção. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15965-3:2014** – Sistema de classificação da informação da construção – Parte 3: Processos da construção. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 15965-7:2015** – Sistema de classificação da informação da construção – Parte 7: Informação da construção. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR ISO 12006-2:2018** – Construção de edificação - Organização de informação da construção – Parte 2: Estrutura para classificação. São Paulo. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.

AZENHA, Miguel. **Material de apoio ao curso de BIM**. Porto - Portugal: Ordem dos Engenheiros, 2014.

AZHAR, Salman. Building Information Modeling (BIM): trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. **Leadership And Management In Engineering**, Reston - Usa, v. 11, n. 3, p. 243-255, July 2011.

AZHAR, Salman; KHALFAN, Malik; MAQSOOD, Tayyab. Building Information Modeling (BIM): now and beyond. **Construction Economics And Building**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 15-28, 15 out. 2015. The University of Technology, Sydney (UTS). <http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>.

BADRINATH, Amarnath Chegus; HSIEH, Shang-hsien. Empirical approach to identify operational critical success factors for BIM projects. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 145, n. 3, p. 140-154, mar. 2019. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001607](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001607).

BAHAMID, R A.; DOH, S. I.; AL-SHARAF, M A.. Risk factors affecting the construction projects in the developing countries. **Iop Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.L.], v. 244, p. 120-144, 7 mar. 2019. IOP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/244/1/012040>.

BAKCHAN, Amal; FAUST, Kasey M.; LEITE, Fernanda. Seven-dimensional automated construction waste quantification and management framework: integration with project and site planning. **Resources, Conservation, And Recycling**, [s.l.], v. 146, p. 462-474, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.020>.

BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D Aplicada a um Caso Prático Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto - Portugal, 2014.

BECERIK-GERBER, Burcin; RICE, Samara. The Perceived Value of Building Information Modeling in the US Building Industry. **Journal Of Information Technology In Construction**, Washington, D.c., v. 15, p. 185-201, Feb. 2010.

BELTRÃO, Leandro Modesto Prates. **Priorização de Riscos de Obras Públicas por Meio do Processo de Análise Hierárquica Fuzzy**. 2017. 221 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2017

BIMFORUM. **Level of development (LOD) - specification part I & commentary**: for Building Information models and data. 7. ed. [s.i.]: Bimforum, 2019. 256 p.

BINESMAEL, Mohamed; LI, Haijiang; LARK, R.. Meta-Standard for Collaborative BIM Standards: an analysis of UK bim level 2 standards. : An Analysis of UK BIM Level 2

Standards. **Ifip Advances In Information And Communication Technology**, [s.l.], p. 661-668, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-99127-6_57.

BODDUPALLI, Chanakya; SADHU, Ayan; AZAR, Ehsan Rezazadeh; PATTYSON, Scott. Improved visualization of infrastructure monitoring data using Building Information Modeling. **Structure And Infrastructure Engineering**, [S.L.], v. 15, n. 9, p. 1247-1263, 22 abr. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15732479.2019.1602150>

BODEA, Constanta-nicoleta; PURNUS, Augustin. Legal implications of adopting Building Information Modeling (BIM). **Juridical Tribune**, Bucareste, v. 8, p. 63-72, July 2018.

BRASIL. Decreto nº 9377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/D9377.htm> Acesso em: 03 de agosto de 2020.

_____. Decreto nº 10306, de 02 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modeling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling- Estratégia BIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm> Acesso em: 03 de agosto de 2020.

_____. Decreto nº 9983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modeling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modeling. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/D9983.htm#:~:text=DECRETA%20%3A&text=1%C2%BA%20Este%20Decreto%20disp%C3%B5e%20sobre,a%20sua%20difus%C3%A3o%20no%20Pa%C3%ADs> Acesso em: 03 de agosto de 2020.

_____. Lei nº 12.462, de 4 de agosto de 2011. **Institui o Regime Diferenciado de Contratações Públicas – RDC**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12462.htm> Acesso em: 03 de agosto de 2020.

_____. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. **Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm> Acesso em: 03 de agosto de 2020.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **BS EN ISO 19650-2:2018**: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) - information management using Building Information Modeling. Delivery phase of the assets. London, 2018.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **PAS 1192-2:2013**: Specification for information management for the capital delivery phase of construction projects. London, 2013.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **PAS 1192-3:2014** Specification for information management for the operational phase of assets using Building Information Modeling. London, 2014.

BUILDINGSMART. **Scope of buildingSMART Standards**. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/>. Acesso em: 27/03/2019.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **Concreto e Construções**, São Paulo, Sp, v. 84, p. 54-59, dez. 2016. Trimestral.

CHAN, Daniel W.M.; OLAWUMI, Timothy O.; HO, Alfred M.L. Perceived benefits of and barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in construction: the case of hong kong. **Journal Of Building Engineering**, [S.L.], v. 25, p. 100764, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.job.2019.100764>.

CHAN, Hing Kai; WANG, Xiaojun. Risk Assessment. **Fuzzy Hierarchical Model For Risk Assessment**, [S.L.], p. 7-23, 2013. Springer London. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-5043-5_2.

CHATTERJEE, Kajal; ZAVADSKAS, Edmundas; TAMOSAITIENE, Jolanta; ADHIKARY, Krishnendu; KAR, Samarjit. A hybrid MCDM technique for risk management in construction projects. **Symmetry**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 46, 13 fev. 2018. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/sym10020046>.

CHEN, Shi-jay; CHEN, Shyi-ming. Fuzzy risk analysis is based on similarity measures of generalized fuzzy numbers. **Ieee Transactions On Fuzzy Systems**, [s.l.], v. 11, n. 1, p.45-56, fev. 2003. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/TFUZZ.2002.806316>.

CHEW, Andrew; RILEY, Meredith. What is going on with BIM? On the way to 6D. **The International Construction Law Review**, Austrália, p. 1-13, 2013

CHIEN, Kuo-feng; WU, Zong-han; HUANG, Shyh-chang. Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: empirical study. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 45, p. 1-15, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2014.04.012>.

CHRISTENSEN, Sharon; MCNAMARA, Judith; O'SHEA, Kathryn. Legal and contracting issues in electronic project administration in the construction industry. **Structural Survey**, [s.l.], v. 25, n. 3/4, p. 191-203, 17 jul. 2007. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/02630800710772791>.

CIOCOIU, Carmen Nadia; PRIOTEASA, Adina Liliana; COLESCA, Sofia Elena. Risk Management Implementation for Sustainable Development of Romanian SMEs: a fuzzy approach. **Amfiteatru Economic**, [S.L.], v. 22, n. 55, p. 726-731, ago. 2020. Bucharest University of Economic Studies. <http://dx.doi.org/10.24818/ea/2020/55/726>.

CMMI PRODUCT TEAM. **CMMI® for Development (CMMI-DEV):** Improving process for developing better products and services. V 1.3, Pittsburgh, Pennsylvania: CMU/SEI-2010-TR-033. Software Engineering Institute, 2010. 492 P.

CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL (CIC). **Building Information Modeling (BIM) Protocol:** standard protocol for use in projects using Building Information models. 2. ed. Great Britain: Cic/bim Pro, 2018. 24 p.

COOPER, Dale; GREY, Stephen; RAYMOND, Geoffrey; WALKER, Phil. **Project Risk Management Guidelines:** managing risk in large projects and complex procurements. Uk: John Wiley & Sons, Inc., 2005. 400 p.

COX, Earl. **The Fuzzy Systems Handbook:** A Practitioner's Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems. 2. ed. New York: Ap Professional, 1998. 716 p.

CRETU, Ovidiu; STEWART, Robert B.; BERENDS, Terry. **Risk Management for Design and Construction.** New Jersey: Rsmeans, 2011. 288 p.

DAVIS, Daniel. **Modeled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture.** 2013. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Architecture And Design, School Of Architecture And Design, RMIT University, Melbourne, Austrália, 2013. Cap. 2.

DAWOOD, Huda; SIDDLE, Jonathan; DAWOOD, Nashwan. Integrating IFC and NLP for automating change request validations. **Journal Of Information Technology In Construction**, [s.l.], v. 24, p. 540-552, 4 dez. 2019. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. <http://dx.doi.org/10.36680/j.itcon.2019.030>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), Coordenação de Comunicação Social. **Acompanhe as realizações da Diretoria Executiva no ano de 2019:** Governança, Planejamento, Integridade e BIM são temas da área. 2019a. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/acompanhe-as-realizacoes-da-diretoria-executiva-no-ano-de-2019>. Acesso em: 03 ago. 2020

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), Coordenação de Comunicação Social. **DNIT alinha as diretrizes da Autarquia para o ano de 2020.** Institucional. 2019b. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/dnit-alinha-as-diretrizes-da-autarquia-para-o-ano-de-2020-1>. Acesso em: 3 ago. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT), Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Case do PROARTE é apresentado no Seminário Internacional BIM.** 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/noticias/case-do-proarte-e-apresentado-no-seminario-internacional-bim-2>. Acesso em: 3 ago. 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Instrução de Serviço nº 09, de 3 de maio de 2016.** Brasília, 2016. p. 1-15

DING, Zhikun; ZUO, Jian; WU, Jinchuang; WANG, Jy. Key factors for the BIM adoption by architects: a china study. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 732-748, 16 nov. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-04-2015-0053>.

DOSSICK, Carrie S.; NEFF, Gina. Organizational divisions in BIM-enabled commercial construction. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 136, n. 4, p. 459-467, abr. 2010. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000109](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000109).

DUBOIS, Didier; PRADE, Henri. Fuzzy Real Algebra: Some Results. **Fuzzy Sets And Systems**, [S.L.], v. 2, n. 4, p. 327-348, out. 1979. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0165-0114\(79\)90005-8](http://dx.doi.org/10.1016/0165-0114(79)90005-8).

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, designers, engineers, contractors, and facility**. 2. ed. [s.i.]: John Wiley & Sons, Inc., 2011. 688 p.

EL-SAYEGH, Sameh M.; MANSOUR, Mahmoud H.. Risk assessment and allocation in highway construction projects in the UAE. **Journal Of Management In Engineering**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 140-154, nov. 2015. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000365](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000365).

FAN, Su-ling. Intellectual property rights in Building Information Modeling application in Taiwan. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 140, n. 3, p. 58-68, mar. 2014. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000808](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000808).

FAN, Su-Ling; CHONG, Heap-Yih; LIAO, Pin-Chao; LEE, Cen-Ying. Latent provisions for Building Information Modeling (BIM) contracts: a social network analysis approach. **Ksce Journal Of Civil Engineering**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1427-1435, 26 fev. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12205-019-0064-8>.

FAYEK, Aminah Robinson; ODUBA, Ayodele. Predicting industrial construction labor productivity using fuzzy expert systems. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 131, n. 8, p. 938-941, ago. 2005. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2005\)131:8\(938\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2005)131:8(938)).

FERREIRA, Anderson Alvarenga e CUNHA, João Felipe Lemos. **Implementação BIM no DNIT: 1º projeto piloto: programa PROARTE**. Brasília -DF: 2º Seminário Internacional BIM CBIC - O BIM em Obras Públicas, 2019. 42 slides.

FISCHER, Martin; KUNZ, John. . **The Scope and Role of Information Technology in Construction**. 156. ed. Califórnia: Center For Integrated Facility Engineering da Universidade de Stanford, 2004. 19 p. Disponível em: <<http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR156.pdf>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

GAO, Ju; FISCHER, Martin. **Framework & Case Studies Comparing Implementations & Impacts of 3D/4D Modeling Across Projects**. Palo Alto, Califórnia: Stanford University, 2008. 113 p. CIFE Technical Report #TR172.

GEORGIADOU, Maria Christina. An overview of benefits and challenges of Building Information Modeling (BIM) adoption in UK reside. **Construction Innovation**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 298-320, 7 jul. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ci-04-2017-0030>.

GHAFFARIANHOSEINI, Ali; TOOKEY, John; GHAFFARIANHOSEINI, Amirhosein; NAISMITH, Nicola; AZHAR, Salman; EFIMOVA, Olia; RAAHEMIFAR, Kaamran. Building Information Modeling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks, and challenges. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 75, p. 1046-1053, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>.

GIEL, Brittany K.; ISSA, Raja R. A.. Return on Investment Analysis of Using Building Information Modeling in Construction. **Journal Of Computing In Civil Engineering**, [S.L.], v. 27, n. 5, p. 511-521, set. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000164](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000164).

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 248 p.

GOMIDE, Fernando A. C.; GUDWIN, Ricardo R.; TANSCHKEIT, Ricardo. Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações. **Proc. 6th Ifsa Congress-tutorials**, São Paulo, p. 1-38, 1995.

GRANT, K.P.; PENNYPACKER, J.s.. Project management maturity: an assessment of project management capabilities among and between selected industries. **Ieee Transactions On Engineering Management**, [S.L.], v. 53, n. 1, p. 59-68, fev. 2006. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tem.2005.861802>

GREENWOOD, David; LEWIS, Simon; LOCKLEY, Steve. Contractual Issues in the Total Use of Building Information Modeling. **Cib World Building Congress: Proceeding: W113 - Special Track 18**, Salford, Uk, p. 337-363, abr. 2010.

GU, Ning; LONDON, Kerry. Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 19, n. 8, p.988-999, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.002>.

GUNHAN, Suat; ARDITI, David. International expansion decision for construction companies. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 131, n. 8, p.928-937, ago. 2005. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9364\(2005\)131:8\(928\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-9364(2005)131:8(928)).

GUO, Hongling; YU, Run; FANG, Yihai. Analysis of negative impacts of BIM-enabled information transparency on contractors' interests. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 103, p. 67-79, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.007>.

GUREVICH, Ury; SACKS, Rafael. Longitudinal study of BIM adoption by public construction clients. **Journal Of Management In Engineering**, [S.L.], v. 36, n. 4, p. 05020008, jul. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000797](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000797).

HAMER, Andy. **BIM Un-Caged - A Structured Approach To Data Building Information Management (BIM)**. UK: Amazon Digital Services Llc, 2017. 50 p.

HANAFI, Mohd Hanizun; SING, Gan Gek; ABDULLAH, Shardy; ISMAIL, Radzi. Organizational readiness of Building Information Modeling Implementation: Architectural practices. **Jurnal Teknologi**, Penang, Malaysia, p. 50-56, Mar. 2016.

HANNA, Awad S.; YEUTTER, Michael; AOUN, Diane G.. State of practice of Building Information Modeling in the electrical construction industry. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 140, n. 12, p. 111-122, dez. 2014. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000893](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000893).

HANNA, Awad; BOODAI, Fawaz; ASMAR, Mounir El. State of practice of Building Information Modeling in mechanical and electrical construction industry. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 139, n. 10, p. 45-54, out. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000747](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000747).

HOLBECHE, Linda. **Understanding Change: theory, implementation, and success**. Boston, Ma: Elsevier, 2006.

HONG, Xia; HARRIS, C.j. A neuro-fuzzy network knowledge extraction and extended gram-schmidt algorithm for model subspace decomposition. **Ieee Transactions On Fuzzy Systems**, [s.l.], v. 11, n. 4, p. 528-541, ago. 2003. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/tfuzz.2003.814842>.

HOSSEINI, M. Reza; BANIHASHEMI, Saeed; CHILESHE, Nicholas; NAMZADI, Mehran Oraee; UDAEJA, Chika; RAMEEZDEEN, Raufdeen; MCCUEN, Tammy. BIM adoption within Australian Small and Medium-sized Enterprises (SMEs): an innovation diffusion model. **Construction Economics And Building**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 71-86, 8 set. 2016. University of Technology, Sydney (UTS). <http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v16i3.5159>

HSU, Ko-ming; HSIEH, Ting-ya; CHEN, Jieh-haur. Legal risks incurred under the application of BIM in Taiwan. **Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers - Forensic Engineering**, [s.l.], v. 168, n. 3, p. 127-133, ago. 2015. Thomas Telford Ltd.. <http://dx.doi.org/10.1680/feng.14.00005>.

HWANG, Bon-Gang; NGO, Jasmine; HER, Priscilla Wan Yi. Integrated Digital Delivery: implementation status and project performance in the Singapore construction industry. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 262, p. 121396, jul. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121396>.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 12006-2:2015** – Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 12006-3:2007** – Building construction - Organization of information about construction works Part 3: Framework for object-oriented information. 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 16739-1:2018** – Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 19650-1:2018** – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) — Information management using Building Information Modeling — Part 1: Concepts and principles. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 19650-2:2018** – Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including Building Information Modeling (BIM) — Information management using Building Information Modeling — Part 2: Delivery phase of the assets. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 29481-1:2016** – Building Information models - Information delivery manual — Part 1: Methodology and format. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 29481-2:2012** – Building Information models - Information delivery manual — Part 2: Interaction framework. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 29481-2:2016** – Building Information models - Information delivery manual — Part 2: Interaction framework. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 31000**: Risk Management - Guidelines. 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO/PAS 16739:2005** – Industry Foundation Classes, Release 2x, Platform Specification (IFC2x Platform). 2005.

JENSEN, Per Anker; JÓHANNESSON, Elvar Ingi. Building Information Modeling in Denmark and Iceland. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 99-110, 4 jan. 2013. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/09699981311288709>.

JIN, Ruoyu; HANCOCK, Craig Matthew; TANG, Llewellyn; WANATOWSKI, Dariusz. BIM Investment, Returns, and Risks in China's AEC Industries. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [S.L.], v. 143, n. 12, p. 089-118, dez. 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001408](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001408).

JUNG, Youngsoo; JOO, Mihee. Building Information Modeling (BIM) framework for practical implementation. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 20, n. 2, p.126-133, mar. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.010>.

KASSEM, Mohamad; AMORIM, Sergio R. Leusin de. **Diálogos Setoriais para BIM – Building Information Modeling no Brasil**. Brasília: Projeto Apoio Aos Diálogos Setoriais União Eupeia - Brasil, 2015. 162 p.

KASSEM, Mohamad; SUCCAR, Bilal. Macro BIM adoption: comparative market analysis. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 81, p. 286-299, set. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2017.04.005>.

KENLEY, Russell; HARFIELD, Toby; BEHNAM, Ali. BIM Interoperability Limitations: Australian and Malaysian rail projects. **Matec Web Of Conferences**, [S.L.], v. 66, p. 00102, 2016. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20166600102>.

KERZNER, Harold. **Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling**. 10. ed. New York: John Wiley & Sons, 2009. 1264 p.

KERZNER, Harold. **Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model**. New York: John Wiley & Sons, 2001. 272 p.

KHAZAENI, Garshasb; KHANZADI, Mostafa; AFSHAR, Abas. Fuzzy adaptive decision-making model for selection balanced risk allocation. **International Journal Of Project Management**, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 511-522, maio 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2011.10.003>.

KHOSHFETRAT, Reza; SARVARI, Hadi; CHAN, Daniel W. M.; RAKHSHANIFAR, Mansooreh. Critical risk factors for implementing Building Information Modeling (BIM): a delphi-based survey. **International Journal Of Construction Management**, [S.L.], p. 1-10, 6 jul. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2020.1788759>.

KHOSROWSHAHI, Farzad; ARAYICI, Yusuf. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [s.l.], v. 19, n. 6, p. 610-635, 9 nov. 2012. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211277531>.

KLIR, George; YUAN, Bo. **Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: theory and applications**. New Jersey: Prentice-Hall, 1995. 592 p.

KRYGIEL, Eddy; NIES, Brad. **Green BIM: successful sustainable design with Building Information Modeling**. New York: Wiley, 2008.

KU, Kihong; TAIEBAT, Mojtaba. BIM Experiences and Expectations: the constructors' perspective. : The Constructors' Perspective. **International Journal Of Construction Education And Research**, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 175-197, jul. 2011. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15578771.2010.544155>.

KUIPER, Ilsa; HOLZER, Dominik. Rethinking the contractual context for Building Information Modeling (BIM) in the Australian built. **Construction Economics And Building**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 1-17, 9 dez. 2013. University of Technology, Sydney (UTS). <http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v13i4.3630>.

KUMAR, Naresh; SANJAY, Ch.; CHAKRAVARTHY, M.. Mamdani Fuzzy Expert System Based Directional Relaying Approach For Six-Phase Transmission Line. **International Journal Of Interactive Multimedia And Artificial Intelligence**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 41-55, 2020. Universidad Internacional de La Rioja. <http://dx.doi.org/10.9781/ijimai.2019.06.002>.

LAM, Thep Thanh; MAHDJOUBI, Lamine; MASON, Jim. A framework to assist in the analysis of risks and rewards of adopting BIM for SMEs in the UK. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [s.l.], v. 23, n. 6, p.740-752, 15 maio 2017. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2017.1281840>.

LI, Yan; WANG, Xinyu. Using fuzzy analytic network process and ism methods for risk assessment of public-private partnersh: a China perspective. **Journal Of Civil Engineering And Management**, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 168-183, 26 fev. 2019. Vilnius Gediminas Technical University. <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2019.8655>.

LIANG, Cong; LU, Weisheng; ROWLINSON, Steve; ZHANG, Xiaoling. Development of a multifunctional bim maturity model. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [S.L.], v. 142, n. 11, p. 06016003, nov. 2016. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001186](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001186)

LIAO, Longhui; TEO, Evelyn Ai Lin. Organizational change perspective on people management in BIM implementation in building projects. **Journal Of Management In Engineering**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 04018008, maio 2018. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000604](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000604).

LINDBLAD, Hannes. Black boxing BIM: the public client's strategy in BIM implementation. **Construction Management And Economics**, [S.L.], v. 37, n. 1, p. 1-12, 5 jul. 2018. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2018.1472385>.

LIU, Ding; JIN, Ziyu; GAMBATESE, John. Scenarios for integrating IPS–IMU system with BIM technology in construction safety control. **Practice Periodical On Structural Design And Construction**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 05019007, fev. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000465](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000465).

LIU, Huazan; HE, Yukang; HU, Qichao; GUO, Jianfei; LUO, Lan. Risk management system and intelligent decision-making for prefabricated building projects under deep learning modified teaching-learning-based optimization. **Plus One**, [S.L.], v. 15, n. 7, p. 260-283, 17 jul. 2020. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0235980>.

LU, Weisheng; FUNG, Ada; PENG, Yi; LIANG, Cong; ROWLINSON, Steve. Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves. **Building And Environment**, [s.l.], v. 82, p. 317-327, dez. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.030>.

LUKE, Washington Gulstenberg de Moura. **BIM nos Projetos de Infraestrutura no DNIT**. Brasília - DF: Seminário de Construção Digital DNIT, 2019. Color.

MA, Pei; ZHANG, Shuibo; HUA, Yuanyuan; ZHANG, Jinyue. Behavioral perspective on BIM postadoption in construction organizations. **Journal Of Management In Engineering**, [S.L.], v. 36, n. 1, p. 04019036, jan. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000729](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000729).

MAHAMADU, Abdul-Majeed; MAHDJOUBI, Lamine; BOOTH, Colin. Challenges to BIM-cloud integration: Implication of Security Issues on Secure Collaboration. **2013 Ieee 5th**

International Conference On Cloud Computing Technology And Science, [s.l.], p. 209-221, dez. 2013. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/cloudcom.2013.127>.

MAHMOUDI, Amin; ABBASI, Mehdi; DENG, Xiaopeng; IKRAM, Muhammad; YEGANEH, Salman. A novel model for risk management of outsourced construction projects using decision-making methods: a case study. **Grey Systems: Theory and Application**, [S.L.], v. 10, n. 2, p. 97-123, 6 abr. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/gS-09-2019-0038>.

MALHOTRA, Naresh; NUNAN, Dan; BIRKS, David. **Marketing Research: an applied approach**. 5. ed. Edinburgh Gate, United Kingdom: Pearson Education Limited, 2017. 976 p.

MARKOWSKI, Adam S.; MANNAN, M. Sam. Fuzzy risk matrix. **Journal Of Hazardous Materials**, [s.l.], v. 159, n. 1, p.152-157, nov. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.055>.

MARTINS, Claudia Garrido. **Aplicação das Técnicas de Identificação de Risco em Projetos de E & P**. 2006. 93 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Econômica e Financeira, Pós-graduação - Mba, Universidade Federal Fluminense – Uff, Niterói, 2006.

MCAULEY, Barry; HORE, Alan; WEST, Roger. **BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme**. Dublin, Ireland: School Of Surveying And Construction Management, Dublin Institute Of Technology, 2017. 57 p.

MIGILINSKAS, Darius; POPOV, Vladimir; JUOCEVICIUS, Virgaudas; USTINOVICHIOUS, Leonas. The benefits, obstacles, and problems of practical BIM implementation. **Procedia Engineering**, [s.l.], v. 57, p. 767-774, 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.097>.

MOM, Mony; HSIEH, Shang-Hsien. Toward performance assessment of BIM technology implementation. In: **International Conference on Computing in Civil and Building Engineering**, 14., 2012, Moscow, Russia. Paper. Moscow: Iccbe, 2012. p. 32 - 40.

MORANO, Cássia Andréa Ruotolo; MARTINS, Claudia Garrido; FERREIRA, Miguel Luiz Ribeiro. Aplicação das Técnicas de Identificação de Risco em Empreendimentos de E e P. **Engevista**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.120-133, 2 fev. 2010. Pro Reitoria de Pesquisa, Pos Graduacao e Inovacao - UFF. <http://dx.doi.org/10.22409/engevista.v8i2.198>

MORTAZAVI, Seyedmehdi; KHEYRODDIN, Ali; NADERPOUR, Hosein. risk evaluation and prioritization in bridge construction projects using system dynamics approach. **Practice Periodical On Structural Design And Construction**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 04020015, ago. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000493](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000493)

NBS. **National BIM Report 2018**. Reino Unido: RIBA, 2018. 27 p.

NBS. **National BIM Report 2020**. Reino Unido: RIBA, 2020. 21 p.

NICOLETTI, Maria do Carmo; CAMARGO, Heloisa de Arruda. **Fundamentos da teoria de conjuntos Fuzzy**. São Carlos: Edufscar, 2009. 65 p. (Série Apontamentos).

OKAKPU, Anthony; GHAFARIANHOSEINI, Ali; TOOKEY, John; HAAR, Jarrod; GHAFARIANHOSEINI, Amirhosein; REHMAN, Attiq Ur. Risk factors that influence adoption of Building Information Modeling (BIM) for refurbishment of complex building projects: stakeholders' perceptions. **International Journal Of Construction Management**, [S.L.], p. 1-13, 28 jul. 2020. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2020.1795985>.

ORTEGA, Neli Regina Siqueira. **Aplicação da Teoria de Conjuntos Fuzzy a Problemas da Biomedicina**. 2001. 166 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós Graduação em Física, Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001

OTERO, Juliano Araújo. **Ferramenta de Gestão de Riscos Baseada na Teoria dos Conjuntos Fuzzy para Suporte à Garantia do Desempenho de Edificações Habitacionais**. 2018. 244 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

OZORHON, Beliz; KARAHAN, Ugur. Critical success factors of Building Information Modeling implementation. **Journal Of Management In Engineering**, [s.l.], v. 33, n. 3, p. 54-66, maio 2017. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000505](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000505).

PARANÁ, Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística. **Caderno BIM: caderno de especificações técnicas para contratação de projetos em bim**. Curitiba, Pr: Governo Paraná, 2018. (Coletânea de cadernos orientadores).

PAULK, Mark C.; WEBER, Charles V.; GARCIA, Suzanne M.; CHRISISS, Mary Beth; BUSH, Marilyn. **Key Practices of the Capability Maturity Model SM**. V 1.1 Pittsburgh, Pennsylvania: CMU/SEI-93-TR-025, Software Engineering Institute, 1993. 479 p.

PHANG, Thomas C. H.; CHEN, Chen; TIONG, Robert L. K. New Model for Identifying Critical Success Factors Influencing BIM Adoption from Precast Concrete Ma. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [S.L.], v. 146, n. 4, p. 14-32, abr. 2020. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001773](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001773)

PISSARRA, Nuno Miguel de Matos. **Utilização de Plataformas Colaborativas para o Desenvolvimento de Empreendimentos de Engenharia Civi**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa - Portugal, 2010.

PORWAL, Atul; HEWAGE, Kasun N. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 31, p. 204-214, maio 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.004>.

PRADO, Darci. **Maturidade em gerenciamento de projetos**. 3. ed. Nova Lima: Falconi, 2016. 1719 p. 7 v. (Gerenciamento de Projetos).

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **Organizational Project Management Maturity Model (OPM3®)**: Knowledge Foundation. 3. ed. Newton Square: PMI, 2013. 246 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). **A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK GUIDE**. 6. ed. Newton Square, Pennsylvania (USA): Project Management Institute, 2017.

RODRIGUES, Ana Raquel Silvério. **Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo**. 2018. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

ROJAS, Raul. Fuzzy Logic. In: ROJAS, Raul. **Neural Networks: A Systematic Introduction**. [S.I.]: Springer, 1996. p. 289-310.

ROSEMANN, Michael; BRUIN, Tonia de. Application of a holistic model for determining BPM maturity. **BPtrends: BPM Analysis, Opinion, and Insight**, Queensland - Australia, p. 17-39, fev. 2005. bit.ly/2WB5oLT

ROSENBUSCH, Nina; BRINCKMANN, Jan; BAUSCH, Andreas. Is innovation always beneficial? A meta-analysis of the relationship between innovation and performance. **Journal Of Business Venturing**, [s.l.], v. 26, n. 4, p. 441-457, jul. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusvent.2009.12.002>.

ROSS, Timothy J.. **Fuzzy Logic with Engineering Applications**. 2. ed. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, 1995. 650 p.

RUVINSKAYA, V.m.; TROYNINA, A.s.; BERKOVICH, E.I.; BILOVZOROV, O.o. Rules of expert system for safety monitoring: checking on completeness and consistency. **Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi**, [s.l.], n. 2, p. 103-110, 15 jun. 2015. Odessa National Polytechnic University. <http://dx.doi.org/10.15276/opu.2.46.2015.19>.

RYAN, A.; MILLER, G.; WILKINSON, S. **Successfully Implementing Building Information Modeling in New Zealand**: maintaining the relevance of contract forms and procurement models. 38. ed. Auckland, New Zealand: Australasian Universities Building Education Association (Aubea) Conference, 2013. 22 p.

SAKA, Abdullahi Babatunde; CHAN, Daniel W.M. Knowledge, skills and functionalities requirements for quantity surveyors in Building Information Modeling (BIM) work environment: an international delphi study. **Architectural Engineering And Design Management**, [S.L.], v. 16, n. 3, p. 227-246, 1 ago. 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2019.1651247>.

SANTOS, William Rodrigues dos. **Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura**. 2016. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Curso de Planejamento, Gestão e Projeto, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – Ipt, São Paulo, 2016.

SARSHAR, M.; HAIGH, R.; FINNEMORE, M.; AOUAD, G.; BARRETT, P.; BALDRY, D.; SEXTON, M.. SPICE: a business process diagnostics tool for construction projects. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 7, n. 3, p. 241-250, mar. 2000. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/eb021149>.

SECCO, Érica Fernanda Aparecida. **Teoria de Conjuntos Fuzzy e Aplicações**. 2013. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013

SHANG, Zhexiong; SHEN, Zhigang. Critical Success Factors (CSFs) of BIM implementation for collaboration based on system analysis. **Computing In Civil And Building Engineering (2014)**, [S.L.], p. 1-20, 17 jun. 2014. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.179>.

SIEBELINK, Sander; VOORDIJK, Hans; ENDEDIJK, Maaïke; ADRIAANSE, Arjen. Understanding barriers to BIM implementation: their impact across organizational levels in relation to bim maturity. **Frontiers Of Engineering Management**, [S.L.], p. 330-345, 20 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s42524-019-0088-2>.

SIEBELINK, Sander; VOORDIJK, Johannes T.; ADRIAANSE, Arjen. Developing and testing a tool to evaluate BIM maturity: sectoral analysis in the dutch construction industry. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 144, n. 8, p. 34-48, ago. 2018. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001527](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001527).

SILVA NETO, João Carlos Araújo da. **Avaliação de Maturidade no Gerenciamento de Projetos em uma Empresa de Mineração em Minas Gerais**. 2011. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Administração, Faculdade de Ciências Empresariais, Fundação Mineira de Educação e Cultura - Fumec, Belo Horizonte, 2011.

SIMONIAN, Lonny. **Legal Considerations Associated with Building Information Modeling**. 2010. Associate Professor Construction Management. Disponível em: <http://www.caed.calpoly.edu/content/pdci/research-projects/simonian-10>. Acesso em: 18 abr. 2019.

SINGARAVEL, Sundaravelpandian; SUYKENS, Johan; GEYER, Philipp. Deep-learning neural-network architectures and methods: using component-based models in building-design energy prediction. **Advanced Engineering Informatics**, [s.l.], v. 38, p. 81-90, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2018.06.004>.

SINGER, D. Fault tree analysis based on fuzzy logic. **Computers & Chemical Engineering**, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 259-266, mar. 1990. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0098-1354\(90\)87064-v](http://dx.doi.org/10.1016/0098-1354(90)87064-v).

SOELTL, Michel Musulin. **Análise da Maturidade em Gerenciamento de Projetos e seu Impacto nos Projetos de desenvolvimento de Novos Produtos**: um estudo de caso do setor automotivo. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Automotiva, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006

SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE (SEI). The Capability Maturity Model: Guidelines for improving the software process. MA: Addison-Wesley, 1995.

SOUSA, Francisco Jesus de. **Compatibilização de Projetos em Edifícios de Múltiplos Andares - Estudo de Caso**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010. Cap. 2.

STANLEY, Ryan; THURNELL, Derek Pierre. The benefits of, and barriers to, implementation of 5D BIM for quantity surveying in New Zealand. **Construction Economics And Building**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 105-117, 26 mar. 2014. University of Technology, Sydney (UTS). <http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v14i1.3786>.

SUCCAR, Bilal. Building Information Modeling Maturity Matrix. **Handbook Of Research On Building Information Modeling And Construction Informatics**, [s.l.], p. 65-103, 2010. IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-60566-928-1.ch004>.

SUCCAR, Bilal. **BIM Maturity Index**. 2013. Disponível em: <https://www.bimframework.info/2013/12/bim-maturity-index.html>. Acesso em: 08 abr. 2020.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. An integrated approach to BIM competency assessment, acquisition and application. **Automation In Construction**, [S.L.], v. 35, p. 174-189, nov. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.016>.

SUCCAR, Bilal; SHER, Willy; WILLIAMS, Anthony. Measuring BIM performance: five metrics. **Architectural Engineering And Design Management**, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 120-142, maio 2012. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2012.659506>.

SUGENO, Michio. An introductory survey of fuzzy control. **Information Sciences**, [s.l.], v. 36, n. 1-2, p. 59-83, jul. 1985. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0020-0255\(85\)90026-x](http://dx.doi.org/10.1016/0020-0255(85)90026-x).

SUN, Chengshuang; XU, Hanting; JIANG, Shaohua. Understanding the risk factors of BIM technology implementation in the construction industry: an interpretive structural modeling (ism) approach. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. --, n. --, p. 123-143, 17 jul. 2020. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-09-2019-0508>.

TAN, Tan; CHEN, Ke; XUE, Fan; LU, Weisheng. Barriers to Building Information Modeling (BIM) implementation in China's prefabricated construction: an interpretive structural modeling (ism) approach. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 219, p. 949-959, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.141>.

TEIXEIRA FILHO, José Gilson de Almeida. **Modelo de Maturidade para Planejamento Estratégico de SI/TI direcionado às Organizações Governamentais Brasileiras baseado em Melhores Práticas: mmpe-si/ti (gov)**. 2010. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2010.

TOMEK, Ales; MATEJKA, Petr. The impact of BIM on risk management as an argument for its implementation in a construction company. **Procedia Engineering**, [S.L.], v. 85, p. 501-509, 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.577>.

UNIVERSITY CENTER FOR STANFORD. Integrated Facility Engineering. **CIFE Technical Reports**. Stanford, USA. 2007.

VOLK, Rebekka; STENGEL, Julian; SCHULTMANN, Frank. Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 38, p. 109-127, mar. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>.

WANG, Dan-chi; WANG, Lung-chang. Using analytic network process to analyze problems for implementing turn-key construction projects in Taiwan. **Journal Of Central South University**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 558-567, abr. 2011. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11771-011-0731-5>.

WANG, Li; LEITE, Fernanda. Comparison of Experienced and Novice BIM Coordinators in Performing Mechanical, Electrical, and Plumbing (MEP) Coordination Tasks. **Construction Research Congress 2014**, [s.l.], p. 21-30, 13 maio 2014. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784413517.003>

WANG, Xiangyu; LOVE, Peter E.d.; KIM, Mi Jeong; PARK, Chan-Sik; SING, Chun-pong; HOU, Lei. A conceptual framework for integrating Building Information Modeling with augmented reality. **Automation In Construction**, [s.l.], v. 34, p. 37-44, set. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.012>.

WEST, Joel. Seeking open infrastructure: contrasting open standards, open-source, and open innovation. : Contrasting open standards, open-source and open innovation. **First Monday**, [s.l.], v. 12, n. 6, p. 347-356, 4 jun. 2007. University of Illinois Libraries. <http://dx.doi.org/10.5210/fm.v12i6.1913>.

WIERMAN, Mak J.. **An introduction to the mathematics of uncertainty**. Omaha, Nebraska: Center For Mathematics Of Uncertainty - Creighton University, 2010. 367 p.

WIRBA, E.N.; Tah, J.H.M.; HOWES, R.. Risk interdependencies and natural language computations. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [S.L.], v. 3, n. 4, p. 251-269, abr. 1996. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/eb021034>.

WON, Jongsung; LEE, Ghang; DOSSICK, Carrie; MESSNER, John. Where to focus for successful adoption of Building Information Modeling within organization. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 139, n. 11, p. 139-149, nov., 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000731](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000731).

YAGUINUMA, Cristiane Akemi. **Processamento De Conhecimento Impreciso Combinando Raciocínio De Ontologias Fuzzy E Sistemas De Inferência Fuzzy**. 2013. 177 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - Sp, 2013.

ZADEH, L.A. Fuzzy sets. **Information And Control**, [S.L.], v. 8, n. 3, p. 338-353, jun. 1965. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0019-9958\(65\)90241-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0019-9958(65)90241-x).

ZHANG, Xun; AZHAR, Salman; NADEEM, Abid; KHALFAN, Malik. Using Building Information Modeling to achieve Lean principles by improving efficiency of work teams. **International Journal Of Construction Management**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 293-300, 7 nov. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/15623599.2017.1382083>.

ZHAO, Xianbo; FENG, Yingbin; PIENAAR, Josua; O'BRIEN, Darryl. Modeling paths of risks associated with BIM implementation in architectural, engineering and construction projects. **Architectural Science Review**, [s.l.], v. 60, n. 6, p. 472-482, 11 set. 2017. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00038628.2017.1373628>.

ZHAO, Xianbo; HWANG, Bon-gang; LOW, Sui Pheng. Developing fuzzy enterprise risk management maturity model for construction firms. **Journal Of Construction Engineering And Management**, [s.l.], v. 139, n. 9, p. 1179-1189, set. 2013. American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0000712](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0000712).

ZHAO, Xianbo; WU, Guangdong. Assessing Risks Associated with BIM adoption: An Empirical Study in China. **Iccrem 2017**, [s.l.], p. 47-57, 9 nov. 2017. American Society of Civil Engineers. <http://dx.doi.org/10.1061/9780784481080.006>.

ZHAO, Xianbo; WU, Peng; WANG, Xiangyu. Risk paths in BIM adoption: empirical study of china: empirical study of China. **Engineering, Construction And Architectural Management**, [s.l.], v. 25, n. 9, p. 1170-1187, 15 out. 2018. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ecam-08-2017-0169>.

ZOU, Yang; KIVINIEMI, Arto; JONES, Stephen W. A review of risk management throu BIM and BIM-related technologies. **Safety Science**, [S.L.], v. 97, p. 88-98, ago. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.12.02>

APÊNDICES

Apêndice A – Planilha para aquisição de dados via avaliação da maturidade da implementação BIM. Fonte: Succar (2010) adaptado.

Apêndice B – Planilha enviada aos especialistas para aquisição de dados via caracterização dos riscos em dois aspectos: probabilidade de ocorrência e impacto.

Apêndice C – Bases de regras inseridas no MATLAB para a primeira modelagem matemática

Apêndice D – Bases de regras inseridas no MATLAB para a segunda modelagem matemática

APÊNDICE A – Planilha para aquisição de dados via avaliação da maturidade da implementação BIM. Fonte: Succar (2010) adaptado.

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	TECNOLOGIA	Software: aplicações, entregáveis e dados	O uso de softwares não é monitorado e regulamentado. Os modelos 3D são utilizados principalmente para gerar representações precisas em 2D. O uso de dados, armazenamento e trocas não são definidas dentro das organizações ou das equipes de projeto. As trocas sofrem de uma grande falta de interoperabilidade	O uso e a introdução de software é unificada dentro da organização ou das equipes de projeto. Os modelos 3D são produzidos para gerar entregáveis em 2D bem como em 3D. O uso de dados, armazenamento e trocas são bem definidos dentro da organização e das equipes de projeto. A interoperabilidade é definida e priorizada.	A seleção e o uso de softwares é gerenciada e controlada de acordo com o tipo de entregáveis definidos. Os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. O uso de dados, armazenamento e as trocas são monitorados e controlados. O fluxo de dados é documentado e bem gerenciado. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada de perto.	A seleção e a implantação de softwares seguem os objetivos estratégicos da empresa e não somente os requisitos operacionais. O processo de modelagem e seus entregáveis são bem sincronizados através dos projetos e firmemente integrados com os processos do negócio. O uso de dados interoperáveis, o armazenamento e as trocas são regulamentados e executados como parte global da organização ou como estratégia de uma equipe de projetos.	A seleção e o uso de ferramentas de software são continuamente revisados para aumentar a produtividade e alinhar com os objetivos estratégicos. Os entregáveis do processo de modelagem BIM são otimizados e revisados ciclicamente para se beneficiarem de novas funcionalidades dos softwares e suas extensões disponíveis. Todos os assuntos relacionados ao armazenamento, uso e troca de dados interoperáveis são documentados, controlados, refletidos e proativamente reforçados.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Hardware: equipamento, entregáveis, localização, mobilidade	Os equipamentos para uso do BIM são inadequados: as especificações técnicas existentes são muito baixas para a organização. A troca ou atualização dos equipamentos são tratados como itens de custo e realizados apenas quando são inevitáveis.	As especificações dos equipamentos - apropriadas para a entrega de produtos e serviços em BIM - são definidas, orçadas e normalizadas em toda a organização. As atualizações e substituições de hardware são itens de custo bem definidos.	Existe uma estratégia estabelecida para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. O investimento em hardware é bem orientado para melhorar a mobilidade do pessoal (quando necessário) e aumentar a produtividade do BIM.	As implantações de equipamentos são tratadas como viabilizadoras do BIM. O investimento em equipamentos é integrado firmemente com os planos financeiros, as estratégias de negócios e com os objetivos de desempenho.	Os equipamentos existentes e as soluções inovadoras são continuamente testadas, atualizadas e implantadas. O hardware torna-se parte da vantagem competitiva da organização ou da equipe do projeto.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Rede: soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso	As soluções de rede são inexistentes ou provisórias. Indivíduos, organizações (único local / dispersos) e equipes de projeto usam qualquer que seja a ferramenta para se encontrar, comunicar e compartilhar dados. As partes interessadas não têm a infraestrutura de rede necessária para coletar, armazenar e compartilhar conhecimento.	As soluções para compartilhamento de informações e controle de acesso são identificadas dentro e entre organizações. No projeto, as partes identificam as suas necessidades de compartilhamento de dados/informações. As organizações e as equipes de são conectadas por meio de conexões de banda relativamente baixas.	As soluções de rede para a coleta, armazenamento e compartilhamento do conhecimento dentro e entre as organizações são geridas através de plataformas comuns. As ferramentas de gerenciamento de conteúdo e de ativos são implantadas para regular os dados através de conexões de banda larga.	As soluções de rede permitem múltiplas facetas do processo BIM para ser integrado através do compartilhamento em tempo real de dados, informações e conhecimento. As soluções incluem redes/portais de projeto específicos que permitem o intercâmbio de dados intensivos (troca interoperável) entre as partes interessadas.	As soluções de rede são continuamente avaliadas e substituídas pelas últimas inovações testadas. As redes facilitam a aquisição de conhecimento, armazenamento e compartilhamento entre todas as partes interessadas. A otimização dos canais de dados, processos e comunicações integradas é rígida.
NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO							



Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil

NOME:

FORMAÇÃO:

TEMPO DE ATUAÇÃO NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL:

TEMPO DE ATUAÇÃO NA ÁREA BIM:

Estudo - **Priorização dos riscos associados a implementação BIM**

MATRIZ - MATURIDADE DA IMPLEMENTAÇÃO BIM

⇒ ORIENTAÇÕES PARA PREENCHIMENTO DA MATRIZ:

Para cada **Conjunto de Capacidades BIM** (Tecnologia - ROSA, Processos - VERDE e Políticas - ROXO), classifique (marcando um "x") todos os itens (apresentados nas linhas) de acordo com a maturidade da implementação em que o PROARTE se encontra (maturidade inicial, definido, gerenciado, integrado **ou** otimizado).

Para **Estágio** - AZUL CLARO e **Escala** - AZUL ESCURO, primeiro selecione em qual estágio (1, 2 ou 3) e escala (micro, meso, macro) o PROARTE se encontra. Depois classifique a maturidade como nos itens anteriores, mas apenas para o estágio/escala selecionado (apenas uma das três linhas).

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	PROCESSOS	Recursos Infraestrutura Física e de Conhecimento	O ambiente de trabalho não é reconhecido como fator de satisfação pessoal ou pode não ser favorável à produtividade. O conhecimento não é reconhecido como um ativo: O conhecimento em BIM é compartilhado informalmente entre pessoal (através de dicas, técnicas e lições aprendidas).	As ferramentas de trabalho, o ambiente e o local de trabalho são identificadas como fatores que afetam a motivação e a produtividade. O conhecimento é reconhecido como um ativo compartilhado, recolhido, documentado e assim transferido de tácito para explícito.	O ambiente de trabalho é controlado, modificado e seus critérios são gerenciados para aumentar a produtividade, a satisfação e a motivação do pessoal. O conhecimento é documentado e adequadamente armazenado.	Os fatores ambientais internos e externos são integrados em estratégias de desempenho. O conhecimento é integrado em sistemas organizacionais é acessível e facilmente recuperável.	Os fatores físicos no local de trabalho são revisados para garantir a satisfação pessoal e um ambiente propício à produtividade. As estruturas de conhecimento responsáveis pela aquisição, representação e divulgação são revistas e reforçadas sistemicamente
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Atividades & Fluxo de trabalho Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes	Ausência de processos definidos; as funções são ambíguas, as estruturas/dinâmicas das equipes são inconsistentes. O desempenho é imprevisível e a produtividade depende do heroísmo individual. Uma mentalidade de 'dar voltas' ocorre na organização.	As funções são informalmente definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência é identificada e o heroísmo se dilui conforme aumenta a competência, mas a produtividade é ainda imprevisível.	Aumenta a cooperação interna dentro da organização e são disponibilizadas ferramentas de comunicação para projetos transversais. O fluxo de informação é estabilizado; as funções em BIM são visíveis e os objetivos são atingidos de forma mais consistente.	As funções e os objetivos de competência fazem parte dos valores da organização. As equipes tradicionais são trocadas por equipes orientadas ao BIM na medida que os novos processos se tornam parte da cultura. A produtividade é consistente e previsível.	Os objetivos de competência são continuamente atualizados para corresponder com os avanços tecnológicos e alinhar com os objetivos organizacionais. As práticas em relação ao RH são revistas proativamente para garantir que o capital intelectual corresponda com as necessidades dos processos.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Produtos & Serviços Especificação, diferenciação e P&D	As entregas de modelos 3D (um produto BIM) sofrem de muitos altos ou muito baixos e níveis inconsistentes de detalhe e desenvolvimento.	Existem diretrizes para a quebra dos modelos e nível de detalhes. Passa a existir preocupação em se manter a coerência comercial com a técnica.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progressão de especificações (AIA 2012) ou similares. A inovação passa a ser um valor a ser perseguido como diferencial.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progressão de especificações. A inovação é incorporada nas ações estratégicas e de marketing da organização.	Os produtos em BIM são constantemente avaliados e ciclos de retroalimentação promovem melhorias contínuas. A empresa passa a ser reconhecida como padrão de referência de mercado.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Liderança & Gerenciamento Organizacional, estratégico, gerencial e atributos de comunicação; inovação e renovação	Líderes sêniores e gerentes tem visões variadas a respeito do BIM. A implementação do BIM é conduzida sem uma estratégia e através de 'tentativa e erro'. O BIM é tratado como uma tecnologia; a inovação não é reconhecida como um valor.	Líderes sêniores e gerentes adotam uma visão comum sobre BIM. A implementação BIM sofre por falta de detalhes. O BIM é tratado como uma mudança de processos baseada em tecnologia.	A visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores. A implementação do BIM é casada com planos de ações detalhados e com um regime de monitoramento.	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					

Continuação

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	POLÍTICAS	Preparatória: pesquisa, programas de treinamento educacional	Muito pouco ou nenhum treinamento disponível ao pessoal do BIM. Os meios para a educação e formação não são adequados para alcançar os resultados buscados.	Os requisitos de treinamento são definidos e fornecidos quando necessários. Os treinamentos são variados, permitindo flexibilidade na entrega do conteúdo.	Os requisitos de treinamento são gerenciados para aderirem aos amplos objetivos de competência e desempenho pré-definidos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem de uma maneira rentável.	O treinamento é integrado nas estratégias organizacionais e metas de desempenho. O treinamento é tipicamente baseado nas funções e seus respectivos objetivos de competência. Os meios de treinamento são incorporados ao conhecimento e aos canais de comunicação.	O treinamento é continuamente avaliado e melhorado. A disponibilidade de treinamento e seus métodos de entrega são adaptados para permitir o aprendizado contínuo e multimodal.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Regulatória: códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas-guia e valores de referência (benchmarks)	Não existem diretrizes para o BIM: documentação de protocolos ou padrões de modelagem. Há uma ausência de documentação e padrões de modelagem. O controle de qualidade não existe ou é informal: nem para modelos 3D nem para a documentação. Não há nenhum valor de referência de desempenho dos processos, produtos ou serviços.	As diretrizes básicas do BIM estão disponíveis (ex.: manual de treinamento e padrões de entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.	As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.	As diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios. Os padrões em BIM e critérios de desempenho são incorporados em sistemas de melhoria de gestão da qualidade.	As linhas-guia do BIM são contínuas e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revistos repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
		Contratual: responsabilidades, recompensas e alocação de riscos	Os contratos seguem os modelos convencionais pre-BIM. Os riscos relacionados com base em modelos de colaboração não são reconhecidos ou são ignorados.	Os requisitos do BIM são reconhecidos. Declarações definindo a responsabilidade de cada interessado em relação à gestão de informação ⁷ estão agora disponíveis.	Há um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM e existe um sistema de resolução de conflitos do BIM.	A organização está alinhada através de confiança e dependência mútua, indo além das barreiras contratuais.	As responsabilidades os riscos e as recompensas são continuamente revistos e realinhados. Os modelos contratuais são modificados para conseguirem as melhores práticas e o maior valor à todas as partes interessadas.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					



Continuação

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
ESTÁGIO	()	ESTÁGIO 1 Modelagem baseada em objetos: simples disciplina utilizada em uma fase do ciclo de vida	Implementação de uma ferramenta de modelagem baseada em objetos. Nenhuma alteração de processo ou política identificada para acompanhar essa implementação.	Os projetos-piloto são concluídos. São identificados os requisitos de processo e política do BIM. São preparados planos detalhados e sua estratégia de implementação.	Os processos e políticas em BIM são estimulados, padronizados e controlados.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são integrados na estratégia organizacional e nos objetivos do negócio.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são revistas continuamente para se beneficiarem da inovação e adquirir alvos de alto desempenho.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
	()	ESTÁGIO 2 Colaboração baseada na modelagem: multidisciplinar, intercâmbio acelerado de modelos	A colaboração em BIM acontece para um fim específico: as capacidades de colaboração internas à empresa são incompatíveis com os parceiros de projeto. Pode haver falta de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração em BIM está bem definida, mas ainda é reativa. Existem sinais identificáveis de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração é proativa e multidisciplinar: os protocolos são bem documentados e gerenciados. Há confiança mútua, respeito e partilha de riscos e recompensas entre os participantes do projeto.	A colaboração de vários segmentos inclui agentes a jusante do processo. Caracteriza-se pelo envolvimento dos principais participantes durante as primeiras fases do ciclo de vida dos projetos.	A equipe multidisciplinar inclui todos os agentes-chave em um ambiente caracterizado pela boa vontade, confiança e respeito.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
	()	ESTÁGIO 3 Integração baseada em rede: intercâmbio simultâneo e interdisciplinar de modelos nD através das fases do ciclo de vida da edificação	Os modelos integrados são gerados por um conjunto limitado de agentes interessados do projeto - possivelmente por trás dos <i>firewalls</i> corporativos. A integração ocorre com pouco ou nenhum processo pré-definido, normas ou protocolos de intercâmbio. Não há nenhuma resolução formal dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos.	Modelos integrados são gerados por um grande subconjunto dos agentes envolvidos no projeto. A integração segue guias de processo predefinidas, padrões e protocolos de intercâmbio. As responsabilidades são distribuídas e o riscos são atenuados através de mecanismos contratuais.	Os modelos integrados (ou partes) são gerados e gerenciados pela maioria dos agentes envolvidos no projeto. As responsabilidades são claras dentro de alianças temporárias do projeto ou parcerias de longo prazo. Os riscos e as recompensas são ativamente gerenciados e distribuídos.	Os modelos integrados são gerados e gerenciados por todos os agentes envolvidos no projeto. A integração baseada em rede é a norma e o foco não é mais sobre como integrar modelos e fluxos de trabalho, mas proativamente detectando e resolvendo a tecnologia, os processos e os desalinhamentos das políticas.	A integração dos modelos e dos fluxos de trabalho é continuamente revista e otimizada. As novas eficiências, alinhamentos, e os resultados são ativamente perseguidos por uma equipe de projeto interdisciplinar firmemente unida. Os modelos integrados contribuem para muitos agentes envolvidos ao longo da cadeia produtiva.
		NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					

Continuação

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL <i>(pts. 0)</i>	b DEFINIDO <i>(max pts. 10)</i>	c GERENCIADO <i>(max pts. 20)</i>	d INTEGRADO <i>(max pts. 30)</i>	e OPTIMIZADO <i>(max pts. 40)</i>
ESCALA	() MICRO Organizações: Dinâmicas e entregáveis em BIM	A liderança no processo BIM não existe e a implementação depende de "campeões" da tecnologia.	A liderança no processo BIM é formalizada: os diferentes papéis são definidos dentro da implementação.	As funções pré-definidas no processo BIM se complementam na gestão do processo de implementação.	As funções no processo BIM são integradas em estruturas de liderança da organização.	A liderança no processo BIM se alterna continuamente para permitir novas tecnologias, processos e resultados.
	NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
	() MESO Equipes de projeto: (múltiplas organizações); dinâmicas inter organizacionais e entregáveis em BIM	Cada projeto é executado de forma independente. Não existe acordo entre as partes interessadas para colaborar além do seu projeto atual em comum.	As partes interessadas pensam além de um único projeto. Os protocolos de colaboração entre os participantes do projeto são definidos e documentados.	A colaboração entre várias organizações ao longo de vários projetos é gerenciada através de alianças temporárias entre as partes interessadas.	Os projetos colaborativos são realizados por organizações interdisciplinares ou equipes de projeto multidisciplinar; uma aliança de muitos agentes-chave.	Os projetos colaborativos são realizados pela auto otimização das equipes de projeto interdisciplinar e inclui a maioria das partes interessadas.
	NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					
	() MACRO Markets; dinâmicas e entregáveis em BIM <i>(Aplique esse tópico apenas assessorado por um consultor)</i>	Muito poucos fornecedores de componentes gerados pelo BIM (bibliotecas virtuais de componentes e materiais). A maioria dos componentes são preparadas pelos usuários finais e os desenvolvedores de software.	Os componentes BIM gerados por fornecedores estão cada vez mais disponíveis bem como os fabricantes e fornecedores identificam os benefícios do negócio.	Os componentes BIM estão disponíveis através de repositórios centrais altamente acessíveis e pesquisáveis. Os componentes não são interativamente conectados às bases de dados dos fornecedores.	Os acessos aos repositórios de componentes são integrados aos softwares de modelagem BIM. Os componentes são interativamente ligados aos bancos de dados de origem (por preço, disponibilidade, etc...).	O intercâmbio de componentes BIM é dinâmico, de vários caminhos entre todos os agentes envolvidos através de repositórios centrais ou mesclados.
	NÍVEL DE MATURIDADE SELECIONADO					

APÊNDICE B – Planilha enviada aos especialistas para aquisição de dados via caracterização dos riscos em dois aspectos: probabilidade de ocorrência e impacto.

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental																																																																						
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil																																																																						
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM Formulário																																																																						
NOME: FORMAÇÃO: TEMPO DE ATUAÇÃO NA ÁREA DA CONSTRUÇÃO CIVIL: TEMPO DE ATUAÇÃO NA ÁREA BIM:																																																																						
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 50%; text-align: center;">1</th> <th colspan="2" style="width: 40%; text-align: center;">2</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">RISCOS IDENTIFICADOS</th> <th style="text-align: center;">PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA</th> <th style="text-align: center;">IMPACTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Incerteza sobre responsabilidade de projeto</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Falta de protocolos BIM</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Propriedade dos dados do BIM</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Problemas de interoperabilidade</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Interface tecnológica entre programas</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Custo além do esperado com o BIM</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Resistência cultural</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Conhecimento e experiência relevantes inadequados</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Falta de colaboração entre os participantes do projeto</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Não compartilhamento de informações</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Segurança de dados</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Baixa qualidade de dados BIM</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Questões de verificação do projeto</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Falta de plano de execução de implementação</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				1	2			RISCOS IDENTIFICADOS	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO	1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto			2	Falta de protocolos BIM			3	Propriedade dos dados do BIM			4	Problemas de interoperabilidade			5	Interface tecnológica entre programas			6	Custo além do esperado com o BIM			7	Resistência cultural			8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados			9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto			10	Não compartilhamento de informações			11	Segurança de dados			12	Baixa qualidade de dados BIM			13	Questões de verificação do projeto			14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas			15	Falta de plano de execução de implementação		
	1	2																																																																				
	RISCOS IDENTIFICADOS	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO																																																																			
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto																																																																					
2	Falta de protocolos BIM																																																																					
3	Propriedade dos dados do BIM																																																																					
4	Problemas de interoperabilidade																																																																					
5	Interface tecnológica entre programas																																																																					
6	Custo além do esperado com o BIM																																																																					
7	Resistência cultural																																																																					
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados																																																																					
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto																																																																					
10	Não compartilhamento de informações																																																																					
11	Segurança de dados																																																																					
12	Baixa qualidade de dados BIM																																																																					
13	Questões de verificação do projeto																																																																					
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas																																																																					
15	Falta de plano de execução de implementação																																																																					

APÊNDICE C – Bases de regras inseridas no MATLAB para a primeira modelagem matemática

LEGENDA:

POcorrencia – Probabilidade de ocorrência

MB – Muito baixo (a)

B – Baixo (a)

M – Médio (a)

O – Alto (a)

MA – Muito alto (a)

1. If (POcorrencia is MB) and (Impacto is MB) then (Risco is MB) (1)
2. If (POcorrencia is MB) and (Impacto is B) then (Risco is MB) (1)
3. If (POcorrencia is MB) and (Impacto is M) then (Risco is B) (1)
4. If (POcorrencia is MB) and (Impacto is A) then (Risco is B) (1)
5. If (POcorrencia is MB) and (Impacto is MA) then (Risco is M) (1)
6. If (POcorrencia is B) and (Impacto is MB) then (Risco is MB) (1)
7. If (POcorrencia is B) and (Impacto is B) then (Risco is B) (1)
8. If (POcorrencia is B) and (Impacto is M) then (Risco is M) (1)
9. If (POcorrencia is B) and (Impacto is A) then (Risco is M) (1)
10. If (POcorrencia is B) and (Impacto is MA) then (Risco is A) (1)
11. If (POcorrencia is M) and (Impacto is MB) then (Risco is B) (1)
12. If (POcorrencia is M) and (Impacto is B) then (Risco is M) (1)
13. If (POcorrencia is M) and (Impacto is M) then (Risco is M) (1)
14. If (POcorrencia is M) and (Impacto is A) then (Risco is A) (1)
15. If (POcorrencia is M) and (Impacto is MA) then (Risco is A) (1)
16. If (POcorrencia is A) and (Impacto is MB) then (Risco is B) (1)
17. If (POcorrencia is A) and (Impacto is B) then (Risco is M) (1)
18. If (POcorrencia is A) and (Impacto is M) then (Risco is A) (1)
19. If (POcorrencia is A) and (Impacto is A) then (Risco is A) (1)
20. If (POcorrencia is A) and (Impacto is MA) then (Risco is MA) (1)
21. If (POcorrencia is MA) and (Impacto is MB) then (Risco is M) (1)

22. If (POcorrencia is MA) and (Impacto is B) then (Risco is A) (1)
23. If (POcorrencia is MA) and (Impacto is M) then (Risco is A) (1)
24. If (POcorrencia is MA) and (Impacto is A) then (Risco is MA) (1)
25. If (POcorrencia is MA) and (Impacto is MA) then (Risco is MA) (1)

APÊNDICE D – Bases de regras inseridas no MATLAB para a segunda modelagem matemática

LEGENDA:

r1 – risco especialista 1

r2 – risco especialista 2

r3 – risco especialista 3

r4 – risco especialista 4

r5 – risco especialista 5

B – Baixo

M – Médio

A – Alto

1. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
2. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is M), then (RISCO is B) (1)
3. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is A), then (RISCO is B) (1)
4. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
5. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is M), then (RISCO is B) (1)
6. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
7. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
8. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
9. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
10. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
11. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is M), then (RISCO is B) (1)
12. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
13. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
14. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
15. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
16. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
17. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
18. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
19. If (r1 is B) and (r2 is B) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)

50. If (r1 is B) and (r2 is M) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
51. If (r1 is B) and (r2 is M) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
52. If (r1 is B) and (r2 is M) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
53. If (r1 is B) and (r2 is M) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
54. If (r1 is B) and (r2 is M) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
55. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is B), then (RISCO is B) (1)
56. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
57. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is B) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
58. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
59. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
60. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
61. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
62. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
63. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is B) and (r4 is A) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
64. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
65. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
66. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is B) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
67. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
68. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
69. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
70. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
71. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
72. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
73. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
74. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
75. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is A), then (RISCO is M) (1)
76. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)
77. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is M), then (RISCO is M) (1)
78. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is A), then (RISCO is A) (1)
79. If (r1 is B) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is B), then (RISCO is M) (1)

230. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
231. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is M) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
232. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
233. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is M) then (RISCO is A) (1)
234. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is M) and (r4 is A) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
235. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
236. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is M) then (RISCO is M) (1)
237. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is B) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
238. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is B) then (RISCO is M) (1)
239. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is M) then (RISCO is A) (1)
240. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is M) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)
241. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is B) then (RISCO is A) (1)
242. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is M) then (RISCO is A) (1)
243. If (r1 is A) and (r2 is A) and (r3 is A) and (r4 is A) and (r5 is A) then (RISCO is A) (1)

ANEXOS

Anexo A – Matriz de Maturidade BIM –BIm3. Fonte: Succar (2010)

Anexo B – Autorização para utilização e publicação de dados e resultados referentes à pesquisa

Anexo C – Dados obtidos no órgão público: caracterização dos riscos em dois aspectos: probabilidade de ocorrência e impacto

ANEXO A – Matriz de Maturidade BIM –BIm3. Fonte: Succar (2010)

		Áreas-chave de maturidade -	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	TECNOLOGIA baseadas no conjunto de capacidades v5.0	Software: aplicações, entregáveis e dados	O uso de softwares não é monitorado e regulamentado. Os modelos 3D são utilizados principalmente para gerar representações precisas em 2D. O uso de dados, armazenamento e trocas não são definidas dentro das organizações ou das equipes de projeto. As trocas sofrem de uma grande falta de interoperabilidade	O uso e a introdução de software é unificada dentro da organização ou das equipes de projeto. Os modelos 3D são produzidos para gerar entregáveis em 2D bem como em 3D. O uso de dados, armazenamento e trocas são bem definidos dentro da organização e das equipes de projeto. A interoperabilidade é definida e priorizada.	A seleção e o uso de softwares é gerenciada e controlada de acordo com o tipo de entregáveis definidos. Os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e estudos analíticos. O uso de dados, armazenamento e as trocas são monitorados e controlados. O fluxo de dados é documentado e bem gerenciado. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada de perto.	A seleção e a implantação de softwares seguem os objetivos estratégicos da empresa e não somente os requisitos operacionais. O processo de modelagem e seus entregáveis são bem sincronizados através dos projetos e firmemente integrados com os processos do negócio. O uso de dados interoperáveis, o armazenamento e as trocas são regulamentados e executados como parte global da organização ou como estratégia de uma equipe de projetos.	A seleção e o uso de ferramentas de software são continuamente revistos para aumentar a produtividade e alinhar com os objetivos estratégicos. Os entregáveis do processo de modelagem BIM são otimizados e revisados ciclicamente para se beneficiarem de novas funcionalidades dos softwares e suas extensões disponíveis. Todos os assuntos relacionados ao armazenamento, uso e troca de dados interoperáveis são documentados, controlados, refletidos e proativamente reforçados.
			pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
		Hardware: equipamento, entregáveis, localização mobilidade	Os equipamentos para uso do BIM são inadequados; as especificações técnicas existentes são muito baixas para a organização. A troca ou atualização dos equipamentos são tratados como itens de custo e realizados apenas quando são inevitáveis.	As especificações dos equipamentos – apropriadas para a entrega de produtos e serviços em BIM - são definidas, orçadas e normalizadas em toda a organização. As atualizações e substituições de hardware são itens de custo bem definidos.	Existe uma estratégia estabelecida para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. O investimento em hardware é bem orientado para melhorar a mobilidade do pessoal (quando necessário) e aumentar a produtividade do BIM.	As implantações de equipamentos são tratadas como viabilizadoras do BIM. O investimento em equipamentos é integrado firmemente com os planos financeiros, as estratégias de negócios e com os objetivos de desempenho.	Os equipamentos existentes e as soluções inovadoras são continuamente testadas, atualizadas e implantadas. O hardware torna-se parte da vantagem competitiva da organização ou da equipe do projeto.
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos		
		Rede: soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso	As soluções de rede são inexistentes ou provisórias. Indivíduos, organizações (único local / dispersos) e equipes de projeto usam qualquer que seja a ferramenta para se encontrar, comunicar e compartilhar dados. As partes interessadas não têm a infraestrutura de rede necessária para coletar, armazenar e compartilhar conhecimento.	As soluções para compartilhamento de informações e controle de acesso são identificadas dentro e entre organizações. No projeto, as partes identificam as suas necessidades de compartilhamento de dados/informações. As organizações e as equipes de são conectadas por meio de conexões de banda relativamente baixas.	As soluções de rede para a coleta, armazenamento e compartilhamento do conhecimento dentro e entre as organizações são geridas através de plataformas comuns. As ferramentas de gerenciamento de conteúdo e de ativos são implantadas para regular os dados através de conexões de banda larga.	As soluções de rede permitem múltiplas facetas do processo BIM para ser integrado através do compartilhamento em tempo real de dados, informações e conhecimento. As soluções incluem redes/portais de projeto específicos que permitem o intercâmbio de dados intensivos (troca interoperável) entre as partes interessadas.	As soluções de rede são continuamente avaliadas e substituídas pelas últimas inovações testadas. As redes facilitam a aquisição de conhecimento, armazenamento e compartilhamento entre todas as partes interessadas. A otimização dos canais de dados, processos e comunicações integradas é rígida.
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos	

Continuação

CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM

Áreas-chave de maturidade -	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)	
PROCESSOS baseadas no conjunto de capacidades v5.0	Recursos Infraestrutura Física e de Conhecimento	O ambiente de trabalho não é reconhecido como fator de satisfação pessoal ou pode não ser favorável à produtividade. O conhecimento não é reconhecido como um ativo: O conhecimento em BIM é compartilhado informalmente entre pessoal (através de dicas, técnicas e lições aprendidas).	As ferramentas de trabalho, o ambiente e o local de trabalho são identificadas como fatores que afetam a motivação e a produtividade. O conhecimento é reconhecido como um ativo compartilhado, recolhido, documentado e assim transferido de tácito para explícito.	O ambiente de trabalho é controlado, modificado e seus critérios são gerenciados para aumentar a produtividade, a satisfação e a motivação do pessoal. O conhecimento é documentado e adequadamente armazenado.	Os fatores ambientais internos e externos são integrados em estratégias de desempenho. O conhecimento é integrado em sistemas organizacionais e acessível e facilmente recuperável.	Os fatores físicos no local de trabalho são revisados para garantir a satisfação pessoal e um ambiente propício à produtividade. As estruturas de conhecimento responsáveis pela aquisição, representação e divulgação são revistas e reforçadas sistemicamente
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
	Atividades & Fluxo de trabalho Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes	Ausência de processos definidos; as funções são ambíguas, as estruturas/dinâmicas das equipes são inconsistentes. O desempenho é imprevisível e a produtividade depende do heroísmo individual. Uma mentalidade de 'dar voltas' ocorre na organização.	As funções são informalmente são definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência é identificada e; o heroísmo se dilui conforme aumenta a competência, mas a produtividade é ainda imprevisível.	Aumenta a cooperação interna dentro da organização e são disponibilizadas ferramentas de comunicação para projetos transversais. O fluxo de informação é estabilizado; as funções em BIM são visíveis e os objetivos são atingidos de forma mais consistente.	As funções e os objetivos de competência fazem parte dos valores da organização. As equipes tradicionais são trocadas por equipes orientadas ao BIM na medida que os novos processos se tornam parte da cultura. A produtividade é consistente e previsível.	Os objetivos de competência são continuamente atualizados para corresponder com os avanços tecnológicos e alinhar com os objetivos organizacionais. As práticas em relação ao RH são revistas proativamente para garantir que o capital intelectual corresponda com as necessidades dos processos.
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
Produtos & Serviços Especificação, diferenciação e P&D	As entregas de modelos 3D (um produto BIM) sofrem de muitos altos ou muito baixos e níveis inconsistentes de detalhe e desenvolvimento.	Existem diretrizes para a quebra dos modelos e nível de detalhes. Passa a existir preocupação em se manter a coerência comercial com a técnica.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progressão de especificações (AIA 2012) ou similares. A inovação passa a ser um valor a ser perseguido como diferencial.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progressão de especificações. A inovação é incorporada nas ações estratégicas e de marketing da organização.	Os produtos em BIM são constantemente avaliados e ciclos de retroalimentação promovem melhorias contínuas. A empresa passa a ser reconhecida como padrão de referência de mercado.	
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos	
Liderança & Gerenciamento Organizacional, estratégico, gerencial e atributos de comunicação; inovação e renovação	Líderes sêniores e gerentes tem visões variadas a respeito do BIM. A implementação do BIM é conduzida sem uma estratégia e através de 'tentativa e erro'. O BIM é tratado como uma tecnologia; a inovação não é reconhecida como um valor.	Líderes sêniores e gerentes adotam uma visão comum sobre BIM. A implementação do BIM sofre por falta de detalhes. O BIM é tratado como uma mudança de processos baseada em tecnologia.	A visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores. A implementação do BIM é casada com planos de ações detalhados e com um regime de monitoramento.	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.	
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos	

Continuação

		Áreas-chave de maturidade -	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)
CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM	POLÍTICAS baseadas no conjunto de capacidades v5.0	Preparatória: pesquisa, programas de treinamento educacional	Muito pouco ou nenhum treinamento disponível ao pessoal do BIM. Os meios para a educação e formação não são adequados para alcançar os resultados buscados.	Os requisitos de treinamento são definidos e fornecidos quando necessários. Os treinamentos são variados, permitindo flexibilidade na entrega do conteúdo.	Os requisitos de treinamento são gerenciados para aderirem aos amplos objetivos de competência e desempenho pré-definidos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem de uma maneira rentável.	O treinamento é integrado nas estratégias organizacionais e metas de desempenho. O treinamento é tipicamente baseado nas funções e seus respectivos objetivos de competência. Os meios de treinamento são incorporados ao conhecimento e aos canais de comunicação.	O treinamento é continuamente avaliado e melhorado. A disponibilidade de treinamento e seus métodos de entrega são adaptados para permitir o aprendizado contínuo e multimodal.
			pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
		Regulatória: códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas-guia e valores de referência (benchmarks)	Não existem diretrizes para o BIM: documentação de protocolos ou padrões de modelagem. Há uma ausência de documentação e padrões de modelagem. O controle de qualidade não existe ou é informal: nem para modelos 3D nem para a documentação. Não há nenhum valor de referência de desempenho dos processos, produtos ou serviços.	As diretrizes básicas do BIM estão disponíveis (ex.: manual de treinamento e padrões de entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.	As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.	As diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios. Os padrões em BIM e critérios de desempenho são incorporados em sistemas de melhoria de gestão da qualidade.	As linhas-guia do BIM são contínua e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revistos repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos		
		Contratual: responsabilidades, recompensas e alocação de riscos	Os contratos seguem os modelos convencionais pre-BIM. Os riscos relacionados com base em modelos de colaboração não são reconhecidos ou são ignorados.	Os requisitos do BIM são reconhecidos. "Declarações definindo a responsabilidade de cada interessado em relação à gestão de informação" estão agora disponíveis.	Há um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM e existe um sistema de resolução de conflitos do BIM.	A organização está alinhada através de confiança e dependência mútua, indo além das barreiras contratuais.	As responsabilidades os riscos e as recompensas são continuamente revistos e realinhados. Os modelos contratuais são modificados para conseguirem as melhores práticas e o maior valor à todas as partes interessadas.
			pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
ESTÁGIO	ESTÁGIO 1	Modelagem baseada em objetos: simples disciplina utilizada em uma fase do ciclo de vida	Implementação de uma ferramenta de modelagem baseada em objetos. Nenhuma alteração de processo ou política identificada para acompanhar essa implementação.	Os projetos-piloto são concluídos. São identificados os requisitos de processo e política do BIM. São preparados planos detalhados e sua estratégia de implementação.	Os processos e políticas em BIM são estimulados, padronizados e controlados.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são integrados na estratégia organizacional e nos objetivos do negócio.	As tecnologias, processos e políticas do BIM são revistas continuamente para se beneficiarem da inovação e adquirir alvos de alto desempenho.
			pontos	pontos	pontos	pontos	pontos

Continuação

Áreas-chave de maturidade -		a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)
ESTÁGIO	ESTÁGIO 2 Colaboração baseada na modelagem: multidisciplinar, intercâmbio acelerado de modelos	A colaboração em BIM acontece para um fim específico: as capacidades de colaboração internas à empresa são incompatíveis com os parceiros de projeto. Pode haver falta de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração em BIM está bem definida, mas ainda é reativa. Existem sinais identificáveis de confiança e respeito entre os participantes do projeto.	A colaboração é proativa e multidisciplinar: os protocolos são bem documentados e gerenciados. Há confiança mútua, respeito e partilha de riscos e recompensas entre os participantes do projeto.	A colaboração de vários segmentos inclui agentes a jusante do processo. Caracteriza-se pelo envolvimento dos principais participantes durante as primeiras fases do ciclo de vida dos projetos.	A equipe multidisciplinar inclui todos os agentes-chave em um ambiente caracterizado pela boa vontade, confiança e respeito.
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
	ESTÁGIO 3 Integração baseada em rede: intercâmbio simultâneo e interdisciplinar de modelos nD através das fases do ciclo de vida da edificação	Os modelos integrados são gerados por um conjunto limitado de agentes interessados do projeto - possivelmente por trás dos <i>firewalls</i> corporativos. A integração ocorre com pouco ou nenhum processo pré-definido, normas ou protocolos de intercâmbio. Não há nenhuma resolução formal dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos.	Modelos integrados são gerados por um grande subconjunto dos agentes envolvidos no projeto. A integração segue guias de processo predefinidas, padrões e protocolos de intercâmbio. As responsabilidades são distribuídas e os riscos são atenuados através de mecanismos contratuais.	Os modelos integrados (ou partes) são gerados e gerenciados pela maioria dos agentes envolvidos no projeto. As responsabilidades são claras dentro de alianças temporárias do projeto ou parcerias de longo prazo. Os riscos e as recompensas são ativamente gerenciados e distribuídos.	Os modelos integrados são gerados e gerenciados por todos os agentes envolvidos no projeto. A integração baseada em rede é a norma e o foco não é mais sobre como integrar modelos e fluxos de trabalho, mas proativamente detectando e resolvendo a tecnologia, os processos e os desalinhamentos das políticas.	A integração dos modelos e dos fluxos de trabalho é continuamente revista e otimizada. As novas eficiências, alinhamentos, e os resultados são ativamente perseguidos por uma equipe de projeto interdisciplinar firmemente unida. Os modelos integrados contribuem para muitos agentes envolvidos ao longo da cadeia produtiva.
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos	
ESCALA	MICRO Organizações: Dinâmicas e entregáveis em BIM	A liderança no processo BIM não existe e a implementação depende de "campeões" da tecnologia.	A liderança no processo BIM é formalizada: os diferentes papéis são definidos dentro da implementação.	As funções pré-definidas no processo BIM se complementam na gestão do processo de implementação.	As funções no processo BIM são integradas em estruturas de liderança da organização.	A liderança no processo BIM se alterna continuamente para permitir novas tecnologias, processos e resultados.
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
	MESO Equipes de projeto: (múltiplas organizações): dinâmicas inter organizacionais e entregáveis em BIM	Cada projeto é executado de forma independente. Não existe acordo entre as partes interessadas para colaborar além do seu projeto atual em comum.	As partes interessadas pensam além de um único projeto. Os protocolos de colaboração entre os participantes do projeto são definidos e documentados.	A colaboração entre várias organizações ao longo de vários projetos é gerenciada através de alianças temporárias entre as partes interessadas.	Os projetos colaborativos são realizados por organizações interdisciplinares ou equipes de projeto multidisciplinar: uma aliança de muitos agentes-chave.	Os projetos colaborativos são realizados pela auto otimização das equipes de projeto interdisciplinar e inclui a maioria das partes interessadas.
		pontos	pontos	pontos	pontos	pontos
MACRO Markets: dinâmicas e entregáveis em BIM (Aplique esse tópico apenas assessorado por um consultor)	Muito poucos fornecedores de componentes gerados pelo BIM (bibliotecas virtuais de componentes e materiais). A maioria dos componentes são preparadas pelos usuários finais e os desenvolvedores de software.	Os componentes BIM gerados por fornecedores estão cada vez mais disponíveis bem como os fabricantes e fornecedores identificam os benefícios do negócio.	Os componentes BIM estão disponíveis através de repositórios centrais altamente acessíveis e pesquisáveis. Os componentes não são interativamente conectados às bases de dados dos fornecedores.	Os acessos aos repositórios de componentes são integrados aos softwares de modelagem BIM. Os componentes são interativamente ligados aos bancos de dados de origem (por preço, disponibilidade, etc...).	O intercâmbio de componentes BIM é dinâmico, de vários caminhos entre todos os agentes envolvidos através de repositórios centrais ou mesclados.	
	pontos	pontos	pontos	pontos	pontos	

ANEXO B – Autorização para utilização e publicação de dados e resultados referentes à pesquisa



Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
Diretoria Executiva

AUTORIZAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO E PUBLICAÇÃO DE DADOS

DECLARAÇÃO

Declaramos que nós do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – Diretoria Executiva, autorizamos a pesquisadora Vanessa Lequesteboumes Borges Viana, a coletar dados por meio de questionários, entrevistas e afins, para a execução do projeto de pesquisa intitulado “Priorização de Riscos Associados ao Processo de Implementação BIM em Órgãos Públicos”, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil – PECC, do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. Também fica autorizado a citação em texto, de informações referentes ao órgão e posterior publicação em meios acadêmicos.



Brasília 27 de setembro de 2019.

Anderson Alvarenga Ferreira



Anderson Alvarenga Ferreira

Escritório de Gestão Estratégica e Riscos Corporativos
Eng. Anderson Alvarenga Ferreira
Analista em Infraestrutura de Transportes
Matr.: 4656-6/DNIT



ANEXO C – Dados obtidos no órgão público: caracterização dos riscos em dois aspectos: probabilidade de ocorrência e impacto

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental			
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil			
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM			
Formulário			
FORMULÁRIO APLICADO A INTEGRANTE DA DIRETORIA EXECUTIVA			
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.			
1		2	
RISCOS IDENTIFICADOS		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto	5	5
2	Falta de protocolos BIM	10	9
3	Propriedade dos dados do BIM	2	1
4	Problemas de interoperabilidade	10	8
5	Interface tecnológica entre programas	9	5
6	Custo além do esperado com o BIM	7	10
7	Resistência cultural	7	7
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados	7	9
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto	9	5
10	Não compartilhamento de informações	9	9
11	Segurança de dados	7	5
12	Baixa qualidade de dados BIM	8	9
13	Questões de verificação do projeto	9	7
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	5	3
15	Falta de plano de execução de implementação	7	9



Continuação

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental			
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil			
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM Formulário			
FORMULÁRIO APLICADO A INTEGRANTE DA DIRETORIA EXECUTIVA			
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.			
1		2	
RISCOS IDENTIFICADOS		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto	6	9
2	Falta de protocolos BIM	9	9
3	Propriedade dos dados do BIM	5	8
4	Problemas de interoperabilidade	9	9
5	Interface tecnológica entre programas	8	8
6	Custo além do esperado com o BIM	9	9
7	Resistência cultural	9	9
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados	9	9
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto	9	9
10	Não compartilhamento de informações	6	8
11	Segurança de dados	5	9
12	Baixa qualidade de dados BIM	9	9
13	Questões de verificação do projeto	8	9
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	5	8
15	Falta de plano de execução de implementação	4	8



Continuação

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental			
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil			
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM Formulário			
FORMULÁRIO APLICADO A INTEGRANTE DA DIRETORIA EXECUTIVA			
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.			
1		2	
RISCOS IDENTIFICADOS		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto	3	5
2	Falta de protocolos BIM	8	8
3	Propriedade dos dados do BIM	7	5
4	Problemas de interoperabilidade	9	7
5	Interface tecnológica entre programas	6	6
6	Custo além do esperado com o BIM	7	5
7	Resistência cultural	9	9
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados	9	7
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto	7	8
10	Não compartilhamento de informações	7	8
11	Segurança de dados	8	8
12	Baixa qualidade de dados BIM	7	8
13	Questões de verificação do projeto	7	6
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	4	7
15	Falta de plano de execução de implementação	6	7

Continuação

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental			
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil			
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM Formulário			
FORMULÁRIO APLICADO A INTEGRANTE DO PROARTE			
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.			
1		2	
RISCOS IDENTIFICADOS		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto	5	5
2	Falta de protocolos BIM	5	8
3	Propriedade dos dados do BIM	6	3
4	Problemas de interoperabilidade	3	6
5	Interface tecnológica entre programas	4	5
6	Custo além do esperado com o BIM	5	8
7	Resistência cultural	7	9
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados	3	9
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto	1	9
10	Não compartilhamento de informações	1	10
11	Segurança de dados	4	8
12	Baixa qualidade de dados BIM	3	10
13	Questões de verificação do projeto	3	8
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	2	8
15	Falta de plano de execução de implementação	1	10

Continuação

 Universidade de Brasília Departamento de Engenharia Civil e Ambiental			
 PECC Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil			
Estudo - Priorização de riscos associados a implementação BIM Formulário			
FORMULÁRIO APLICADO A INTEGRANTE DO PROARTE			
⇒ A seguir estão descritos 15 riscos associados a implementação BIM. Quantifique de 0 a 10 a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco, de acordo com seus conhecimentos e vivências.			
1		2	
RISCOS IDENTIFICADOS		PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO
1	Incerteza sobre responsabilidade de projeto	2	5
2	Falta de protocolos BIM	5	8
3	Propriedade dos dados do BIM	2	4
4	Problemas de interoperabilidade	5	8
5	Interface tecnológica entre programas	8	8
6	Custo além do esperado com o BIM	7	8
7	Resistência cultural	7	9
8	Conhecimento e experiência relevantes inadequados	7	8
9	Falta de colaboração entre os participantes do projeto	3	9
10	Não compartilhamento de informações	3	9
11	Segurança de dados	5	5
12	Baixa qualidade de dados BIM	7	8
13	Questões de verificação do projeto	2	9
14	Mudanças no modelo BIM por partes não autorizadas	2	7
15	Falta de plano de execução de implementação	2	9