



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
*PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO*

GABRIELLA LUIZA PEREIRA DE SÁ

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE
ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DO BIM ATRAVÉS DO
MÉTODO PROMETHEE II**

Caruaru - 2018

GABRIELLA LUIZA PEREIRA DE SÁ

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE
ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DO BIM ATRAVÉS DO
MÉTODO PROMETHEE II**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Otimização e Gestão da Produção.

Orientador(a): Rachel Perez Palha

Caruaru - 2018

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S111a Sá, Gabriella Luiza Pereira de.
Avaliação multicritério para priorização de atividades de implantação do BIM através do método promethee II. / Gabriella Luiza Pereira de Sá. - 2018.
63 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Rachel Perez Palha.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2018.

Inclui Referências.

1. Modelagem de informação da construção (Brasil). 2. Processo decisório (Brasil).
3. Avaliação (Brasil). 4. Administração de projetos (Brasil). I. Palha, Rachel Perez
(Orientadora). II. Título.

658.5 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-236)

GABRIELLA LUIZA PEREIRA DE SÁ

**AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA PRIORIZAÇÃO DE
ATIVIDADES DE IMPLANTAÇÃO DO BIM ATRAVÉS DO MÉTODO
PROMETHEE II**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 25/09/2018

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a RACHEL PEREZ PALHA, *Doutora* (UFPE)

Prof. MARCELO HAZIN ALENCAR, *Doutor* (UFPE)

Prof. MARCELLA URTIGA, *Doutora* (UFPE)

AGRADECIMENTOS

Tanto tenho a agradecer, por tudo e à todos.

Inicialmente agradeço à Deus, pela proteção, por me dar força e paciência pra enfrentar esse desafio, que com toda certeza foi o maior que já vivi até hoje. Pela paz, tranquilidade e perseverança. Agradeço ao Senhor por tudo.

Aos meus pais, Luciana e Nélio, pelo apoio, amor, cumplicidade, carinho, alegria, afeto e preocupação. Sem dúvida alguma, vocês foram essenciais pra essa vitória ser alcançada.

Aos meus irmãos Daniela e Júnior, agradeço a amizade, os risos incansáveis e a parceria, amo tanto vocês.

Aos amigos de programa Taisy, Thiago, Keilane, Franciel, Jackson, Klívia, e principalmente à Laís. Laís, tenho tanto a te agradecer, obrigada pela tua amizade, apoio, cumplicidade e paciência, com certeza você foi meu maior presente. Obrigada por fazer parte da minha vida, te amo. Agradeço à todos os outros colegas de sala, com certeza cada um colaborou de alguma forma pra essa vitória.

Agradeço à prof^a. Rachel Perez Palha, pela orientação, pelos conhecimentos passados, pela paciência e compreensão. Além de toda equipe PPGEP CAA.

Agradeço também aos colegas do IF Sertão-PE, pela compreensão, apoio e parceria de vocês. Em especial à Vanessa e João, obrigada por tudo gente, vocês foram fundamentais.

RESUMO

Building Information Modeling (BIM) é uma tecnologia em crescente uso no contexto da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), trazendo diversos benefícios na sua adoção. Além de melhorar a colaboração entre as partes interessadas, permite aumento da rapidez do desenvolvimento dos projetos, como também o aumento da transparência das atividades principalmente se utilizada em obras públicas. O Brasil está fazendo um esforço para implantação do BIM em obras públicas que deverá se refletir por todo o setor. Através da utilização de um *framework* de implantação do BIM proposto na literatura, foi possível observar as atividades que compõem esse processo. A contratação e desenvolvimento dos projetos executivos, precisam acontecer em paralelo, mas é preciso definir a ordem com que estes serão negociados e contratados. Este trabalho trata da aplicação do método de decisão multicritério PROMETHEE II para priorização das atividades que acontecem concomitantemente no projeto executivo no processo de implantação da tecnologia BIM, criando uma pré-ordem completa das atividades. O resultado final prioriza a contratação e desenvolvimento do Projeto Estrutural, seguindo dos projetos de Instalação Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás; Projeto de Instalações Elétricas; Projeto de Instalação de Prevenção e Combate à Incêndio e por fim o Projeto de Instalação Telefônica/Comunicação. Esse modelo de priorização poderá contribuir para processos decisórios apoiando gerentes de projeto e a indústria AEC em geral.

Palavras-chave: Building information modeling (BIM). Decisão multicritério. PROMETHEE II. Gerenciamento de projetos.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a technology that is becoming popular in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) Industry. Its adoption brings several benefits to construction projects which has been perceived by the different stakeholders. Among the perceived benefits are the improvement in communication among the parties involved and an increase in transparency of information, which is particularly important for public projects. In Brazil, the Federal Government is making an effort towards the use of BIM for public projects which might impact the whole construction industry. By using a framework to implement BIM, it was possible to verify which were the critical path during the pre-construction phase. The design firms have to be hired and the design development needs to occur concomitantly. However, it is important to determine the order with which they might be negotiated and hired. This paper deals with the application of the multicriteria decision PROMETHEE II method for prioritization of activities related to the design development within the implementation of BIM, creating a complete pre-order of activities, supporting project managers in the decision-making process. The final result prioritizes the contracting and development of the Structural Project, following the projects of Hydraulic, Sanitary, Pluvial and Gas Installation; Electrical Installations Project; Fire Prevention and Combat Installation Project and finally the Telephone / Communication Installation Project. This prioritization model may contribute to decision making by supporting project managers and the AEC industry in general.

Keywords: Building information modeling (BIM). Multicriteria decision. PROMETHEE II. Project management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADROS

Quadro 1 - Classificação das pesquisas brasileiras em BIM.....	12
--	----

FIGURAS

Figura 1 - Três dimensões fundamentais do BIM.....	20
Figura 2 - Fases de um projeto segundo os níveis de maturidade.....	37
Figura 3 - BIM BR Roadmap.....	38
Figura 4 - Rede PERT das etapas de implantação do BIM.....	46
Figura 5 - Resultado dos fluxos representado graficamente.....	51
Figura 6 - Resultado dos fluxos representado graficamente.....	52
Figura 7 - Análise de sensibilidade nos critérios.....	53

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Framework do processo de priorização das atividades.....	14
Fluxograma 2 - Fluxograma de procedimentos.....	24
Fluxograma 3 - Níveis de maturidade do BIM.....	35
Fluxograma 4 - Principais passos para um projeto de implementação BIM.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das atividades da rede PERT	46
Tabela 2 - Critérios	48
Tabela 3 - Matriz de Decisão.....	49
Tabela 4 - Ordem de preferência dos critérios e seus respectivos pesos	50
Tabela 5 - Fluxos de preferências.....	50
Tabela 6 - Ordem final das alternativas	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
<i>1.1 JUSTIFICATIVA.....</i>	<i>11</i>
<i>1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....</i>	<i>13</i>
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
<i>1.3 METODOLOGIA</i>	<i>14</i>
<i>1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</i>	<i>15</i>
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	17
<i>2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....</i>	<i>17</i>
<i>2.2 CONTRATAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS.....</i>	<i>24</i>
<i>2.3 MULTICRITERIA DECISION MAKING/ANALYSIS (MCDM/A).....</i>	<i>25</i>
2.3.1 Métodos de Sobreclassificação.....	27
2.3.1.1 PROMETHEE II.....	29
2.3.1.2 PROMETHEE ROC	30
3 IMPLANTAÇÃO DO BIM.....	33
4 MODELO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM.....	45
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	55
<i>5.1 CONCLUSÕES</i>	<i>55</i>
<i>5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</i>	<i>55</i>
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM) pode ser definida como um conjunto interativo de processos, políticas e tecnologias para o gerenciamento de dados em formato digital durante todo o ciclo de vida do projeto, e vem se desenvolvendo no contexto da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) desde o início dos anos 2000 (GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017; SUCCAR, 2009).

A tecnologia tem como objetivo melhorar a colaboração entre as partes interessadas, reduzir o tempo necessário para documentação do projeto e produzir resultados mais previsíveis (SUCCAR, 2009). Além disso, o BIM é um domínio de conhecimento expansível na indústria AEC e é considerado um dos desenvolvimentos mais promissores na área (EASTMAN et al., 2011). Esta tecnologia têm se tornado crescentemente objeto de estudo no Brasil (ALMEIDA et al., 2017).

O BIM além de contribuir de forma inovadora no gerenciamento de projetos, pode também assegurar melhor aplicação de recursos em obras públicas, elevando a produtividade na construção e garantindo maior eficiência e transparência das atividades. Seu uso possibilita e facilita o trabalho colaborativo, a detecção de inconsistências entre as disciplinas do projeto, a acurácia dos quantitativos e da planilha orçamentária, facilitando assim o acompanhamento e a fiscalização da obra, além de reduzir as oportunidades de desvios e corrupção.

Em alguns países o uso do BIM é mais evidente e notório, como Chile, Finlândia, Dinamarca, Suécia, Noruega, Estados Unidos, Japão e Austrália. As iniciativas no Brasil ainda são incipientes, um número muito reduzido de construtoras e escritórios de arquitetura o utilizam em todo o seu potencial (CIBIC, 2016).

Existem várias dificuldades associadas à implantação desta tecnologia. Dentre estas, pode-se citar: entender o novo processo de trabalho; o custo elevado para aquisição de *hardware* compatível e *software*; custos com treinamento e dificuldade no uso dos *softwares*; custo elevado de implantação; falta de incentivo por parte dos arquitetos sêniores para capacitar uma equipe BIM; a mudança de processo de trabalho do escritório e atrasos na entrega dos primeiros projetos (COSTA E ILHA, 2017). Uma outra questão importante é a ordem que deve ser considerada para decidir o momento de envolver cada projetista no processo de desenvolvimento do modelo de construção (HARDIN E MCCOOL, 2015). O processo de desenvolvimento do modelo de construção conta com diversas etapas que podem variar de acordo com o tipo de negócio (arquitetura, projetos, engenharia e construção ou construção),

com o nível de iteratividade entre as partes e a dimensão do projeto. Desta forma, diversos *frameworks* de implantação do BIM em projetos, que serão detalhados no capítulo 3, podem ser encontrados na literatura, como por exemplo os propostos por Barison e Santos (2011); Addor et al. (2013); CBIC ; Serra (2015); Masotti (2014); Succar (2009), entre outros trabalhos.

A fim de auxiliar empresas públicas e privadas a priorizar a contratação dos projetos diante das novas exigências legais que entrarão em vigor no Brasil, como o Projeto de Lei nº 6619/2016 que visa mudar a Lei de Licitações 8.666/93 trazendo a obrigatoriedade do BIM em obras públicas e a publicação do Decreto nº 9.377/2018 oficializando a estratégia de disseminação do BIM no Brasil, neste trabalho é apresentado um modelo de priorização a fim de auxiliar os engenheiros e arquitetos sêniores de pequenas organizações a ordenarem os projetos que precisarão ser contratados e desenvolvidos seguindo a ordem proposta.

A fim de auxiliar na percepção das atividades necessárias para implantação da tecnologia BIM em um empreendimento, foi utilizado o *framework* proposto por Garbini e Brandão (2014). Esse *framework* consiste num modelo genérico de processo de projeto com o uso do BIM baseado em estudos de casos.

Dado que a escolha do momento de envolver cada projetista apresenta impactos em múltiplos aspectos relacionados ao bom desenvolvimento do Modelo de Construção, será utilizado o método de decisão multicritério PROMETHEE II para priorizar as atividades relacionadas a tal implementação, a qual fornecerá uma pré-ordem completa das alternativas, apoiando gerentes de projeto no processo decisório.

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria de construção brasileira, em geral, tem um histórico de eficiência muito ruim. Má utilização de recursos, alto desperdício de materiais devido ao planejamento deficiente, baixo nível de padronização e técnicas de construção não racionalizadas resultando em baixa produtividade, levam à construções superfaturadas e cronogramas atrasados (PITA E TRAMONTANO, 2017).

A adoção do BIM nas obras brasileiras não resolverá todos os problemas da indústria AEC, mas pode contribuir de forma inovadora no gerenciamento de projetos, assegurando melhor aplicação dos recursos públicos, beneficiando não só o construtor, mas também toda sociedade (FERREIRA, 2017; KASSEM E AMORIM, 2015).

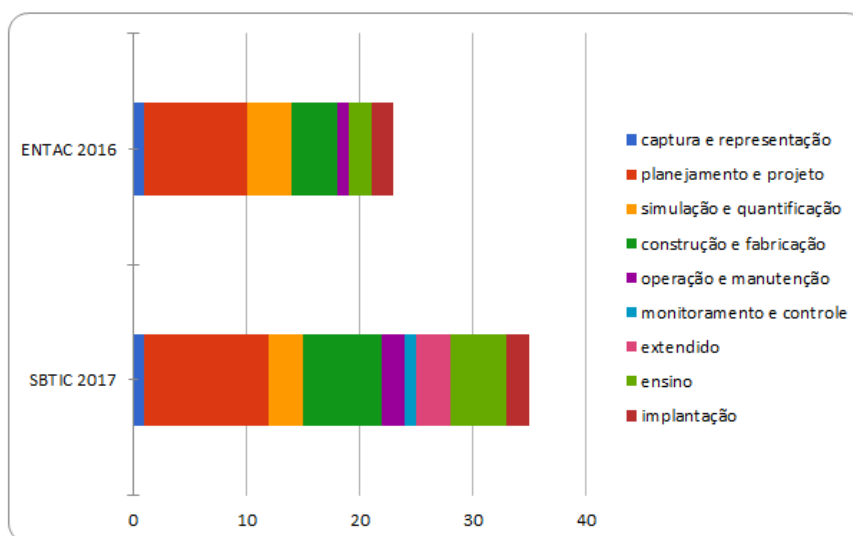
Países como a Dinamarca, a Finlândia, a Holanda e o Reino Unido já exigem o uso do BIM em projetos financiados com recursos públicos, pois reconhecem os benefícios de rapidez,

economia e sustentabilidade que o BIM traz (KASSEM E AMORIM, 2015). Em 2008, durante a crise imobiliária dos Estados Unidos, a adoção do BIM cresceu consideravelmente, tendo sua implantação como alternativa de reação das empresas afetadas pela crise, considerando uma forma de inovação e melhoria dos seus processos, proporcionando maior produtividade e eficiência (CBIC, 2016).

Ao contrário do mercado internacional, a disseminação do BIM no Brasil ainda é muito recente, mesmo diante de todos os seus potenciais. McGraw Hill Construction (2008) *apud* Ferreira (2017) relata que grande parte das organizações brasileiras que usam a tecnologia, está usando em projetos de baixa complexidade, e que a taxa de engajamento em projetos de alta complexidade é praticamente nula.

Em se tratando do meio acadêmico, apesar das iniciativas governamentais, a tecnologia BIM ainda não tem sido implementada na maioria dos currículos das universidades brasileiras. O Quadro 1 permite verificar a intensificação da disseminação do BIM em dois eventos ocorridos entre os anos de 2016 e 2017, o Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído (ENTAC) e o Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção (SBTIC) (RUSCHEL E LIMA, 2018).

Quadro 1 - Classificação das pesquisas brasileiras em BIM apresentadas no Entac 2016 e SBTIC 2017



Fonte: Ruschel e Lima (2018). Disponível em: <https://cbic.org.br/inovacao/2018/06/15/o-potencial-de-contribuicao-da-academia-na-difusao-do-bim/>.

Percebe-se maior ênfase de pesquisa em BIM associado ao uso em planejamento e projeto seguido da construção e fabricação. Esse é um perfil diferente do encontrado na prática

brasileira, em que a adoção do BIM é maior na prática associada à construção (RUSCHEL E LIMA, 2018).

Diante deste contexto, a necessidade da adoção e de investimentos em metodologias eficientes é ainda mais reforçada, como é o caso do BIM. Independentemente de ser uma organização de caráter público ou privado, todas buscam, ou deveriam buscar, melhor utilização dos seus recursos, sejam eles financeiros ou humanos, através de uma boa gestão e da utilização de métodos de apoio à decisão no processo de implantação da tecnologia.

Portanto, considerando que o sucesso de um projeto depende de diversos fatores como custos, tempo, mão de obra, especificações técnicas envolvendo desde a concepção do projeto, execução até a manutenção da edificação, é importante e fundamental a utilização de métodos de apoio à decisão multicritério em processos decisórios em que há mais de uma alternativa de escolha, como é o caso das atividades que acontecem simultaneamente durante a implementação da tecnologia BIM.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral aplicar o método de apoio à decisão multicritério PROMETHEE II em uma construtora de pequeno porte para priorização das atividades que acontecem concomitantemente no processo de implantação da tecnologia BIM, como é o caso da contratação e desenvolvimento dos projetos executivos, e propor um modelo de priorização para auxiliar processos decisórios.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Realizar uma revisão de literatura referente aos temas BIM e aplicação do método PROMETHEE II;
- ✓ Analisar na literatura diversos *frameworks* propostos como guias de implantação do BIM;
- ✓ Adotar um *framework* e verificar quais atividades o compõe;
- ✓ Verificar quais atividades acontecem em paralelo no processo de implantação da tecnologia;
- ✓ Escolher uma construtora e incorporadora de pequeno porte para aplicação do método;
- ✓ Criar uma matriz de decisão para aplicação do método de apoio à decisão multicritério;

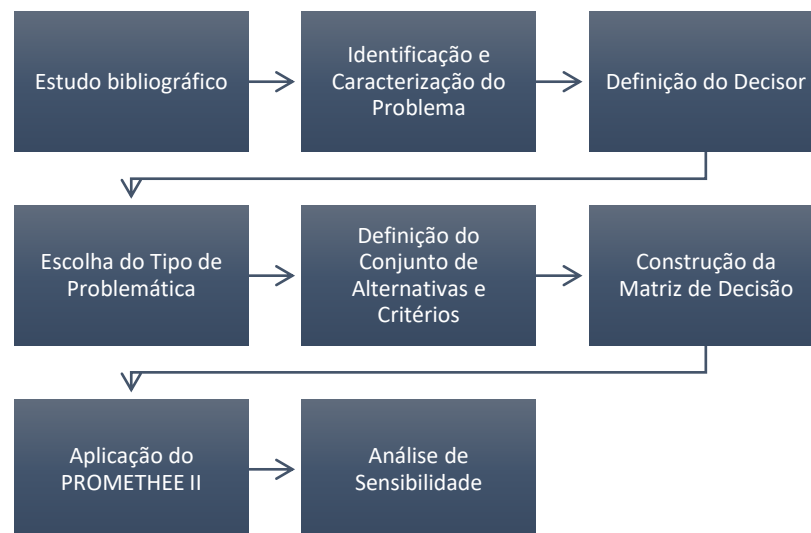
- ✓ Aplicar o PROMETHEE – ROC para criação de uma ordem de preferência dos critérios que irão compor a matriz de decisão;
- ✓ Aplicar o PROMETHEE II para priorizar as alternativas;
- ✓ Realizar uma análise de sensibilidade para verificar o comportamento do *ranking* final.
- ✓ Propor o modelo de priorização ao decisor afim de auxiliar em processos decisórios.

1.3 METODOLOGIA

Esta pesquisa de caráter exploratória foi realizada para criação de um modelo de priorização de projetos no processo de implantação da tecnologia BIM em obras públicas ou privadas.

A primeira etapa desta pesquisa consiste no levantamento de informações através de um estudo bibliográfico para melhor fundamentar o trabalho. As fontes utilizadas foram baseadas em livros, artigos, teses e dissertações com o tema abordado. A segunda etapa fundamenta-se no conceito de Métodos de Apoio à Decisão Multicritério (MCDM/A).

Fluxograma 1 - Framework do processo de priorização das atividades.



Fonte: A Autora (2018)

Alguns processos necessários para a estruturação do modelo de decisão (Fluxograma 1), são apresentados a seguir:

1. Identificação e Caracterização do Problema: na primeira fase da segunda etapa do trabalho é realizada a caracterização do objeto de estudo, através da análise dos diversos

frameworks propostos na literatura para implementação da tecnologia BIM em obras públicas ou privadas.

2. Definição do Decisor: o decisor foi o proprietário de uma pequena construtora e incorporadora de Recife/PE.
3. Escolha do Tipo de Problemática: A problemática abordada por este trabalho é a de ordenação, onde acontece a definição de uma ordem de preferência do conjunto de alternativas. Ou seja, busca-se priorização das atividades de contratação dos projetistas no processo de implantação da tecnologia BIM.
4. Definição do Conjunto de Alternativas e Critérios: depois da escolha de um *framework* foi verificado quais atividades aconteciam em paralelo e criado o conjunto de alternativas. Através de uma entrevista com o decisor foi possível definir a família de critérios.
5. Construção da Matriz de Decisão: foi aplicada a metodologia de pesos substitutos PROMETHEE-ROC para criação de uma ordem de preferência dos critérios, já que o decisor demonstrava insegurança e falta de conhecimento no processo de elicitação de pesos.
6. Aplicação do PROMETHEE II: o método foi usado para a ordenação final das alternativas a partir da matriz de decisão preenchida pelo agente decisor. Nesta fase é realizada a diferença dos fluxos positivos e negativos, resultando no fluxo líquido.
7. Análise de Sensibilidade: uma análise de sensibilidade foi efetuada para verificar o comportamento do *ranking* resultante da aplicação do método PROMETHEE II.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Afim de proporcionar uma melhor compreensão da estrutura deste trabalho, a seguir é apresentado resumidamente os 5 capítulos que o compõe:

- O Capítulo 1, a Introdução, apresenta os objetivos do estudo além das motivações e justificativas e a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho.
- O Capítulo 2 é composto pela base conceitual, abordando conceitos sobre a tecnologia BIM, o processo de contratação de obras públicas e decisão multicritério.
- O Capítulo 3 aborda o processo de implantação do BIM, discute o posicionamento em outros países além de abordar as principais dificuldades do processo.

- No capítulo 4 é onde se encontra a aplicação do método de apoio à decisão multicritério para priorização das alternativas que compõem a matriz de decisão. Além disso, é realizada uma análise de sensibilidade para verificar o comportamento do resultado com a mudança dos pesos dos critérios.
- No capítulo 5, por fim, encontram-se as principais conclusões do trabalho além de algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo tem como objetivo embasar teoricamente este trabalho, através do levantamento dos principais conceitos e definições BIM; Contratação de Obras Públicas e MCDM/A, especificamente o método de sobreclassificação PROMETHEE II.

2.1 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Devido ao aumento do nível de complexidade que as edificações vem adquirindo, ligados à quantidade de sistemas que os envolvem, o controle de informações no desenvolvimento de projetos e obras tem se tornado mais complexo, pois grande quantidade de dados precisam ser processados simultaneamente e essa base de dados é acessada por diversos usuários, diversas vezes, ao mesmo tempo e em locais diversos (ADDOR et al., 2010; FARINHA, 2012).

Na tecnologia BIM, todos os projetos estão vinculados num mesmo modelo, possibilitando que todas as informações de todas as disciplinas estejam também concentradas e integradas (ADDOR et al., 2010).

Algumas referências apontam que o conceito BIM surgiu em 1975, citado pela primeira vez por Eastman no AIA Journal da *Carnegie-Mellon University* (EASTMAN et al., 2011). Eastman teria conceituado BIM como sendo “um modelo digital que representa um produto, que por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto” (CBIC, 2016).

Desde 1986, a terminologia *Building Modeling* é conhecida na área de interesse e em 1992 F. Tolman utilizou o termo *Building Information Modeling* em um artigo no *Automation in Construction* (BRASIL, 2017). Apesar de não ser uma ideia muito recente, o termo só se disseminou quando microcomputadores com maior capacidade de processamento foram ofertados com preços acessíveis para o mercado da construção (BRASIL, 2017). Desde os anos 80 já existiam softwares capazes de produzir modelos 3D com informação agregada, mas só no início do século 21 é que esses eles se tornaram mais populares (BRASIL, 2017).

Escritórios no Japão e nos EUA, vêm desenvolvendo e utilizando desde 1993, o “Sistema *Onuma Open Architecture*”, um *software* BIM de tecnologia aberta (ADDOR et al., 2013). Outros países pioneiros no desenvolvimento de projetos em BIM foram a Finlândia e Noruega, onde encontra-se a implementação da tecnologia em estágios mais avançados. Em Cingapura,

padrões de legislação foram estabelecidos pelo governo baseados em processos BIM (ADDOR E SANTOS, 2014).

O BIM pode ser definido como um artefato de Tecnologia da Informação (TI) que modela as características físicas e funcionais de uma instalação, possuindo um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para tomada de decisões durante o ciclo de vida do projeto. A implantação do BIM no nível de um projeto requer um planejamento abrangente pelos proprietários das instalações e participantes do projeto (projetistas e arquitetos, contratados, subcontratados e fabricantes) para assegurar a transição bem-sucedida de uma abordagem tradicional para incorporar essa nova tecnologia no fluxo de trabalho do projeto (GANAH E JOHN, 2015).

A comunicação de características específicas do projeto entre as diferentes partes interessadas, requer uma documentação que tradicionalmente é feita em papel (desenhos 2D) e armazenada numa base de documentos. O BIM possibilita que essa base seja colocada em um ambiente virtual permitindo um nível de eficiência, comunicação e colaboração superior aos dos processos tradicionais de construção (LEE, 2008).

Ghaffarianhoseini et al. (2017) e Costa e Ilha (2017) discutem em seus trabalhos os principais benefícios do BIM, como também os principais riscos e desafios associados ao seu uso. Os benefícios variam desde a sua superioridade técnica, desenvolvimento de projetos com maior nível de detalhe, capacidades de interoperabilidade, captação inicial de informações de construção, redução de retrabalho, uso ao longo do ciclo de vida do projeto, aquisição integrada, mecanismos de controle de custos aprimorados, redução de conflitos e benefícios da equipe do projeto (COSTA E ILHA, 2017; GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017). Apesar dos diversos benefícios potenciais da utilização do BIM, a sua aplicação incorpora uma série de riscos, como riscos técnicos, de gestão, ambiental, financeiro e legal (CHIEN, et al. 2014; GHAFFARIANHOSEINI et al., 2017).

Através do uso da tecnologia BIM, um ou mais modelos virtuais de um edifício são construídos digitalmente. Eles dão suporte ao projeto através de suas fases, permitindo melhor análise e controle do que os processos manuais ou em 2D. Quando concluídos, esses modelos gerados por computador contêm geometria precisa e dados necessários para dar suporte às atividades de construção, fabricação e aquisição de materiais (EASTMAN et al., 2011).

Em muitos artigos, seminários e oficinas, o BIM é considerado um catalisador de mudança para reduzir a fragmentação da indústria, melhorar a eficiência / eficácia e diminuir os altos custos de interoperabilidade inadequada (SUCCAR, 2009). O autor ainda destaca a

natureza holística do BIM, que inclui não apenas um software que permite a modelagem geométrica e a entrada de informações, mas também inclui ferramentas e processos relacionados ao gerenciamento de projetos. O processo de projeto BIM diferencia-se do desenvolvimento de projetos em CAD pelo fato de que as atividades de coordenação diversos fatores, sendo o mais importante antes e compatibilização ocorrem da apresentação dos documentos de cada disciplina O processo de projeto BIM diferencia-se do desenvolvimento de projetos em CAD por diversos fatores, sendo o mais importante o fato de que as atividades de coordenação e compatibilização ocorrem antes da apresentação dos documentos de cada disciplina (BRASIL, 2017).

O BIM deverá se tornar o principal meio de troca de informações entre as várias partes envolvidas em projetos de construção (STEEL, DROGEMULLER E TOTH, 2012). O seu uso, não apenas como uma ferramenta no processo de projeto, será um dos desafios enfrentados pela indústria AEC.

Os modelos gerados pela plataforma BIM são uma construção virtual do objeto arquitetônico. Devido à essas construções disponibilizadas nos diversos estágios do projeto, é possível quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações a qualquer estágio do ciclo de vida do empreendimento e, ainda, verificar interferências, testar alternativas de projeto e ensaiar o comportamento do modelo sob a ação de diversos agentes (ROSSO, 2011).

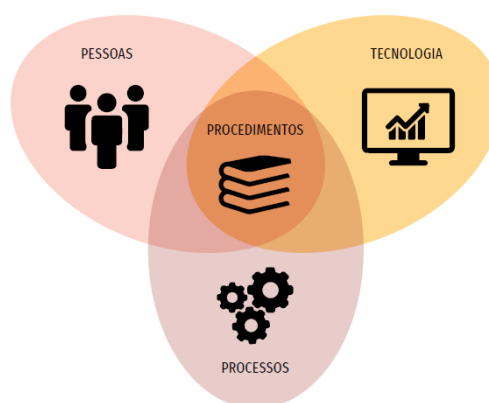
Verifica-se o crescimento de pesquisas na área da tecnologia BIM nos últimos anos focando nos seus benefícios, tais como: viabilização de padronização de componentes (COSTA; ILHA, 2017); ganho significativo em produtividade e diminuição de erros em projetos de elementos pré-fabricados (DEBS, EL E FERREIRA, 2014); apoio à gestão de sistemas de produção (BIOTTO, FORMOSO E ISATTO, 2015) e a integração e comunicação entre os envolvidos no projeto e a redução do esforço na visualização e interpretação mental do planejamento (BRITO E FERREIRA, 2015).

Organizações tanto do setor público como do privado, acreditam que um benefício fundamental no uso do BIM para operação e a manutenção vêm da informação completa e precisa fornecida pelos modelos entregues. No entanto, vários estudos identificaram a falta de qualidade da informação como uma barreira importante para esse objetivo (ZADEH et al., 2017). Especificamente, os pesquisadores confirmam que a qualidade das informações fornecidas, gera custos significativos e retrabalho para a fase de operações. Portanto, é importante o uso de métodos claros, estruturados e flexíveis para descrever e avaliar a qualidade

dos modelos entregues em termos de conformidade com os requisitos do proprietário (ZADEH et al., 2017).

Quando se fala de BIM, é comum a discussão a respeito de *software* e computadores, mas é evidente o impacto no processo de implantação da tecnologia no que se refere à mudança de cultura, incluindo pessoas e processos. Assim, é possível afirmar que a efetiva implantação da metodologia BIM se baseia em três dimensões fundamentais: tecnologia, pessoas e processos (Figura 1), conectadas entre si por procedimentos, normas e boas práticas (BRASIL, 2017) .

Figura 1 - Três dimensões fundamentais do BIM.



Fonte: Guia 1 – Processo de Projeto BIM (BRASIL, 2017).

A **tecnologia** consiste em toda infraestrutura, programas e equipamentos necessários para a operação. Além disso, envolve a rede de conexão, a segurança, o armazenamento de arquivos e o treinamento da mão de obra envolvida. No processo de escolha relativa à infraestrutura de implantação, existem prós e contras envolvidos, exigindo uma avaliação mais adequada considerando o modelo de negócio virtual, as opiniões da equipe de produção, as experiências compartilhadas por outras empresas e o suporte oferecido pelos fornecedores (BRASIL, 2017).

O foco em **pessoas** é fundamental na estratégia de implantação. O processo exige profissionais experientes, com capacidade de trabalhar com equipes internas e externas, além da flexibilidade à mudanças e conhecimento das tecnologias que avançam continuamente. A otimização do projeto nas fases de concepção e de desenvolvimento é um dos principais pontos do processo de implementação do BIM. Portanto, é necessário o envolvimento de pessoas capacitadas para a identificação de erros ou possíveis melhorias, exigindo maior nível de comunicação com troca de informações detalhadas (BRASIL, 2017).

O foco **processo** abrange tanto os novos processos internos a serem adotados, como também os processos interempresariais. As atividades que compõem o plano de trabalho consistem em: 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 (BRASIL, 2017).

Estas três dimensões fundamentais são vinculadas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, pelo conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, por práticas comerciais e o uso e operação da infraestrutura tecnológica. Para atingir as metas determinadas, é necessária a implementação de novos processos, buscando a otimização das suas etapas em cada entidade envolvida. Além disso, é importante incluir não apenas os projetistas, como também a incorporadora, a construtora, a gerenciadora do projeto e da obra e a administradora da manutenção do edifício. Ou seja, não se trata apenas da contratação de novos profissionais, é uma reestruturação estratégica da empresa (BRASIL, 2017).

Além das questões relacionadas à implantação em organizações, ainda existem os problemas relacionados a sua inserção no contexto educacional. Ruschel, Andrade e Morais (2013) compararam as experiências em termos de educação em cursos de Engenharia Civil e Arquitetura entre os cursos no Brasil e em instituições internacionais e perceberam que esta implementação na grade curricular destes cursos vêm acontecendo de forma gradual e lenta e que o Brasil está ainda muito atrasado em relação às instituições internacionais.

Entretanto, encontra-se em tramitação um projeto de lei nº 6619/2016 que visa modificar a Lei das Licitações (nº 8.666/1993) com a intenção de estabelecer a obrigatoriedade do uso do BIM na confecção de projetos executivos de obras e serviços de engenharia contratados pela administração pública. Além disso, o Governo Federal vêm investindo em um esforço para popularizar o BIM identificado através do decreto nº 9.377 de 17 de maio de 2018 que institui uma estratégia nacional para disseminação do BIM. Diante deste cenário torna-se impreterível analisar os impactos gerados por esta mudança, visto que apenas um número reduzido de organizações no Brasil vem fazendo uso do BIM.

Apesar do uso do BIM no Brasil ainda estar em sua fase embrionária, de acordo com Souza et al. (2013), desde 2007 algumas empresas do setor privado, junto com instituições da Construção Civil, têm tomado iniciativas para o desenvolvimento de pesquisas e discussões na área de BIM, como a Câmara Brasileira de Indústria da Construção (CBIC) que, desde 2015,

tem desenvolvido um trabalho sistemático de sensibilização da indústria AEC para a adoção da tecnologia (CBIC, 2018). Além disso, mais algumas iniciativas têm sido tomadas por bancos e agências públicas, como o Banco do Brasil, a Caixa Econômica Federal e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT). Método Engenharia, CCDI, Odebrecht, Gafisa e Sinco estão entre as empresas pioneiras em relação ao BIM no país (CBIC, 2018).

Uma das principais instituições públicas a colocar a tecnologia em prática foi o Exército. Há mais de dez anos, o Departamento de Engenharia e Construção do Exército (DEC) criou o Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS), que de acordo com o departamento é um:

Sistema informatizado de apoio à decisão que visa suportar as funcionalidades de Planejamento, Programação, Acompanhamento, Fiscalização, Controle, Gerência e Execução de Obras e Serviços de Engenharia de todas as atividades dos macroprocessos finalísticos do Sistema de obras Militares (SOM), tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico (BRASIL, 2018).

Além disso, vale destacar as iniciativas de Santa Catarina, primeiro estado a usar o BIM em obras públicas com a construção do Instituto de Cardiologia de Florianópolis em 2014, estabelecendo um nível inédito de detalhamento com 37 itens a serem verificados na fase de análise de modelo. No mesmo ano, o governo do estado publicou o Caderno de Apresentação de Projetos BIM, documento base que descreve e normatiza procedimentos para o desenvolvimento de projetos com BIM e que deve ser anexado em editais para contratação de projetos. Nele, estão definidas a padronização e a formatação que devem orientar o desenvolvimento dos projetos em BIM, para que sejam adequadamente entregues ao governo do estado. A elaboração do documento foi motivada pelos fatores que mais dificultam a análise e interpretação das informações referentes aos projetos e suas obras, são eles: omissão de informações; apresentação de sistemas/elementos próprios de cada escritório/empresa; falta de itens apresentados nos projetos; nomeação de arquivos sem referência; cotas editadas; escalas modificadas; problemas em impressões, entre outros (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2013).

De acordo com a fala do professor e pesquisador Succar (2018), a adoção do BIM no setor de construção do Brasil está amadurecendo, com uma importante atuação de entidades, universidades (USP, UNICAMP e UFCE), empresas e do governo (CBIC, 2018).

Segundo Raad (2018), diretor do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e representante do Comitê Estratégico de Implementação do BIM, o governo federal tem acompanhado de perto as melhorias que o BIM pode trazer, como maior qualidade nas

obras públicas, redução de desperdícios, ganho na sustentabilidade e mais transparência nas compras. Além disso, o representante do grupo destacou a ênfase em planejamento mais preciso, maior confiabilidade nas estimativas de custos e no cumprimento de prazos, menor incidência de imprevistos nas obras e redução dos aditivos de contrato, um dos maiores causadores de “estouros” de orçamento nas obras públicas do Brasil (CBIC, 2018).

Apesar de do BIM ser um tema relativamente recém discutido, principalmente no Brasil, é possível encontrar na literatura diversos estudos e aplicabilidades diferentes da tecnologia. A seguir serão citados alguns trabalhos desenvolvidos no mundo nos últimos dez anos.

No trabalho desenvolvido por Ferraz e Moraes (2012) estudam-se os princípios do processo BIM e da especificação IFC (*Industry Foundation Classes*) e a aplicabilidade destes na indústria da construção, analisando as vantagens e desvantagens associadas à sua utilização e a interoperabilidade entre vários aplicativos BIM.

Delatorre e Santos (2015) realizaram uma revisão bibliográfica aprofundando conceitos teóricos sobre as fases de desenvolvimento de projetos no modelo tradicional e verificaram através de um estudo de caso em uma empresa construtora como foi realizada a gestão da informação para então propor um macro fluxo para a gestão do nível de desenvolvimento de modelos BIM .

Barison e Santos (2016) discutem em seu artigo o papel do arquiteto em empreendimentos desenvolvidos com tecnologia BIM, identificando as competências exigidas desse profissional e quais delas devem ser abordadas na graduação, especialmente no ensino de projeto de arquitetura.

No artigo de Takagaki et al. (2016) é apresentado regras de verificação e de validação de modelos BIM para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário com base na NBR 8160, afim de facilitar o trabalho de coordenadores de projetos.

Chen e Luo (2014) exploram e discutem as vantagens do 4D BIM para uma aplicação de qualidade baseada em códigos de construção, construindo o modelo em uma estrutura de definição de dados de produto, organização e processo. Um estudo de caso é fornecido para validar o uso da aplicação 4D BIM proposta para controle de qualidade durante a fase de construção do *Wuhan International EXPO Center*.

Ozorhon e Karahan (2016) investigam os fatores críticos de sucesso da implementação do BIM nos países em desenvolvimento, onde o BIM é relativamente novo na indústria da construção. A esse respeito, uma pesquisa por questionário foi elaborada e administrada para participantes do setor público e privado na Turquia.

Liu, Chen e Wu (2017) exploram a viabilidade de aplicar os princípios do BIM para o gerenciamento do ciclo de vida do projeto de capital no projeto, engenharia, fabricação, construção e operação de iates de luxo.

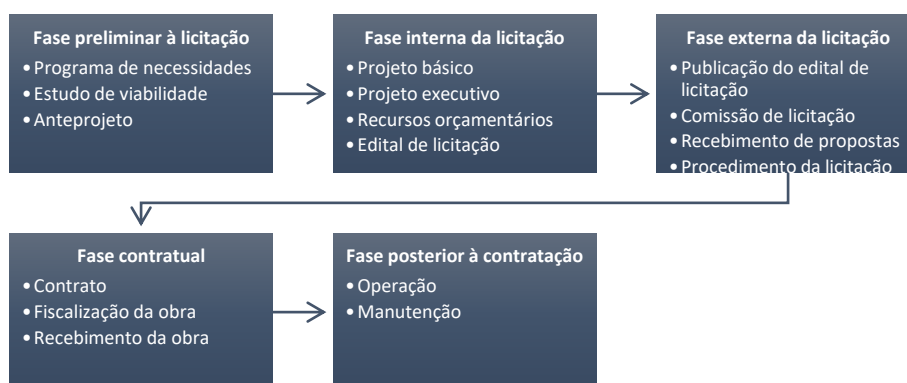
Zou, Kiviniemi e Jones (2017) apresentam em seu trabalho um resumo do gerenciamento de riscos tradicional e uma revisão abrangente e extensa da literatura publicada sobre os últimos esforços de gerenciamento de riscos usando tecnologias como o BIM.

No artigo de Martínez-Aires, López-Alonso e Martínez-Rojas (2018) é realizada uma revisão de literatura no que se refere à BIM e Segurança da Construção, a fim de explorar os resultados úteis e as lacunas no conhecimento para pesquisas futuras. O principal resultado mostra que a crescente implementação do BIM na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) está mudando a maneira como a segurança pode ser abordada. Riscos de segurança potenciais podem ser automaticamente identificados e os métodos de prevenção correspondentes podem ser aplicados usando uma abordagem automatizada.

2.2 CONTRATAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS

Uma série de etapas compõem o processo de construção de uma obra pública, constituídas de passos fundamentais para o sucesso do projeto e obtenção de um conjunto de informações precisas que refletirão em menor risco de prejuízos à Administração Pública (TCU, 2014). O Fluxograma 2 apresenta de forma sequencial as etapas necessárias para a execução indireta de uma obra pública e funciona como um guia para os gestores nestes ambientes (TCU, 2014).

Fluxograma 2 - Fluxograma de procedimentos



Fonte: Adaptado do TCU (TCU, 2014)

As contratações de obras públicas no Brasil são regidas pela Lei Nacional de Licitações e Contratos Administrativos - Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Possuindo caráter mais

abrangente, essa lei estabelece normas gerais sobre licitações e contratos no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Uma vez que o processo licitatório tenha seguido o trâmite normal, uma empresa é selecionada, entre aquelas habilitadas a execução da obra, e dá-se início a Fase Contratual. Esta fase se inicia com a assinatura do contrato e a emissão da ordem de serviço e se encerra com o recebimento da obra (TCU, 2014).

É previsto ainda, na Lei nº 8666/93, que o Projeto Básico deve ser desenvolvido na fase interna de licitação a fim de permitir que o Edital seja publicado, contendo quantitativos suficientes para uma análise de custos de execução. Entretanto, o Projeto Executivo deve ser desenvolvido após a aprovação do Projeto Básico, mas pode acontecer durante a execução do Projeto de Construção (TCU, 2014).

Os processos de contratação tidos como Projeto, Licitação e Construção, como é o caso daqueles licitados pela lei nº 8666/93, recebem benefícios marginais com a implantação do BIM (HARDIN E MCCOOL, 2015), isto acontece porque as atividades de integração da equipe de projetos e construção não ocorrem na sua integralidade. Entretanto, ainda é possível garantir a precisão do modelo e rapidez nas modificações de projetos. Ainda assim, problemas relacionados a retrabalhos, horas de equipe ociosa e interferências entre as diversas disciplinas necessárias para consolidar o projeto executivo podem ocorrer. A fim de implantar o BIM da melhor maneira possível, é importante que se utilize um *framework* que sirva como guia deste processo e permita que as partes interessadas recebam os benefícios inerentes à implantação desta nova tecnologia.

2.3 MULTICRITERIA DECISION MAKING/ANALYSIS (MCDM/A)

Segundo Vincke (1992) um problema de decisão multicritério consiste numa situação em que uma escolha é conduzida pelo atendimento de múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si, em que há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher. Esses objetivos estão associados às consequências da escolha da alternativa a ser seguida. São associadas a esses objetivos variáveis que os representam e permitem a avaliação de cada alternativa com base em cada critério analisado. Os métodos multicritério de apoio à decisão (MCDM/A) são utilizados para auxiliar os decisores a buscarem soluções que atendam à múltiplos objetivos por meio do uso formal de uma ferramenta de apoio a decisão considerando-se seus objetivos que são descritos por um conjunto de critérios e usando níveis de desempenho estabelecidos pelo decisor (GRECO, EHRGOTT E FIGUEIRA, 2016). Vale destacar que a diferença entre os acrônimos MCDA (*Multi-criteria Decision Aiding* ou *Multi-criteria Decision*

Analysis) e MCDM (*Multi-criteria Decision Making*) não será enfatizada no trabalho, apesar dos seus significados diferentes. Enquanto as metodologias MCDA possuem uma abordagem construtivista buscando a construção de uma solução representativa, as MCDM possuem princípios racionalistas na busca da solução “ótima” (FITZ E SOUZA, 2007).

O tipo de problemática é uma questão importante que influencia a escolha do método de decisão. Roy (1996) apresenta quatro tipos de problemáticas que influenciam o resultado pretendido de determinados problemas:

- Problemática de Escolha ($P.\alpha$): Esclarece a decisão pela escolha de um subconjunto do espaço de ações;
- Problemática de Classificação ($P.\beta$): Coloca cada ação em uma classe;
- Problemática de Ordenação ($P.\gamma$): Ordena as ações;
- Problemática de Descrição ($P.\delta$): Apoia a decisão a partir de uma descrição das ações e de suas consequências.

De acordo com Vincke (1992) existem vários métodos desenvolvidos para o estudo de problemas com múltiplos objetivos. Para o método MCDA, há uma classificação da seguinte forma:

- Métodos de critério único de síntese: critérios agregados em um único critério de síntese, tem como destaque a Teoria de Utilidade Multiatributo - MAUT;
- Métodos de Sobreclassificação (*Outranking*): superação, prevalência ou subordinação, destacam-se a família de métodos ELECTRE e a família de métodos PROMETHEE;
- Métodos Interativos: são associados a problemas discretos ou contínuos, e tem como método de Programação Linear Multi-objetivo (PLMO).

Outra classificação importante e que merece destaque é em relação aos métodos compensatórios e não compensatórios. Esta classificação deve ser considerada na análise do problema, quando se pretende atender à estrutura de preferências do decisor e ao seu tipo de racionalidade considerado no contexto do estudo (ALMEIDA, 2013).

2.3.1 Métodos de Sobreclassificação

Os métodos de sobreclassificação (*outranking*), também conhecidos como superação, prevalência ou subordinação e síntese, consistem em uma das principais escolas de métodos de decisão multicritério (GRECO, EHRGOTT E FIGUEIRA, 2016).

Esses métodos são baseados em comparações par a par entre as alternativas, explorando uma relação de sobreclassificação que tem algumas características fortemente distintas dos métodos de agregação por meio de critério único de síntese. Em geral, eles não realizam uma agregação analítica para se obter um *score* em cada alternativa e podem trazer resultados parciais na apresentação das recomendações. Eles assumem a possibilidade de incomparabilidade na estrutura de preferência do decisor, usando assim uma relação de sobreclassificação entre as alternativas que não são transitivas (FIGUEIRA, MOUSSEAU E ROY, 2016). Uma outra questão importante nesses métodos é seu tipo de avaliação não-compensatória, enquanto os métodos por meio de critério único de síntese possuem avaliações compensatórias.

Os principais métodos de sobreclassificação são as família de métodos ELECTRE (*Elimination et Choix Traduisant la Réalité*) e família de métodos PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (GRECO, EHRGOTT E FIGUEIRA, 2016).

De acordo com Almeida (2013) a família ELECTRE inclui vários métodos, cada um utilizado em situações diferentes, são eles:

- ELECTRE I: problemática de escolha, com uso de critério usual;
- ELECTRE IS: problemática de escolha, com uso de pseudocritério;
- ELECTRE II: problemática de ordenação, com uso de critério usual;
- ELECTRE III: problemática de ordenação, com uso de pseudocritério;
- ELECTRE IV: problemática de ordenação, com uso de pseudocritérios, sem uso de pesos para os critérios;
- ELECTRE TRI: problemática de classificação: com uso de pseudocritério.

Os métodos da família PROMETHEE são considerados de fácil entendimento e rápida assimilação pelo decisor (BRANS E DE SMET, 2016). Sua aplicação é baseado nas seguintes fases: construção da relação de sobreclassificação, onde se estabelece uma comparação par a

par das alternativas; e exploração da relação de sobreclassificação, onde se aplica um procedimento ou algoritmo para resolver o problema em função da problemática específica abordada (LIMA, OLIVEIRA E ALENCAR, 2014).

O decisor deve fornecer um peso p_i para cada critério, esse peso representa a importância do critério (BRANS E DE SMET, 2016). Esses pesos são utilizados para obter o grau de sobreclassificação $\pi(a, b)$, de acordo com a Equação (2.1), que é o grau em que a alternativa a sobreclassifica b , para cada par de alternativas (a, b) , obtido por:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n p_i F_i(a, b) \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (2.2)$$

$F_i(a, b)$ é a diferença $[g_i(a) - g_i(b)]$ entre o desempenho das alternativas para cada critério i , e é definida no intervalo $[0, 1]$, calculada uma função de preferência.

De acordo com Almeida (2013), no PROMETHEE há seis formas básicas para a função $F_i(a, b)$, e as preferências do decisor podem ser representadas usando a forma mais adequada para cada critério. Esses critérios são usadas para identificar a intensidade da preferência e estão citados abaixo:

- Critério usual (verdadeiro): não há parâmetro a ser definido.
- Quase critério: define-se o parâmetro q .
- Limiar de preferência: define-se o parâmetro p .
- Pseudocritério: definem-se os parâmetros p e q .
- Área de indiferença: definem-se os parâmetros p e q .
- Critério gaussiano: o desvio padrão deve ser fixado.

De acordo com Almeida (2013) podemos encontrar na família PROMETHEE os seguintes métodos:

- ✓ PROMETHEE I: problemática de escolha, estabelecendo uma pré-ordem parcial.
- ✓ PROMETHEE II: problemática de ordenação, resultando numa pré-ordem completa das alternativas.

- ✓ PROMETHEE III e IV: problemática de escolha ou ordenação. Utilizados em problemas de decisão mais sofisticados, especificamente com um componente estocástico. Fornecem uma pré-ordem completa ou parcial. O IV é destinado as situações em que o conjunto de soluções viáveis é contínuo.
- ✓ PROMETHEE V: após a obtenção da avaliação das alternativas com base no PROMETHEE II, restrições identificadas no problema são inseridas e então se seleciona um conjunto de alternativas incorporando a otimização inteira.
- ✓ PROMETHEE VI: problemática de escolha e ordenação. Pré-ordem completa ou parcial. Este método é destinado às situações em que o decisor não consegue estabelecer um valor fixo de peso para cada critério, podendo estabelecer intervalos de possíveis valores.

2.3.1.1 PROMETHEE II

Segundo Greco, Ehrgott e Figueira (2016), o método PROMETHEE II é um método não compensatório e baseia-se na utilização do fluxo líquido $\Phi(a)$ o qual se obtém da seguinte maneira :

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (2.3)$$

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a, b) \quad (2.4)$$

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (2.5)$$

O fluxo positivo Φ^+ acontece quando uma alternativa sobreclassifica as demais, já o fluxo negativo Φ^- trata da sobreclassificação de uma alternativa pelas outras. Quanto maior o Φ^+ , melhor a alternativa.

Com base nesses fluxos, uma pré-ordem completa das alternativas é obtida em ordem decrescente, de acordo com as seguintes relações:

Preferência: aPb se:

- $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ e $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$ ou
- $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$ e $\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$ ou
- $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$ e $\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$.

Indiferença: aIb se:

- $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$

Por ignorar a relação de incomparabilidade o PROMETHEE II apresenta como solução uma ordem completa das alternativas. Desta forma, acontece perda de informação fornecida pelo decisor (BRANS E DE SMET, 2016). As relações de incomparabilidade surgem quando o decisor não forneceu informações o suficiente para que uma ordem completa fosse formada, de modo que ao se ignorarem as relações de incomparabilidade, perde-se a oportunidade de explorar melhor o espaço de decisões. Entretanto, nem sempre existe interesse por parte do decisor em explorar todo o espaço de consequências (BRANS E VINCKE, 1985).

O método conta com diversas aplicações importantes nos mais diferentes processos decisórios, algumas delas serão apresentadas a seguir.

Amaral e Costa (2014) utilizaram o PROMETHEE II para o apoio de tomada de decisão e o gerenciamento de recursos de um departamento de emergência de um hospital público brasileiro. O método possibilitou criar um *ranking* de alternativas a serem implementadas no setor para melhor rendimento dos pacientes. Seis meses após a implementação das melhores alternativas, o tempo de espera durante os períodos de alta demanda foi reduzido em cerca de 70%.

Araújo e Almeida (2009) realizaram com o uso do método uma seleção de investimentos estratégicos em Petróleo e Gás no nordeste do Brasil. O resultado foi um *ranking* completo de alternativas estratégicas contribuindo para a melhoria do processo de tomada de decisão em portfólios de investimentos do setor.

Athawale e Chakraborty (2010) utiliza o método no processo de decisão de localização de uma instalação. Já Macedo e Amaral (2015) e Schramm et al. (2009) criaram um *ranking de* fornecedores de suprimentos da área de construção civil com a aplicação do PROMETHEE II.

2.3.1.2 PROMETHEE ROC

Uma das principais etapas no processo de modelagem de decisão multicritério é a definição de pesos para os critérios de avaliação, que tem como função representar as preferências do decisor no contexto de decisão. No entanto, em muitas situações, devido à diversos fatores, o decisor pode não possuir confiança para indicar valores de pesos exatos, podendo apenas fornecer informações parciais como a ordem de prioridade deles. Logo, tem

sido discutido na literatura nos últimos anos, o uso de procedimentos de definição de pesos substitutos (DE ALMEIDA FILHO et al., 2018).

O método PROMETHEE não dispõe de diretrizes específicas para a definição dos pesos dos critérios, mas assume que o decisor pode e é capaz de determinar valores apropriados para a representação da importância dos critérios (DE ALMEIDA FILHO et al., 2018). Em situações em que a complexidade do problema é maior e o número de critérios é grande, o decisor pode dispor de certa insegurança, desconforto, conhecimento limitado ou simplesmente não pode indicar valores de peso exatos, recorrendo à métodos analíticos que contribuem para o processo de elicitación ou substituição dos valores dos pesos.

Uma alternativa que pode representar os pesos dos critérios em um problema de decisão e, ao fazê-lo, minimiza o esforço que o decisor precisa para definir valores exatos, é obter informações ordinais sobre o conjunto de critérios e usar esta informação para representar a importância dos critérios. Dessa forma, pode-se expressar a informação ordinal como $\omega_1 \geq \omega_2 \geq \dots \geq \omega_n \geq 0$, em que ω_1 é o critério de maior relevância e os elementos ω_i podem ser definidos numa escala normalizada entre (0,1). Este tipo de informação permite que as preferências do decisor sejam mantidas pela preservação da ordem de prioridade sobre os critérios.

De Almeida Filho et al. (2018) realizaram em seu trabalho, uma simulação para verificar o desempenho de diferentes metodologias de pesos substitutos (*Equal Weights – EW; Rank-Sum – RS; Reciprocal of the Ranks – RR e Rank-Order Centroid – ROC*), através de diferentes estruturas de decisão, com utilização do método de sobreclassificação PROMETHEE II. Através desse processo, foi possível avaliar a eficiência dessas metodologias como opções de representação para os pesos de critérios em problemas de decisão multicritério. Portanto, de acordo com autores, a partir da análise dessas diferentes metodologias, foi identificado o ROC como a metodologia que apresenta desempenho satisfatório para a representação de pesos de critérios em problemas de decisão e na aplicação do método PROMETHEE II. Isso devido à sua flexibilidade, podendo ser aplicada de forma coerente, robusta e com fácil compreensão em diferentes contextos de decisão.

O método ROC usa os vértices de um simplex para definir o peso centroide para cada critério. A partir da Equação 2.6, é possível atribuir valores para cada posição de ordenamento dos critérios, em que n é o número de critérios, e $j = 1, 2, \dots, n$ é a posição dos critérios no ordenamento.

$$w_i (ROC) = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^n \frac{1}{j}, i = 1, \dots, n \quad (2.6)$$

A eficiência do método PROMETHEE-ROC é evidenciada no suporte ao tratamento de problemas voltados para a ordenação de alternativas assumindo racionalidade não compensatória e informações ordinais sobre os pesos dos critérios envolvidos no problema (CLEMENTE, et al. 2015).

3 IMPLANTAÇÃO DO BIM

Durante o processo decisório de implementação da tecnologia BIM em uma organização, é importante que a gestão tenha consciência de alguns fatos, como: a mudança da cultura organizacional e o alto investimento em infraestrutura, treinamentos e revisão de processos de trabalho (ADDOR et al., 2013). Para o sucesso operacional, além da participação da alta gerência, é importante o envolvimento e conscientização de toda a equipe, principalmente quando se trata de membros com diferentes níveis de experiência profissional e de aptidão para novas tecnologias (ADDOR et al., 2013).

De acordo com Addor et al. (2013), um processo de implementação do BIM se inicia com a definição da estratégia de integração do conceito BIM, que, por sua vez, demanda de alguns aspectos-chaves, tais como: caracterização das equipes de produção através de uma avaliação da maturidade tecnológica; identificação do perfil do cliente e do tipo de projeto e levantamento da infraestrutura informática da empresa. As atividades de aquisição e consolidação de conhecimento e o desenvolvimento de competências por parte da equipe são fatores decisivos para o sucesso de implementação do BIM. Além disso, antes de começar o processo de implantação, algumas métricas devem ser definidas para acompanhamento e controle do processo, como as de desempenho, de qualidade, relacionamento com o cliente, escopo, custo, contratos e prazos.

A elaboração e execução de políticas públicas no Brasil, à procura de desenvolver iniciativas para aumentar a difusão do BIM no setor da construção, é motivada por diversos benefícios, tais como: trazer maior transparência às obras públicas do país, melhorar a eficiência e sustentabilidade de projetos e da construção civil em geral; melhorar a previsibilidade de resultados de projeto e o retorno de investimentos e; aumentar as exportações e estimular o crescimento econômico (KASSEM E AMORIM, 2015).

Segundo Souza et al. (2012) e a CIBIC (2018) o processo de implantação do conceito BIM no Brasil tem sido mais difícil quando comparado à outros países, isso devido à pouca padronização do setor de construção, desde os componentes até os produtos de construção; a fragmentação do processo de construção, desde a concepção do produto, passando pelo projeto até a construção; e a mudança na cultura da cadeia produtiva da construção, exigindo novos métodos de trabalho e de relacionamento entre os engenheiros, arquitetos, projetistas, consultores, contratantes e construtores. Além disso, a falta de conhecimento das

potencialidades do BIM, por parte dos empresários, leva-os a encarar os custos de implantação não como investimentos e sim como despesas (SOUZA et al., 2012).

Souza et al. (2012) sugerem que, antes do efetivo processo de implementação do BIM, deve ser realizado um diagnóstico detalhado na empresa, baseado nas seguintes questões: problemas atuais em relação ao processo de projeto, cenário vislumbrado e análise de como o BIM pode auxiliar na evolução desse processo, análise da capacidade tecnológica (processos, políticas, *hardware*, *software*), análise de competências e levantamento de partes interessadas e riscos, principalmente no âmbito dos empreendimentos. Com isso, os objetivos devem ser estabelecidos e orienta-se que o projeto de implantação seja realizado a partir das seguintes diretrizes (SOUZA et al., 2012):

- Contratação de um especialista com atuação reconhecida sobre a tecnologia;
- Escolha do(s) empreendimento(s) piloto(s);
- Nomeação de um Gerente para o Projeto de Implementação com conhecimento e experiência adequada;
- Formação de um time interno de apoio aberto às novas tecnologias e preparado para lidar com barreiras internas;
- A estruturação da implementação como um Projeto de Inovação Organizacional, com início e fim definidos;
- Como um projeto, deve ser estabelecido o seu ciclo de vida, escopo, objetivos, premissas e restrições;
- Os objetivos devem ser traduzidos em benefícios mensuráveis a serem atingidos ao longo do ciclo de vida;
- A Gestão do projeto de implantação deve ser conduzida com base em indicadores que mostrem o seu progresso e os ganhos em relação à aplicação da tecnologia;
- O projeto de implantação deve ter como pilares: colaboração, criação gestão e disseminação de conhecimento, principalmente o conhecimento explícito;
- O projeto deve ser estruturado e gerido partir de planos: escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicação, riscos e aquisições;
- Acompanhamento sistemático por parte do patrocinador, alta direção e time envolvido.

De acordo Succar (2009) no processo de adoção do BIM em qualquer organização, a definição dos níveis de maturidade é essencial para sua correta implementação. A estrutura

adotada pelo autor identifica a maturidade do BIM dentro das organizações, projetos e indústria como uma série de etapas que as partes interessadas precisam implementar de forma gradual e consecutiva (SUCCAR, 2009).

Nesse planejamento de atividades com o objetivo da implementação BIM, Succar (2009) considera um nível introdutório e três níveis de maturidade (Fluxograma 3):

- ✓ Pré-BIM: nível introdutório.
- ✓ BIM Estágio 1: modelagem baseada em objeto.
- ✓ BIM Estágio 2: colaboração baseada em modelo.
- ✓ BIM Estágio 3: integração baseada em rede.
- ✓ Entrega do Projeto Integrado (IPD)

Fluxograma 3 - Níveis de maturidade do BIM



Fonte: Adaptado de Succar (2009)

Pré-BIM: pode ser caracterizado pela representação da informação em 2D. Mesmo quando algumas visualizações em 3D são geradas, elas são muitas vezes desarticuladas e dependentes de documentação e detalhamento bidimensionais. Neste nível a indústria sofre de baixo investimento em tecnologia e falta de interoperabilidade. Além disso, toda a informação é independente e requer uma associação e interpretação por parte dos diferentes intervenientes. A colaboração entre as diferentes partes ocorre de uma forma linear, o que se traduz numa demorada e dispendiosa troca de informação (PONTES, 2016).

Modelagem (Estágio 1): a implementação do BIM é iniciada através da implantação de uma "ferramenta de software paramétrico 3D baseada em objeto" semelhante ao ArchiCAD, Revit, Digital Project e Tekla. Neste estágio, os usuários geram modelos de disciplina única dentro do projeto, construção ou operação. As práticas colaborativas no estágio 1 são semelhantes ao *status* pré-BIM e não existem intercâmbios significativos baseados em modelos

entre diferentes disciplinas. O intercâmbio de dados entre as partes interessadas do projeto é unidirecional e as comunicações continuam sendo assíncronas e desarticuladas. Como apenas mudanças de processo menores ocorrem no estágio 1, as relações contratuais pré-BIM, alocações de risco e comportamento organizacional persistem (SUCCAR, 2009).

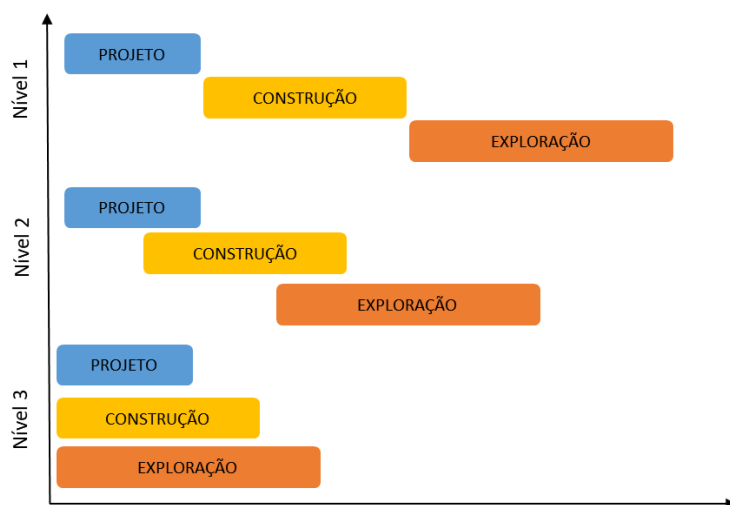
Colaboração (Estágio 2): consiste na capacidade de diferentes especialidades associadas à um determinado empreendimento, em compartilhar informação e trabalhar sob um mesmo modelo, durante as mesmas ou em diferentes fases do ciclo de vida do projeto. É também neste nível de maturidade que se consegue associar as “n” dimensões do empreendimento com o modelo 3D (PONTES, 2016).

Integração (Estágio 3): o último fator necessário para a completa adoção do conceito BIM é a integração da informação de uma forma constante e concisa, através de todos os intervenientes e durante todo o período do empreendimento. Nesta fase, os modelos integrados são criados, compartilhados e mantidos em colaboração em todas as fases do ciclo de vida do projeto. As implementações do BIM Nível 3 requerem uma reconsideração importante das relações contratuais, dos modelos de alocação de risco e dos fluxos processuais. O pré-requisito para todas essas mudanças é a maturidade das tecnologias de rede/*software* que permitem um modelo interdisciplinar compartilhado para fornecer acesso aos *stakeholders* do projeto. A maturidade de todas essas tecnologias, processos e políticas eventualmente facilitará uma Entrega de Projeto Integrado (SUCCAR, 2009).

Entrega Integrada de Projetos (IPD): é uma abordagem de entrega de projetos que integra pessoas, sistemas, estruturas de negócios e práticas em um processo que aproveita os talentos e ideias de todos os participantes para otimizar os resultados do projeto, aumentar o valor para o proprietário, reduzir o desperdício, e maximize a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção (SUCCAR, 2009).

Para o sucesso do conceito BIM, é importante considerar a coordenação das diferentes fases do ciclo de vida de um projeto e identificá-las ao longo dos diferentes níveis de maturidade implementados. Essa identificação e sobreposição de fases funciona como indicador do próprio nível de maturidade (Figura 2). Assim definem-se três diferentes fases do ciclo de vida de um empreendimento como: Projeto, Construção e Exploração (PONTES, 2016).

Figura 2 - Fases de um projeto segundo os níveis de maturidade



Fonte: adaptador de Succar (2009).

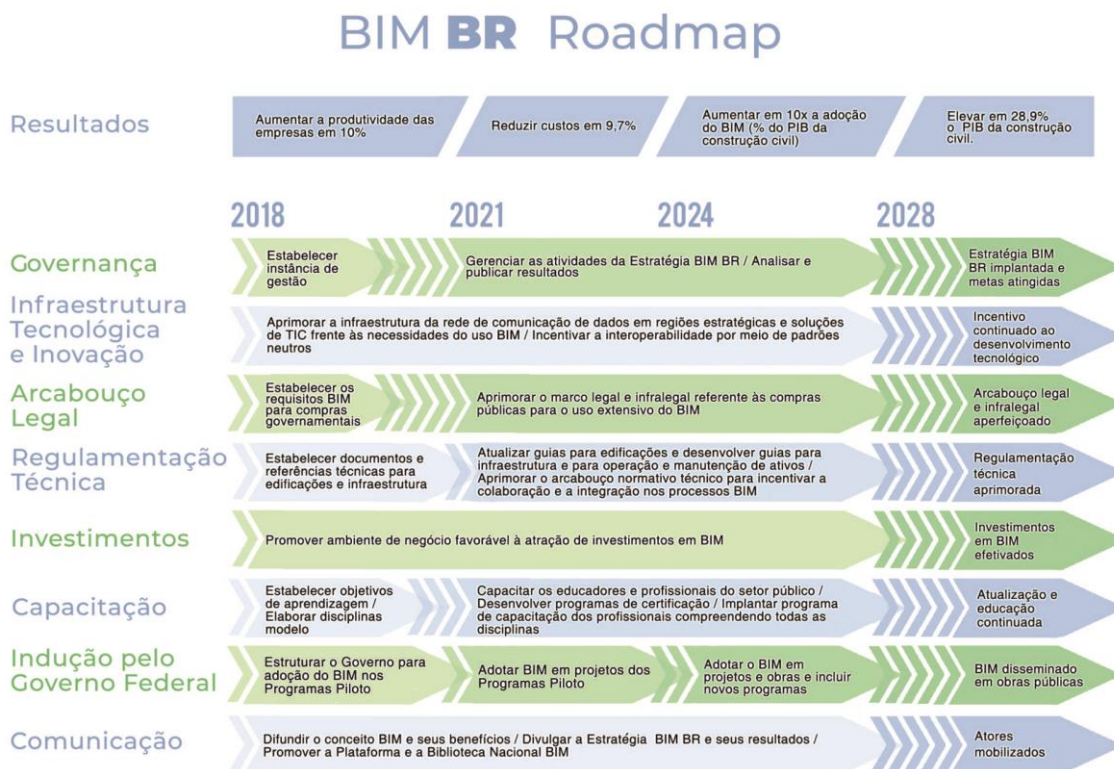
A influência da implementação dos diferentes níveis de maturidade nestas fases do ciclo de vida do projeto passa pela possibilidade de ocorrer sobreposição de diferentes fases (PONTES, 2016).

Segundo Kassem e Amorim (2015), a indústria de construção do Brasil é responsável por 2% da indústria global, estando entre as maiores do mundo. Em junho de 2017, de acordo com o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), foi criado o Comitê Estratégico de Implementação do BIM, por meio de decreto presidencial, com o intuito de propor uma estratégia nacional para disseminação do BIM (CBIC, 2018). Além do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, o comitê é formado pela Casa Civil; o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; o Ministério das Cidades; o Ministério da Defesa (representado pelo Exército); o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão; e a Secretaria-Geral da Presidência da República (CBIC, 2018). No entanto, em relação ao comitê criado, a CIBIC se posiciona comentando que o BIM deve se tornar uma política de Estado, e não apenas ser adotado por um governo ou grupo de empresas.

No dia 16 de maio de 2018, por meio da publicação do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, foi oficializada pelo governo federal a Estratégia Nacional para a Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), cujo objetivo é o investimento e disseminação da tecnologia no Brasil através de um ambiente adequado (BRASIL, 2018). Junto ao decreto, foi publicado pelo MDIC, o documento Construção Inteligente (Figura 3), em que são detalhados os objetivos,

ações, responsabilidade, metas e compromissos para a efetiva difusão do conceito (BRASIL, 2018).

Figura 3 - BIM BR Roadmap



Fonte: Construção Inteligente (2018).

Infelizmente, irregularidades orçamentárias no Brasil é um fator presente na maioria das obras públicas. Desde então, não somente se discute os envolvimento das empreiteiras em esquemas de corrupção, mas também outras irregularidades comumente encontradas nos contratos de licitações das mais diversas obras do país, como: o sobrepreço, quando o preço da obra/serviço/insumo é superior ao preço dado, injustificadamente; o superfaturamento, quando se faturam serviços de uma obra com sobrepreço ou quando se faturam serviços que não foram executados; jogo de planilha, consiste no superfaturamento devido à um desequilíbrio econômico-financeiro inicial do contrato através de alterações das cláusulas de serviços ou das cláusulas financeiras durante a execução da obra; entre outras (NOGUEIRA, 2016; TCU, 2014).

Neste contexto, a tecnologia BIM surge como uma aliada anticorrupção na construção civil, trazendo maior transparência para as atividades e possibilitando projetos de não serem mais licitados a partir do básico, facilitando o processo de licitação a partir de projetos mais

precisos, diminuindo as oportunidades de quantitativos forjados ou especificações inexistentes (AURORA, 2018).

Como já comentado, de acordo com a Lei 8.666/93, as licitações de obras e/ou serviços públicos no Brasil deve seguir a seguinte ordem: projeto básico; projeto executivo e execução da obra; podendo o projeto executivo ser elaborado em paralelo com a construção. De acordo com o TCU (2014), o projeto básico é o projeto mais importante na execução de uma obra pública, falhas em sua definição ou constituição podem dificultar a obtenção do resultado almejado pela Administração. Portanto, o momento mais adequado para se verificar a consistência do modelo BIM é durante a fase de desenvolvimento do projeto básico, uma vez que problemas detectados antes do desenvolvimento projeto executivo, podem ser corrigidos evitando falhas durante a fase de construção.

Diferentes abordagens de implementação do BIM são apresentados por diversos autores. Alguns apresentam estruturas com destaque na experiência, práticas diretas, já outros dão maior ênfase à importância do conceito numa ótica de nível estratégico organizacional. Segundo Coelho (2017), há uma crescente produção de guias de implementação da tecnologia, desenvolvidos tanto por órgãos governamentais como por associações setoriais.

Coelho (2017) aponta que a escolha do *framework* de implantação da tecnologia vai depender de algumas características organizacionais, como: o porte, os serviços prestados e os produtos entregues. É importante destacar, que essas características devem ser cuidadosamente consideradas, sendo elas fatores decisivos para a eficácia da implementação.

Monteiro e Oliveira (2018) descreveram o processo de implementação da tecnologia BIM na TECNOPLANO - Tecnologia e Planeamento S.A como sendo composto por quatro principais atividades:

- 1) Desenvolvimento de Documentos Estruturantes: nesta atividade é criada uma Matriz base para o Plano de Execução BIM (BEP), uma Matriz de Níveis de Desenvolvimento e Progressão do Modelo (LOD) e desenvolvido um Manual de Procedimentos Operativos e Boas Práticas (MPO).
- 2) Criação de conteúdo BIM: fase em que é definido um conjunto de elementos-chave, utilizados diretamente pelas ferramentas de modelagem e aplicativos, como os *Templates*, o Armazém Virtual de Objetos e os Detalhes-Tipo, detalhes 2D paramétricos que podem ser utilizados em vários projetos diferentes agilizando o tempo de produção das peças desenhadas.

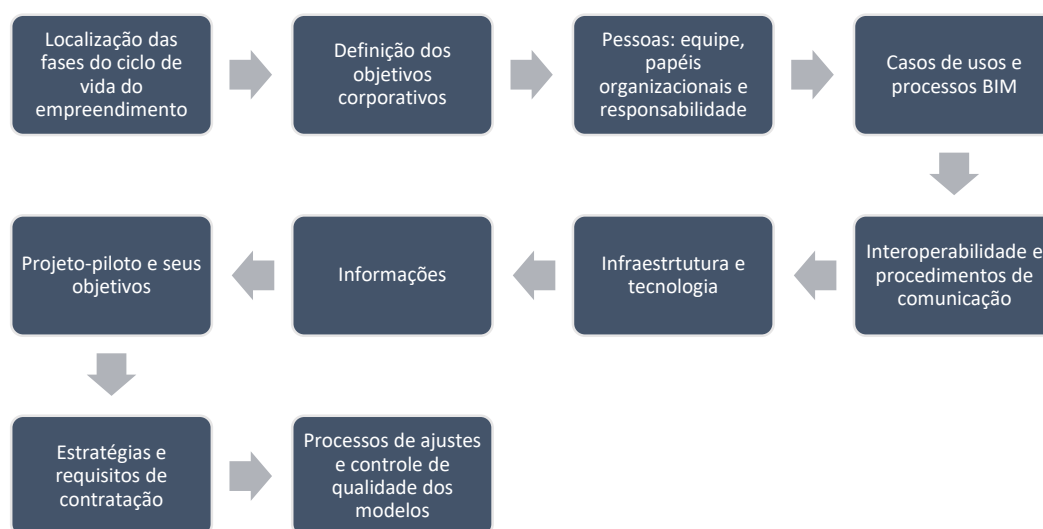
- 3) Formação: atividade que toma como base os conhecimentos da equipe em termos de software e sobre o próprio conceito BIM, e em seguida um plano de formação foi definido.
- 4) 4) Implementação Operacional e Integração de processos BIM: nesta fase foi criado o bimSPOT, local onde estão organizados, de forma devidamente estruturada, conteúdos BIM como manuais de procedimentos operativos, *templates* para os diferentes programas, famílias Revit customizadas, documentos de referência, etc.

Os autores ainda abordam os principais desafios encontrados tanto na fase decisória como durante a implementação, os quais foram considerados secundários, quando comparados com os benefícios que se espera que esta metodologia traga à empresa. Destacam-se: Elevado custo do investimento; Curva de aprendizagem lenta; Necessidade de criação e desenvolvimento de famílias e respectivas parametrizações, traduzindo-se num aumento do tempo de produção, mas que será certamente compensado no futuro; Conciliar a formação com os projetos em curso; Falta de experiência das equipes de projeto e; Resistência à mudança a nível nacional. (MONTEIRO E OLIVEIRA, 2018).

A partir de uma pesquisa realizada num escritório de projetos de arquitetura do Reino Unido, Chaves et al. (2014) verificaram que o processo de projeto dos projetos da empresa segue um modelo sugerido pela RIBA (*The Royal Institute of British Architects*) *Plan of Work* 2013 que é composto pelas seguintes atividades: 1) Definição da Estratégia, 2) Preparação do Projeto, 3) Projeto Conceitual, 4) Projeto Desenvolvido, 5) Projeto Técnico, 6) Construção, 7) Entrega e 8) Uso. A organização em estudo, possui um guia de padrões de uso do BIM para orientação da equipe de projetos. Esse guia é dividido em duas partes. A primeira se refere ao uso da tecnologia BIM para o Modelo Esquemático, focando na sub etapa de Planejamento que fica dentro do Projeto Conceitual. Nesta etapa, o projetos e *layout* genéricos da estrutura do edifício, que servirá de base para os modelos de projetos complementares, tais como mecânico, elétrico e estrutural, serão representados pelo modelo arquitetônico. A segunda etapa se refere ao Modelo do Elemento com foco na etapa de Projeto Técnico ou Detalhado. Nesta etapa, os modelos de projetos complementares ainda terão como base o modelo arquitetônico, porém de forma mais detalhada (CHAVES et al, 2014).

Segundo a CBIC (2016) um projeto de implementação BIM pode ser dividido em dez passos apresentado no Fluxograma 4, afim de facilitar o processo de comunicação e compreensão. Os dez passos consistem em:

Fluxograma 4 - Principais passos para um projeto de implementação BIM.



Fonte: Adaptado de CBIC (2016)

1) Localização das fases do ciclo de vida do empreendimento: considerada uma das principais fases de atuação da organização que deseja implantar o BIM. Esta fase auxilia no norteamento do processo, na definição dos objetivos e na identificação dos principais processos que deverão ser mapeados e revistos;

2) Definição dos objetivos corporativos: os objetivos estratégicos da empresa devem ser considerados para a definição e alinhamento dos objetivos de implementação do BIM;

3) Pessoas: equipe, papéis organizacionais e responsabilidades: definição da equipe e da própria estrutura de implementação da tecnologia;

4) Definição dos casos de usos e processos BIM: escolha dos principais casos de uso BIM para auxiliar no mapeamento dos processos, podendo agregar valor e beneficiar o alcance dos objetivos do processo de implementação;

5) Definição do projeto-piloto e seus objetivos: deverá ser cuidadosamente estudado o estabelecimento de um projeto-piloto. Além dos objetivos coordenados com as intenções estratégicas corporativas, deverão ser identificados os objetivos específicos relacionados ao aprendizado e à capacitação da equipe BIM responsável pela implementação;

6) Informações críticas para implementação: a equipe de projeto deverá mapear as principais informações necessárias para a realização de cada um dos processos;

7) Infraestrutura e tecnologia (inclusive *hardware* e *software*): considerada uma das fases mais fundamentalmente relacionadas ao sucesso ou fracasso da implementação do BIM. A

especificação da infraestrutura e da tecnologia que será necessária só poderá ser feita após a identificação dos casos de usos que serão desenvolvidos, com seus correspondentes entregáveis;

8) Interoperabilidade e procedimentos de comunicação: fase de definição e planejamento dos principais intercâmbios de informações entre os diversos envolvidos, durante o desenvolvimento do projeto;

9) Estratégias e requisitos de contratação: fase de definição de escopos específicos, da estratégia de contratação e da avaliação da progressão da qualidade dos serviços desenvolvidos;

10) Processos de ajustes e controle de qualidade dos modelos: definição das estratégias gerais e documentação de procedimentos específicos para a garantia da qualidade dos modelos e das trocas de informações em todas as fases previstas para o desenvolvimento do projeto.

Addor et al. (2013) abordam em seu trabalho uma metodologia de implantação da tecnologia, contemplando: levantamento de dados dos processos atuais para comparar com dados futuros; planejamento do período de transição em relação aos projetos em andamento; definição da intensidade da carga de trabalho sobre essa equipe e do tempo demandado para a implementação; verificação da necessidade de um grupo de suporte interno ou de consultor externo para monitorar os trabalhos das equipes no desenvolvimento dos primeiros projetos; implantação e atualização de hardwares, redes e softwares; definição da quantidade de profissionais envolvidos inicialmente; identificação dos colaboradores mais aptos para iniciar o processo; o envolvimento de toda a empresa com a ideia da implantação do BIM, expondo o plano e as etapas para todos; definição das etapas de treinamento de acordo com a necessidade da implementação; desenvolvimento de um cronograma com definição de metas, considerando o fluxo financeiro da empresa; e por fim, monitoramento e controle das metas atingidas e adequação ao planejamento caso necessário (ADDOR et al., 2013).

Alguns guias são propostos na literatura afim de auxiliar equipes na aplicação e entendimento do BIM. Com isso, diretrizes foram criadas para orientação dos procedimentos necessários para o alcance dos benefícios da adoção da tecnologia em processos organizacionais, auxiliando nas atividades de planejamento, desenvolvimento do projeto, construção e operação (SHIGAKI E TZORTZOPOULOS, 2013). Alguns desses guias são citados abaixo:

- Penn State BIM Project Execution Planning Guide version 2.0 (EUA, 2010);

- United States National Building Information Modeling Standard – version 1- NBMIS-US (EUA, 2007);
- GSA BIM Guide Series (EUA, 2007);
- Senate Properties’ BIM Requirements (Finlândia, 2007);
- Common BIM Requirements - COBIM (Finlândia, 2012);
- Autodesk BIM Deployment Plan (EUA, 2010);
- Autodesk BIM Deployment Plan (EUA, 2010);
- National Guidelines for Digital Modelling (Austrália, 2009);
- National Guidelines for Digital Modelling (Austrália, 2009).

No trabalho de Barison e Santos (2011), um *framework* de implantação do BIM é proposto, sendo composto por oito etapas:

- 1) Estudo preliminar: durante esta fase o modelo conceitual é criado tendo com base no programa de necessidades fornecido pelo gerente BIM do proprietário. Os demais atores envolvidos fornecem *feedback* sobre normas técnicas, metas de desempenho e requisitos iniciais de construtibilidade, cronograma e custos da obra.
- 2) Anteprojeto: o modelo de arquitetura é enviado pelo gerente para os consultores/projetistas, com isso o utilizam como base para o desenvolvimentos dos seus modelos.
- 3) Modelo coordenação: modelos parciais são enviados pelos consultores/projetistas para o gerente BIM do projeto. O gerente BIM do projeto faz a ligação dos modelos, elimina os objetos duplicados ou redundantes, dá um nome ao modelo de coordenação e o deposita em uma plataforma de gerenciamento de projetos.
- 4) Modelo coordenação completo: os gerentes do modelo usam o modelo de coordenação para revisar e completar seus projetos e depois os devolvem para o gerente BIM do projeto que revisa, une e atualiza um novo modelo de coordenação completo. Reuniões de compatibilização são realizadas para verificação da existência de interferências entre as disciplinas.
- 5) Modelo final: a estimativa de custos e o cronograma de construção é finalizada e os consultores/projetistas finalizam seus modelos. Os órgãos de fiscalização avaliam a conformidade do projeto com base na documentação. O gerente BIM do projeto finaliza o modelo de coordenação, a documentação e as especificações. O Gerente BIM do

Projeto envia o modelo de construção para os fornecedores e subempreiteiros e eles submetem modelos de fabricação para serem incorporados (se necessário) ao modelo *As-Built*.

- 6) Modelo final com mudanças: o gerente BIM do proprietário monitora a construção dando opiniões quanto às mudanças efetuadas. O gerente BIM do projeto trabalha com os consultores/projetistas para ajustar o modelo de coordenação final com mudanças.
- 7) Modelo final com mudanças atualizado: o gerente BIM do projeto atualiza o modelo de construção e trabalha com os fornecedores e subempreiteiros para desenvolver o modelo de coordenação final com mudanças atualizado.
- 8) *As-built*: o gerente BIM do projeto coordena a troca de informações entre o gerente BIM do proprietário e o gerente BIM da facilidade. O gerente BIM da facilidade atualiza o modelo *As-Built* de acordo com as operações de pós-construção.

O *framework* proposto por Garbini e Brandão (2014), adotado para o desenvolvimento deste trabalho, foi baseado no estudo de caso de quatro escritórios de arquitetura sediados em três capitais brasileiras. Através do levantamento de algumas questões em cada escritório, foi possível identificar como foi realizada a implantação da tecnologia BIM, quais as dificuldades encontradas, as mudanças no processo de projeto e a padronização dos processos de desenvolvimento de projetos e por fim, foi possível elaborar um modelo genérico de processo de projeto com o uso do BIM (GARBINI, 2012).

Alguns fatores que justificam a escolha dessa estrutura de implementação para o desenvolvimento desta pesquisa, foi sua característica objetiva, composta por um conjunto de procedimentos simples, direcionados à escritórios de arquitetura menores.

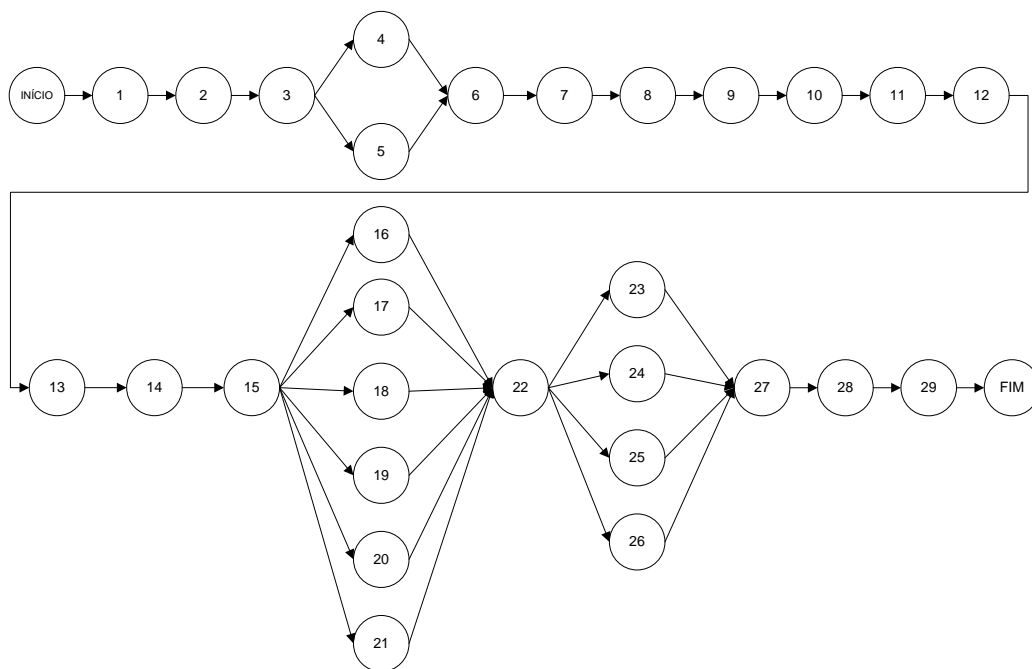
4 MODELO DE IMPLANTAÇÃO DO BIM

Uma vez que o processo de implantação é similar, mas qualquer que seja o processo possuirá suas similaridades, foi utilizado um *framework* para implantação do BIM possuindo como base a implantação na construção de um edifício comercial a ser construído e incorporado por uma pequena construtora, cuja capacidade construtiva é de 1 edifício por ano. O processo decisório foi realizado junto ao proprietário de uma construtora/incorporadora e os dados utilizados para análise foram provenientes da avaliação inicial que acontece durante o processo de análise de viabilidade, que se encontra na primeira fase do *framework* apresentado no Fluxograma 2.

O processo de implantação do BIM em uma construção apresenta algumas etapas diferentes do processo utilizado para construção tradicional, onde há menor preocupação com a questão sistêmica da construção. Desta forma, Garbini e Brandão (2014) propuseram um *framework* para implantação do BIM que envolvem todas as atividades necessárias ao cumprimento das necessidades de uma obra, começando com a atividade de levantamento de dados e seguindo com todas as atividades inerentes à implantação de um projeto: estudo preliminar, elaboração do anteprojeto, do projeto básico e executivo, compatibilização, coordenação, gerenciamento dos projetos e assistência à execução da obra.

A Figura 4 apresenta a Rede Pert que reflete este *framework* e cada uma das atividades está descrita na Tabela 1. Nesta rede, é possível verificar que existem atividades que acontecerão em paralelo e que possuem interação. Este é o caso da contratação e desenvolvimento dos projetos executivos. No processo tradicional de contratação não existe preocupação em se antecipar a contratação de alguns projetos, tais como o Projeto de Instalações Elétricas, de Comunicação, de Instalações Hidrosanitárias e de Prevenção e Combate ao Incêndio. Quando se utiliza a tecnologia BIM, no entanto, é importante que o processo de desenvolvimento e análise dos projetos aconteça o mais cedo possível. Além disso, o momento de mobilização de cada projetista irá influenciar no processo criativo dos demais e existem alguns projetos que são mais complexos e exigem mais tempo para mudanças, gerando atrasos quando as mudanças acontecem durante a construção do projeto. Outros, entretanto, não apresentam o mesmo impacto e podem ser contratados posteriormente, a fim de retardar o desembolso com este projetista.

Figura 4 - Rede PERT das etapas de implantação do BIM.



Fonte: Adaptado de Garbini e Brandão (2014).

A decisão da ordem com que esses projetos devem ser mobilizados não deve ser tomada empiricamente. O processo decisório empírico, nesses casos, é o que leva as organizações a contratarem os projetos de instalações quando as construções já estão quase prontas, prejudicando todo o seu processo de desenvolvimento e otimização. Esse processo de priorização exige que vários objetivos dos decisores sejam levados em consideração, de modo que um método multicritério de apoio a decisão é a melhor forma de buscar uma solução de compromisso e permitir que o setor público ou privado contrate tais projetos numa ordem compatível com seus impactos na performance do empreendimento.

Tabela 1 - Descrição das atividades da rede PERT

Número da Atividade	Atividade
1	Identificação das necessidades dos clientes
2	Elaboração de proposta
3	Elaboração de contrato
4	Levantamento de dados do terreno
5	Definição do programa de necessidades
6	Reunião com o líder BIM
7	Definição dos objetivos do modelo de arquitetura
8	Definição da troca de informações

9	Controle de responsabilidades
10	Criação do modelo conceitual
11	Criação das etapas do modelo (exemplos: anteprojeto, projeto básico e projeto executivo)
12	Definição do nível de detalhamento
13	Definição das categorias de modelagem
14	Elaboração do anteprojeto
15	Criação do modelo de coordenação
16	Projeto Definitivo de Arquitetura
17	Projeto Estrutural
18	Projeto de Instalações Elétricas
19	Projeto de Instalação Telefônica/comunicação
20	Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás
21	Projeto de Instalação de Prevenção e Combate à Incêndio.
22	Criação do projeto de executivo
23	Coordenação
24	Compatibilização do projeto
25	Gerenciamento dos projetos
26	Assistência à execução da obra
27	Definição das formas de entrega do modelo
28	Criação do modelo final de coordenação
29	Atualização do modelo final de coordenação.

Fonte: A Autora (2018)

Desta forma, foi preciso identificar quais seriam os projetos necessários para a construção deste edifício e quais seriam os objetivos do decisor quanto a este processo de contratação de modo que um método multicritério fosse aplicado a fim de auxiliá-lo na priorização da contratação destes projetos.

O *framework* apresentado na Figura 4 funcionou como um guia para definição das atividades a serem desempenhadas, tanto nos órgãos públicos quanto em empresas privadas, quando forem utilizar o método de contratação de “Projeto, Licitação e Construção” compatível com a lei nº 8666/93, conhecida como Lei de Licitação (EASTMAN et al., 2011; HARDIN E MCCOOL, 2015). Apesar de se tratar de uma obra privada, a fim de viabilizar o levantamento de fundos necessário para a construção do edifício, foi necessário desenvolvê-lo focando no método de entrega “Projeto, Licitação e Construção” que era o mais próximo da realidade da obra. Apesar da contratação e do desenvolvimento dos projetos executivos precisarem acontecer em paralelo, é preciso definir a ordem com que os mesmos serão negociados, contratados e desenvolvidos. A fim de fornecer um subsídio para que decisores definam tal priorização, neste artigo é proposto usar o método de decisão multicritério PROMETHEE II para priorização das atividades que acontecem concomitantemente no projeto executivo diante do processo de implantação da tecnologia BIM, criando uma pré-ordem completa das

atividades. Os projetos, que serão aqui tratados como alternativas, a serem avaliados neste contexto, consistem em:

- Projeto Estrutural (A1)
- Projeto de Instalações Elétricas (A2)
- Projeto de Instalação Telefônica/comunicação (A3)
- Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás (A4)
- Projeto de Instalação de Prevenção e Combate ao Incêndio (A5)

A fim de construir a matriz de decisão, foram definidos junto ao decisor critérios para avaliação das alternativas, conforme apresentado na Tabela 2. Os critérios foram definidos desta maneira, devido ao impacto que cada um destes critérios pode causar para o construtor.

O custo é um dos critérios porque a organização sempre prefere postergar o desembolso até o ponto em que a execução daquela atividade se torne essencial, especialmente no caso em que ainda não houve nenhuma partida do financiamento disponibilizada. O prazo de execução se refere ao período necessário para desenvolvimento do projeto. Quanto mais tempo for necessário para desenvolvimento do projeto, antes ele deve ser contratado, sendo este um critério de maximização. O nível de interferência no custo de execução, se refere a capacidade que o projeto pode apresentar em interferir com outros sistemas construtivos ou aumentar o custo de construção devido a retrabalho ou horas paradas. Desta forma, quanto maior o nível de interferência, antes ele deve ser contratado. O atraso foi calculado conforme apresentado na Tabela 2, usando uma distribuição beta. Esse atraso corresponde ao tempo necessário entre a solicitação de modificação e a aprovação por parte do órgão público da modificação sugerida pelo projetista. Em projetos em que é necessário recalculer todo o sistema, as modificações são mais demoradas, como é o caso do projeto hidro sanitário ou estrutural, outros, como o de comunicação, tendem a ser mais simples e demandar menos tempo durante este processo.

Tabela 2 - Critérios

Critérios	Descrição	Escala	Direção de preferência
Custo (g ₁)	Corresponde ao custo de projeto.	Reais	Min
Prazo de execução (g ₂)	Refere-se ao período necessário para	Dias	Max

	desenvolvimento do projeto em dias.		
Nível de Interferência no Custo de Execução (g ₃)	Critério em que considera o nível de interferência em subsistemas da edificação, podendo gerar ou não aumento de custo.	1 - Interfere no subsistema de sua disciplina 2 - Interfere em mais de um subsistema da edificação, mas não gera aumento de custo durante modificação 3 - Interfere em apenas um subsistema da edificação, mas pode gerar aumento de custo durante a modificação 4 - Interfere em mais de um subsistema da edificação e pode gerar aumento de custo durante a modificação 5 - Interfere em mais de um subsistema da edificação e com certeza mas pode gerar aumento de custo durante a modificação	Max
Atraso (g ₄)	Corresponde ao atraso, em dias, que vai acontecer se a solicitação de modificação acontecer com o projeto em andamento.	Dias	Max

Fonte: A Autora (2018)

O edifício em questão é uma edificação com 34 andares, lâmina de 350 m² de área construída e 160 usuários fixos. Assim, foram utilizados os dados de custos apresentados no site do IMEC (2018) a fim de calcular os custos de viabilidade para desenvolvimento do projeto de uma forma geral e estimar os custos necessários para desenvolvimento dos projetos executivos de cada subsistema, conforme apresentado na Tabela 3. Os valores apresentados para os demais critérios também foram apresentados pelo decisor levando-se em consideração uma edificação já construída com parâmetros semelhantes ao projeto de construção em análise e considerando o desenvolvimento do projeto em 2D. A fim de verificar se os custos com projetos estavam compatíveis com os custos da edificação, foi feita uma estimativa para calcular o custo de construção de tal edificação, conforme valor apresentado pelo SINAPI com base em fevereiro de 2018 (IBGE, 2018). O valor total de construção estimado foi R\$ 12.511.065,00. Assim, o total dos projetos corresponde a 8% do valor total da obra, sendo compatível com o esperado para uma obra de construção vertical e com a experiência prévia do decisor.

Tabela 3 - Matriz de Decisão

Alternativas	g ₁	g ₂	g ₃	g ₄
Projeto Estrutural	R\$ 202.300,00	180	5	21,67
Projeto de Instalações Elétricas	R\$ 163.800,00	60	2	13,5
Projeto de Instalação Telefônica/comunicação	R\$ 116.200,00	30	1	4,67
Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás	R\$ 119.000,00	90	4	15,5

Projeto de Instalação de Prevenção e Combate ao Incêndio	R\$ 182.316,00	30	3	6,83
--	----------------	----	---	------

Fonte: A Autora (2018)

O decisor não possuía nenhum conhecimento prévio do uso de métodos de apoio à decisão multicritério e os dados utilizados neste estudo não foram refinados, de modo que poderiam haver divergências quando calculados os custos reais a partir do desenvolvimento do projeto básico e cálculo do orçamento inicial. Desta forma, foi utilizada a metodologia de pesos substitutos *Rank-Order Centroid* – ROC para a criação de uma ordem de preferência dos critérios representando a importância deles a fim de reduzir o esforço cognitivo do decisor. Este processo é viável, dado que o método ROC fornece resultados que possuem grande probabilidade de refletir os pesos do decisor, apresentando desempenho satisfatório no problema de decisão (DE ALMEIDA FILHO et al., 2018). Os pesos dos critérios utilizados nesta aplicação estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ordem de preferência dos critérios e seus respectivos pesos

Critérios	Ordem de preferência	w_i (ROC)
Custo	3	0,1458
Prazo de execução	4	0,0625
Nível de Interferência no Custo de Execução	2	0,2708
Atraso	1	0,5208

Fonte: A Autora (2018)

A partir do grau de sobreclassificação da comparação par a par das alternativas, foram encontrados os fluxos líquidos, positivos e negativos apresentados na Tabela 5, utilizados para criação do *ranking* final das alternativas. Como já comentado, o fluxo líquido é obtido pela diferença do fluxo positivo e o fluxo negativo.

Tabela 5 - Fluxos de preferências

Alternativas	Φ^+	Φ^-	Φ
Projeto Estrutural	0,8542	0,1458	0,7084
Projeto de Instalações Elétricas	0,4323	0,5677	-0,1354
Projeto de Instalação Telefônica/comunicação	0,1458	0,8386	-0,6927
Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás	0,7500	0,2500	0,5000
Projeto de Instalação de Prevenção e Combate à Incêndio	0,3021	0,6823	-0,3802

Fonte: A Autora (2018)

A Tabela 6 apresenta a ordem decrescente das alternativas, indicadas com os maiores valores de fluxo líquido.

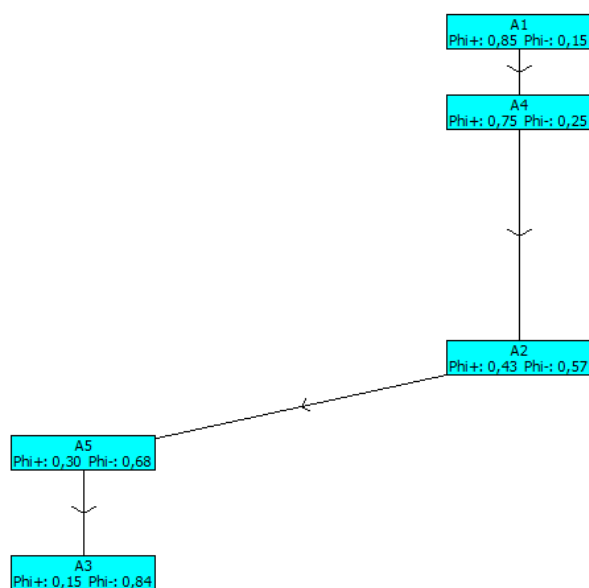
Tabela 6 - Ordem final das alternativas

Ordem completa	Alternativas
A1	Projeto Estrutural
A4	Projeto de Instalações Hidráulicas, Sanitárias, Pluviais e Gás
A2	Projeto de Instalações Elétricas
A5	Projeto de Instalação de Prevenção e Combate à Incêndio
A3	Projeto de Instalação Telefônica/comunicação

Fonte: A Autora (2018)

A Figura 5 apresenta os resultados dos fluxos positivos e negativos, que permitem avaliar a sobreclassificação, através da interface gráfica do Visual PROMETHEE. É preciso perceber que ao usar o PROMETHEE II, essas questões são ignoradas e apresentar ao decisor no momento da elicitación de preferências tais limitações a fim de verificar se é possível fornecer mais informações para o modelo.

Figura 5 - Resultado dos fluxos representado graficamente



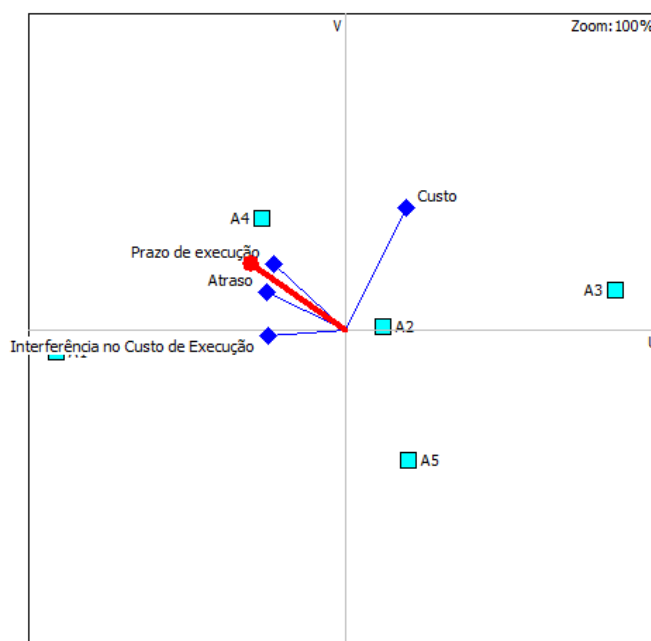
Fonte: A Autora (2018)

A Figura 6 mostra o plano GAIA gerado também pelo software Visual PROMETHEE. As alternativas são representadas por pontos e critérios por eixos. A representação da Figura 6 mostra que os critérios que expressam preferências semelhantes estão voltados para a mesma

direção que os outros. A alternativa 1 (A1), que possui maior fluxo líquido, apresenta maior distância em relação à origem, na direção do eixo de decisão. Observa-se que as alternativas A5 e A3, que tiveram os piores desempenhos, estão situadas em pontos opostos à direção do eixo de decisão. Entretanto, é possível perceber que não há nenhuma alternativa dominada. Além disso, não é cognitivamente simples para o decisor ordenar holisticamente tantas alternativas considerando essa quantidade de critérios.

Diante disto, o método PROMETHEE II foi considerado o método mais apropriado para o modelo de decisão, devido a simplicidade do processo de elicitação dos parâmetros deste método e por dar suporte à racionalidade não compensatória para atender à problemática de ordenação.

Figura 6 - Resultado dos fluxos representado graficamente



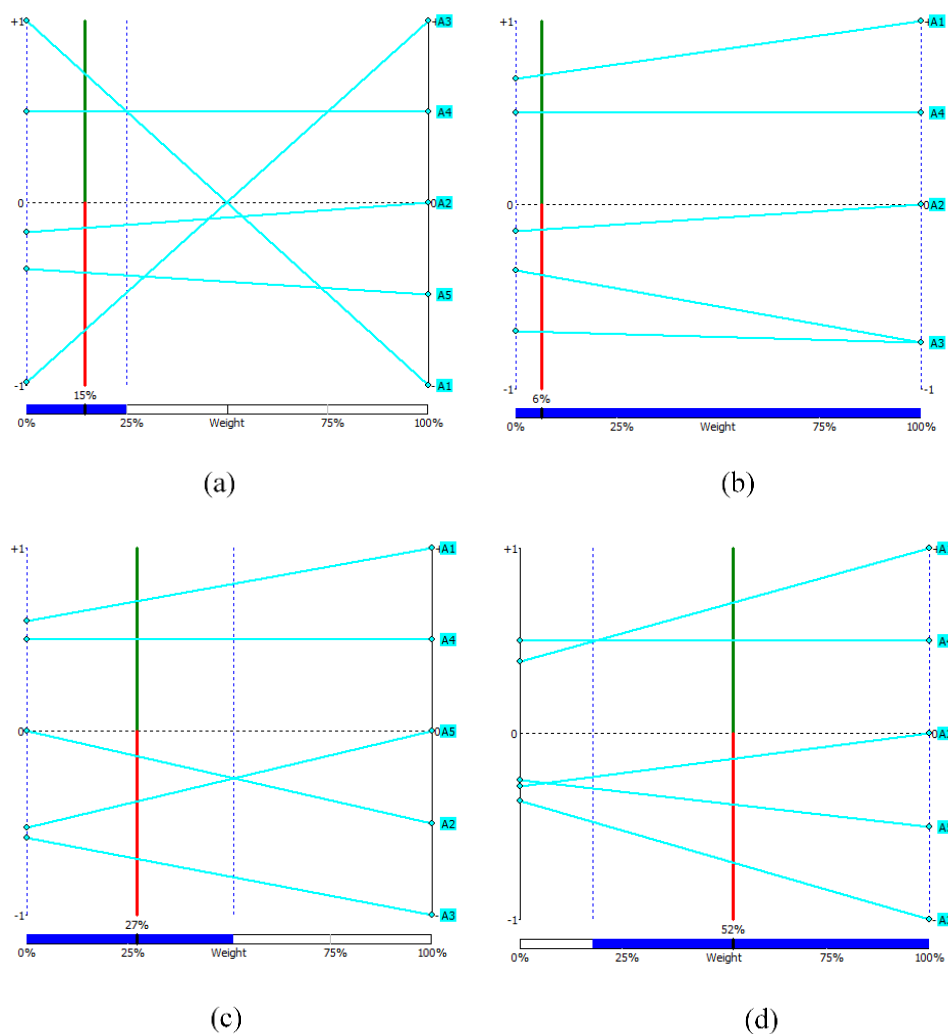
Fonte: A Autora (2018)

Na Figura 7 é possível perceber que os resultados não seriam mantidos se os pesos dos critérios fossem modificados. Observando a Figura 7, percebe-se que qualquer valor que o peso do critério custo (a) assumira acima de 0,25 haverá alteração da ordem final das alternativas. Diferentemente acontece no critério prazo de execução (b), em que independentemente do peso do critério a ordem será a mesma. Já no critério nível de interferências (c) se o valor do peso

for acima de 0,5 resultará na mudança da priorização, em que A5 sobreclassificará A2. Por fim, no critério atraso (d) se o peso do critério varia entre 0,18 e 1, não haverá mudança no ranking final.

A partir desta informação, é importante ressaltar que os resultados apresentados sempre funcionam como uma recomendação, sendo importante realizar uma análise de sensibilidade dos dados do projeto, especialmente considerando sua natureza probabilística, a fim de auxiliar os decisores a tomarem suas decisões de forma mais consciente. Além disso, a análise de sensibilidade ajuda o decisor a entender como as modificações nos dados apresentados podem leva-lo a obter resultados diferentes.

Figura 7 - Análise de sensibilidade nos critérios: (a) custo, (b) prazo de execução, (c) nível de interferência e (d) atraso



Fonte: A Autora (2018)

Pode-se perceber ainda que nos dados analisados não estão inclusos o Projeto Executivo Arquitetônico, pois ele possui prioridade na frente dos demais projetos. Além disso, os projetos entre si possuem interação, o que pode levar em alguns projetos a existirem outros critérios onde se possa levar em consideração essa parcela de interação. Naturalmente, os resultados encontrados são particulares para este projeto e poderiam ser diferentes para outros tipos de empreendimentos. Por exemplo, no caso da construção de uma indústria com alto risco de incêndio, possivelmente o projeto de segurança poderia apresentar uma posição melhor do que outros projetos que apresentam menos impacto futuro para uma instalação.

Outros tipos de análises também poderiam ser priorizados em organizações que estiverem mais avançadas do ponto de vista de utilização do BIM e implantação de um projeto específico, tais como análise de fluxo de pessoas, análises de luminosidade, de aproveitamento energético, entre outras. Entretanto, num primeiro momento não é indicado que uma organização inicie o processo incluindo muitas análises e processos de automatização, pois esse procedimento poderia atrapalhar o processo de aprendizado da organização.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

O processo de implantação da tecnologia BIM é composto por diversas atividades essenciais para o atendimento das necessidades de uma obra, que vão desde o estudo preliminar à fase de coordenação da obra, passando pela elaboração do anteprojeto, projeto básico e projeto executivo. Na literatura, diversos *frameworks* são propostos para a implantação da tecnologia em projetos, podendo variar de acordo com o tipo de negócio.

Devido aos esforços do Governo Federal apresentados através do Projeto de lei nº 6619/2016 que modifica a Lei nº 8.666/1993 e pelo decreto nº 9.377 de 13 de maio de 2018 para disseminação do BIM no Brasil, torna-se imperativo que as organizações públicas e privadas busquem se informar e criar metodologias próprias para viabilizar a implantação da tecnologia BIM em seus projetos de construção.

Além dos obstáculos envolvidos na implantação do BIM em projetos, outra questão que demanda atenção é em que momento e em que ordem os projetistas devem ser envolvidos no processo de desenvolvimento do modelo. Desta forma, nessa dissertação foi apresentado um modelo para priorização na contratação de projetos executivos para um projeto de construção vertical baseado nas atividades necessárias para implantação do BIM em um projeto. Essas atividades foram identificadas avaliando o *framework* sugerido por Garbini e Brandão (2014) e nas informações fornecidas pelo proprietário de uma pequena construtora e incorporadora em Recife/PE. A partir desse *framework*, uma Rede Pert das atividades envolvidas foi criada, e percebeu-se que determinadas atividades aconteciam concomitantemente, como o caso da contratação e desenvolvimento do projeto executivo. Para isso, o método de decisão multicritério PROMETHE II foi utilizado para priorizar as etapas envolvidas no processo de contratação de projetos, considerando os possíveis impactos dessa escolha.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A metodologia utilizada é aplicável tanto em obras privadas quanto em obras públicas. Assim, futuros estudos em obras públicas devem ser realizados a fim de verificar as dificuldades que podem ser encontradas neste processo de tomada de decisão. A partir destes resultados será possível propor um *framework* de como realizar o processo de priorização das atividades

durante o processo de estudo de viabilidade de uma obra sujeita à Lei nº 8666/93. Outros processos decisórios também podem ser estudados relacionados à implementação do BIM em diversos tipos de projetos diferentes e considerando outros tipos de análises que podem vir a ser realizadas no que tange a aplicação do BIM e seus benefícios para a construção civil.

REFERÊNCIAS

- ADDOR, M. R. A et al. Colocando o "i" no BIM. *Usjt - Arq.Urb*, v. 4, p. 104–115, 2010.
- ADDOR, M. et al. Guia ASBEA: Boas práticas em BIM. *Fascículo I. AsBEA.*, p. 20, 2013.
- ADDOR, M.; SANTOS, E. T. *Infraestrutura para uma sala de coordenação de projetos em BIM: avaliação dos padrões de comunicação e requisitos*. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, n. 1, p. 2964–2973, 2014.
- ALMEIDA, A. T. *Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. São Paulo: Atlas, 2013.
- ALMEIDA, F. et al. Análise da produção científica brasileira sobre a Modelagem da Informação da Construção. *Ambiente Construído*, v. 17, n. 4, p. 359–384, 2017.
- AMARAL, M. E. *Tomada de decisão gerencial na construção civil: uma abordagem sistemática utilizando o método PROMETHEE II*. 2015.
- AMARAL, T. M.; COSTA, A. P. C. Improving decision-making and management of hospital resources: An application of the PROMETHEE II method in an Emergency Department. *Operations Research for Health Care*, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2014.
- ARAÚJO, A. G. DE; ALMEIDA, A. T. DE. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. *Gest. Prod.*, v. 16, n. 4, p. 534–543, 2009.
- ATHAWALE, V. M.; CHAKRABORTY, S. Facility Location Selection using PROMETHEE II Method. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka*, p. 59–64, 2010.
- AURORA, D. *BIM: a ponte para o fim da corrupção no setor*. Construção Mercado. Disponível em: < <https://construcaomercado.pini.com.br/2018/05/bim-a-ponte-para-o-fim-da-corrupcao-no-setor/>>. Acesso em: 10 jul 2018.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. *Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e a demanda por especialistas*. Encontro De Tecnologia De Informação E Comunicação Na Construção, v. 5, p. 1–10, 2011.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. O Papel Do Arquiteto Em Empreendimentos Desenvolvidos Com a Tecnologia Bim E As Habilidades Que Devem Ser Ensinadas Na Universidade. *Gestão*

& *Tecnologia de Projetos*, v. 11, n. 1, p. 103, 2016.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. *Ambiente Construído*, v. 15, n. 2, p. 79–96, 2015.

BRANS, J. P.; DE SMET, Y. PROMETHEE Methods. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. (Eds.). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. International Series in Operations Research & Management Science. New York, NY: Springer New York, 2016. v. 233p. 187–219.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, v. 31, n. 6, p. 647–656, 1985.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. *GUIA 1 - Processo de Projeto BIM*. Coletânea Guias BIM ABDI-MDICI, 2017.

BRASIL. Decreto n. 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União, Brasília, Edição 95, Seção 1, p. 3, mai. 2018. Atos do Poder Executivo.

BRASIL. Ministério da Defesa. Departamento de Engenharia e Construção: Diretoria de Obras Militares. *O que é OPUS?*. Brasília, 2018.

BRITO, D. M. DE; FERREIRA, E. DE A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. *Ambiente Construído*, v. 15, n. 4, p. 203–223, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras*, v. 1, p. 124, 2016.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. BIM: inovação e tecnologia modernizam indústria da construção. *Especial Tecnologia na Construção*. São Paulo, p. 1-8. mar. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2018/03/ESPECIAL-BIM-CBIC-Estada%CC%83o.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

CHAVES, F. J. et al. *Implementação De BIM : Comparação Entre As Diretrizes Existentes Na Literatura E Um Caso Real*. Unido , durante 7 meses . Os métodos utilizados neste trabalho foram a pesquisa. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, n. 1, p. 1468–1477, 2014.

- CHEN, L.; LUO, H. A BIM-based construction quality management model and its applications. *Automation in Construction*, v. 46, p. 64–73, 2014.
- CHIEN, K. F.; WU, Z. H.; HUANG, S. C. Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study. *Automation in Construction*, v. 45, p. 1–15, 2014.
- CLEMENTE, T. R. N. et al. Aplicação do PROMETHEE-ROC na Priorização de Tecnologias Críticas para a Geração de Energia. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza, 2015.
- COELHO, K. M. *A Implementação e o Uso da Modelagem da Informação da Construção em Empresas de Projeto de Arquitetura*. p. 1–289, 2017.
- COSTA, C. H. DE A.; ILHA, M. S. DE O. Componentes BIM de sistemas prediais hidráulicos e sanitários baseados em critérios de desempenho. *Ambiente Construído*, v. 17, n. 2, p. 157–174, 2017.
- DE ALMEIDA FILHO, A. T. DE et al. Preference modeling experiments with surrogate weighting procedures for the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v. 264, n. 2, p. 453–461, 2018.
- DEBS, L. DE C. EL; FERREIRA, S. L. Diretrizes para processo de projeto de fachadas com painéis pré-fabricados de concreto em ambiente BIM. *Ambiente Construído*, v. 14, n. 2, p. 41–60, 2014.
- EASTMAN, C. et al. *BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. Second Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2011.
- FARINHA, M. C. R. *Exemplo de Compatibilização de Projetos Utilizando a Plataforma BIM (Building Information Modeling)*. 2012.
- FERRAZ, M.; MORAIS, R. *O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em betão*. Encontro Nacional Betão Estrutural -BE 2012, p. 24–26, 2012.
- FERREIRA, J. B. P. *Análise do Cenário de Implantação do Bim em Obras e Projetos De Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação no Governo Brasileiro e Estrangeiro*. 2017.
- FIGUEIRA, J. R.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE Methods. In: GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. (Eds.). . *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the*

Art Surveys. International Series in Operations Research & Management Science. New York, NY: Springer New York, 2016. v. 233p. 155–185.

FITZ, P. R.; SOUZA, F. C. B. DE. *Geração de critérios para o processo decisório na aplicação das técnicas de geoprocessamento*. p. 95–116, [s.d.].

GANAH, A.; JOHN, G. A. Integrating building information modeling and health and safety for onsite construction. *Safety and Health at Work*, v. 6, n. 1, p. 39–45, 2015.

GARBINI, M. A. L.; BRANDÃO, D. Q. Proposta de modelo para implantação de processo de projeto utilizando o conceito BIM em escritórios de arquitetura. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 9, n. 1, p. 7–24, 2014.

GARBINI, M. A. L.; BRANDÃO, D. Q. Proposta de Modelo para Implantação de Processo de Projeto Utilizando o Conceito BIM em Escritórios de Arquitetura. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 9, n. 1, p. 7, ago. 2014.

GHAFFARIANHOSEINI, A. *et al.* Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 75, n. September, p. 1046–1053, 2017.

GHAFFARIANHOSEINI, A. *et al.* Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 72, n. October 2016, p. 935–949, 2017.

GOVERNO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina. *Caderno De Apresentação De Projetos Em Bim*. v. 1, n. September 2013, p. 1–36, 2013.

GRECO, S.; EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York, NY: Springer New York, 2016. v. 233

HARDIN, B.; MCCOOL, D. *BIM and Construction Management*. Indianápolis: John Wiley & Sons, 2015.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/default.shtm>>. Acesso em: 15 abr 2018.

IMEC. *Instituto Mineiro de Engenharia Civil*. Disponível em: <

<http://www.imecmg.org.br/30/>>. Acesso em 04 abr 2018.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. DE. BIM - Building Information Modeling no Brasil e na União Europeia. *Apoio aos Diálogos Setoriais UE-Brasil*, p. 162, 2015.

LEE, C. *BIM: changing the construction industry*. PMI® Global Congress 2008. Anais...North America, Denver, CO: Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2008

LIMA, M. T. DE A. DE; OLIVEIRA, E. C. B. DE; ALENCAR, L. H. Modelo de apoio à decisão para priorização de projetos em uma empresa de saneamento. *Production*, v. 24, n. 2, p. 351–363, 2014.

LIU, F.; CHEN, C.; WU, W. Towards the building information modeling-based capital project lifecycle management in the luxury yacht industry. *Polish Maritime Research*, v. 24, n. S3, p. 41–48, 2017.

MARCELE ARIANE LOPES GARBINI. *Proposta de modelo para implantação e processo de projeto utilizando a tecnologia BIM*. p. 182, 2012.

MARIA, P.; SERRA, C. *Análise da Implementação de Processos BIM Aplicados ao Projeto de Estruturas Engenharia Civil Júri*. Tese de Mestrado, 2015.

MARTÍNEZ-AIRES, M. D.; LÓPEZ-ALONSO, M.; MARTÍNEZ-ROJAS, M. Building information modeling and safety management: A systematic review. *Safety Science*, v. 101, n. October 2015, p. 11–18, 2018.

MASOTTI, L. F. C. *Análise Da Implementação E Do Impacto Do Bim No Brasil*. p. 1–79, 2014.

MONTEIRO, P.; OLIVEIRA, S. *Implementação Bim na Tecnoplano – Desde A Ideia Até*. n. 1, p. 59–67, 2018.

NOGUEIRA, J. DA S. *Análise dos benefícios do BIM no combate às irregularidades em projetos de obras de edificações públicas e seus aditivos contratuais*. p. 125, 2016.

OZORHON, B.; KARAHAN, U. Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation. *Journal of Management in Engineering*, v. 33, n. 3, p. 1–10, 2016.

PAULA, J.; DELATORRE, M.; SANTOS, E. T. *Gestão Do Nível De Detalhamento Da Informação Em Um Modelo Bim: Análise De Um Estudo Caso 1 Level of Development Management in a Bim Model: Analysis of a Case Study*. [s.d.].

PITA, J.; TRAMONTANO, M. BIM and public administration: The Brazilian Case. *Protocols*,

Flows and Glitches, Proceedings of the 22nd International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia, p. 189–198, 2017.

PONTES, J. M. P. C. J. *Modelo de Maturidade BIM para a Indústria Nacional*, 2016.

RAAD, N. L. BIM: inovação e tecnologia modernizam indústria da construção. *Especial Tecnologia na Construção*. São Paulo, p. 1-8. mar. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2018/03/ESPECIALBIMCBICEstada%CC%83o.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.

ROSSO, S. M. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. *Revista AU*, v. 208, julho de 2011. 2p. Disponível em: <<http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-quem-e-quem-224333-1.aspx>>. Acesso em: 8 jun 2018.

ROY, B. *Multicriteria methodology for decision aiding*. 1. ed. [s.l.] Springer US, 1996.

RUSCHEL, R. C.; ANDRADE, M. L. V. X. DE; MORAIS, M. DE. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos?. *Ambiente Construído*, v. 13, n. 2, p. 151–165, 2013.

RUSCHEL, R. C.; LIMA, M. M. X. *O potencial de contribuição da academia na difusão do BIM*. Disponível em: <<https://cbic.org.br/inovacao/2018/06/15/o-potencial-de-contribuicao-da-academia-na-difusao-do-bim/>>. Acesso em: 16 mai 2018.

SCHRAMM, F.; MORAIS, D. C. *O Uso De Análise Multicritério Na Seleção De Fornecedores : Aplicação Na Indústria Da Construção*. SBPO, p. 1767–1777, 2009.

SHIGAKI, J. S.-I.; TZORTZOPOULOS, P. *Guias para implementação de projetos integrados visando a utilização de Building Information Modeling*. Simpósio Brasileiro de qualidade do projeto no ambiente construído, 3; Encontro de tecnologia da informação e comunicação na construção, 6, p. 1214–1225, 2013.

SOUZA, F. R. DE et al. *Abordagem para Introdução do Conceito Bim em Empresas Incorporadoras e Construtoras Brasileiras: Análise Crítica Sobre As Posturas Estratégicas, Tática E Operacional*. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, n. 2011, p. 338–349, 2012.

SOUZA, F. R. DE; WYSE, M.; MELHADO, S. B. *As responsabilidades do coordenador de projetos no processo de modelagem da informação da construção*. III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído VI Encontro de Tecnologia de Informação e

- Comunicação na Construção, n. October 2015, p. 794–806, 2013.
- STEEL, J.; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. Model interoperability in building information modelling. *Software and Systems Modeling*, v. 11, n. 1, p. 99–109, 2012.
- SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009.
- SUCCAR, B. BIM: inovação e tecnologia modernizam indústria da construção. *Especial Tecnologia na Construção*. São Paulo, p. 1-8. mar. 2018. Disponível em: <<https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2018/03/ESPECIALBIMCBICEstada%CC%83o.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2018.
- TAKAGAKI, C. Y. K.; OLIVEIRA, L. H. DE; CORRÊA, F. R. *Regras de verificação de modelos bim para projetos de sistemas prediais de esgoto sanitário*. ENTAC 2016: Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção, p. 4604–4615, 2016.
- TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Obras Públicas. 2014.
- VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. Chichester, United Kingdom: John Wiley and Sons Ltd, 1992.
- ZADEH, P. A. *et al.* Information Quality Assessment for Facility Management. *Advanced Engineering Informatics*, v. 33, p. 181–205, 2017.
- ZOU, Y.; KIVINIEMI, A.; JONES, S. W. A review of risk management through BIM and BIM-related technologies. *Safety Science*, v. 97, p. 88–98, 2017.