

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Paulo Lobato Nobre

**ANÁLISE DE ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA O PLANEJAMENTO
E CONTROLE DE OBRAS**

Belo Horizonte
2021

PAULO LOBATO NOBRE

**ANÁLISE DE ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA O PLANEJAMENTO E
CONTROLE DE OBRAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais – Escola de Engenharia, do Curso de Especialização em Construção Civil - Ênfase: Gestão e tecnologia na construção civil, como requisito final de avaliação para a obtenção do título de especialista.

Orientador: Eduardo Marques Arantes

Belo Horizonte,
2021.

N754a

Nobre, Paulo Lobato.

Análise de algumas contribuições do BIM para o planejamento e controle de obras [recurso eletrônico] / Paulo Lobato Nobre.- 2021.

1 recurso online (38 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Eduardo Marques Arantes.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Gestão e Tecnologia na Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG.

Bibliografia: f. 36-38.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Construção civil - Planejamento.
3. Modelagem de informação da construção. I. Arantes, Eduardo Marques. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia.
III. Título.

CDU: 69



ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: PAULO LOBATO NOBRE

MATRÍCULA: 2020687725

RESULTADO

Aos 11 dias do mês de agosto de 2021 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“ANÁLISE DE ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DO BIM PARA O PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 85

CONCEITO: B

BANCA EXAMINADORA:

Nome

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Assinatura

Eduardo Marques
Arantes:63619547653

Assinado de forma digital por
Eduardo Marques
Arantes:63619547653
Dados: 2021.08.12 09:38:31 -03'00'

Nome

Eng. Civil Flávio Henrique Coelho dos Santos

Assinatura

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA EM CONSTRUÇÃO CIVIL: "GESTÃO E TECNOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL"

Belo Horizonte, 11 de agosto de 2021

Antonio Neves de
Carvalho
Junior:78724104604

Assinado de forma digital por
Antonio Neves de Carvalho
Junior:78724104604
Dados: 2021.08.13 00:51:33
-03'00'

Coordenador do Curso

Dedico esse trabalho ao meus pais, que de forma incondicional me deram todo incentivo e suporte possível para que eu atingisse mais essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes, pela atenção e paciência durante todo o processo do curso.

A todos os professores do curso de Gestão e Tecnologia na Construção Civil, pelos valiosos ensinamentos técnicos e pelo compartilhamento de experiências profissionais.

Aos meus colegas de classe pelo e colaboração, sempre solícitos, acolhedores e proativos.

À minha família, que tem sido o meu alicerce durante toda a minha vida.

Muito obrigado!

RESUMO

De modo geral, planejamento e controle de obras são negligenciados no setor na área da construção civil, ocasionalmente gerando complicações no canteiro de obra, tais como: atrasos de cronogramas, aumento no desperdício, problemas de segurança no canteiro e elevação de custos na execução. Se, por um lado, o planejamento perde eficiência, tendo em vista às limitações existentes nas metodologias tradicionais; por outro lado, inovações no setor da construção, com integração de equipes no processo de projeto e planejamento tem demonstrado muitas melhorias para os canteiros. Nessa direção, este trabalho propõe investigar algumas contribuições relevantes da modelagem da informação da construção (BIM). Para atingir esse objetivo, buscou-se realizar uma revisão bibliográfica, com a pesquisa de artigos que foram publicados nos últimos cinco anos, com ênfase nos tópicos de planejamento e controle de obras. A análise dos dados coletados mostra que o BIM permite explorar as possibilidades de otimização de processos, uma vez que novas ferramentas de modelagem da informação integram bancos de dados e permite realizar simulações. Assim, a conjugação de dados com outras ferramentas/metodologias tradicionais, gera impactos positivos em diversas áreas da construção, sobretudo na execução de obras.

Palavras chaves: Building Information Modeling, planejamento, gestão, modelagem 4D.

ABSTRACT

In general, planning and control of works are neglected in the construction industry, with complications at the construction site, such as: schedule delays, increased waste, safety problems at the construction site and increased costs in execution. If, on the one hand, planning loses efficiency, given the existing limitations of traditional methodologies; on the other hand, innovations in the construction sector, with the integration of teams in the design and planning process have demonstrated many improvements for construction sites. In this direction, this paper proposes to investigate some relevant contributions of building information modeling (BIM). To achieve this goal, we sought to conduct a literature review, with the research of articles that have been published in the last five years, with emphasis on the topics of construction planning and control. The analysis of the data collected shows that BIM makes it possible to optimize processes, since new information modeling tools integrate databases and allow simulations to be performed. Thus, the combination of data with other traditional tools/methodologies generates positive impacts in several areas of construction, especially in the execution of works.

Keywords: Building Information Modeling, Planning, Management, 4D Modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Gráfico Grau de oportunidade x Tempo	14
Figura 2: Ciclo PDCA	15
Figura 3: Gráfico de Linhas de Balanço	16
Figura 4: Diagrama PERT/CPM	17
Figura 5: Gráfico de Gantt	17
Figura 6: Níveis hierárquicos de planejamento	18
Figura 7: Utilização do BIM durante o ciclo de vida de um empreendimento	20
Figura 8: Processo de troca de informações CAD x BIM	22
Figura 9: Funcionamento do sistema IFC	23
Figura 10: Exemplos de LOD	24
Figura 11: Dimensões BIM	25
Figura 12: Níveis de maturidade BIM	26
Quadro 1: Resultado de pesquisa	38

LISTA DE SIGLAS

ABDI: Agencia Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AIA: *American Institute of Architects*

API: *Application Programming Interface*

BIM: *Building Information modeling*

CAD: *Computer-aided Design*

CPM: *Critical Path Method*

EIA: *Environmental impact assessment*

EM&A: *Environmental Monitoring and Audi*

EMS: *Environmental Management System*

IFC: *Industry Foundation Classes*

JIT: *Just in Time*

LOB: *Lines of Balance*

LOD: *Level of Development*

PCP: Planejamento e Controle da Produção

PDCA: *Plan, do, check and act*

PERT: *Program Evaluation and Review Technique*

QTO: *Quantity Take off*

RFID: *Radio Frequency Identification*

SUMÁRIO

1. Introdução	11
1.1 Contextualização	11
1.2. Objetivos	12
1.3. Limitações de pesquisa	12
1.4. Estrutura de trabalho	12
2. Planejamento e controle da produção	14
2.1. Definição	14
2.2. LOB (<i>Line of Balance</i>)	15
2.3. PERT/CPM	16
2.4. Gráfico de Gantt	17
2.5. Níveis hierárquicos	17
3. Building information modeling e modelagem 4D	19
3.1. Definição	19
3.2. Parametrização	20
3.3. Interoperabilidade	21
3.4. LOD	23
3.5. Dimensões	24
3.5. Maturidade BIM	25
3.6. Modelagem 4D	26
4. Método e procedimentos de pesquisa	29
5. Resultados	30
6. Conclusão	39
7. Referências	40

1. Introdução

1.1 Contextualização

Com os constantes avanços e desenvolvimentos no setor da construção civil, de maneira constante é perseguida a ideia de otimização de processos com a intenção de aumentar o nível de industrialização da área. Nesse cenário, o BIM se mostra como uma grande ferramenta, capaz de detalhar os projetos de maneira mais assertiva e clara e otimizar o planejamento e processos a serem executados.

O planejamento por muitas vezes é uma fase negligenciada no desenvolvimento de uma construção, devido à falta de conhecimento ou por questões culturais das empresas no setor da construção. Por muitas vezes acaba por tornar abstrato e obsoleto, devido à sua dificuldade de compreensão pela equipe do canteiro de obras. Com isso o BIM se torna interessante para tornar o planejamento mais claro e assertivo para as equipes envolvidas na execução de uma construção, além de facilitar o acompanhamento e controle dos serviços, assim tornando o planejamento mais relevante e interativo.

O BIM se trata de uma ferramenta utilizada para o desenvolvimento de projetos, simulações e análise de desempenho de uma construção. Pode e deve ser utilizado durante todo ciclo de vida de um empreendimento, porém nesse estudo será dado um enfoque na utilização durante a fase de planejamento.

Entretanto, ainda existe muito receio da utilização desse tipo de metodologia, seja devido ao seu custo de implantação, devido à falta de conhecimento dessa ferramenta ou uma incompatibilização com a cultura das construtoras. Ainda por cima, não existe uma relação direta entre a utilização de BIM e a redução de gastos. Devido ao sucesso de sua implantação ser multifatorial, é difícil de quantificar com acurácia o quanto que a ferramenta traz de benefícios para o seu investidor.

Acredita-se, que conforme a ferramenta se torna mais compreensível, e as suas aplicações se tornarem mais claras, melhor será sua receptividade do mercado, o que também vai reduzir as chances de a tecnologia ser subutilizada. A partir de um melhor entendimento, cada empresa poderá entender de maneira mais objetiva, de como aplicar e quais impactos esperados pela utilização de BIM no planejamento de obras.

1.2. Objetivos

Esse trabalho tem como objetivo principal, explorar as possibilidades do BIM 4D quando utilizado em conjunto com o planejamento e controle na construção civil, de maneira que o leitor saiba quais as possibilidades e limitações apresentadas por esse método e como cada uma dessas utilidades podem ser realizadas.

Como objetivos específicos, pretende-se esclarecer os seguintes pontos:

- Encontrar aplicações recentes empregadas com a utilização do BIM 4D.
- Mostrar as vantagens da utilização do BIM 4D.
- Mostrar o processo para sua implantação.

1.3. Limitações de pesquisa

Existem algumas delimitações que devem ser consideradas nesta pesquisa:

- a) Foram avaliados apenas estudos que utilizassem o BIM 4D.
- b) Procurou-se não repetir aplicações entre os trabalhos.
- c) A pesquisa levou em consideração apenas estudos a partir de 2017.
- d) Apenas artigos nos idiomas português e inglês foram selecionados.

1.4. Estrutura de trabalho

Este estudo será dividido em capítulos, conforme descrito a seguir.

O capítulo um apresenta uma introdução, onde serão contextualizadas as problemáticas a serem abordadas nessa monografia, lacunas de conhecimento, limitações e aspectos culturais relacionados ao setor da construção civil. Em seguida, são apresentados os objetivos desse trabalho e suas delimitações de pesquisa

O capítulo dois apresenta o referencial teórico. Esse capítulo tem como objetivo familiarizar o leitor com conceitos que serão desenvolvidos nos artigos posteriormente analisados. Primeiramente se inicia com conceitos básicos de planejamento e controle de obras, impactos que tem em uma construção e técnicas usualmente utilizadas. Em seguida, é apresentado o conceito de BIM, onde são identificados aspectos chave, para o total entendimento do BIM. Após isso, é introduzido o conceito de Modelagem 4D demonstrando suas vantagens e aplicações.

No capítulo três é apresentado o método e processos utilizados para a pesquisa utilizada neste estudo

O capítulo quatro apresenta os resultados obtidos através da análise dos artigos científicos selecionados. Primeiramente, são detalhados os procedimentos e conclusões obtidas em cada um dos estudos selecionados, identificando os pontos de convergência entre os trabalhos, para então apresentar um quadro com o resumo dos resultados.

O capítulo cinco apresenta a conclusão do trabalho, onde após a análise dos resultados da pesquisa, é possível chegar a um parecer identificando os pontos mais relevantes.

O capítulo seis apresenta o referencial bibliográfico utilizado neste trabalho

2. Planejamento e controle da produção

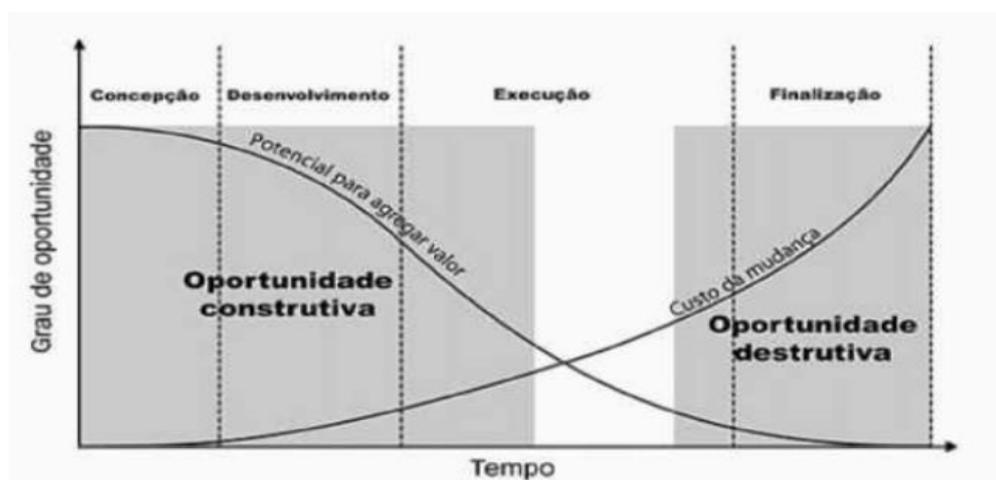
2.1. Definição

Conforme Laufer e Tucker (1987), o planejamento tem como função responder perguntas como: o que será feito, como as atividades serão executadas, quais os recursos necessários para realizá-las e quando serão executadas.

Limmer (1997) define que o controle da produção se trata de conhecer e corrigir desvios que venham a ocorrer em relação ao planejamento e continuamente avaliar a qualidade do que foi planejado. Através da constante aferição do que foi executado, é possível monitorar de forma mais eficiente, o avanço da obra, possíveis desvios em relação ao planejado e definir ações corretivas com maior antecedência e precisão, assim fechando o ciclo de gerenciamento de projetos e gerando uma retroalimentação contínua.

Com o planejamento é possível analisar e prever as possíveis desconformidades e situações desfavoráveis que possam vir a ocorrer durante o andamento da obra. Isso possibilita que o gestor possa tomar ações corretivas de maneira a contornar ou amenizar possíveis problemas. É de vital importância que tais ações sejam tomadas da forma mais ágil possível, assim causando o mínimo de impacto negativo no empreendimento. Na figura a seguir é possível notar que com o decorrer do tempo, menor será o valor que essa mudança irá agregar e maior será seu custo. (MATTOS, 2010)

Figura 1: Gráfico Grau de oportunidade x Tempo



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-01-Grau-de-oportunidade-em-funcao-do-tempo_fig1_329427534

Um dos princípios que passaram a nortear o gerenciamento de obras, foi o conceito de melhoria contínua, esse princípio é bem ilustrado no Ciclo PDCA. O ciclo consiste em um processo definido por quatro etapas: planejar, fazer, checar e agir. Na figura 2, o ciclo é representado por um círculo, e cada quadrante desse círculo representa uma fase desse processo. É importante entender que esse é um processo que se retroalimenta, ou seja, um processo de aprimoração contínua

Figura 2: Ciclo PDCA



Fonte: <http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>

Um das principais técnicas adotadas no planejamento são o gráfico de Gantt, diagramas PERT/CPM e linhas de balanço (LOB). Apesar das primeiras duas técnicas apresentarem limitações em atividades que apresentem muitas interligações ou promovam mudança no caminho crítico, devido ao fato da técnica de linhas de balanço apresentar grandes dificuldades com atividades discretas ou não repetitivas, muito comum em alguns tipos de obra, os cronogramas e diagramas acabam por ser mais disseminados no gerenciamento de obras.

2.2. LOB (*Line of Balance*)

No método de LOB, são relacionadas datas, representadas pelas variáveis horizontais, os locais que são representados pelas variáveis verticais e qual atividade será executada, relacionando uma tarefa a uma cor específica que normalmente ficam identificadas na legenda do gráfico. É uma metodologia que apresenta alta

aplicabilidade para tarefas de caráter repetitivo (ex: edifícios múltiplos pavimentos, estradas, construções de habitações populares, etc.). Na Figura 3, é possível ver um exemplo de um gráfico de LOB.

Figura 3: Gráfico de Linhas de Balanço

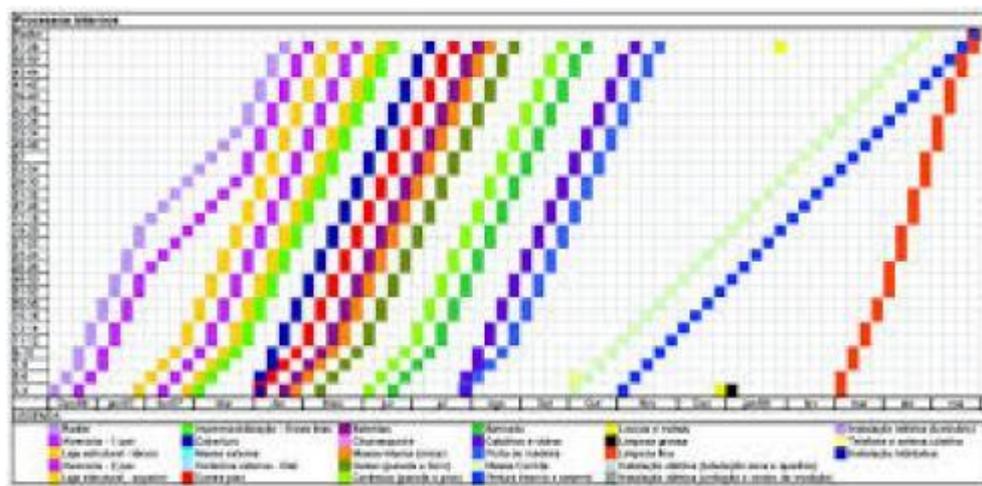


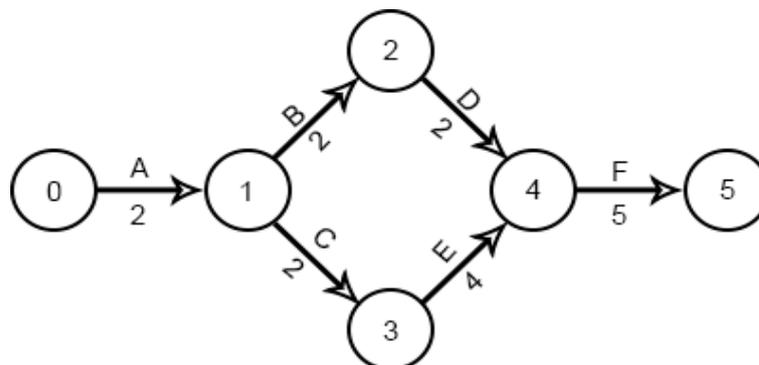
Figura 10 - LB de obra

Fonte: <https://www.inovacivil.com.br/como-funciona-uma-linha-de-balanco/>

2.3. PERT/CPM

Através da identificação das tarefas, definição de prazos por atividade e análise de quais atividades devem preceder umas às outras, é possível montar esse gráfico, quem tem as principais utilidades de identificar o caminho crítico de um devido empreendimento, que é a sequência de atividades que representa o caminho mais longo do projeto e calcular folgas entre atividades. Na Figura 4, é possível ver um exemplo desse gráfico.

Figura 4: Diagrama PERT/CPM

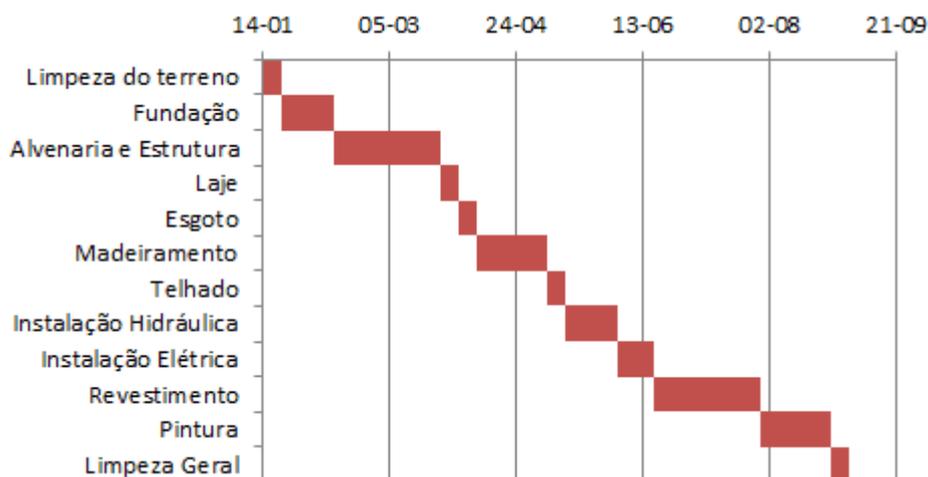


Fonte: <https://www.mobusconstrucao.com.br/blog/pert-cpm-gestao-de-projetos/>

2.4. Gráfico de Gantt

É uma representação gráfica do planejamento, onde as barras horizontais representam a duração das atividades, enquanto situada em um gráfico relacionando atividades a uma determinada escala de tempo. É possível analisar a duração das atividades, o começo e término de cada uma. Na Figura 5, é possível ver um exemplo.

Figura 5: Gráfico de Gantt



Fonte: <https://engenheiroexcel.com.br/grafico-gantt-excel/>

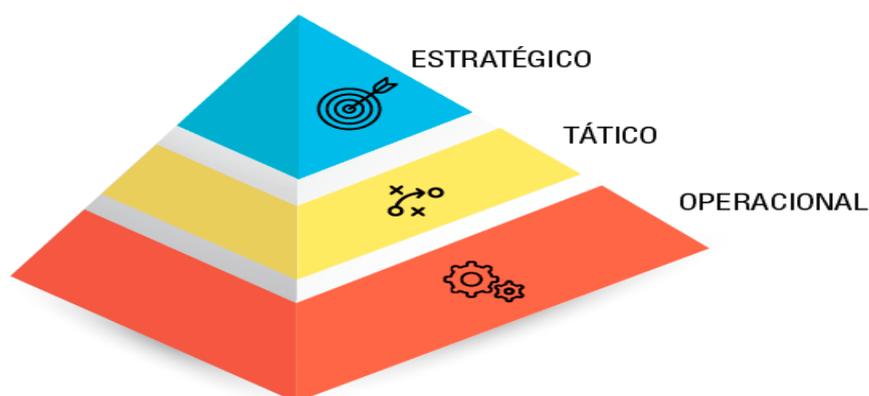
2.5. Níveis hierárquicos

Para Mattos (2010), o processo de planejamento e controle de uma obra tem impacto decisivo no desempenho da produção, já que deficiências nesse processo estariam ligadas a baixa produtividade, elevados níveis de desperdício e menor qualidade dos produtos finais. Ainda coloca, que, o planejamento e o controle são intrínsecos, de maneira a um complementar o outro, sendo ambos condicionantes para a obtenção dos resultados almejados.

Laufer e Tucker (1987) definem três níveis hierárquicos de planejamento em função do prazo e nível de detalhamento:

- 1) Plano Estratégico ou de longo prazo: como está relacionado a um pensamento de longo prazo para a organização, tende a ser mais geral e duradouro. Trata com menor rigor os detalhes, como definição de prazos, custos, recursos, etc.
- 2) Plano Tático ou de médio prazo: é o vínculo entre o planejamento estratégico com o operacional. Torna possível a realização do planejado eliminando os possíveis empecilhos para sua realização de um serviço. Estabelecer programações, sequenciamento de execução e os recursos necessários são exemplos desse tipo de planejamento.
- 3) Plano Operacional ou de curto prazo: essa fase requer um maior grau de detalhamento, onde os pacotes de trabalhos são atribuídos a cada equipe e é necessário um efetivo controle de programação.

Figura 6: Níveis hierárquicos de planejamento



Fonte: <https://engenharia360.com/como-funciona-o-processo-decisorio-de-uma-organizacao/>

3. Building information modeling e modelagem 4D

3.1. Definição

Building Information Modeling (BIM) se trata de um método de desenvolvimento e utilização de um modelo em ambiente virtual para a simulação de planejamento, construção, desempenho e operação de uma construção. O resultado final do processo é um modelo robusto em informação, inteligente e uma representação digital parametrizada da construção, que pode ser alimentado e utilizado por diversos usuários (proprietários, arquitetos, engenheiros, construtores, subcontratados e fornecedores), o que pode acarretar na melhora do processo de tomada de decisões, as tornando mais assertivas e ágeis (ASSOCIATED GENERAL CONTRACTOR OF AMERICA, 2005).

É importante frisar que o BIM não se trata apenas de um conjunto de softwares, mas sim, um conjunto entre softwares e processos que promovem maior integração entre as equipes responsáveis pelo desenvolvimento de um empreendimento.

A promessa do BIM é construir virtualmente antes de construir fisicamente, o que permite as equipes responsáveis pelo desenvolvimento do projeto: projetar, analisar, sequenciar e explorar o projeto em um ambiente virtual. Isso possibilita fazer alterações ainda na fase de projeto, onde é exponencialmente menos custoso do que durante a execução no canteiro de obras, assim mitigando os riscos envolvidos no empreendimento (HARDIN e MCCOOL, 2009).

O BIM é uma base de dados que se retroalimenta durante todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a sua concepção até a sua operação, assim possibilitando a integração de processos e profissionais do início ao fim da construção. Tem como princípio gerar um modelo “as built” com grande acurácia, relacionando as características com a variável do tempo (CAMPESTRINI, MENDES JUNIOR, *et al.*, 2014)

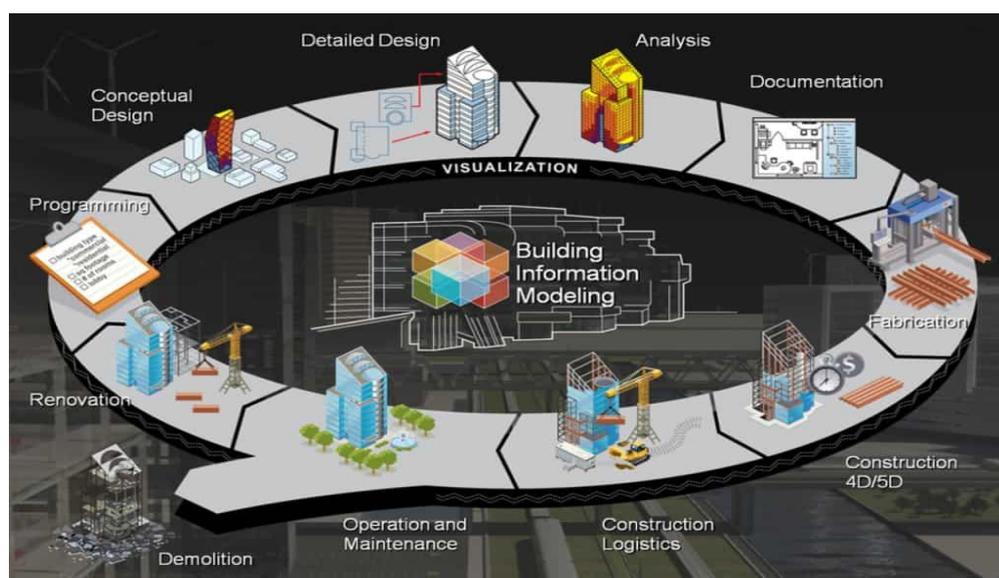
A principal diferença entre os métodos tradicionais de projeto CAD 2D e o método BIM, é que o primeiro descreve a edificação por meio de vistas 2D independentes, como: plantas, fachadas, cortes e elevações, sendo que para alterar uma dessas vistas, todas as outras vistas devem ser checadas e atualizadas de maneira manual, processo trabalhoso e que acarreta em um grande número de erros. Com método tradicional, são utilizados linhas, arcos e círculos para representar graficamente uma construção, de forma que as mesmas não apresentem nenhuma

propriedade ou informação sobre cada elemento. Em contraste, no método BIM é possível gerar vistas de maneira automatizada a partir de um modelo tridimensional, assim conferindo maior produtividade e confiabilidade para os projetistas e cada objeto é identificado como um elemento da edificação (CRC CONSTRUCTION INNOVATION, 2007).

Quando comparado com os modelos tradicionais de projetos, baseados em desenhos 2D que incluem apenas informações geométricas da construção, o BIM se mostra mais eficiente e prático para planejar a sequência de construção, pelo fato de o sistema oferecer informações mais detalhadas sobre cada elemento, assim possibilitando simulações mais próximas da realidade (LIU, LEI, *et al.*, 2014).

Segundo Eastman et al (2011), duas condicionantes que diferem o BIM do sistema CAD tradicional são a modelagem parametrizada e a interoperabilidade.

Figura 7: Utilização do BIM durante o ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: <https://engetax.com.br/voce-sabe-o-que-e-bim-entenda-agora-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>

3.2. Parametrização

Parametrização é a adição de informações ao modelo 3D, de maneira que o projeto deixe de ser uma simples representação gráfica, carregando assim dados relevantes para o desenvolvimento dos projetos, orçamentação, planejamento, para a

execução e manutenção de uma edificação. Cada elemento deve trazer informações de maneira a atender seu uso básico: como compatibilização, planejamento e extração de quantitativos.

A modelagem não representa objetos com geometrias e propriedades fixas, ao contrário, ela representa objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria, assim como algumas propriedades e características não geométricas. Os parâmetros e as regras permitem que os objetos se atualizem automaticamente de acordo com o controle do usuário ou mudança de contexto. (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2011)

Segundo Carvalho (2020) a criação de parâmetros precisa ser realizada constantemente para inserir informações de um elemento de maneira eficaz. Há parâmetros já presentes no modelo padrão de softwares e outros que podem ser criados para complementar a informações sobre um elemento. Segundo o mesmo, os parâmetros permitem o controle de informações e alterações de projetos rápidas e precisas.

Também é necessário definir os tipos de parâmetros, que indicam a finalidade de cada parâmetro, dentre eles estão: parâmetros de projeto, de famílias, globais e compartilhados, os dados desse parâmetro de iriam definir quais dados serão armazenados e sua aplicação ou instância. (CARVALHO, 2020)

3.3. Interoperabilidade

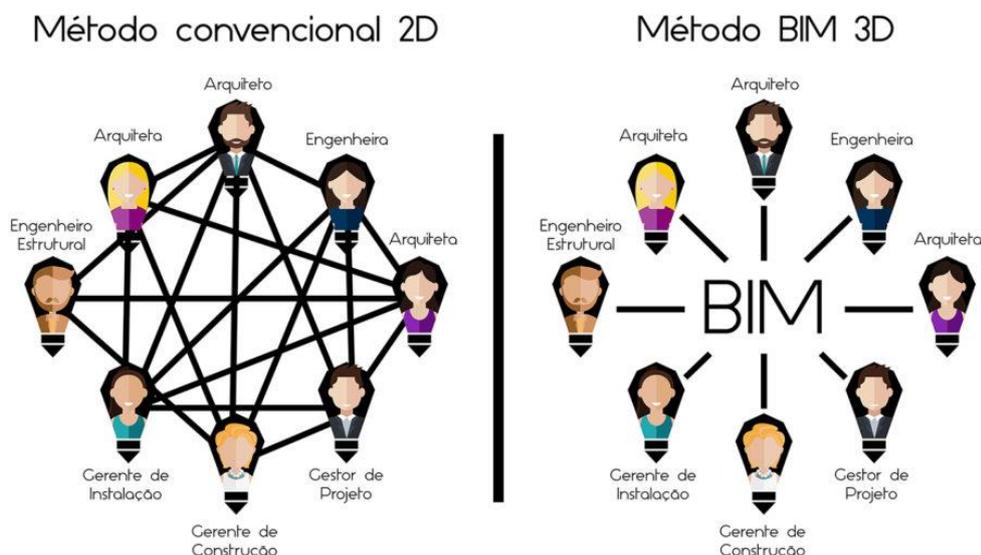
No contexto BIM, a interoperabilidade se define como a capacidade de transmissão de dados para de diversas aplicações e compartilhamento de dados (BARBOSA, 2014)

Nenhum software pode suportar sozinho todas as tarefas advindas a desenvolvimento do projeto e produção de uma construção. Devido a isso, a interoperabilidade se torna vital para o desenvolvimento de projetos na metodologia BIM, pois permite que dados sejam transferidos entre múltiplos especialistas e softwares com diferentes funções. (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2011)

Com isso a metodologia tem a proposta de funcionar de que todas as disciplinas funcionem de forma integrada, não sequencial e individualizada. Na figura 8 é possível analisar a diferença do fluxo de informações no sistema tradicional e na metodologia BIM. Esse maior nível de integração entre profissionais envolvidos no

desenvolvimento do projeto, acarreta em um produto final de maior qualidade, com menor número de interferências e desenvolvido em um menor prazo.

Figura 8: Processo de troca de informações CAD x BIM

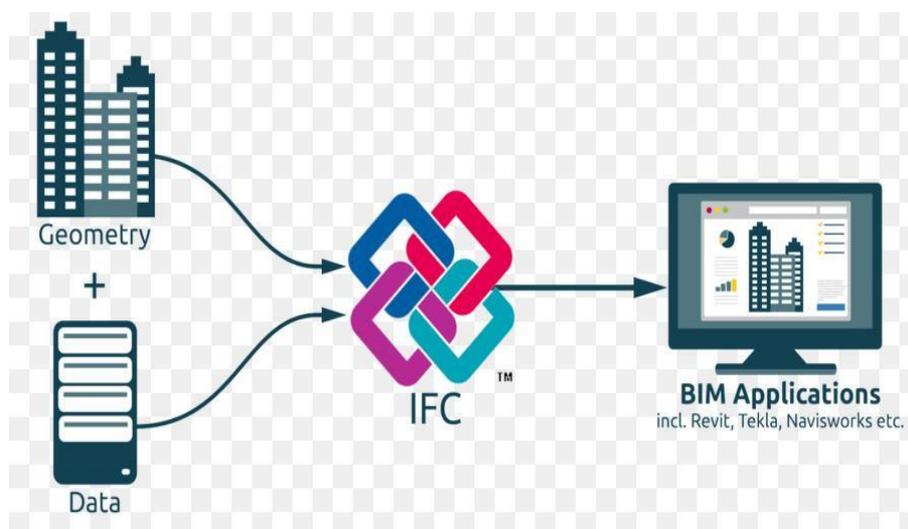


Fonte: <https://spbim.com.br/o-que-e-ifc/>

Segundo Soares (2013), devido ao aumento progressivo na quantidade de informações, problemas de interoperabilidade entre *softwares* foram gerados, o que criou a necessidade de uma plataforma que permitisse a comunicação entre *softwares*.

Dentre os padrões de comunicação abertos o mais conhecido para a interoperabilidade entre ferramentas BIM são o *Industry Foundation Classes* (IFC). O IFC fornece uma representação geométrica 3D de todos os elementos do projeto, as relações entre os objetos e também armazena dados padronizados e específicos sobre cada elemento, como materiais, contornos e funções. Os desenvolvedores de software têm trabalhado muito para ajustar suas soluções para que possam importar e exportar o formato IFC, já que o formato foi formalmente adotado e exigido por diferentes governos e empresas em diferentes países.

Figura 9: Funcionamento do sistema IFC



Fonte: <https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/ifc-e-interoperabilidade-bim/>

3.4. LOD

O conceito identifica o nível de desenvolvimento de um projeto, que pode variar conforme a fase ou para qual finalidade o projeto será utilizado. Quanto maior o nível de detalhes/informações, maior será o LOD.

Segundo a AIA E203 “*O Level of development*” (LOD) descreve o mínimo, espacial, quantitativo, qualitativo, e outros dados incluídos em um elemento do modelo para suportar o uso autorizado associado com o com tal LOD” (AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS , 2013)

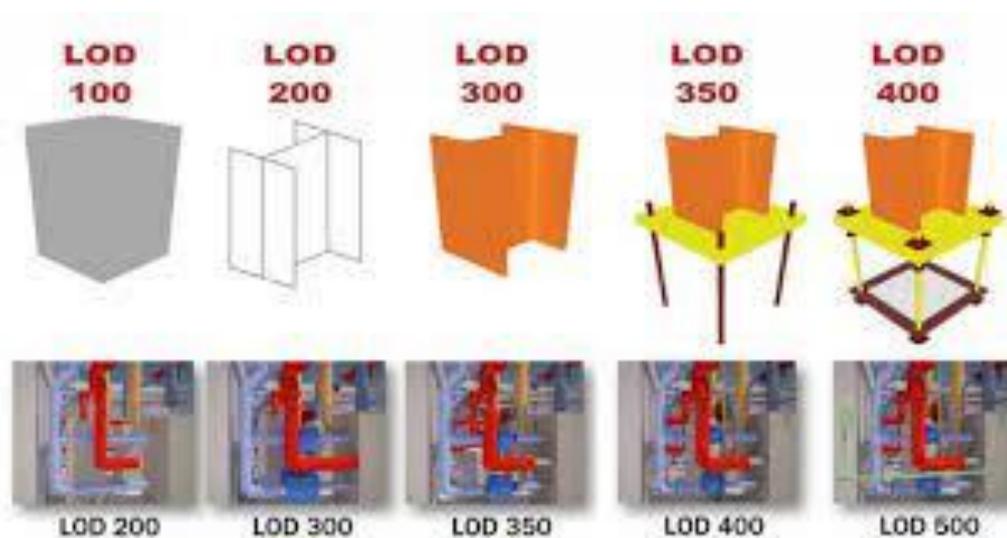
A AIA define níveis de desenvolvimento, para limitar a utilização de projetos apenas a aplicações compatíveis com o seu LOD. A figura 10 mostra exemplos de cada nível de LOD.

Os níveis são divididos entre:

- LOD 100: representação gráfica de elementos ou por meio de símbolos, que mostram a sua existência, porém não informam suas dimensões, localização exata ou sua forma.
- LOD 200: elementos como um componente genérico, com quantidades, dimensões e localizações aproximadas.
- LOD 300: elementos como componentes específicos, com quantidades, dimensões e localização conforme o projeto, sem que haja necessidade de consultar de documentos que não sejam o modelo.

- LOD 350: O elemento é representado graficamente dentro do modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção, informações não gráficas podem ser adicionadas ao elemento.
- LOD 400: Um elemento com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do representado componente.
- LOD 500: se refere a verificação de campo e não é uma indicação de progressão para um nível mais alto.

Figura 10: Exemplos de LOD



Fonte: <https://utilizandobim.com/blog/o-que-e-lod-bim/>

3.5. Dimensões

O BIM é popularmente dividido entre 7 dimensões, dentre elas estão a 3D: modelo 3D para parametrizado, a 4D: variável tempo, 5D: variável custo, 6D: variável sustentabilidade, 7D: gestão da manutenção. Neste estudo será dado enfoque à 4D dimensão BIM, utilizada para o planejamento de obras.

Cada dimensão proporciona diferentes ferramentas que podem vir a agregar para a produção de um produto de maior valor, reduzindo os riscos relacionados aos empreendimento através de informações precisas e abundantes sobre o projeto, simulações do plano de execução para reduzir o número de falhas e gargalos no planejamento, assim otimizando o planejamento, melhor controle dos custos durante o desenvolvimento do projeto, tanto quanto ao decorrer da obra, utilizando-o como

uma ferramenta de controle, aumento do nível de desempenho de uma edificação, através de simulações e melhora na eficácia da manutenção através de uma base robusta de informações da construção.

Figura 11: Dimensões BIM



Fonte: <https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>

3.5. Maturidade BIM

Segundo BORGES (2019), é evidente que as mudanças proporcionadas pelo BIM não se limitam apenas na utilização de softwares, e grande parte das barreiras das utilizações da metodologia é devido a utilização de processos não compatíveis com a nova tecnologia. Para a utilização bem-sucedida de BIM, é necessário mais do que apenas a adoção das ferramentas. É preciso mudar a visão do processo como um todo.

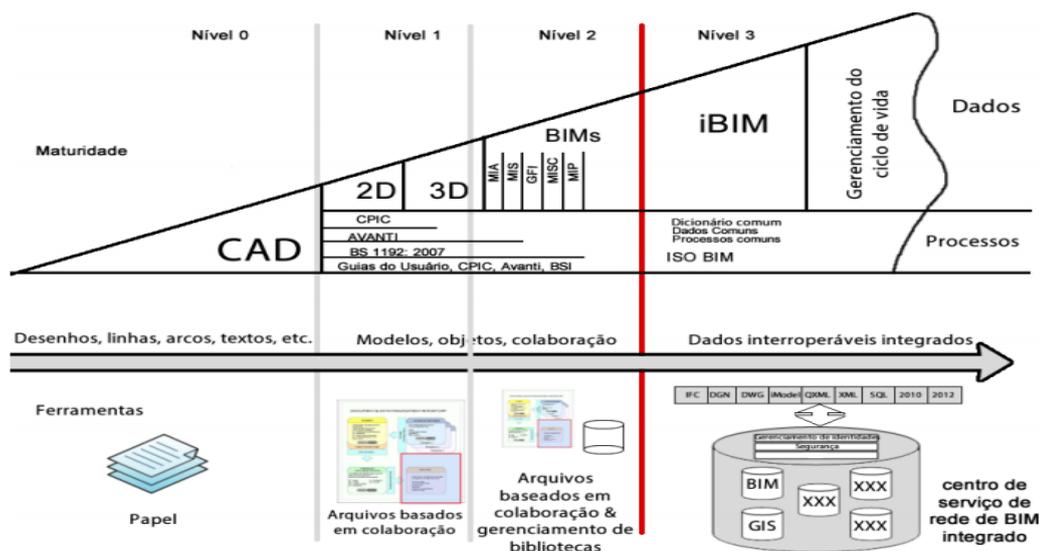
São necessários os desenvolvimentos de quatro dimensões para a implantação eficaz do BIM, dentre elas estão: tecnologia, processos, pessoas e procedimentos (AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI, 2017). Assim evidenciando como a mudança de metodologia tem mais nuances que apenas a adoção de uma nova tecnologia, é necessário repensar na cadeia produtiva como um todo.

SUCCAR (2019) define o nível de maturação em cinco estágios:

- Pré-BIM: Também chamado de estágio zero. Nesse estágio não há qualquer aplicação de BIM sendo utilizadas apenas tecnologias manuais, 2D ou 3D CAD para o desenvolvimento de projetos

- Estágio 1: Representa a transição do CAD para o BIM, neste estágio utilizasse a modelagem 3D parametrizada, o que permite grandes avanços em quesito de qualidade no projeto.
- Estágio 2: Neste estágio se inicia a colaboração entre diversas disciplinas, por meio da exportação de dados por meio de arquivos IFC ou por formato do proprietário, há um aumento de interação entre projetistas.
- Estágio 3: Nesse estágio se atinge a integração, onde os dados de projeto são compartilhados em tempo real, e o projeto é desenvolvido de maneira integrada.
- Entrega integrada de projetos: O último estágio representa uma modalidade de contrato onde todos os participantes de um empreendimento compartilham decisões, riscos e recompensas. Assim aumentando o nível de comprometimento de todas as partes.

Figura 12: Níveis de maturidade BIM



Fonte: <https://utilizandobim.com/blog/niveis-de-maturidade-bim/>

3.6. Modelagem 4D

Um modelo 4D, é basicamente composto por um modelo geométrico digital de um empreendimento (modelo 3D, representando sua dimensão espacial) e informações derivadas de seu plano de construção (representando sua dimensão de tempo). Com ele, é possível simular o sequenciamento de etapas, e assim analisar

possíveis gargalos no decorrer do projeto e melhorar substancialmente a colaboração entre os envolvidos na sua execução.

Em softwares, elementos virtuais e componentes geométricos de uma edificação podem ser animados, e ao interligar esses com dados do cronograma físico, é possível simular a construção do projeto. Por meio dessas simulações é possível detectar possíveis incoerências na ordem de sequenciamento de tarefas ao analisar as interferências e conflitos encontrados pela ferramenta, que anteriormente seriam praticamente imperceptíveis (HARDIN e MCCOOL, 2009).

Ainda é possível categorizar as atividades como de: construção (elementos ocultos no início da simulação, semitransparente durante a execução e da maneira original quando finalizado), demolição (elemento visível no início da simulação, semitransparente durante sua demolição e sumirá da tela após sua demolição) e temporários (elemento será exibido quando a tarefa for iniciada e sumirá quando a mesma acabar), assim possibilitando gerar simulações mais realistas de todas as etapas do cronograma.

Eastman et al (2011, p. 223) lista os benefícios da utilização do modelo 4D:

- **Comunicação:** os planejadores podem comunicar visualmente o processo construtivo para todas as partes interessadas no empreendimento. O modelo 4D captura aspectos temporais e espaciais de um cronograma e comunica-o mais efetivamente do que um diagrama de Gantt tradicional
- **Contribuição de múltiplas partes interessadas:** modelos 4D são frequentemente utilizados em fóruns de comunidade para apresentar a leigos com um empreendimento poderia impactar o tráfego, o acesso a um hospital ou outras preocupações críticas da comunidade
- **Logística de canteiro:** os planejadores podem administrar as áreas de armazenamento, acessos ao e no canteiro, locação de grande equipamento, trailers, etc.
- **Coordenação de disciplinas:** os planejadores podem coordenar o fluxo esperado no tempo e espaço das disciplinas no canteiro, bem como a coordenação do trabalho em espaços pequenos.
- **Comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção:** os gerentes do empreendimento podem comparar diferentes programações facilmente, e identificar rapidamente se o projeto está em dia ou atraso.

Segundo a ASSOCIATED GENERAL CONTRACTOR OF AMERICA (2005), os benefícios para o construtor incluem:

- A habilidade de identificar colisões.
- A habilidade de visualizar simulações do que será construído em um ambiente virtual.

- Menor número de erros e retrabalhos.
- Maior confiabilidade nas condições de canteiro, o que possibilita a maior utilização de pré-fabricados.
- A habilidade de gerar “e se” cenários, analisando diversas possibilidades alternativas de sequenciamento de execução, logística, custo, etc.
- A possibilidade de pessoas leigas visualizarem o produto final.
- Menos voltas nas tomadas de decisões.

No entanto, o custo e o esforço envolvidos na criação e atualização de tais modelos constituem um grande obstáculo para a difusão do uso 4D neste campo (KHATIB, CHILESHE e SLOAN, 2007). Segundo Eastman et al (2011, p.225) “Experiências anteriores e conhecimento do nível de detalhe necessários para produzir um cronograma conectado e preciso são necessários para obter todos os benefícios associados à ferramenta”. Porém, segundo o mesmo, quando a ferramenta é usada apropriadamente, os benefícios gerados por ela são exponencialmente maiores quando comparados com o custo inicial de implantação.

4. Método e procedimentos de pesquisa

Esse artigo se desenvolveu a partir de uma revisão bibliográfica sobre planejamento e controle de obras, *Building Information Modeling* e modelagem 4D. Após a fase de conceituação, foi executada uma pesquisa de artigos relevantes ao tema abordado, para então chegar em uma conclusão, com base na literatura encontrada.

Nessa pesquisa, as bases de dados utilizadas foram: Science, Capes e Scholar Google. Os termos estabelecidos foram: BIM 4D, BIM Planejamento e Controle, BIM e Gestão de Obras. Também foram pesquisados artigos em inglês para conferir maior robustez ao trabalho. Apenas artigos a partir de 2017 foram incluídos neste estudo.

Não foram selecionados artigos anteriores a 2017 com o intuito de verificar o grau de desenvolvimento BIM atual, artigos que não abordavam os temas da aplicação de BIM no planejamento e controle de obras ou artigos repetidos.

Após um processo de filtragem, foi possível chegar a um número de 9 artigos científicos, dentre eles, 6 no idioma inglês e 3 em português. Foram escolhidos artigos que fossem mais relevantes ao tema. Dentre os artigos escolhidos foram encontradas distintas aplicações para o BIM no planejamento e controle de obras. A maioria dos artigos científicos foram originais, no método de pesquisa construtiva, esse tipo de pesquisa busca explorar novas soluções, para solucionar problemas, além de explicar a exploração deles, melhorando o processo de solução estabelecido, porém, também foram selecionadas revisões de literatura, onde o(s) autor(es), pesquisam a literatura disponível sobre determinado assunto e chegam a uma conclusão a partir da análise dos dados encontrados. No Quadro 1 encontram-se os autores, os títulos e conclusões resumidas obtidas de cada estudo.

5. Resultados

A pesquisa proposta por BATAGLIN et al (2018), se caracteriza como *Design Science Research* também chamado de pesquisa construtiva. Se trata de um estudo empírico com duração de 11 meses onde foi selecionada uma empresa, com atuação no setor de elementos pré-fabricados de concreto onde a empresa em questão atuava na fabricação, no projeto e na montagem de estruturas pré-fabricadas, intitulada no estudo como empresa A. Esse estudo se dividiu em três etapas, dentre elas estão a compreensão, desenvolvimento e análise e reflexão. Na fase de compreensão, os pesquisadores buscaram identificar quais as lacunas de conhecimento e quais as necessidades de melhoria para empresa, assim como também buscar entender o processo logístico da empresa. Durante essa etapa também foram desenvolvidos os modelos BIM 3D e 4D do empreendimento. Para o desenvolvimento dos mesmos foram utilizados os softwares Revit e Synchro Pro. Para o desenvolvimento da modelagem BIM 3D foram utilizados LOD 300 para elementos pré-fabricados e LOD 200 para elementos de canteiro. Durante a fase de desenvolvimento o BIM 4D foi utilizado para apoiar a tomada de decisões no planejamento logístico do empreendimento, também foram realizados workshop com discussão de resultados. Na etapa de análise e reflexão, foram realizadas reuniões entre equipes de pesquisadores e equipe de usuários das Ferramentas propostas para discutir a implantação e os resultados alcançados.

No estudo proposto por BEZERRA et al (2018), foi utilizada a metodologia de revisão sistemática de literatura. O estudo se propôs a responder à pergunta “Como a tecnologia BIM pode ser utilizada para auxiliar no planejamento de obras de habitação social que utilizam sistemas de painéis pré-fabricados como método construtivo?”. Para isso os autores exploraram a literatura existente sobre a temática e identificaram quais estudos seriam relevantes para a pesquisa. Como repositório de publicações foram selecionados ASCE *library* e ScienceDirect, também foram utilizados com mecanismo de busca: Google Acadêmico e Portal periódico CAPES. Os termos chaves utilizados para pesquisa foram “*Panelized construction BIM*” e “*Panelized construction social Housing*”, levando em consideração apenas estudos nos últimos 5 anos. A pesquisa foi feita na língua inglesa pelos pesquisadores considerarem a literatura nacional sobre a temática escassa. O processo de filtragem foi executado em quatro etapas a primeira foi foram excluídos artigos repetidos, na

segunda levou-se em consideração o título das publicações, na terceira foram levados em considerações o resumo/abstract das publicações, e por último as publicações foram lidas na íntegra. Ao final de cada processo de filtragem foram excluídos aqueles que não eram relevantes para a temática escolhida na pesquisa. Ao final do processo de filtragem sobraram 15 artigos, e então foi executado um processo conhecido como “Bola de Neve”. Esse processo consiste em analisar referências de todas as publicações selecionadas a fim de encontrar as que são mais citadas, e as que são mais relevantes para o estudo. No final desse processo, encontrou-se dois artigos, totalizando no final um total de 17 artigos a serem analisados.

No estudo de GUERRA et al (2020), é proposta a utilização de algoritmos integrados ao BIM 4D para gerar um projeto de gestão de resíduos de concreto e drywall reutilizáveis em uma construção. A pesquisa consiste em dois estudos de caso realizados em *Central Texas* para a demonstração do algoritmo. O método de estimativa de geração de resíduos baseado no princípio do balanço de massa, e automatizado usando *BIM-based Quantity Take off (QTO)*, é utilizado neste estudo (GUERRA, BAKCHAN, et al., 2019). Dessa forma, a geração de resíduos construtivos é considerada a soma dos materiais adquiridos/comprados reduzido pela quantidade de materiais necessários, calculados através do BIM. E os autores ressaltam a necessidade que o modelo atinja no mínimo um LOD 300, para que seja possível a retirada de um QTO com acurácia e para o agendamento de tarefas. Os cálculos de geração de resíduos são executados por seções construtivas determinadas no planejamento, assim como a integração com o BIM 4D devido a disponibilidade de documentos de compra de materiais por cada seção e para identificação das tarefas mais adequadas para reutilização de resíduos. O resultado da geração total de resíduos no projeto é a soma da geração de resíduos por cada seção. As quantidades de resíduos gerados foram divididas em três itens: reutilização no canteiro, reciclagem fora do canteiro e aterro. Assim, a geração total de resíduos no projeto subtraído pela reutilização de resíduos no canteiro e pela reciclagem e resíduos fora do canteiro resultará na quantidade de resíduos que irão a aterro. Assim sendo possível gerar um projeto de gestão de resíduos eficiente.

Em KIM e LEE (2019), é proposto um protótipo para automaticamente analisar, gerar e visualizar diversas rotas de fuga com a utilização do BIM 4D. O mesmo permite que o usuário defina parâmetros, como: locais de trabalho, áreas de estoque de

materiais e estruturas temporárias para gerar automaticamente rotas de fuga. A publicação se trata de um estudo de caso de uma construção real que busca demonstrar o potencial do protótipo. Os autores dividem o processo em 5 etapas.

- **Primeira Etapa** - Atualização do modelo 4D, necessária para que o modelo represente a realidade no canteiro em devido momento.

- **Segunda Etapa:** Definição de parâmetros. Neste trabalho o autor utiliza os seguintes parâmetros:

- Saídas que permitem a mão de obra escapar da construção e do canteiro de obras.
- Espaços protegidos que podem evitar o colapso da estrutura, incêndio ou gás inflamável.
- Condições de caminhos, como caminhos acessíveis ou móveis (por exemplo, um local de trabalho de vergalhão não é um caminho ideal).
- Espaços de trabalho das equipes no local que podem afetar o congestionamento do local e os fluxos.
- Estruturas e objetos existentes que podem bloquear o caminho dos trabalhadores.
- Interferência de espaços de trabalho que estão planejando reticulação.
- Materiais empilhados que devem ser usados instantaneamente para obras de construção.
- Vários tipos de equipamentos sendo usados perto de tarefas de construção.
- Estruturas temporárias, como andaimes.

- **Terceira etapa:** através dos dados obtidos nas primeiras duas etapas o protótipo identifica e qualitativamente avalia as rotas entre os locais de trabalho e as saídas.

- **Quarta etapa:** os gestores do canteiro, revisam as rotas de fuga geradas na terceira etapa.

- **Quinta etapa:** é feita a distribuição das rotas de fuga selecionadas para mão de obra.

Para a implementação do algoritmo, foi utilizada uma plataforma BIM 4D que os autores customizaram para importar informações extraídas da plataforma Autodesk Revit e manipularam de acordo com o cronograma e condições de trabalho. Também foi desenvolvido um plug-in usando o Revit *Application Programming Interface* (API) para extrair automaticamente dados geométricos e não geométricos do modelo do Revit.

Para o cálculo de rotas, o estudo utilizou o algoritmo de busca para a menor distância entre a localização da mão de obra e a saída. Para isso, o canteiro de obras foi dividido em módulos retangulares por toda sua extensão, assumindo um formato de grelha. Cada módulo foi categorizado entre um dos quatro tipos: de início (locais de trabalho), de saída, bloqueado (não transitável) e regular (não bloqueado e transitável). Baseada transição entre os módulos, o algoritmo encontrava a rota otimizada entre o módulo início e o de saída, considerando a transição apenas pelos módulos regulares e evitando os bloqueados.

No estudo de MARTINS et al (2020), se trata de um estudo de caso de um projeto real onde os autores desenvolveram modelos BIM 3D e 4D de uma edificação utilizando os softwares Autodesk Revit para modelagem BIM 3D, Autodesk Navisworks para modelagem BIM 4D e MS Project para o desenvolvimento do cronograma. Após a integração do modelo BIM 3D e o cronograma para obtenção do modelo 4D, os autores comparam três possibilidades construtivas para laje e para vedação, dentre elas estão: laje maciça e alvenaria (original), laje maciça e *drywall* (alternativa 1) e *steel deck* e *drywall* (Alternativa 2). Na comparação, os autores levaram em consideração os elementos custo, tempo de execução e aspectos de sustentabilidade. Para a avaliação dos elementos custo e tempo houve uma revisão do planejamento do projeto considerando os novos elementos adicionados e aqueles que foram retirados. Para avaliar o elemento sustentabilidade, foram utilizados os plugins Autodesk Revit: *Green Building Studio*, para análise de eficiência energética e o Tally, para avaliar Impacto de aquecimento global.

No trabalho de JUPP (2017), o autor desenvolve modelo de trabalho para melhorar o planejamento e a gestão ambiental. O modelo propõe a integração BIM 4D ao workflow proposto pelo autor. O mesmo pode ser dividido em oito etapas, dentre elas estão:

- Desenvolvimento de modelos BIM 3D de disciplinas específicas com níveis progressivos de desenvolvimento (LOD 100-300) junto com a identificação da orientação ambiental e com EIA (*Environmental impact assessment*).
- Geração de modelo BIM 3D integrado (LOD 400) junto com informações de coordenação ambiental e especificações de orçamento.

- Geração de modelo 4D com capacidade de simular a construção através do link entre tarefas e elementos do modelo, e a revisão do EIA e requerimentos ambientais.
- Simulação 4D detalhada e desenvolvimento do planejamento ambiental, logística de obras, plano de gestão e controle e materiais para execução da atividade.
- Utilização de ferramentas “*Clash detection*” automatizadas.
- Representação do EMS (*Environmental Management System*) e visualização do status e potencial de impactos ambientais, utilizando os dados obtidos nas etapas anteriores.
- Desenvolvimento de métodos EM&A (*Environmental Monitoring and Audit*) Junto com a comunicação do controle de gestão ambiental e com as empreiteiras.
- Monitorar o EMS no canteiro utilizando o BIM 4D.

No trabalho de MAZARS e FRANCIS (2020), é proposta uma estratégia de comunicação entre o modelo BIM 3D, “*Chronographical modeling*” e simulações 4D. Se trata de um estudo de caso de um projeto de construção fictício de um edifício de quatro andares. O autor utiliza as ferramentas Revit da Autodesk para a modelagem BIM 3D, VBA Excel para aplicações do planejamento cronográfico, Dynamo para extração de dados entre softwares e Navisworks da Autodesk, para a modelagem 4D. O processo é dividido em quatro passos, dentre eles estão.

- **Preparação do modelo BIM 3D:** No estudo é utilizado o software Revit da Autodesk para a modelagem BIM 3D.
- **Comunicação entre Revit e Excel (Dynamo):** O processo precisa que haja uma transferência de dados entre o modelo digital da construção e aplicações cronográficas, para isso o autor utiliza o Dynamo, o que permite a exportação de dados do modelo para planilhas e também possibilita o caminho inverso (alimentar o modelo com informações do Excel), assim mantendo o modelo atualizado com informações do planejamento.
- **Planejamento com o “*Chronographic modeling*”:** A versão utilizada neste projeto apresenta quatro abordagens diferentes, um agrupamento por especialidade para um determinado piso, por localização para um único andar,

por especialidade que mostra todos os andares do edifício, uma planta do andar selecionado.

- **Preparação do modelo 4D:** As datas das atividades serão extraídas do Excel e as informações espaciais do Revit. Utilizando a ferramenta "Timeliner" Navisworks da Autodesk é possível gerar as simulações. Com a utilização do "automatic rules" do Navisworks é possível ligar automaticamente atividades e seus elementos correspondentes no modelo 3D, assim como também suas áreas de trabalho, graças às informações geradas nos passos anteriores.

OCHEOHA e MOSELHI (2018) apresentam uma metodologia de modelo que integra a cadeia logística da construção com a utilização BIM para reduzir custos e desperdícios nos processos de construção e fabricação externa. Ele utiliza a integração do BIM com a programação no local e a programação de fabricação ou fabricação dos diferentes membros da cadeia logística o autor apresenta os seguintes passos.

- **Criação de um modelo 3D parametrizado para o projeto:** A colaboração multidisciplinar é recomendada desde as etapas iniciais. Os quantitativos são extraídos do modelo BIM. Os materiais foram classificados como, a granel, materiais padrão disponíveis em loja ou equipamento pré-fabricado/especializado. Os elementos do modelo virtual são ligados a atividades do cronograma. Para cada elemento, são designados os materiais e equipamentos necessários para sua instalação.
- **Classificação de materiais:** Os materiais/elemento construtivos, são classificados pelos seus fornecedores ou fabricantes, constando também informações como prazos de entrega. Os elementos serão posteriormente atribuídos com código de barras de RFID (*Radio Frequency Identification*) ID's. Essa tecnologia irá permitir acompanhar a localização de elementos assim que chegarem no canteiro. Na chegada de elementos construtivos ou módulos, eles são registrados em um banco de dados utilizando um *scanner* de código de barras ou um leitor de RFID. Após a instalação de elementos pré-fabricados ou módulos, eles serão escaneados utilizando ou o RFID ou o código de barras, e assim o seu status é definido como instalado.
- **Pré-fabricação e modularização:** Depois de classificar os materiais, a informação para a fabricação de elementos ou módulos é compartilhada com

os fornecedores. O orçamento dos materiais para os elementos ou módulos é gerado. A fabricação dos elementos/módulos é agendada. A central de dados deve ser constantemente atualizada constando o progresso da construção.

- **Logística de transporte:** O transporte pode ser efetuado pela própria empresa, pelo fornecedor ou alguma empresa terceirizada. Os responsáveis pelo transporte de todos elementos/módulos pré-fabricados devem ser registrados na base de dados.
- **Sincronização e integração de cronogramas:** Através da atualização continua do cronograma de obra em conjunto com o compartilhamento de dados de avanço físico da obra com diferentes fornecedores, assim possibilitando melhor um planejamento tanto da fábrica quanto do canteiro.
- **Otimização do Inventário:** Implementação do JIT (*Just in Time*) para reduzir o inventário.

No estudo de VARGAS e FORMOSO (2019) são executados dois estudos empíricos efetuados com as empresas A e B e empreendimentos E1 e E2. Divididos entre três etapas, fase de compreensão, desenvolvimento e teste, análise e reflexão. No primeiro estudo, efetuado com a empresa A, foram inicialmente identificados os potenciais usuários do modelo BIM 4D do empreendimento E1, por meio de entrevistas com diferentes intervenientes envolvidos com o PCP (Planejamento e Controle da Produção) e na obra. O desenvolvimento do modelo foi realizado de forma progressiva, atingindo no final do estudo LOD 200 e 300. Analisado o potencial de utilização do software Vico Office na presente pesquisa e treinamento de um dos autores no uso do mesmo, escolhido por ser o único que planeja empreendimentos em zonas de trabalho e que utiliza BIM 4D. Na etapa de compreensão foi efetuado um diagnóstico da empresa A e do empreendimento E1 para entender o contexto, analisar sistemas de PCP utilizado e identificar problemas críticos que poderiam ser melhorados. Durante o desenvolvimento foram utilizados a linha de balanço e BIM 4D ao longo dos ciclos de planejamento, coleta e análise e reflexão. Ao final do estudo obtenção de versão preliminar do método, e discussão com representantes da empresa sobre os resultados obtidos. No segundo estudos o mesmo ciclo utilizado no primeiro estudo, porém refinando a versão preliminar do método.

Após a análise dos estudos, constata-se que obras pré-fabricadas apresentam uma grande margem de aplicabilidades para o BIM, o que torna sua implantação muito interessante. O BIM tem a capacidade de melhorar o fluxo de informações entre fábrica e canteiro de obras assim otimizando diversos processos em ambos (BATAGLIN, F. S. et al 2018; BEZERRA, P. H. P. et al 2018; OCHEOHA, I. A.; MOSELHI, O. 2018).

É possível utilizar o BIM 4D para planejar de forma mais eficiente a relação espaço-temporal em um canteiro de obras, podendo-se utilizar de metodologias complementares para otimizar o processo, assim melhorando a sua produtividade e segurança (MAZARS, T; FRANCIS, A. 2020; VARGAS, F. B. de; FORMOSO, C. T. 2019).

O BIM tem a capacidade de impactar positivamente a sustentabilidade em uma obra, sendo útil tanto para uma melhor gestão de resíduos quanto para melhorar o fluxo de informação entre consultores ambientais e construtoras (JUPP, J. 2017; GUERRA, B. C.; LEITE, F.; FAUST, K. M. 2020).

A segurança do canteiro de obra pode ser otimizada através da geração automatizadas de rotas de fuga diárias através da utilização do BIM 4D em conjunto com algoritmos (KIM, K.; LEE, Y. 2019).

A viabilidade da implantação do BIM se torna especialmente interessante quando aplicadas no início do ciclo de vida de um projeto no que se trata de eficiência de desempenho de uma construção (MARTINS, S. S. et al 2020).

O Quadro 1 abaixo, indica de forma resumida, os autores e ano de publicação, nome do título da publicação e seus respectivos resultados.

Quadro 1: Resultado de pesquisa

Autor	Título	Resultados
BATAGLIN, F. S. et al (2018)	BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto engineer-to-order	O BIM 4D tem a capacidade de contribuir com a integração da fábrica com a obra
BEZERRA, P. H. P. et al (2018)	BIM no planejamento de empreendimentos com sistema de painéis pré-fabricados: uma alternativa para obras de habitação social	O sistema BIM oferece uma alternativa de aplicação relevante e com potencial de fácil incorporação
GUERRA, B. C.; LEITE, F.; FAUST, K. M. (2020)	4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams	Com BIM 4D é possível planejar com antecedência a gestão de resíduos de uma construção, assim melhorando a recuperação de recursos e minimizando o volume de resíduos que vão a aterro
KIM, K.; LEE, Y. (2019)	Automated Generation of Daily Evacuation Paths in 4D BIM	Apresenta resultados promissores nos estudos de caso, porém, o protótipo ainda apresenta múltiplas limitações
JUPP, J. (2017)	4D BIM for Environmental Planning and Management	Usando ferramentas e métodos BIM 4D a comunicação e fluxo de informações entre, consultores ambientais e a equipe de projeto podem ser melhoradas
MARTINS, S. S. et al (2020)	Evaluation of 4D BIM tools applicability in construction planning efficiency	A utilização de ferramentas BIM e LCA (<i>life cycle assessment</i>), especialmente em etapas iniciais é válida
MAZARS, T; FRANCIS, A. (2020)	Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning	O uso conjunto da modelagem BIM 3D da modelagem cronográfica reduzem o esforço necessário para criar um modelo 4D
OCHEOHA, I. A.; MOSELHI, O. (2018)	A BIM-based Supply Chain Integration for Prefabrication and Modularization	Integração entre os cronogramas "onsite" e o cronograma "off-site" de fabricação otimiza os prazos de entrega
VARGAS, F. B. de; FORMOSO, C. T. (2019)	Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de BIM	Define um conjunto de etapas que permitem com o uso de modelos BIM 4D, integrar plano e controle da produção com base no espaço de trabalho

6. Conclusão

O BIM se mostra uma ferramenta muito versátil quando utilizado nas fases de planejamento de um projeto. A partir da utilização do modelo BIM 3D e das simulações 4D foi possível encontrar das mais diversas utilidades, como: levantamento de insumos, visualização de projeto, simulação de sequenciamento para verificação de possíveis falhas no planejamento, relatórios de avanços físicos da obra, melhora do fluxo de informações, na gestão de resíduos, da segurança nos canteiros de obra, etc.

É possível notar que o BIM pode trazer ainda melhoras significativas na comunicação e integração entre os canteiros de obra (montagem) e fábricas (produção), o que pode trazer diversos benefícios para empreendimentos que utilizam de elementos/módulos pré-fabricados. Dentre eles, uma otimização na gestão do estoque, produção, montagem e logística. Devido a compatibilização entre os cronogramas é possível que os fabricantes possam planejar um ritmo de produção mais eficiente para que não haja nem o excesso de estoque nem a falta ou atraso na entrega de materiais no canteiro de obras, assim melhorando o fluxo de atividades na obra.

O BIM pode ser uma ferramenta muito poderosa quando utilizada em conjunto, como a utilização de algoritmos e ferramentas externas para otimizar e automatizar tarefas, assim abrindo um leque de possíveis aplicações para a ferramenta, porém, a incompatibilidade entre sistemas e o grande nível de esforço envolvido para o desenvolvimento desses modelos, ainda são uma barreira de grande relevância, para a maior adoção da ferramenta para essas finalidades.

7. Referências

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Guia 06 - A Implantação de Processos BIM**. Brasília: [s.n.], v. 6, 2017.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **E203: Building Information Modeling and Digital Data Exhibit**. [S.l.]. 2013.

ASSOCIATED GENERAL CONTRACTOR OF AMERICA. **The Contractor's Guide to BIM**. 1ª. ed. Las Vegas: AGC Research Foudation, 2005.

BARBOSA, A. C. M. **A Metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático Construção de uma ETAR na Argélia**. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) - Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto. 2014.

BATAGLIN, F. S. et al. BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto engineer-to-order. **Ambiente Construído** , Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 173-192, jan./mar. 2018. ISSN 1678-8621.

BEZERRA, P. H. P.; SANTOS , A. D. P. L.; SCHEER,. BIM NO PLANEJAMENTO DE EMPREENDIMENTOS COM SISTEMAS DE PAINÉIS PRÉ-FABRICADOS: UMA ALTERNATIVA PARA OBRAS DE HABITAÇÃO SOCIAL. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 9, n. 3, p. 192-203, set. 2018. ISSN 1980-6809.

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**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, jun. 2015. ISSN 1678-8621.

BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, p. 198f. 2019.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **INTEGRAÇÃO DA MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO (BIM) COM O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO**. 15º ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Maceió: ANTAC. 2014. p. 2913-2922.

CARVALHO, R. <https://www.frazillio.com.br/>, 2020. Disponível em: <<https://www.frazillio.com.br/entenda-como-funciona-a-parametrizacao-no-revit/>>.

Acesso em: 14 jun. 2021.

CRC CONSTRUCTION INNOVATION. **Adopting BIM for facilities management:** Solution for managing the Sidney Opera House. Brisbane: Cooperative Research Center for Construction Innovation, 2007.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook:** a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors. 2^a. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

GÓES, M. B. D. et al. BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO BIM NO PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DE OBRAS. **REVISTA LATINO-AMERICANA DE INOVAÇÃO E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Curitiba, v. 8, n. 14, p. 107-126, dez. 2020. ISSN 2317-6792.

GUERRA, B. C. et al. BIM-based automated construction waste estimation algorithms: The case of concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 87, p. 825-832, 2019. ISSN 0956-053X.

GUERRA, B. C.; LEITE, F.; FAUST, K. M. 4D-BIM to enhance construction waste reuse and recycle planning: Case studies on concrete and drywall waste streams. **Waste Management**, v. 116, p. 79-90, 2020. ISSN 0956-053X.

HARDIN, B.; MCCOOL, D. **BIM and Construction Management:** Proven Tools, Methods, and Workflows. 2^a. ed. Indianapolis: Sybex, 2009.

JUPP, J. 4D BIM for Environmental Planning and Management. **Procedia Engineering**, v. 180, p. 190-201, dez. 2017. ISSN 10.1016/j.proeng.2017.04.178.

KHATIB, J.; CHILESHE, N.; SLOAN, S. Antecedents and benefits of 3D and 4D modelling for construction planners. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 5, p. 159-172, jun. 2007.

KIM, K.; LEE, Y. Automated Generation of Daily Evacuation Paths in 4D BIM. **Applied Sciences**, v. 9, abr. 2019.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is Construction Project Planning Really Doing Its Job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, p. 243-266, jan. 1987.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

LIU, H. et al. **An Automatic Scheduling Approach**: Building Information Modeling-Based Onsite Scheduling for Panelized Construction. Construction Research Congress. Atlanta: ASCE. 2014. p. 1666-1675.

MARTINS, S. S. E. A. Evaluation of 4D BIM tools applicability in construction planning efficiency. **International Journal of Construction Management**, v. 20, p. 1-14, nov. 2020.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Editora Pini, 2010.

MAZARS, T.; FRANCIS, A. Chronographical spatiotemporal dynamic 4D planning. **Automation in Construction**, v. 112, p. 1-11, fev. 2020.

OCHEOHA, I. A.; MOSELHI, O. A BIM-based Supply Chain Integration for Prefabrication and Modularization. **Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings**, mar. 2018. ISSN 2562-5438.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation In Construction**, v. 18, n. Elsevier BV, p. 357-375, maio 2019. ISSN <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>.

VARGAS, F. B. D.; FORMOSO, C. T. Método para planejamento e controle da produção baseado em zonas de trabalho com o apoio de BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 129-151, jan./mar. 2018. ISSN 1678-8621.