



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FÉLIX JÚNIOR BARROS MESSIAS

**APLICAÇÃO DO BIM PARA ELABORAR O PLANEJAMENTO 4D COM A
FINALIDADE DE OTIMIZAR O CRONOGRAMA DA OBRA E, TAMBÉM,
AUXILIAR O SEU GERENCIAMENTO E ACOMPANHAMENTO.**

PALMAS (TO)

2019

FÉLIX JÚNIOR BARROS MESSIAS

**APLICAÇÃO DO BIM PARA ELABORAR O PLANEJAMENTO 4D COM A
FINALIDADE DE OTIMIZAR O CRONOGRAMA DA OBRA E, TAMBÉM,
AUXILIAR O SEU GERENCIAMENTO E ACOMPANHAMENTO.**

Projeto de pesquisa apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof^a, Dr.^a Indara Soto.

PALMAS (TO)

2019

FÉLIX JÚNIOR BARROS MESSIAS

APLICAÇÃO DO BIM PARA ELABORAR O PLANEJAMENTO 4D COM A
FINALIDADE DE OTIMIZAR O CRONOGRAMA DA OBRA E, TAMBÉM, AUXILIAR
O SEU GERENCIAMENTO E ACOMPANHAMENTO.

Projeto de pesquisa apresentado à UFT – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Palmas, requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação da Prof^a, Dra. Indara Soto.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr.^a Indara Soto, Orientadora, UFT

Prof. Antônio Carlos da Silva Junior, Examinador, UFT

Prof. MSc. Bibiana Zanella Ribeiro, Examinadora, UFT

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

M585a Messias, Félix Júnior Barros .

 Aplicação do bim para elaborar o planejamento 4D com a finalidade de otimizar o cronograma da obra e, também, auxiliar o seu gerenciamento e acompanhamento. / Félix Júnior Barros Messias. – Palmas, TO, 2022.

 53 f.

 Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Civil, 2022.

 Orientador: Indara Soto Izquierdo

 1. Planejamento. 2. Bim. 3. Project. 4. Planejamento 4D. I. Título

CDD 624

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RESUMO

Devido à grande quantidade de dificuldades que são enfrentadas pelos profissionais da construção civil quanto à gestão de obras, a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) tem conquistado seu espaço, visto que ela oferece condições para solucionar os problemas durante a fase de projeto. Sem essa tecnologia, os problemas só iriam aparecer na fase de execução e isso, conseqüentemente, gera maior produtividade e uma austeridade nos gastos, uma vez que encontrar uma saída para os contratempos na fase de projeto, é mais barato. Este trabalho tem o intuito, por meio de um estudo de caso, de aplicar esses conceitos para demonstrar o quão eficiente o gerenciamento e o acompanhamento da obra se tornam. As ferramentas utilizadas serão *Microsoft Project* – para realizar o planejamento —, *Autodesk Revit* – para realizar a modelagem tridimensional —, *Autodesk Navisworks* – para gerenciamento dos projetos. Para realizar essa avaliação, serão utilizados o projeto arquitetônico e o planejamento da obra. O planejamento 4D traz resultados positivos, uma vez que oferece condições para que o profissional da área tenha condições de otimizar o cronograma antes do projeto entrar em fase de execução, de comparar o que já foi executado com a simulação 4D e a capacidade de mostrar ao cliente como ficará a sua obra e de que maneira será executada. Além disso, no software *navisworks*, o profissional consegue verificar o percentual de conclusão de cada etapa.

PALAVRAS-CHAVE

BIM (*Building Information Modeling*). Gerenciamento. Acompanhamento da obra.

ABSTRACT

Due to the large amount of constraints facing construction professionals in building management, Building Information Modeling (BIM) technology has gained ground as it offers conditions for solving problems during the design phase. Without this technology, problems would only appear in the execution phase and this consequently generates greater productivity and austerity in spending, since finding a way out of setbacks in the design phase is cheaper. This work is intended, through a case study, to apply these concepts to demonstrate how efficient the management and monitoring of the work become. The tools used will be Microsoft Project - for planning - Autodesk Revit - for three-dimensional modeling - Autodesk Navisworks - for project management. To perform this evaluation, the architectural design and the planning of the work will be used. 4D planning brings positive results as it provides conditions for the area professional to be able to optimize the schedule before the project goes into execution, to compare what has already been done with 4D simulation and the ability to show how your work will look and how it will be performed. In addition, in navisworks software, the professional can verify the percentage of completion of each step.

KEY WORDS

BIM (Building Information Modeling). Management. Monitoring of the work.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Níveis de Planejamento.	15
Figura 2 – Definição das precedências.....	17
Figura 3 – Estimativa de Recursos de Atividades.....	17
Figura 4 – Estimativa da Duração das Atividades.....	18
Figura 5 – Diagrama de Gannt.....	19
Figura 6 – Caminho Crítico (CPM).	20
Figura 7 – Ciclo de vida BIM.	22
Figura 8 – Comparativo de Tempo Gasto.	22
Figura 9 – Fluxograma da Metodologia Proposta.....	33
Figura 10 – Modelo 3D arquitetônico.....	34
Figura 11 – Modelo 3D estrutural.....	35
Figura 12 – Animação 4D da obra.	36
Figura 13 – Representação da atividade que está sendo executada.	37
Figura 14 – Armadura de vigas e pilares.....	37
Figura 15 – Percentual de execução de cada etapa da obra.....	39
Figura 16 – Cronograma antes da otimização.....	40
Figura 17 – Cronograma otimizado.	40
Figura 18 – Cronograma com EAP incompleta.	41
Figura 19 – Cronograma com EAP completa.	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Justificativa	11
1.2	Objetivos	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos específicos.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	Planejamento	13
2.1.1	Níveis do planejamento.....	14
2.1.2	Técnicas de planejamento.....	15
2.1.2.1	Definição das atividades do cronograma.....	16
2.1.2.2	Sequenciamento das atividades.....	16
2.1.2.3	Estimativa de recursos de atividades.....	17
2.1.2.4	Estimativa da duração das atividades.....	18
2.1.2.5	Desenvolvimento do cronograma.....	18
2.1.2.6	Diagrama de Gannt.....	18
2.1.2.7	Diagrama de rede (PERT/CPM).....	19
2.1.3	MS PROJECT.....	20
2.2	Building Information Modeling (BIM)	21
2.2.1	Parametrização.....	23
2.2.2	Interoperabilidade.....	24
2.2.3	Dimensões BIM.....	25
2.2.3.1	BIM 3D – Modelo Paramétrico.....	25
2.2.3.2	BIM 4D – Tempo e planejamento de execução da obra.....	25
2.2.3.3	BIM 5D – Orçamento.....	26
2.2.3.4	BIM 6D – Análise do consumo de energia.....	26
2.2.3.5	BIM 7D – Ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações.....	26
2.2.4	<i>Revit Autodesk</i>	27
2.3	Planejamento 4D	27
2.3.1	<i>Autodesk Navisworks</i>	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	Primeira etapa	31
3.2	Segunda etapa	31
3.3	Terceira etapa	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Modelo 3D	34

4.2	Cronograma da obra.....	35
4.3	Modelo 4D.....	35
4.4	Verificação do processo executivo.....	38
4.5	Evolução das etapas construtivas.....	38
4.6	Benefícios da modelagem 4D.....	39
5	CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES	42
	REFERÊNCIAS	44
	ANEXO A – EAP	49
	ANEXO B – PROJETO UTILIZADO PARA MODELAGEM 3D.....	50
	APÊNDICE A – CRONOGRAMA ANTES DA OTIMIZAÇÃO.....	51
	APÊNDICE B – CRONOGRAMA APÓS DA OTIMIZAÇÃO.....	52

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Malheiros (2014), para determinar o preço de venda de qualquer produto, três parâmetros são levados em consideração, lucro, preço de venda e custo do projeto. O lucro e os custos eram considerados como valores fixos para cada projeto, e o preço de venda, a variável. No entanto, no mercado de construção civil, devido ao desequilíbrio na inflação, o que gera aumento nos valores, o preço de venda e o lucro passaram a ser definidos em função dos custos do projeto. Portanto, as grandes empresas desse setor devem implementar, com a finalidade de aumentar a margem de lucro, medidas para que os custos do projeto se tornem menores.

Alcantara (2017), relata que virou hábito a entrega de obras com atraso e, conseqüentemente, com o orçamento excedido. Esse tipo de situação, não é de exclusividade das pequenas empresas ou só de países em desenvolvimento, visto que, por exemplo, o novo aeroporto de Berlin está com cinco anos de atraso e já teve um gasto seis vezes maior do que o que foi previsto no orçamento. Outro exemplo, é o caso da sede da Apple, localizada nos Estados Unidos, que será inaugurada com dois anos de atraso e um custo acima do previsto de US\$ 2 bilhões.

Dentro desse contexto, é notório que o planejamento é uma ferramenta importante que contribui de maneira satisfatória para o desempenho da produção. Foram feitas pesquisas com a finalidade de mostrar que o planejamento é essencial para a execução de uma obra, e sem ele haverá baixa produtividade, elevadas perdas e baixa qualidade dos produtos. (MATTOS, 2010)

O procedimento adotado para elaborar este planejamento, atualmente, consiste em relacionar o método do caminho crítico com os projetos 2D. Esta etapa, exige que o profissional da área tenha experiência e consiga interpretar o projeto para que sejam definidas as atividades que vão compor o cronograma. Portanto, de maneira básica, todas as atividades são sequenciadas na mente do planejador ao observar o projeto, antes de serem tabuladas, o que pode provocar erros e, conseqüentemente, fazer com a execução da obra seja propícia a erros (AHMED; EMAN; FARRELL; 2014).

Este método é adotado no Brasil, e devido as suas limitações o gerenciamento e acompanhamento da obra são prejudicados, o que provoca atrasos, baixa produtividade e, conseqüentemente, o custo do projeto se torna elevado. Uma das medidas a implementar, seria reconhecer a necessidade de se gastar um tempo maior na elaboração de projetos e ampliar o

seu vínculo com o processo construtivo, para que os problemas sejam solucionados ainda nessa fase.

Diante dessas necessidades e de uma exigência de mercado cada vez maior, às novas tecnologias tem conquistado o seu espaço, e dentre elas, podemos citar o BIM (*Building Information Modeling*). Segundo Eastman et al. (2008), BIM é definido como uma tecnologia de modelagem, e apresenta um conjunto de processos, que se relacionam entre si, para produzir, comunicar e analisar construção de modelos, e Piza (2017), comenta que o *Building Information Modeling* é uma ferramenta que permite, em uma determinada edificação materializada por meio de diversos softwares, o compartilhamento de dados confiáveis e organizados.

Associado a gestão nas fases de planejamento e fiscalização do projeto, o BIM pode ser utilizado como estratégia para reduzir os riscos e permitir repostas mais rápidas as mudanças, uma vez que é capaz de simular a construção e identificar eventuais erros de planejamento (BAIA, 2014).

Dessa maneira, Júnior (2018) sustenta que o BIM oferece condições para que os problemas, que aparecem durante a fase de execução, sejam previstos durante a fase de projeto, o que acaba reduzindo as improvisações e garantindo que o orçamento e o cronograma da obra sejam seguidos sem alterações.

Outras características associadas a tecnologia BIM é a parametrização e interoperabilidade, e Malheiros (2014) defende que elas proporcionam a oportunidade, para os profissionais das diferentes disciplinas, de trabalharem de forma integrada, ou seja, de maneira colaborativa.

Dentro da tecnologia BIM, há ainda o planejamento 4D, definido como a combinação do modelo 3D com a dimensão tempo, retirada do cronograma da obra. Esse tipo de planejamento permite que as atividades sejam vistas em uma simulação virtual que contém lógica, aspectos temporais e espaciais (KASSEM; BROGDEN; DAWOOD; 2012).

A tecnologia 4D, que associa atividades a um modelo 3D parametrizado, oferece informações suficientes para descomplicar processos, reduzir e eliminar atividades que não são importantes para a execução de um projeto (LEE e KIM, 2017). Zhang et al., (2016), salienta que o modelo BIM 4D permite ao profissional simular diversas maneiras de execução de projeto variando o sequenciamento de atividades, o que torna mais adequado a construtibilidade da obra.

Este trabalho tem o intuito, por meio de um estudo de caso, de aplicar estes conceitos para demonstrar o quão eficiente, o gerenciamento e o acompanhamento da obra se tornam. As ferramentas utilizadas serão *Microsoft Project* – para realizar o planejamento, *Autodesk Revit* – para realizar a modelagem tridimensional, *Autodesk Navisworks* – para gerenciamento dos projetos.

1.1 Justificativa

Atualmente, os projetos são realizados de maneira tradicional, isto é, são desvinculados de todo o processo construtivo, o que demonstra que o conceito BIM é pouco aplicado no setor de construção civil. Portanto, isso acarreta uma série de problemas durante a etapa de execução, o que acaba provocando improdutividade, retrabalhos e aumento de custos.

Aos poucos o mercado tem reconhecido a importância da plataforma BIM por conta das suas vantagens. No Brasil ainda existe a cultura de que a fase de projeto não tem tanta importância e buscam priorizar, de imediato, somente a execução. No entanto, muitos problemas que ocorrem no momento da construção poderiam ser identificados na fase de projeto e, conseqüentemente, haveria como tomar decisões mais simples e menos onerosas como solução.

O presente trabalho, constatará o quanto a utilização do BIM, por meio da sua interoperabilidade e parametrização, será benéfica como ferramenta de auxílio no gerenciamento e na produção da obra. Sendo assim, o conceito cultural, de que não é necessário dispor uma atenção maior na fase de projeto, será quebrado.

Resolver problemas durante a fase de projeto, se torna mais viável economicamente do que os solucionar durante a execução, uma vez que, isso evita uma série de gastos com mão-de-obra, materiais e equipamentos que, eventualmente, seriam utilizados para combater esses problemas.

Candido (2013) considera que o BIM é amplamente utilizado nos EUA, Europa e Japão desde a década de 80, apresenta resultados satisfatórios, como na:

- Geração de quantitativos mais precisos de materiais e serviços;
- Análise de diversos cenários de um projeto do ponto de vista do custo e do planejamento;
- Compatibilização de projetos;

- Identificação de conflitos entre atividades e
- Estudos do canteiro de obras do ponto de vista da logística e da segurança.

Portanto, a comunidade, inserida tanto no meio acadêmico, quanto no mercado de construção civil, perceberá o quanto essa ferramenta é promissora para planejar cada etapa, dado que, ela leva em consideração a sua dependência em relação a outra, os materiais utilizados, o fluxo de operação para orientar as equipes e definir quais equipamentos serão utilizados. Desse modo, os problemas, que antes eram resolvidos durante a execução, serão resolvidos durante a elaboração dos projetos, o que minimiza os custos e maximiza o lucro de uma obra.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Elaborar o planejamento 4D para identificar os problemas durante a fase de projeto para que o gerenciamento e o acompanhamento da obra sejam impactados de maneira positiva, visto que, atualmente, esses problemas só são percebidos na fase de execução.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Elaborar o planejamento 4D, com o auxílio do BIM, para identificar quais os problemas podem ser solucionados na fase de projeto;
- b) Apontar os benefícios para o gerenciamento e acompanhamento da obra ao discutir os resultados do planejamento 4D.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nessa etapa do trabalho será discorrido sobre planejamento, *Building Information Modeling* (BIM) e planejamento 4D, trazendo definições, desvantagens e benefícios para o ramo da construção civil e, também, servirá para nortear o entendimento do que será feito e proposto.

2.1 Planejamento

O setor de construção civil, em relação aos outros ramos produtivos, tem sofrido extrema mudança durante os últimos anos. O prazo, o custo e o lucro são indicadores de uma boa gestão e controle de processos. Nos últimos anos, o mercado de construção civil tem se tornado mais competitivo, mais globalizado, com novas tecnologias, com grau de exigência mais elevado por parte do cliente (MATTOS, 2010).

“O planejamento da construção consiste na organização para a execução, e inclui o orçamento e a programação da obra. O orçamento contribui para a compreensão das questões econômicas e a programação é relacionada com a distribuição das atividades no tempo”. (GONZÁLEZ, 2008, p. 6)

Mesmo para pessoas que possuem vasta experiência na área, realizar um planejamento não é uma tarefa simples, visto que demanda tempo e esforço para elaborá-lo. Para tornar o cronograma viável, é essencial a presença de uma equipe do canteiro de obras para contribuir com o seu conhecimento. Entretanto, se o planejamento for produzido nos escritórios desconsiderando os problemas que ocorrem durante a execução, certamente, o andamento da obra será prejudicado (RESENDE, 2013).

Mattos (2010) aponta as causas das falhas encontradas nos planejamentos dos empreendimentos, como:

- Planejamento e controle como atividades de um único setor
- Descrédito por falta e certezas nos parâmetros
- Planejamento excessivamente informal
- Mito do tocador de obras

A programação das atividades só terá um acompanhamento, avaliação e controle corretos, caso sejam visíveis e apresentem condições para elaborar recursos gráficos que visam

facilitar as ações corretivas. Como esta visualização é limitada, só será possível perceber que a necessidade de se realizar intervenções durante a fase de execução e, dificilmente, serão soluções eficazes. Este tipo de problema é uma das dificuldades técnicas mais recorrentes entre os profissionais da área, que geralmente são inexperientes (VARGAS; COELHO; HEINECK; 2018).

2.1.1 Níveis do planejamento

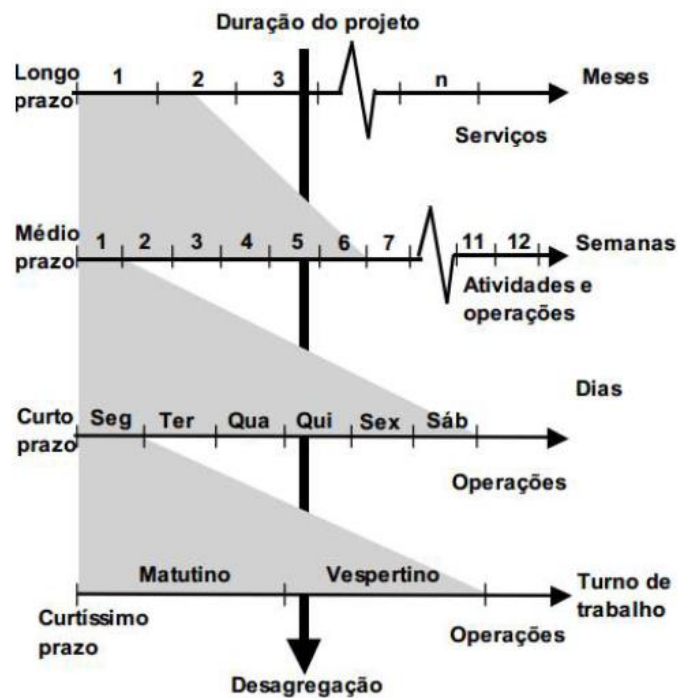
Logo, a finalidade das empresas é transformar insumos em produto. Portanto, para que isso ocorra, planos são gerados e ações são efetuadas, em diferentes prazos de horizontes de tempo (TUBINO, 2009).

Para ter êxito na transformação de insumos em produto, será necessário entender os estágios do planejamento, sendo assim Laufer e Tucker (1987), destaca que ele é dividido em 3 níveis: Estratégico, tático e operacional. Esses níveis, traz consigo três características, visto que eles correspondem a níveis hierárquicos, diversos estágios de tomada de decisões e a níveis que se diferenciam pela quantidade de detalhes nas suas informações.

Já Corrêa e Corrêa (2013), defende que o planejamento pode ser detalhado em 4 níveis: Longo prazo, médio prazo, curto prazo e curtíssimo prazo. Longo prazo é dividido em meses, com horizonte maior que um ano, médio prazo é dividido em semanas, com horizonte até que um ano, curto prazo é dividido em semanas, com horizonte menor que um ano e curtíssimo prazo é dividido em dias, com horizonte de até uma semana.

Machado (2003), também, acredita que o planejamento é definido em longo prazo, médio prazo, curto prazo e curtíssimo prazo, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Níveis de Planejamento.



Fonte: “Adaptado de” Machado (2003).

Em relação a esses níveis citados, Mendes Jr (1999), assinala que o setor de construção civil, o nível de planejamento exigido é o de longo prazo. Para efetuar esse tipo de planejamento, é utilizado os cronogramas de barras ou a rede CPM.

Atualmente, as decisões são tomadas nos canteiros de obra tendo como base os planos informais, sem detalhes de execução, de ritmo de produção, de capacidade produtiva, de sincronização entre atividades e integração com o nível de planejamento de longo prazo. Esse tipo de situação acarreta uma inércia de decisão, o que, conseqüentemente, produz atrasos no cronograma de execução da obra (MACHADO, 2003).

2.1.2 Técnicas de planejamento

O tempo é um recurso que não permite que seja recuperado, quando é mal utilizado. Toda a alocação dos outros recursos, em uma obra, para realização de cada atividade, depende do fator tempo. Para tornar mais claro a visualização deste recurso, são elaborados cronogramas, que podem auxiliar o engenheiro a identificar se a obra está adiantada ou atrasada e, também, permite um melhor gerenciamento da obra de modo a propor soluções para os problemas que possam vir a aparecer no processo de execução. (SILVA, 2014)

Esses processos citados acima, podem interagir uns com os outros ou com as demais áreas de conhecimento. Cada um deles, dependendo da magnitude do projeto, poderá ser executado por um ou mais indivíduos ou grupos de indivíduos. Em cada fase do projeto, geralmente, cada processo ocorre pelo menos uma vez. O sequenciamento das atividades, a estimativa da duração das atividades e o desenvolvimento do cronograma, em projetos menores, podem ser elaborados como sendo um único processo, isto é, podem ser feitos por um único indivíduo em um curto intervalo de tempo (PMBOK, 2013).

A seguir são apresentados os principais processos que auxiliam na gerência do Tempo do Projeto:

- Definição das atividades – Especificar quais atividades serão realizadas;
- Sequenciamento das atividades – Definir as relações de dependência entre as atividades;
- Estimativa de recursos de atividade – Estimativa do tipo e da quantidade de recursos necessária para realizar determinada atividade;
- Estimativa da duração das atividades – Estimar o período de trabalho para cada atividade;
- Desenvolvimento do Cronograma – Realizar a análise da sequência e as durações das atividades, e quais os requisitos dos recursos para elaborar o cronograma;
- Controle do cronograma – Controlar as mudanças no cronograma do projeto.

2.1.2.1 Definição das atividades do cronograma

As atividades podem ser representadas por mapas mentais ou por EAP, processo que ajuda na definição das atividades do cronograma. Bertezini (2006), aponta que a execução de uma obra, na construção civil, envolve uma série de processos, ou seja, de atividades que vão desde os estudos de viabilidade, análise de terrenos, produção de materiais e componentes, projetos, execução e operações de uso e ocupação do empreendimento.

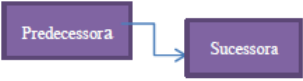
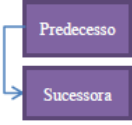
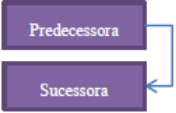
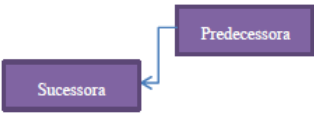
2.1.2.2 Sequenciamento das atividades

Após listar todas as atividades, a etapa seguinte consiste em determinar a sequenciação das atividades. Essa sequenciação, é determinada ao definir qual atividade vem antes de quem, de acordo com a metodologia proposta para a obra. Por meio da particularidade de cada serviço e a sequência executiva das operações, há condições, do planejador, de definir a inter-

relacionamento entre as atividades e, também, de criar a espinha dorsal lógica do cronograma (MATTOS, 2010).

As precedências são classificadas conforme a Figura 2.

Figura 2 – Definição das precedências.

Processo	Descrição
	Término para início - TI (<i>finish to start - FT</i>): a atividade sucessora se inicia com o término da atividade predecessora
	Início para início - II (<i>start to start - SS</i>): a atividade sucessora só se inicia com o início da atividade predecessora, ou seja, são atividade concorrentes
	Término para término - TT (<i>finish to finish - FF</i>): a atividade sucessora somente termina com o final da atividade predecessora, ou seja, fica vinculado o termina simultâneo das atividades
	Início para término - IT (<i>start to finish - SF</i>): o término da atividade sucessora depende da iniciação da atividade predecessora

Fonte: Mattos (2010)

2.1.2.3 Estimativa de recursos de atividades

Cada tarefa requer um número de pessoas, equipamentos ou materiais, e nessa etapa, há a estimativa desses recursos. Logo, é necessário que a equipe tenha experiência com os elementos envolvidos (PMBOK, 2013).

Para ilustrar essa estimativa, é apresentado a Figura 3.

Figura 3 – Estimativa de Recursos de Atividades.

Profissional	Quantidade
Encanador	2
Eletricista	2
Pedreiro	40
Servente	80
Pintor	1

Fonte: Cavalcanti (2011)

2.1.2.4 Estimativa da duração das atividades

As durações são definidas após avaliar o período de trabalho que é necessário para implementar cada atividade do cronograma da obra. Um profissional ou um grupo da equipe do projeto que estiver mais familiarizado com a atividade, deverá ter o encargo de realizar essa estimativa ou, no mínimo, aprová-la (PMBOK, 2013). A Figura 4 mostra a estimativa de duração de atividades de um projeto.

Figura 4 – Estimativa da Duração das Atividades

Atividade	Duração (dias)	Recursos
Fundação	2,5	2 Pedreiros; 4 Serventes
Alvenaria Térreo (com Elétrica e Hidráulica)	6	2 Pedreiros; 4 Serventes
Estrutura Laje	4	2 Pedreiros; 4 Serventes
Laje	2	2 Pedreiros; 4 Serventes
Alvenaria Superior (Hidráulica)	6	2 Pedreiros; 4 Serventes
Instalação Elétrica Superior	2	Eletricista (Grupo Elétrico)
Cobertura	4,5	2 Pedreiros; 4 Serventes
Revestimento	6	2 Pedreiros; 4 Serventes
Revestimento Cerâmico	4,5	2 Pedreiros; 4 Serventes
Esquadrias de Ferro	4	2 Pedreiros; 4 Serventes
Fios e Acessórios Elétricos	4	Eletricista (Grupo Elétrico)
Pintura	6	Pintor
Forros	4	Terceiro Aplicador Forro
Escada e Corrimão	4	Terceiro Escada e Corrimão
Portas e Pintura de Portas	4	2 Pedreiros; 4 Serventes
Hidráulica Externa	3	Encanador (Grupo Hidráulico)
Louças e Metais	3	Encanador (Grupo Hidráulico)
Elétrica Externa	3	Eletricista (Grupo Elétrico)
Acabamentos Elétricos	3	Eletricista (Grupo Elétrico)
Vidros	2	Terceiro Vidraceiro
Limpeza	3	2 Pedreiros; 4 Serventes

Fonte: Calvacanti (2011).

2.1.2.5 Desenvolvimento do cronograma

O cronograma é gerado por meio de um método bem definido, e não é representado somente por barras desenhadas. Portanto, para elaborar este produto é necessário levar em conta alguns requisitos e, também, que os cálculos sejam materializados graficamente segundo o PERT/CPM (MATTOS, 2009).

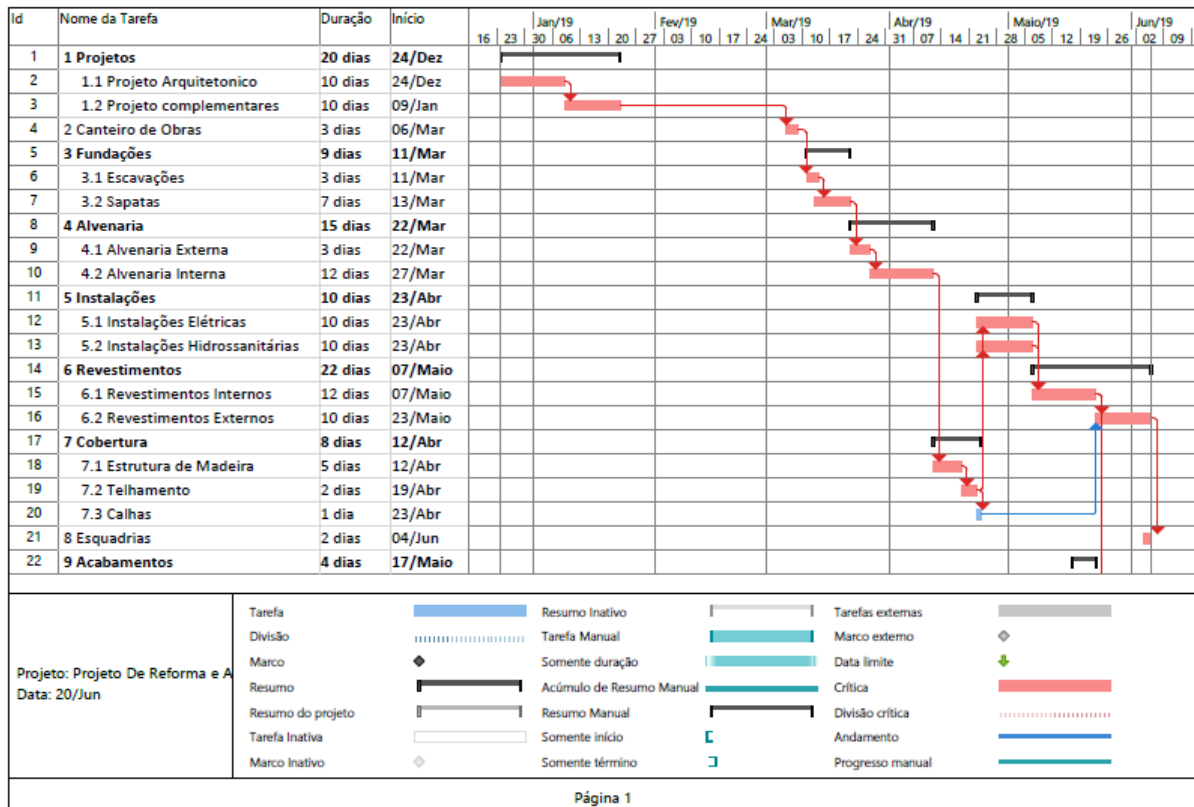
2.1.2.6 Diagrama de Gannt

Esse tipo de cronograma é utilizado em obras menos complexas, visto que, em projetos mais robustos, as dependências não são representadas de forma mais clara (VARGAS, 2009).

Mendes Jr (1999) afirma que esse tipo de cronograma é o mais utilizado na construção civil e o mais simples de ser elaborado.

A Figura 5 representa um diagrama de Gannt, onde pode identificar as datas de início e de fim de cada atividade.

Figura 5 – Diagrama de Gannt.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

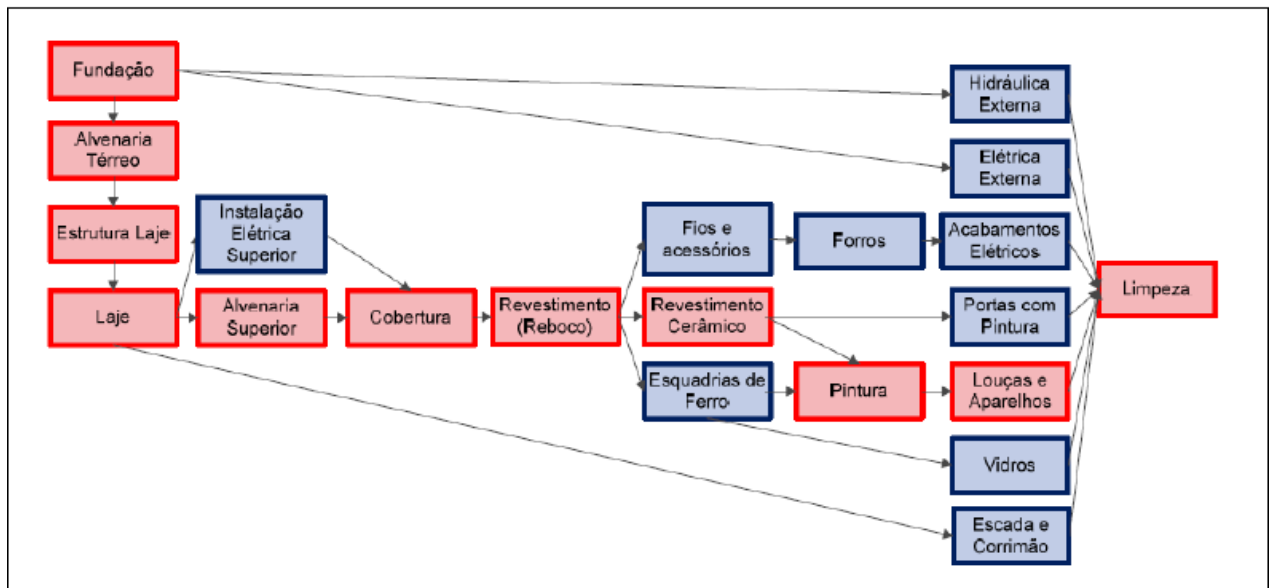
2.1.2.7 Diagrama de rede (PERT/CPM)

Método desenvolvido nos Estados Unidos, em 1958, que tem sido muito utilizado e possui o *MS-Project* como software de apoio. A sua primeira aplicação foi na gestão do projeto do foguete polaris. Quando o tempo das atividades são pouco conhecidos, este tipo de diagrama é ideal para solucionar essa carência. (GONZÁLEZ, 2008)

O caminho crítico é a rota que engloba as atividades com as durações mais críticas, ou seja, aquelas que não devem possuem nenhuma folga, e, também, quando não são realizadas dentro do prazo, acaba ocasionando atrasos na obra. Gasnier (2010), entende que o caminho mais longo desde o início até o final do projeto, é intitulado como caminho crítico.

Na Figura 6 tem em destaque o caminho crítico de um determinado projeto.

Figura 6 – Caminho Crítico (CPM).



Fonte: Calvacanti (2011).

2.1.3 MS PROJECT

O software “*Ms Project*” tem sido utilizado, em pesquisas científicas, em todo mundo. Ao buscar o termo “*Ms Project*” no periódico da capes, foram encontrados 232 resultados e dessas, 108 representam artigos e científicos e 31 são dissertações. Em relação aos idiomas, 183 são em inglês, 13 em português, 6 em chinês, e além desses, foram encontrados em espanhol, lituano, russo e siberiano (RESENDE, 2015).

Como mencionado acima, esta ferramenta já é implantada no mundo todo, e a sua primeira versão, no ambiente MS-DOS, surgiu no ano de 1985. A primeira versão, no *Windows*, surgiu em 1995 e foi caracterizada como *Microsoft Office Project*. Como o mercado tem se tornado mais competitivo, esse programa teve que passar por reformulações. Portanto, as versões 98, 2000, 2002, 2003, 2007 e 2010 foram se desenvolvendo, de modo que essas melhorias foram notadas na interface, nos recursos de programação dinâmica, no sequenciamento de atividades, em comandos básicos de repetir e desfazer e no salvar como, com as extensões MPP e MTP, para projetos e para modelos de projetos, respectivamente (LIMA, 2013).

Atualmente, pode-se encontrar a versão 2013, que tem como vantagem interfaces melhores, agrupamento de comando nas guias, novas funcionalidades como caminho de tarefa, painéis de tarefas futuras, visão geral de custos e visão geral do projeto, relatório e visão geral dos recursos e valor agregado (LIMA, 2013).

2.2 Building Information Modeling (BIM)

Rocha (2011), considera que a implantação do BIM tem gerado uma expectativa de mudança radical no setor de construção civil. O modelo 3D criado por meio da tecnologia BIM, serve tanto para visualização, quanto para criar um banco de dados com informações multidisciplinares que podem auxiliar durante o ciclo de vida do empreendimento, na fase de concepção até o projeto, no orçamento, no planejamento, na construção e até na fase de uso. Além desses benefícios, o autor ainda afirma que essa tecnologia é capaz de identificar incompatibilidades entre as disciplinas, gerar quantitativos automáticos dos materiais e dados sobre custos e prazo de execução.

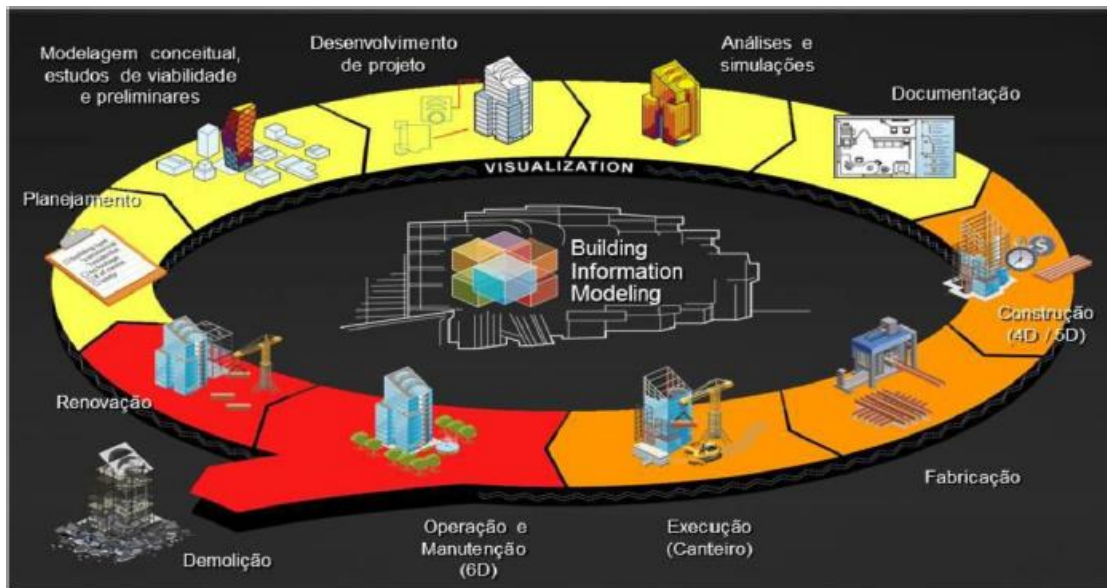
Eastman et al. (2011), assinala vários benefícios com a implantação da tecnologia BIM, dentre eles, pode-se citar:

- Detecção de interferências;
- Levantamento de quantitativos e estimativa de custos;
- Análise e planejamento da construção;
- Integração com controle de custos e cronogramas, e outras funções de administração;
- Pré-fabricação externa;
- Verificação, direção e rastreamento de atividades de construção.

Eastman et al. (2011), considera a ferramenta BIM como uma tecnologia capaz de modelar que tem a capacidade de produzir, comunicar e analisar modelos de construção. Baia, Miranda e Luke (2014), defende que a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) é um modelo de informação da construção ou, também, como modelagem de informação da construção, e esses dados são mantidos durante todo o ciclo de vida do empreendimento. Esta tecnologia, que possui um sistema informatizado, tem o propósito de reger todas as etapas de um empreendimento relacionado ao setor de construção civil.

Mello (2012), afirma que o modelo de informação elaborado é multifinalitário, visto que pode ser utilizado durante todo o ciclo de vida do empreendimento, do planejamento inicial até a operação e manutenção. Cada etapa, como por exemplo, a construção e a operação, tem as suas particularidades, portanto, o modelo de informação, para que seja útil, deve ser alinhado à essas necessidades. Essa possibilidade de utilizar as informações em cada etapa do empreendimento reduz os erros e maximiza os ganhos financeiros. A Figura 7 ilustra o ciclo de vida da edificação.

Figura 7 – Ciclo de vida BIM.

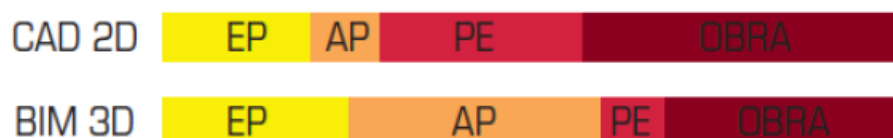


Fonte: Mello (2012).

Rocha (2011), sustenta que, com o advento do BIM, as relações entre todas as disciplinas também muda. Atualmente, a criação de projetos segue um ciclo: Da arquitetura vai para a estrutura; e depois seguem para as instalações elétricas e hidráulicas e, após isso, há uma compatibilização entre cada um desses projetos citados. Com a tecnologia BIM, a troca de informação ocorre de maneira constante, visto que cada profissional alimenta um único modelo.

Com o BIM há um maior esforço dedicado durante a fase de projeto, antecipando problemas que só apareceriam durante a execução da obra. Conforma a Figura 8, as fases de EP (Estudo Preliminar) e AP (Anteprojeto) são as que tomam mais tempo, visto que nelas são tomadas a maioria das decisões. Nas etapas de PE (Projeto Executivo) e Obra surgem poucas complicações, por conseguinte estão restritas a fase de execução de projeto, entretanto, no sistema CAD ocorre o inverso, pouco tempo é dedicado durante a fase de EP (Estudo Preliminar) e AP (Anteprojeto), e os problemas que surgem, são resolvidos no PE (Projeto de execução) e na Obra. No entanto, essas soluções não são viáveis financeiramente quando comparadas as soluções que podem ser tomadas durante a fase de projeto com o advento da tecnologia BIM.

Figura 8 – Comparativo de Tempo Gasto.



Fonte: Potencial do BIM (2012).

2.2.1 Parametrização

Eastman et al. (2011), defende que parametrização faz com que um elemento de construção, como, por exemplo, uma porta, não precise ser projetada, visto que, a pessoa responsável pelo projeto define uma família de modelos ou uma classe de elementos, que possuem a finalidade de controlar os parâmetros que geram as instâncias dos elementos. Os objetos possuem como parâmetros, a distância, o ângulo e regras como vinculado a, paralelo a e distante de. As instancias dos elementos variam de acordo com os valores de seus parâmetros e suas relações contextuais.

Ribeiro (2016) defende que os programas que possuem como característica a parametrização, permitirá que os profissionais criem elementos geométricos dinâmicos, e quando houver a necessidade de alterar algum parâmetro, não serão feitas modificações em elemento por elemento, visto que toda alteração ocorre instantaneamente. Esse avanço permite a criação de projetos com várias alternativas, de modo que pode ser feito a escolha daquele que for mais viável para execução.

Como os projetos são constituídos por vários elementos e as revisões e modificações podem ser contínuas, torna-se necessário o desenvolvimento de uma ferramenta que tem como permita as variações paramétricas de maneira automática. Dentre os benefícios do BIM, encontra-se a parametrização e todos os elementos conectados e integrados, que oferece ao profissional a possibilidade de realizar alterações nos elementos modelados e gerar atualizações instantâneas em todo projeto, o que ocasiona ganho de produtividade, redução dos conflitos, facilidade nas revisões e modificações. (FLORIO, 2007)

Quando a geometria de um elemento precisa ser editada manualmente pelo usuário, fica evidente que ela fez o desenho utilizando CAD 3D, no entanto, quando a geometria da forma e do conjunto são atualizados de maneira conjunta, as modificações ocorrem de maneira automática. Os parâmetros relacionados a cada elemento determinam de que modo ele irá se comportar quando houver alguma modificação em seus valores. Uma janela, por exemplo, no CAD é representada apenas por linhas, no entanto, no BIM é representada por sua geometria e vários elementos atrelados a ela (CANDIDO, 2013).

2.2.2 Interoperabilidade

“No contexto BIM, a interoperabilidade define-se como a capacidade de transmissão de dados entre aplicações, partilha de informação, bem como a capacidade de várias aplicações trabalharem conjuntamente.” (BARBOSA, 2014, p.34)

Sobretudo, o que limita a utilização do BIM, é que as ferramentas informáticas possuem diferentes *softwarehouses*, ou seja, elas possuem extensões distintas. No entanto, a interoperabilidade surgiu para romper essas limitações, visto que, por meio dela, os dados necessários são identificados para serem passados entre as aplicações informáticas (EASTMAN; TEICHOLZ; SACKS & LISTON, 2011).

O uso do BIM, a cada ano que passa tem aumentado e, conseqüentemente, a quantidade de informações ligada a essa tecnologia tem crescido proporcionalmente e, portanto, a falta de interoperabilidade entre os softwares tem gerado problemas. Logo, notou-se a necessidade de criar uma ferramenta com a finalidade gerar comunicações entre as aplicações (SOARES, 2013).

A ferramenta criada, para suprir as necessidades de interoperabilidade, é a *Industry Foundation Classes - IFC*. Matos (2014, p. 16) diz que “Desde 1995, o IFC foi desenvolvido pela atual BuildingSmart como um modelo de dados neutro para a indústria da construção, com o objetivo de abranger todas as informações de uma edificação por todo o seu processo construtivo”

Andrade e Ruschel (2009) cita que o IFC oferece condições para que produtos gerados em determinado software possam ser utilizados em um outro software, mantendo as suas definições iniciais. No entanto, apesar de suprir estas carências, até mesmo na plataforma BIM, quando se utiliza o formato IFC para importar arquivos, pode ocorrer problemas na tradução dos dados.

Eastman et al. (2011), comenta que para gerar uma colaboração adequada entre todos os envolvidos na produção de projeto, dois parâmetros de integração são necessários: usar somente programas de determinado fornecedor de software ou usar software de vários fornecedores que podem intercambiar dados usando padronizações amparadas pela indústria. O segundo parâmetro pode ser executado levando em consideração as padronizações IFCs, o que permite a interoperabilidade entre programas com diferentes extensões.

2.2.3 Dimensões BIM

A tecnologia BIM, por meio de suas dimensões, pode ser utilizada em outras áreas além do projeto, dentre elas, podem ser citadas:

- Planejamento
- Orçamento
- Sustentabilidade
- Operação das edificações

Portanto, as dimensões que podem ser geradas através do BIM, são: BIM 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, e cada uma possui as suas particularidades.

2.2.3.1 BIM 3D – Modelo Paramétrico

O projeto é representado em três dimensões, que contêm informações que podem auxiliar as próximas etapas do projeto, como: Planejamento, orçamento, gestão, operação, entre outros.

Mattos (2014), aponta que o BIM 3D é composto por todas as disciplinas que compõem os projetos de uma edificação, portanto essa plataforma permite que todos os eles sejam modelados nas três dimensões (x,y e z). Um dos benefícios que pode ser citado com a implantação dessa tecnologia, é a facilidade em observar as inconsistências existentes entre os projetos, o que é chamado de *clash detection*.

2.2.3.2 BIM 4D – Tempo e planejamento de execução da obra

É elaborado quando se cria uma relação entre o modelo 3D com o cronograma da obra, o que possibilita um planejamento visual do empreendimento e facilita as tomadas de decisões do engenheiro de execução. Além disso, por meio do BIM 4D, os profissionais conseguem determinar as frentes de trabalho mais adequadas, organizar a logística do canteiro de obra e prever as situações críticas que podem levar ao atraso da construção.

O modelo BIM 3D associado com informações de prazo, como produtividade das equipes de produção, número de equipes e sequência construtiva, gera o modelo BIM 4D. Este modelo, possibilita a retirada de uma gama de benefícios, dentre eles, pode-se citar a retirada

de informações sobre o cronograma da obra, como início e término de cada atividade, configurações espaciais a cada etapa da execução, lead time e ritmo de produção (CAMPESTRINI et al., 2015)

2.2.3.3 BIM 5D – Orçamento

Buildin Construção & Informação (2017), cita que é um modelo que além de trazer consigo a relação do modelo 3D com a variável tempo, considera também o fator custo da obra. Como o BIM permite a compatibilização de projetos, a extração de quantitativo tem um nível maior de assertividade e é realizada de maneira automática. Este procedimento pode ser realizado utilizando softwares de análise e gestão, como *Autodesk Navisworks* ou *Solibri Checker*, ou então nos softwares de modelagem, como o *Revit*.

2.2.3.4 BIM 6D – Análise do consumo de energia

Feller (2016) defende que o BIM 6D está associado a sustentabilidade do empreendimento, levando em consideração a análise do consumo de energia. Por meio dessa dimensão, pode ser feito, na fase de projeto, uma estimativa dos gastos que a edificação terá com energia e, também, durante seu uso. Outra vantagem que pode ser apontada, é a possibilidade de monitorar os equipamentos que possuem alto desempenho quanto ao uso de energia.

2.2.3.5 BIM 7D – Ciclo de vida do projeto e a gestão das instalações

O BIM 7D é utilizado durante o ciclo de vida da edificação para melhorar a eficiência de gestão das instalações e, conseqüentemente ter um melhor controle da garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes, fornecedores e custos de operação. Portanto, esta dimensão atua na de forma direta na sustentabilidade do empreendimento (NICAL; WODYNSKI; 2016).

2.2.4 Revit Autodesk

“O *Revit* é uma plataforma da Autodesk que usa a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*). É um software de design de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo.” (JUSTI, 2008, p. 1)

Alves e Menezes (2016), citam que o *Revit* é um dos programas oferecidos pela plataforma BIM e que oferece condições para elaborar projetos arquitetônicos, engenharia MEP e engenharia estrutural.

Como dito anteriormente, este software se encontra dividido em disciplinas, o que o torna um sistema mais completo em comparação com o *AutoCAD*. Este programa em relação ao *AutoCAD* (CAD) e o *AutoCAD Architecture* (CAD orientado a objetos), apresenta maior efeito na produção de projetos, ou seja, provoca um aumento na produtividade dos profissionais que trabalham nesta área.

Crespo e Ruschel (2007) apontam que o *Autodesk Revit* é uma plataforma que possui uma grande quantidade de família de elementos construtivos, como: paredes, pisos e coberturas. Estes elementos, quando desenhados, podem ser vistos em 2D ou tridimensionalmente a qualquer momento e, também, é possível extrair tabelas com informações referentes a eles.

2.3 Planejamento 4D

Rodrigues (2012), afirma que embora haja *softwares* disponíveis no mercado para produzir o planejamento de uma obra, eles não permitem a visualização espacial, o que colaboraria na comunicação entre os envolvidos, ou seja, facilitaria a compreensão do profissional menos experiente ao mais experiente e, também, aos que são mais leigos. O planejamento 4D consegue suprir todas essas necessidades.

Eastman et al. (2011), afirma que a tecnologia 4D foi implementada no final dos anos 1980 na construção de grandes empreendimentos com infraestrutura complexa de energia e processos, visando diminuir os atrasos e, conseqüentemente, os custos. Em meados dos anos 1990, com os avanços das ferramentas, as etapas que compõe a elaboração do modelo 4D foram facilitadas por conta de conexões automáticas geradas entre o modelo 3D e o sequenciamento de atividades.

Biotto, Formoso e Isatto (2015), argumenta que o modelo 4D, originado da junção entre o modelo 3D e a variável tempo, representa um modelo gráfico ligado ao cronograma da obra. Brito e Ferreira (2015) sustenta que, por meio do planejamento 4D, é possível realizar uma série de análises, como: Identificação de possíveis conflitos e interferências de espaço e tempo durante a construção; Integração e comunicação entre todos os envolvidos no projeto; Redução de esforço na visualização e interpretação mental do planejamento; Transmissão de possíveis impactos devido a mudanças no planejamento; Apoio no sequenciamento e na conformação ideal do ritmo de trabalho do cronograma; Inserção de equipamentos, elementos de canteiros e recursos para análises do planejamento.

Os modelos 4D foram criados primeiro utilizando tecnologia CAD, e em seguida, após alguns anos, a tecnologia BIM. Eastman et al. (2011) cita que se tornou viável a produção dos modelos 4D com a implantação da tecnologia CAD, visto que essas ferramentas utilizam preenchimentos coloridos, sombreado e capacidade de tornar entidades visíveis e não visíveis. Nesses casos, o cronograma era visualizado com a elaboração, por meio de terceiros, de filmes de alta qualidade ou animações renderizadas. Este tipo de visualização só serviria para etapas iniciais do projeto, como por exemplo, demonstração ao cliente ou para o marketing do empreendimento, ou seja, não seria possível utilizá-lo como ferramenta de programação e planejamento. Quando uma atualização fosse realizada no planejamento, seria necessário linkar novamente e de forma manual, o modelo 3D ao cronograma. Este processo realizado manualmente limita as atualizações em tempo real do modelo 4D, fazendo com que elas se tornem inviáveis.

Lee e Kim (2017) afirmam que o BIM consegue integrar perfeitamente, utilizando o *software Autodesk Navisworks*, o cronograma com o modelo 3D, fornecendo o *Critical Method Patch* (CPM) e tornando esta ferramenta apta para ser utilizada no planejamento da obra. Caso haja necessidade de atualizar o modelo 4D, todo o processo é feito de forma automatizada, o que gera um aumento de produtividade. Esta simulação utilizando BIM foi implantada há 20 anos e a primeira modelagem feita foi o Modelo de Nível de Atividade 4D.

Brito e Ferreira (2015), cita que uma implantação bem-sucedida da modelagem BIM 4D, é quando esta representação permite a visualização das informações do planejamento e controle. Eastman et al. (2011), considera que a simulação 4D é utilizada para tornar a colaboração mais adequada e, também, para determinar o quanto o planejamento do empreendimento será eficiente e viável. A seguir, ele aponta os benefícios encontrados após a implantação do modelo 4D:

- Comunicação: A tecnologia 4D torna mais compreensível a visualização de aspectos espaciais e temporais dos cronogramas do que os gráficos de Gantt tradicional;
- Contribuição de múltiplas partes interessadas: O modelo 4D pode ser utilizado para que os mais leigos possam entender como ficará o empreendimento antes de executar o projeto;
- Logística do canteiro: Por meio dessa tecnologia, pode-se determinar como serão os fluxos dentro dos canteiros de obras;
- Coordenação de disciplinas: O modelo permite a coordenação do fluxo de trabalho de cada disciplina de maneira mais eficaz;
- Comparação de cronogramas e acompanhamento do progresso da construção: Permite a comparação do cronograma com o que já foi executado, a fim de determinar se a obra está em dia ou atrasada.

Em uma pesquisa, realizada por Brito e Ferreira (2015), foi identificado que com relação à aplicabilidade, a identificação de possíveis conflitos e interferências de espaço e tempo durante a construção, a redução do esforço na visualização e interpretação mental do planejamento e a integração e comunicação entre todos os envolvidos no projeto, foram os que apresentaram o maior grau de importância das potencialidades da modelagem BIM 4D. Quanto ao grau de importância e controle de obras, os autores constataram que nenhum dos participantes consideraram a adoção com grau de importância baixo, e 91% dos profissionais do setor de construção civil avaliaram com grau alto ou muito alto, e quanto a aplicabilidade, 80% dos profissionais, consideraram como alta ou muito alta.

2.3.1 Autodesk Navisworks

O *Autodesk Navisworks* é um programa que auxilia o setor de construção civil, mais especificamente dentro das atribuições dos arquitetos e engenheiros, visto que ele possibilita um maior controle dos resultados de cada projeto. Esse programa consegue fazer a leitura de diversos formatos, o que facilita a sua utilização para integração, análise e comunicação entre as equipes com a finalidade de coordenar disciplinas, resolver conflitos e projetar planos antes da construção (ALVES et al., 2012).

Silva (2017) cita que este *software* é utilizado para criar integração entre todos os outros projetos de uma edificação, isto é, é onde os dados dos projetos arquitetônicos, estruturais e hidrossanitários são relacionados uns com os outros e, sendo assim, este benefício facilita a detecção de interferências, a visualização e aumenta a previsibilidade.

Esse software da Autodesk pode ser subdividido em três, *Navisworks Simulate*, *Navisworks Manage*, *Navisworks Freedom*, e eles possibilitam a otimização de programações, identificar e coordenar os confrontos e interferências, colaborar com as equipes de projeto, obter insights sobre os problemas potenciais antes do início da obra (ALVES et al., 2012).

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem a finalidade de demonstrar como o planejamento 4D pode ajudar na identificação e proposição de soluções de problemas na fase projeto. Para realizar essa avaliação, foram utilizados o projeto arquitetônico de um empreendimento localizado na quadra Arse 101, QI C, Lote 30-B, Alameda 09, (1004 S- Alameda 09), Palmas - TO, com área do terreno de 174,00 m², área construída total de 60,00 m², taxa de ocupação de 34,49%, índice de aproveitamento de 0,34 e taxa de permeabilidade de 34,55%, e o seu planejamento, representados no **ANEXO B** e **ANEXO A**, respectivamente.

A metodologia foi dividida em 3 etapas, a primeira consistiu em tratar os dados para inserir no *Ms Project*, a segunda foi a modelagem 3D realizada no *Autodesk Revit* e, por fim, a terceira foi a realização da modelagem 4D, criando relacionamento entre o cronograma da obra e o seu modelo 3D por meio do *Autodesk Navisworks*.

3.1 Primeira etapa

Foram escolhidas as atividades apresentadas escolhidas para compor a Estrutura Analítica de Projeto (EAP). Em seguida, elas foram inseridas no software *Ms Project* com seus respectivos nomes e suas durações. A junção de todas essas etapas, proporcionou como resultado o cronograma.

Como o intuito é mostrar que os problemas que são deparados na fase de execução podem ser previstos e resolvidos na fase de projeto através do planejamento 4D, portanto, para que isso seja possível, a duração das atividades foi retirada do cronograma que foi utilizado para executar o projeto.

3.2 Segunda etapa

Após a realização do cronograma, foi feita a etapa de modelagem 3D das atividades selecionadas na fase de cronograma, no software *Autodesk Revit*. Esta etapa foi importante, visto que se cada atividade não estivesse devidamente representada na modelagem, a elaboração do planejamento 4D ficaria inviável.

O arquivo foi limpo, utilizando o *AutoCAD*, retirando as hachuras, cotas, cortes, vistas e, também, a unidade de medida foi alterada de milímetros para metros. Em seguida, outra versão do projeto foi salva com um nome diferente. Para importar o arquivo, dentro do software de modelagem, foi necessário ir na aba “inserir”, configurar as cores para facilitar a visualização, visto que o fundo do *Autodesk Revit* é branco e o *AutoCAD* é preto e, por último, escolher o pavimento que o projeto foi inserido e alterar a unidade para metros.

3.3 Terceira etapa

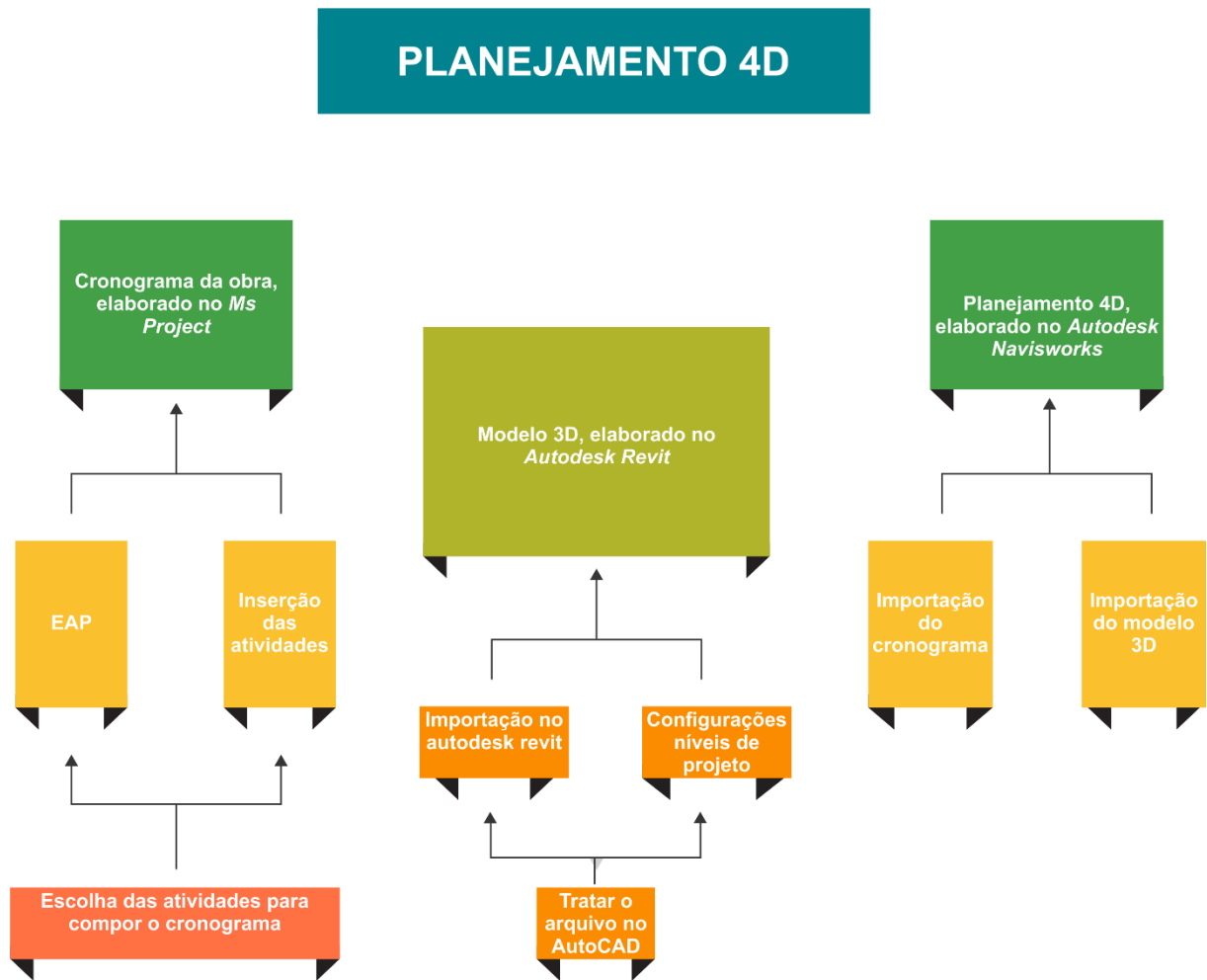
Nesta etapa, foi realizado a importação do cronograma feito no *Ms Project* e, também, a importação do modelo 3D, elaborado no *Autodesk Revit*.

No planejamento foram considerados as disciplinas de arquitetura e estrutural, portanto, para não ocasionar erros nos procedimentos desta etapa, cada uma delas foram colocadas separadamente dentro do *software Navisworks*. Este procedimento, facilitou tanto a modelagem 4D como a detecção de interferências entre elas.

Estes dois arquivos foram integrados no *Autodesk Navisworks* por meio da ferramenta *Selection Tree*. Relacionando cada atividade a sua respectiva representação na modelagem 3D. E por fim, para gerar o planejamento 4D, foi feito a simulação 4D através da ferramenta *Simulate*.

A metodologia proposta para este trabalho é explicitada conforme a Figura 9.

Figura 9 – Fluxograma da Metodologia Proposta



Fonte: Elaboração Própria (2019).

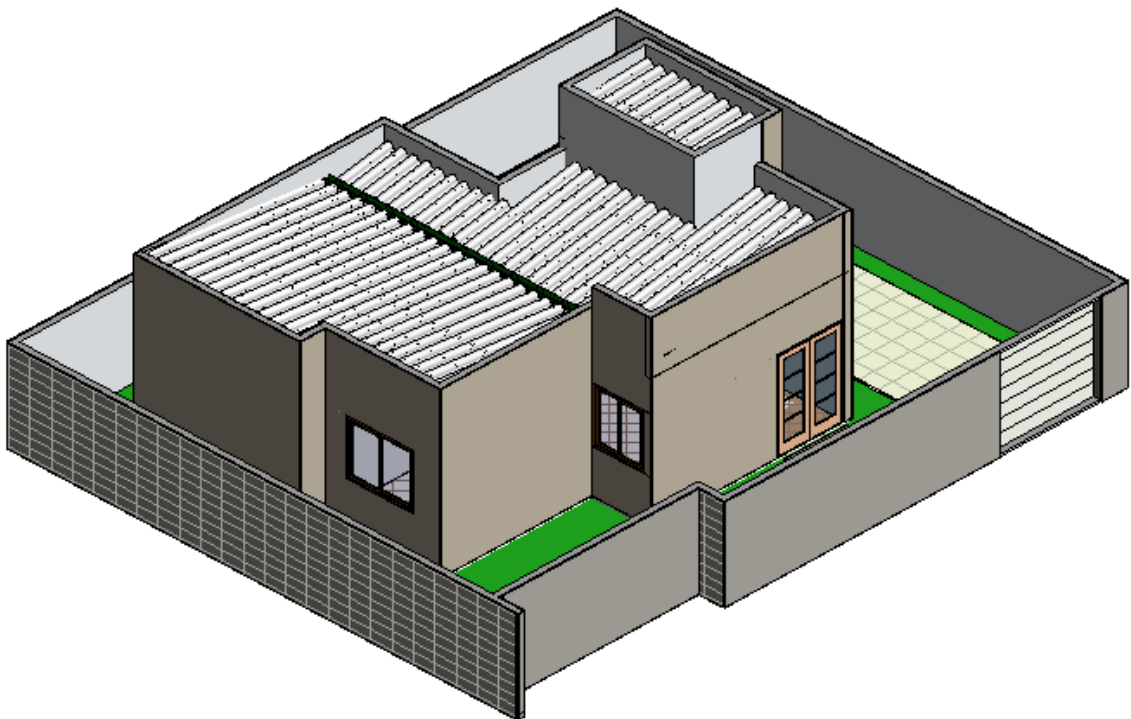
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico do projeto serão apresentados os resultados das etapas, mencionadas na metodologia, que foram executadas para elaborar o planejamento 4D e, também, serão apontados os benefícios para a construção civil.

4.1 Modelo 3D

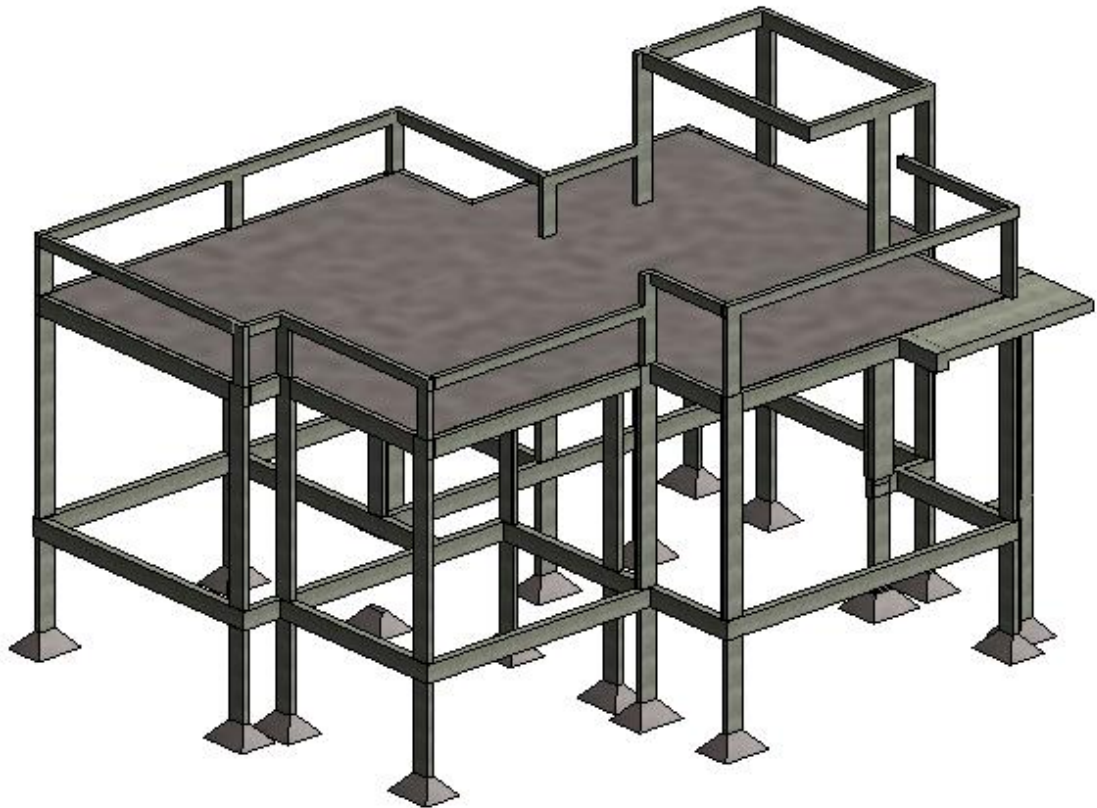
O modelo 3D foi criado no *Autodesk Revit*, considerando os elementos arquitetônicos e estruturais. Alguns elementos como chapisco, reboco e pintura foram criados como se fossem paredes para que pudessem ser relacionados com as atividades que os representassem no cronograma. As armaduras das vigas e dos pilares foram exportadas de maneira isolada do elemento que representa o concreto. O 3D do arquitetônico e do estrutural são apresentados conforme as Figura 10 e 11, respectivamente.

Figura 10 – Modelo 3D arquitetônico



Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 11 – Modelo 3D estrutural.



Fonte: Elaboração Própria (2019)

4.2 Cronograma da obra

A criação do cronograma, no *Ms Project*, foi de maneira tradicional adicionando atividades com suas respectivas datas de início e fim. Após a sua criação verificou-se que a obra terá um tempo total de 119,88 dias.

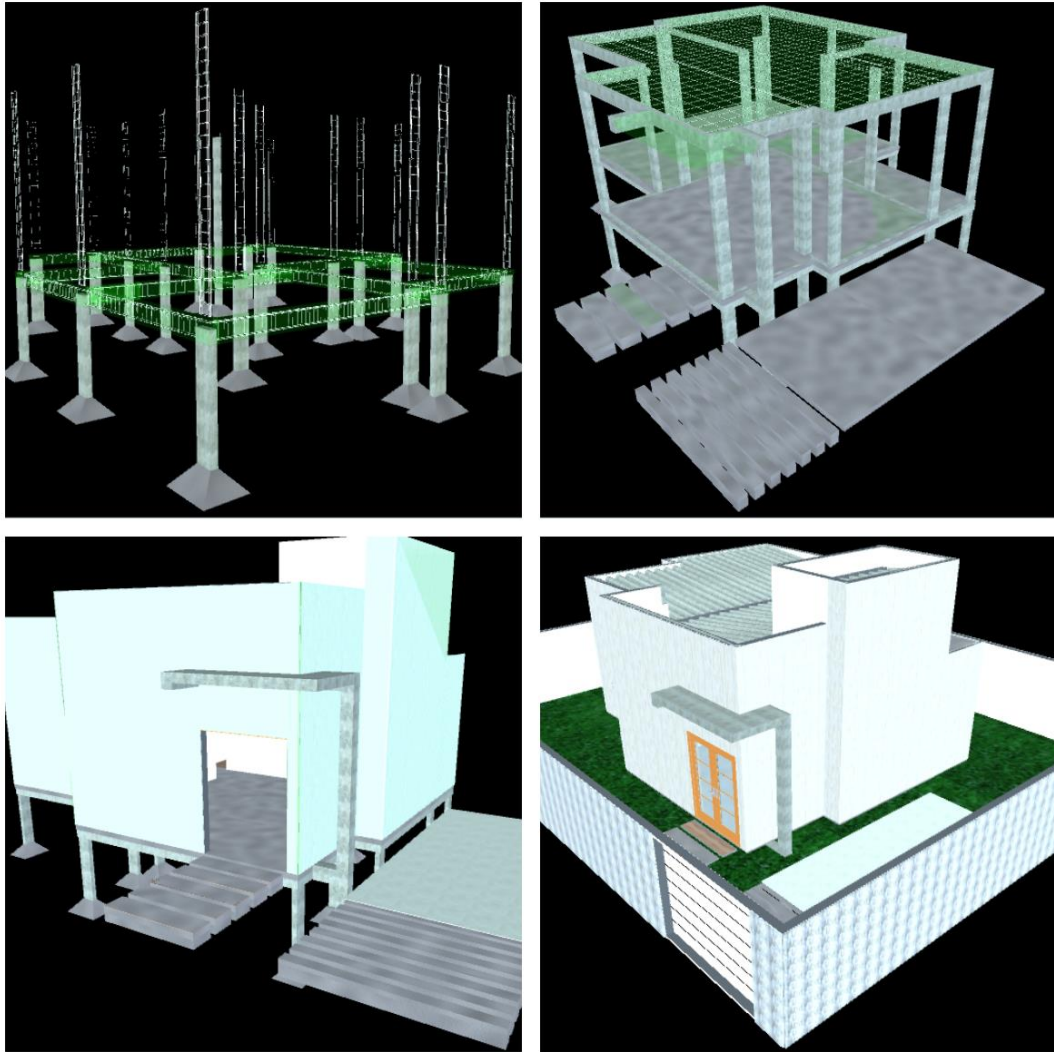
O cronograma elaborado está representado no **APÊNDICE A**.

4.3 Modelo 4D

Como descrito na metodologia, o modelo 4D foi criado relacionando cada elemento do projeto em 3D com as atividades do cronograma da obra. O resultado dessa etapa é a animação produzida em 4D, apresentada conforme a Figura 12. Durante a simulação, para facilitar a

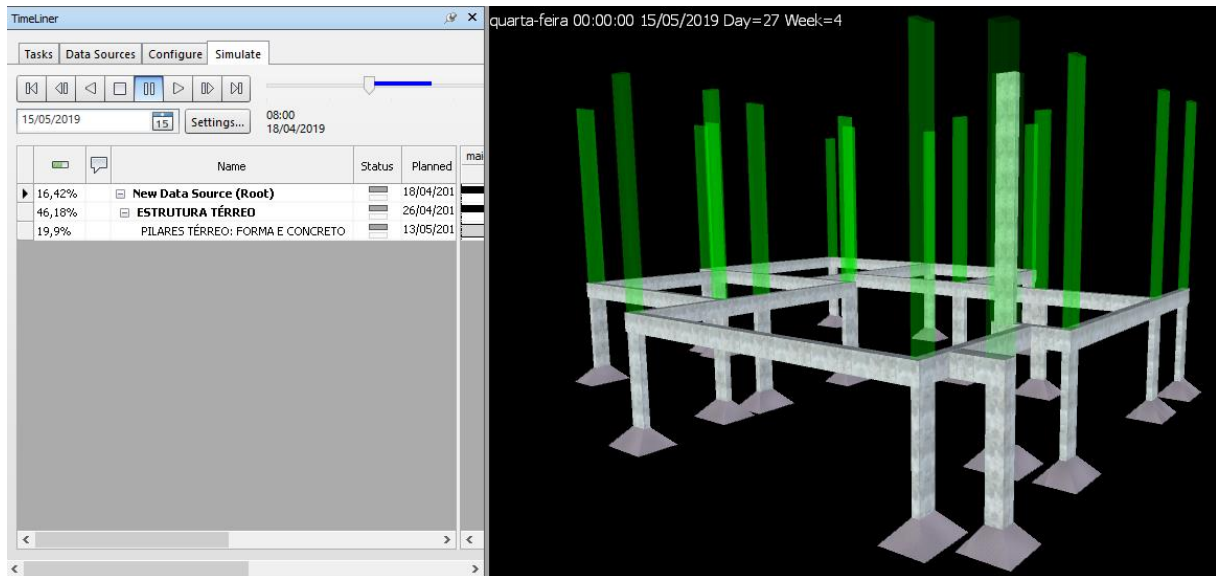
visualização de qual etapa está sendo executada, ela é destacada com a cor verde, de acordo com a Figura 13.

Figura 12 – Animação 4D da obra.



Fonte: Elaboração própria (2019).

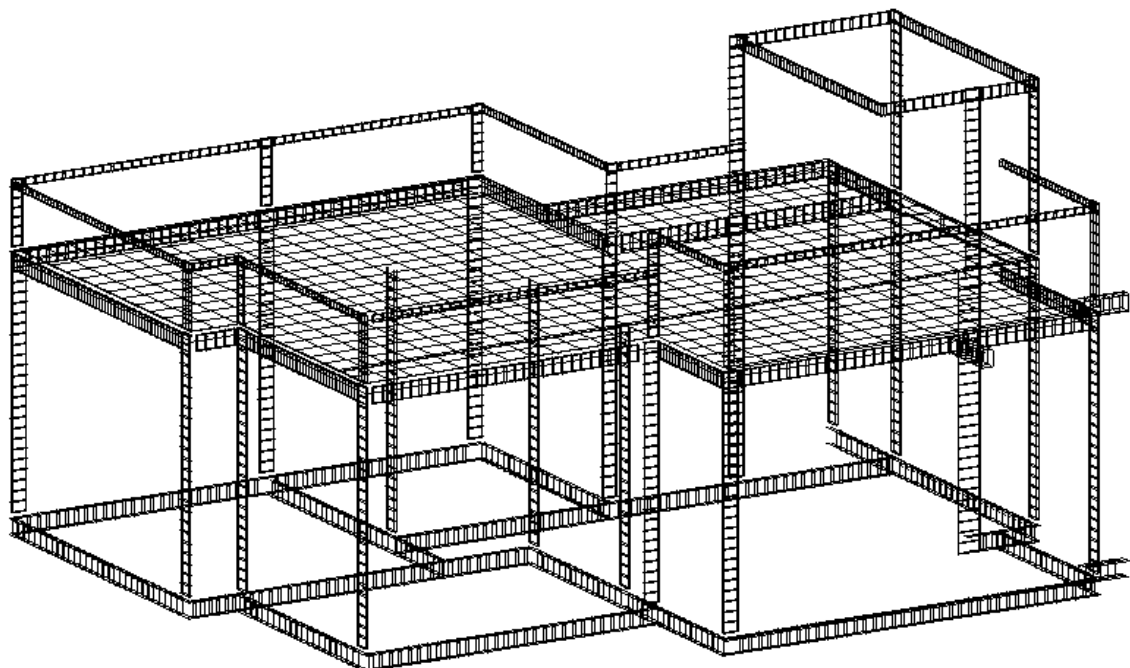
Figura 13 – Representação da atividade que está sendo executada.



Fonte: Elaboração própria (2019).

Para que determinado objeto aparecesse no vídeo da simulação 4D, no modelo 3D foi necessário realizar a sua modelagem e exportar de maneira isolada para o *navisworks*, de modo que tivesse condições de ser relacionado com a sua respectiva atividade no cronograma. Esse tipo de situação pode ser exemplificado conforme a Figura 14.

Figura 14 – Armadura de vigas e pilares.



Fonte: Elaboração própria (2019)

Caso o projetista queira mostrar como será a construção da obra para o seu cliente, há a possibilidade de se criar uma animação 4D mostrando cada etapa sendo executada e em qual data ela deverá ocorrer. Caso queira comparar com o que já foi executado, pode-se utilizar um tablete para abrir o projeto, escolher uma determinada data e instantaneamente aparecerá uma imagem de como a obra estará nesse dia. Outro fator importante, é quanto as atividades predecessoras, uma vez que ao analisar a simulação 4D, o engenheiro consegue verificar quais atividades precisam ser executadas antes das outras para que a obra não sofra com atrasos e falta de produtividade.

Notou-se que essa ferramenta não precisa de fato substituir o *software Ms Project*, visto que ela pode ser utilizada para elaboração do cronograma e no *navisworks* verificar se está coerente em termos de sequências executivas, se a estrutura analítica de projeto está correta e com o aporte disso tudo, otimizar o cronograma de modo que ele consiga auxiliar o gerenciamento da obra de forma adequada. Sem a implantação do BIM (Building Information Modeling), o entendimento de que o cronograma poderia estar errado só seria notado durante a fase de execução, como por exemplo, alguma atividade que poderia estar faltando.

4.4 Verificação do processo executivo

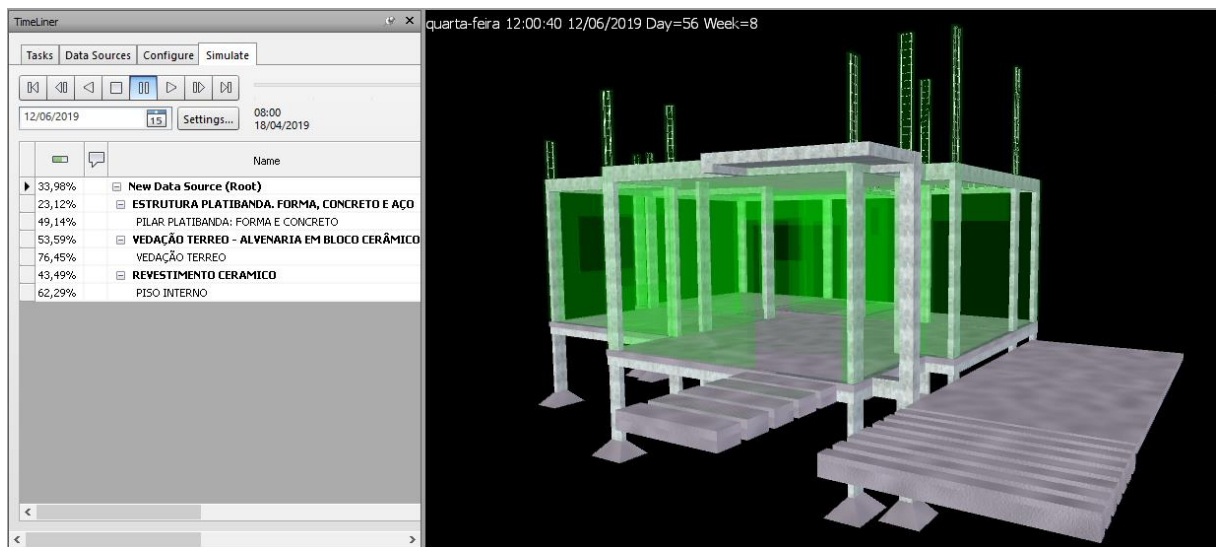
Ao acompanhar a sequência construtiva do cronograma da obra na simulação 4D, o profissional consegue avaliar a sua viabilidade e se haverá alguma inconsistência de ordem de execução. Caso ocorra esse problema, ele terá condições de fazer as devidas alterações, de modo que fique coerente. Portanto, aquela ideia de que o engenheiro precisa ter experiência para mentalizar e interpretar cada atividade e colocar na sua sequência correta de execução acaba ficando defasada, visto que por meio do modelo 4D, até mesmo o profissional que não tem experiência em obras e que não conheça as ordens de execução, terá condições de discutir e apontar melhorias na produção do planejamento.

4.5 Evolução das etapas construtivas

Ao rolar manualmente a barra de tempo, no modelo 4D, dá para verificar em qual etapa construtiva estará a obra e, também, há a possibilidade de se verificar, percentualmente, a evolução de cada etapa construtiva. A Figura 15 mostra que as atividades

“PILAR PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO”, “VEDAÇÃO TÉRREO” e “PISO INTERNO”, no dia 12/06/2019, evoluíram 49,14%, 76,45% e 62,29% respectivamente. Em caso de construções que terão seus recursos financeiros adquiridos por meio de financiamentos em bancos, esse tipo de métrica pode facilitar os serviços das vistorias técnicas, que têm a finalidade de se verificar em qual estágio a obra está e decidir se liberará ou não mais recursos para a continuidade e conclusão da execução.

Figura 15 – Percentual de execução de cada etapa da obra.










Fonte: Elaboração própria (2019)

4.6 Benefícios da modelagem 4D

Através da modelagem 4D, notou-se que as atividades definidas no *Ms Project* não representavam todo o estágio de determinada etapa construtiva, ou seja, a estrutura analítica de projeto (EAP) estava incompleta e por meio dessa visualização houve o seu aprimoramento. Se o profissional não tiver acesso a essa tecnologia 4D e nem experiência necessária para produzir o planejamento de um empreendimento, de maneira tradicional utilizando o *Project*, certamente a sua EAP será limitada, o que irá ocasionar alguns problemas.

São representadas as atividades “PILARES TÉRREO: AÇO, FORMA E CONCRETO”, “VIGAS: AÇO, FORMA E CONCRETO” e “LAJE TÉRREO”. que fazem parte da estrutura do térreo, do cronograma que foi produzido por meio do *Ms Project* antes de elaborar o planejamento 4D, conforme a Figura 16.

Figura 16 – Cronograma antes da otimização.

		Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
4			2 ESTRUTURA TÉRREO	37,88 dias?	Qui 21/03/19	Seg 13/05/19
5			2.1 PILARES TÉRREO: AÇO, FORMA E CONCRETO	28 dias	Qui 21/03/19	Seg 29/04/19
6			2.2 VIGAS: AÇO, FORMA E CONCRETO	7 dias?	Seg 29/04/19	Ter 07/05/19
7			2.3 LAJE TÉRREO	5 dias?	Ter 07/05/19	Seg 13/05/19

Fonte: Elaboração própria (2019).

Durante a realização da simulação 4D, verificou-se que estavam faltando algumas atividades, na “ESTRUTURA TÉRREO”, para serem associadas aos seus respectivos elementos em 3D, e com isso a necessidade de se alterar e otimizar o cronograma se tornou nítida. Para tornar o cronograma adequado, adicionou-se as atividades “VIGA BALDRAME: AÇO”, “PILARES TÉRREO: AÇO”, “VIGAS: AÇO” e “LAJE TÉRREO: ARMADURA”, conforme a Figura 17 e rodou novamente a simulação 4D. Após realizar essa melhoria, o *navisworks* oferece a possibilidade de exportar esse cronograma no formato de leitura do *Ms Project*. Como todo esse processo foi notado durante a fase de projeto, a solução para o problema é mais simples, porque basta gastar algumas horas do projetista para resolvê-lo, entretanto, caso fosse necessário resolver durante o estágio de execução, teriam que ser mais pessoas gastando horas para definir qual seria a solução mais adequada.



Figura 17 – Cronograma otimizado.

		Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duraç	Início	Término
3			2 ESTRUTURA TÉRREO	30 dias?	Qui 25/04/19	Qua 05/06/19
4			2.1 VIGA BALDRAME: AÇO	4 dias	Qui 25/04/19	Ter 30/04/19
5			2.2 VIGA BALDRAME: FORMA E CONCRETO	4 dias	Ter 30/04/19	Sex 03/05/19
6			2.3 PILARES TÉRREO: AÇO	7 dias	Seg 06/05/19	Ter 14/05/19
7			2.4 PILARES TÉRREO: FORMA E CONCRETO	7 dias?	Seg 13/05/19	Ter 21/05/19
8			2.5 VIGAS: AÇO	4 dias	Qui 23/05/19	Ter 28/05/19
9			2.6 VIGAS: FORMA E CONCRETO	2 dias?	Ter 28/05/19	Qua 29/05/19
10			2.7 LAJE TÉRREO: ARMADURA	2 dias	Qua 29/05/19	Qui 30/05/19
11			2.8 LAJE TÉRREO	5 dias?	Qui 30/05/19	Qua 05/06/19

Fonte: Elaboração própria (2019).

Com o auxílio do planejamento 4D percebeu-se que a EAP estava incompleta e seria necessário alimentar o nível de detalhe. A Figura 18 apresenta como estava o cronograma antes de ser elaborado o modelo 4D.







Figura 18 – Cronograma com EAP incompleta.

	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
		3 ESTRUTURA PLATIBANDA. FORMA, CONCRETO E AÇO	10 dias	Ter 14/05/19	Seg 27/05/19

Fonte: Elaboração própria (2019).

Após verificar a necessidade por meio do modelo 4D, a tarefa “ESTRUTURA PLATIBANDA, FORMA, CONCRETO E AÇO” precisou ser detalhada em “PILAR PLATIBANDA: AÇO”, PILAR PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO”, VIGA PLATIBANDA: AÇO” e VIGA PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO”, conforme a Figura 19. Esse tipo de percepção de mudança no cronograma é de suma importância, uma vez que a obra seria executada sem levar em consideração essas atividades e o profissional responsável não iria ter condições, com antecedência, de dimensionar mão de obra, de determinar que valor em dinheiro seria necessário para executar as etapas, de determinar quais materiais seriam necessários, ou seja, tudo iria ser feito em cima da hora, o que poderia ocasionar atrasos na obra, baixa produtividade e até mesmo prejuízos financeiros.

Figura 19 – Cronograma com EAP completa.

		Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duraç	Início	Término
10			3 ESTRUTURA PLATIBANDA. FORMA, CONCRETO E AÇO	10 dias?	Seg 10/06/19	Sex 21/06/19
11			3.1 PILAR PLATIBANDA: AÇO	2 dias	Seg 10/06/19	Ter 11/06/19
12			3.2 PILAR PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO	3 dias	Ter 11/06/19	Qui 13/06/19
13			3.3 VIGA PLATIBANDA: AÇO	2 dias	Qui 13/06/19	Sex 14/06/19
14			3.4 VIGA PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO	3 dias	Seg 17/06/19	Qua 19/06/19

Fonte: Elaboração própria (2019)

5 CONCLUSÕES, CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Quando um empreendimento é construído, não se respeitam todas as etapas do projeto como deveriam. Por conta disso, muitos problemas aparecem durante a execução da obra. No entanto, com a implementação da tecnologia BIM (Building Information Modeling), esse cenário tem sido contornado, dado que muitos dos problemas que só eram notados na fase de execução estão sendo identificados durante a fase de projeto e isso faz com o que haja um aumento de produtividade e, também, faz com o que o engenheiro tenha condições de planejar cada atividade antes de ser realizada, apontando o que será necessário de material, qual o prazo para adquiri-lo e definir qual mão de obra será utilizada para executar a atividade.

Por meio do planejamento 4D utilizando-se o BIM, as atividades se tornam visíveis por meio de uma simulação virtual, o que faz com que o profissional seja capaz de determinar quais são as predecessoras de cada uma delas, de modo que ele consiga apontar, de maneira eficaz, quais atividades precisam ser executadas primeiro para que o andamento da obra ocorra de maneira ideal.

O planejamento 4D pode ser utilizado com a finalidade de otimizar o cronograma de uma obra, apontando as atividades que precisam ser inseridas e aquelas que precisam de um maior nível de detalhe. Sem o advento do Building Information Modeling (BIM), o profissional que não tem experiência só terá condições de apontar se o planejamento está adequado ou não para a obra, quando estiver na fase de execução, entretanto, com o planejamento 4D, ainda durante a fase de projeto ele terá condições de verificar a viabilidade do seu cronograma e caso for necessário, apontar as melhorias.

Como efeito comparativo, o gestor terá capacidade de confrontar o que realmente foi executado, até determinada data, com a simulação virtual 4D e, conseqüentemente, apontar se a sua obra está atrasada ou não. Caso esteja, ele terá condições de identificar, de maneira mais simples, o que pode estar causando esse problema e apontar uma solução imediata e adequada.

Portanto, esse trabalho, por meio de estudo de caso, demonstrou a importância do planejamento 4D para o ramo de construção civil, visto que, ao ser implantado, há uma maior facilidade nos processos de tomada de decisão, mesmo que o profissional ainda não tenha a vivência necessária em campo com os processos que envolvem a execução, e tudo isso, poderá ser feito durante a fase de projeto que faz com que os gastos financeiros se tornem menores e, conseqüentemente, o valor de projeto se tornará menor.

O *Building Information Modeling* tem sido o foco de muitos pesquisadores e ainda há uma gama de áreas dentro dessas tecnologias que podem ser exploradas, mas o que pode ser apontado como sugestão para dá continuidade a esse trabalho, seria a implantação do BIM 5D, que é junção do orçamento, cronograma, modelo 3D no *navisworks*.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L.V.X.; RUSCHEL, R.C. Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 4, n. 2, nov. 2009.
- ALDO, D. M. **Planejamento e controle de obras**. 1 Ed. São Paulo: Pini, 2010. p. 426.
- ALVES, C.M.F. et al. O que são os BIM?. Projeto Feup, 2012, Porto. **FEUP**. Porto, Distrito de Porto: 2012. p. 1-16.
- ALVES, I.C.; MENEZES, R.M.T. Gerenciamento de projetos com auxílio de softwares. **Unilins**, São Paulo, n.1, p. 1-9, 2016.
- ALCANTARA, Guilherme Alves. **Metodologia de planejamento 4D para empreendimentos da construção civil utilizando a plataforma BIM**. 2017. 78 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.
- BERTEZINI, Ana Luisa. **Métodos de avaliação do processo de projeto de arquitetura na construção de edifícios sob a ótica da gestão da qualidade**. 2006. 208 f. Dissertação (Obtenção de grau de mestre em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2006.
- BARBOSA, Ana Cláudia Monteiro. **A metodologia BIM 4D e BIM 5D aplicada a um caso prático: Construção de uma ETAR na Argélia**. 2014. 180 f. Relatório de Estágio (Obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Distrito de Porto, 2014.
- BAIA, D.V.S.; MIRANDA, A.C.O.; LUKE, W.G. Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da construção civil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, IV, 2014, Ponta Grossa. **ConBRepro**. Ponta Grossa, PR: 2014. p. 1 – 13.
- 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. 1-18, abr./jun. 2015.
- BRITO, D.M.; FERREIRA, E.A.M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelo BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 1-21, out./dez. 2015.
- CAVALCANTI, Nathalie da Silva. **Utilização da corrente crítica no gerenciamento de uma obra no setor da construção civil**. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

CANDIDO, Manoel Rodrigo Nicodemos. **A tecnologia BIM como ferramenta para levantamento de quantitativo**. 2013. 87 f. Monografia (trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2013.

CAMPESTRINI, T. F. et al. **Entendendo o BIM**. 1. ed. Curitiba: Campestrini, 2015. 51p.

CORRÊA, C.A.; CORRÊA, H.L. **Administração de produções e operações. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 426p.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 1. ed. Hoboken: Wiley, 2008. 503p.

EASTMAN, C et al. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractor**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011. 633p.

FELLER, Vinicius. BIM: Do 3D ao 7D. **Render Blog**, 2016. Disponível em: <<https://blog.render.com.br/construcao/bim-do-3d-ao-7d/>> Acesso em 19Jun. 2019.

FLORIO, Wilson. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. **TIC**. Porto Alegre, p. 1-11, 2007.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. **Noções de orçamento e planejamento de obras**. 1. ed. Porto Alegre: González, 2008. 49p.

GASNIER, Daniel Borges. **Guia Prático para gerenciamento de projetos: manual de sobrevivência para os profissionais de projetos**. 5ª Edição. São Paulo: IMAM, 2010.

GUIA PMBOK conhecimento em gerenciamento de projetos. 5. ed. Pennsylvania: *Project Management Institute* (PMI), 2013. 595p.

JUNIOR, Ricardo Mendes. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999. 233 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.

JUSTI, Alexander Rodrigues. Implantação da plataforma revit nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência. **Gestão & tecnologia de projetos**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 1-13, maio 2008.

JUNIOR, Idalício Felipe do Nascimento. **O uso da plataforma BIM no gerenciamento de projetos com foco na área de levantamento de custos**. 2018. 52 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Unievangélica, Anápolis, GO, 2018.

JUNIOR, Francisco Gonçalves. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. **Mais Engenharia**, Florianópolis. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>> Acesso em: 18Jun. 2019.

LIMA, Patrícia Meira Ribeiro. **Uma comparação da aplicabilidade do PERT/CPM com o método de corrente crítica do gerenciamento de projetos de construção de linhas de distribuição de energia elétrica**. 2013. 137 f. Dissertação (Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2013.

LEE, J.; KIM, J. BIM-Based 4D simulation to improve module manufacturing productivity for sustainable building projects. **Sustainability**, Basel, v. 9, p. 1-23, 2017.

MACHADO, Ricardo Luiz. **A sistematização de antecipações gerenciais no planejamento da produção de sistemas da construção civil**. 2003. 282 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003.

MELLO, Ricardo Bianca de. **BIM e custos: Maximize os dados do modelo com o *navisworks* e o *quantify takeoff***. 1. ed. São Paulo: Autodesk University, 2012. 60p.

MATOS, José Carlos Granjo de. **Implementação do BIM numa grande construtora francesa**. 2014. 126 f. Dissertação (obtenção de grau de mestre em engenharia civil) – Universidade do Porto, Distrito de Porto, 2014.

MALHEIROS, Paulo Veiga Laranjeira. **Utilização da modelagem 4D no planejamento e acompanhamento de obras**. 2014. 109 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2014.

OKEIL, Ahmad et al. **Smart, sustainable and healthy cities**. 1 Ed. Abu Dhabi: Ahmad, 2014.

POTENCIAL DO BIM. **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo**. 2012. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2012-1/Potencial_do_Bim.pdf>. Acesso em 20/01/2014.

PIZA, Isabella Faria. **Roteiro de modelagem estrutural utilizando a tecnologia BIM, desde a modelagem no revit até a análise estrutural no robot**. 2017. 84 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2017.

RIBEIRO, Martin Bernardo. **Implementação do modelo de informação integrado no BIM**. 2016. 128 f. Dissertação (Obtenção de grau de mestre em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto, distrito de Porto, 2016.

ROCHA, Ana Paula. Por dentro do BIM: Em fase de teste em toda a cadeia da construção civil, conceito de modelagem da informação já mostra quais são os seus benefícios imediatos, mas também quanto trabalho há pela frente. **Téchne**, São Paulo, ed. 168, 2011. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/168/artigo287822-1.aspx>>. Acesso em: 22 maio. 2019.

RODRIGUES, Jerusa Lopes. **Modelagem 4D: implementação no planejamento de longo prazo de obras da construção civil**. 2012. 74 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2012.

RESENDE, Carlos César Rigueti de. **Atrasos de obra devido a problemas no gerenciamento**. 2013. 61 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2013.

RESENDE, Vitor Hugo Martins Resende. **Planejamento e controle de cronograma físico de obras por meio da corrente crítica no Ms Project**. 2015. 210 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2015.

SOARES, Joel Duarte Rodrigues Teixeira. **A metodologia BIM-FM aplicada a um caso prático**. 2013. 180 f. Relatório de estágio (obtenção de grau de mestre em Engenharia civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Distrito do Porto, 2013.

SILVA, Marcos Vinícius Belizário. Gestão do tempo na construção civil e sua relação com as demais áreas da gestão de projetos. **Especialize**, Cuiabá, v.1, n.1, p. 1-14, 2014.

SILVA, Túlio de Sá Aguiar. **Planejamento e monitoramento de obras: Um estudo comparativo entre o BIM 4D e o PERT/CPM no controle do tempo**. 2017. 94 f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, PB, 2017.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Planejamento e controle da produção: Teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 102p.

Tecnologia BIM: Guia completo. **Builidm construção & informação**, Curitiba. Disponível em: <<https://www.builidm.com.br/guia-completo-sobre-tecnologia-bim/>>. Acesso em: 18Jun. 2019.

VARGAS, Ricardo Viana. **Gerenciamento de projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009. 292p.

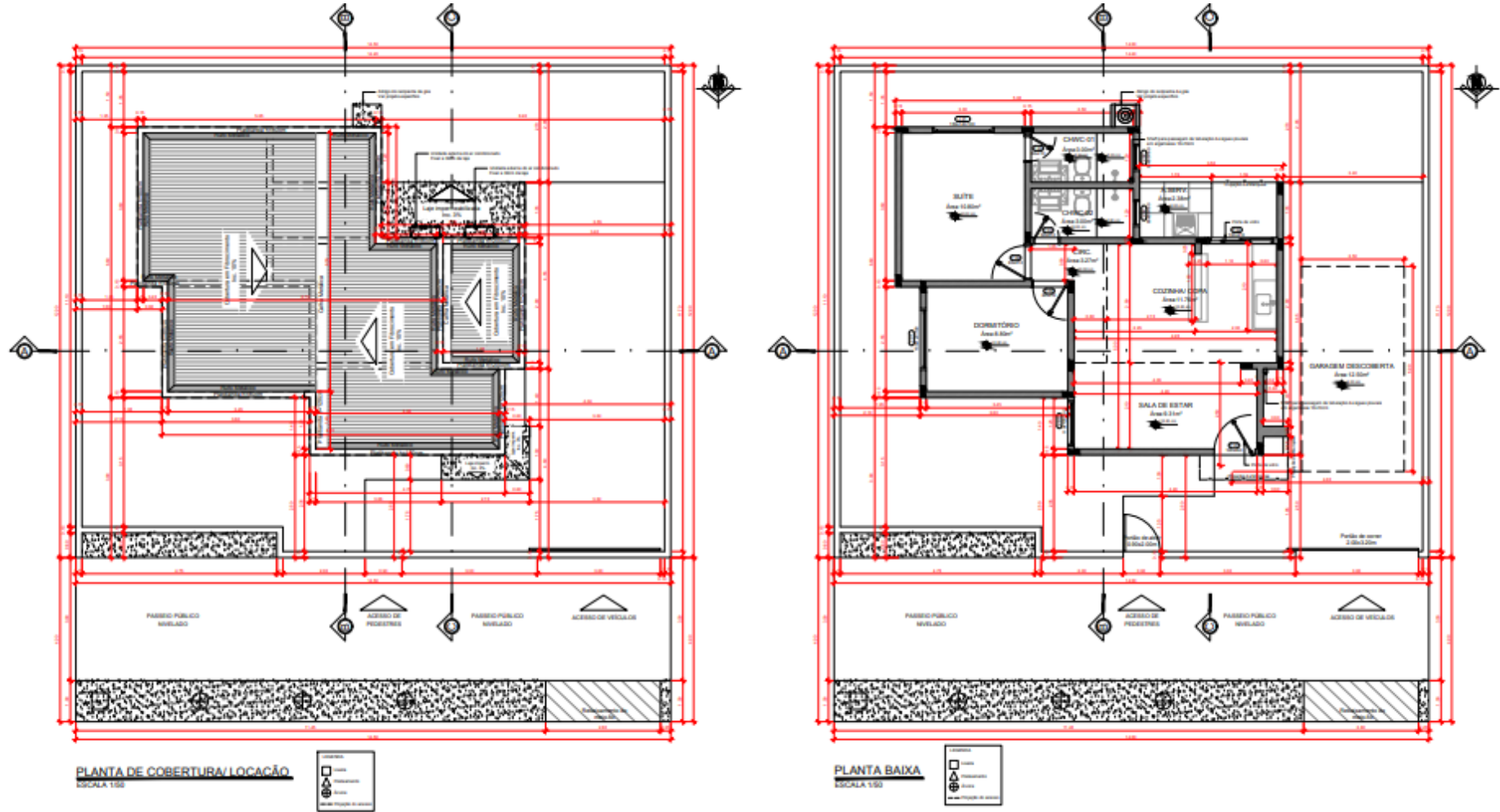
KASSEM, Mohamad, BROGDEN, Trevor, DAWOOD, Nashwan. **BIM and 4D planning: a holistic study of the barriers and drivers to widespread adoption**. Teesside University, Middlesbrough, North Yorkshire, 2012.

Zhang, C., Zayed, T., Hijazi, W. and Alkass, S. Quantitative Assessment of Building Constructability Using BIM and 4D Simulation. *Open Journal of Civil Engineering*, Wuhan, v. 6, p. 442-461. 2016. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.4236/ojce.2016.63037>>. Acesso em: 17 Jun. 2019.

ANEXO A – EAP

Índice	Nome da Tarefa
1	1 FUNDAÇÃO TÉRREO
2	1.1 ESCAVAÇÃO SAPATAS
3	1.2 FORMA, AÇO E CONCRETAGEM DAS SAPATAS E PILARES DE ARRANQUE TÉRREO
4	2 ESTRUTURA TÉRREO
5	2.1 PILARES TÉRREO: AÇO, FORMA E CONCRETO
6	2.2 VIGAS: AÇO, FORMA E CONCRETO
7	2.3 LAJE TÉRREO
8	3 ESTRUTURA PLATIBANDA, FORMA, CONCRETO E AÇO
9	4 COBERTURA
10	4.1 ESTRUTURA METÁLICA, TELHAMENTO
11	4.2 CALHAS E RUFOS
12	5 VEDAÇÃO TÉRREO - ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO
13	6 MURO
14	6.1 VEDAÇÃO MURO - ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO
15	6.2 CHAPISCO E REBOCO DO MURO
16	6.3 PINTURA MURO
17	7 PISO DE CONCRETO
18	8 CONTRAPISO
19	9 CONTRAPISO TÉRREO
20	10 CHAPISCO E REBOCO TÉRREO
21	10.1 INTERNO
22	10.2 EXTERNO
23	11 ESQUADRIAS
24	11 REVESTIMENTO CERÂMICO
25	11.1 REVESTIMENTOS EM PAREDES
26	11.2 PISO EM PORCELANATO
27	12. PINTURA
28	12.1 PINTURA INTERNA
29	12.2 PINTURA EXTERNA
30	13 PORTAS
31	13.1 PORTAS METÁLICAS
32	13.2 PORTAS DE MADEIRA
33	14 JANELAS
34	15 LIMPEZA DA OBRA

ANEXO B – PROJETO UTILIZADO PARA MODELAGEM 3D



APÊNDICE A – CRONOGRAMA ANTES DA OTIMIZAÇÃO

Id	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término
1		1 FUNDAÇÃO TÉRREO	6 dias?	Qui 18/04/19	Qui 25/04/19
2		1.1 ESCAVAÇÃO SAPATAS	1 dia?	Ter 23/04/19	Ter 23/04/19
3		1.2 FORMA, AÇO E CONCRETAGEM DAS SAPATAS E PILARES DE ARRANQUE DO TÉRREO	3 dias?	Qua 24/04/19	Sex 26/04/19
4		2 ESTRUTURA TÉRREO	38 dias?	Qui 21/03/19	Seg 13/05/19
5		2.1 VIGA BALDRAME: AÇO, FORMA E CONCRETO	28 dias	Seg 29/04/19	Qua 05/06/19
6		2.2 PILARES TÉRREO: AÇO, FORMA E CONCRETO	7 dias?	Qui 06/06/19	Sex 14/06/19
7		2.3 VIGAS: AÇO, FORMA E CONCRETO	7 dias?	Seg 17/06/19	Ter 25/06/19
8		2.4 LAJE TÉRREO	5 dias?	Qua 26/06/19	Ter 02/07/19
9		3 ESTRUTURA PLATIBANDA. FORMA, CONCRETO E AÇO	3 dias	Qua 03/07/19	Sex 05/07/19
10		3.1 PILAR PLATIBANDA	2 dias	Qua 03/07/19	Qui 04/07/19
11		3.2 VIGA PLATIBANDA	2 dias	Qui 04/07/19	Sex 05/07/19
12		4 COBERTURA	14 dias?	Seg 27/05/19	Qui 13/06/19
13		4.1 ESTRUTURA METALICA, TELHAMENTO	24 dias	Seg 08/07/19	Qui 08/08/19
14		5 VEDAÇÃO TERREO - ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO	10 dias?	Sex 05/07/19	Qui 18/07/19
15		6 MURO	120 dias?	Seg 15/04/19	Sex 27/09/19
16		6.1 VEDAÇÃO MURO - ALVENARIA EM BLOCO CERAMICO	10 dias?	Seg 15/04/19	Seg 29/04/19
17		6.2 CHAPISCO E REBOCO DO MURO	8 dias?	Seg 29/04/19	Qui 09/05/19
18		6.3 PINTURA DO MURO	5 dias?	Seg 23/09/19	Sex 27/09/19
19		7 CONTRAPISO TERREO	10 dias?	Seg 20/05/19	Sex 31/05/19
20		8 CHAPISCO E REBOCO TERREO	30 dias?	Seg 20/05/19	Sex 28/06/19
21		8.1 INTERNO	30 dias?	Sex 19/07/19	Qui 29/08/19
22		8.2 EXTERNO	10 dias?	Sex 19/07/19	Qui 01/08/19
23		9 REVESTIMENTO CERAMICO	74 dias?	Ter 18/06/19	Sex 27/09/19
24		9.1 REVESTIMENTO EM PAREDES	30 dias?	Sex 30/08/19	Qui 10/10/19
25		9.2 PISO EM PORCELANATO	74 dias?	Ter 18/06/19	Seg 30/09/19
26		10 ESQUADRIAS	15 dias?	Seg 01/07/19	Sex 19/07/19
27		11 PINTURA	61 dias?	Sex 05/07/19	Sex 27/09/19
28		11.1 PINTURA EXTERNA	61 dias?	Sex 02/08/19	Sex 25/10/19
29		11.2 PINTURA INTERNA	30 dias?	Sex 30/08/19	Qui 10/10/19
30		12 PORTAS	30 dias?	Seg 19/08/19	Sex 27/09/19
31		12.1 PORTAS METALICAS	30 dias?	Seg 19/08/19	Sex 27/09/19
32		13 JANELAS	30 dias	Seg 19/08/19	Sex 27/09/19
33		13.1 JANELAS MADEIRA	30 dias	Sex 19/07/19	Qui 29/08/19

APÊNDICE B – CRONOGRAMA APÓS DA OTIMIZAÇÃO

Id	Modo da Tarefa	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Nomes dos recursos
1		1 FUNDAÇÃO TÉRREO	6 dias?	Qui 18/04/19	Qui 25/04/19	
2		1.1 FORMA, AÇO E CONCRETAGEM DAS SAPATAS E PILARES DE ARRANQUE DO TÉRREO	6 dias?	Qui 18/04/19	Qui 25/04/19	
3		2 ESTRUTURA TÉRREO	30 dias?	Qui 25/04/19	Qua 05/06/19	
4		2.1 VIGA BALDRAME: AÇO	4 dias?	Qui 25/04/19	Ter 30/04/19	
5		2.2 VIGA BALDRAME: FORMA E CONCRETO	4 dias?	Ter 30/04/19	Sex 03/05/19	
6		2.3 PILARES TÉRREO: AÇO	7 dias?	Seg 06/05/19	Ter 14/05/19	
7		2.4 PILARES TÉRREO: FORMA E CONCRETO	7 dias?	Seg 13/05/19	Ter 21/05/19	
8		2.5 VIGAS: AÇO	4 dias?	Qui 23/05/19	Ter 28/05/19	
9		2.6 VIGAS: FORMA E CONCRETO	2 dias?	Ter 28/05/19	Qua 29/05/19	
10		2.7 LAJE TÉRREO: ARMADURA	2 dias?	Qua 29/05/19	Qui 30/05/19	
11		2.8 LAJE TÉRREO	5 dias?	Qui 30/05/19	Qua 05/06/19	
12		3 ESTRUTURA PLATIBANDA: FORMA, CONCRETO E AÇO	10 dias?	Seg 10/06/19	Sex 21/06/19	
13		3.1 PILAR PLATIBANDA: AÇO	2 dias?	Seg 10/06/19	Ter 11/06/19	
14		3.2 PILAR PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO	3 dias?	Ter 11/06/19	Qui 13/06/19	
15		3.3 VIGA PLATIBANDA: AÇO	2 dias?	Qui 13/06/19	Sex 14/06/19	
16		3.4 VIGA PLATIBANDA: FORMA E CONCRETO	3 dias?	Seg 17/06/19	Qua 19/06/19	
17		4 COBERTURA	14 dias?	Qua 19/06/19	Seg 08/07/19	
18		4.1 VEDAÇÃO COBERTURA - ALVENARIA	6 dias?	Sex 21/06/19	Sex 28/06/19	
19		4.2 TELHAMENTO	5 dias?	Seg 01/07/19	Sex 05/07/19	
20		4.3 CALHAS	2 dias?	Sex 05/07/19	Seg 08/07/19	
21		5 VEDAÇÃO TERREO - ALVENARIA EM BLOCO CERÂMICO	10 dias?	Qua 05/06/19	Ter 18/06/19	
22		5.1 VEDAÇÃO TERREO	8 dias?	Qua 05/06/19	Sex 14/06/19	
23		5.2 CHAPISCO TERREO	1 dia?	Seg 17/06/19	Seg 17/06/19	
24		5.3 REBOCO TERREO	2 dias?	Seg 17/06/19	Ter 18/06/19	
25		6 MURO	120 dias?	Seg 15/04/19	Sex 27/09/19	
26		6.1 VEDAÇÃO MURO - ALVENARIA EM BLOCO CERAMICO	10 dias?	Seg 15/04/19	Seg 29/04/19	
27		6.2 CHAPISCO MURO	3 dias?	Ter 18/06/19	Qui 20/06/19	
28		6.3 REBOCO MURO	6 dias?	Seg 24/06/19	Seg 01/07/19	
29		6.4 REVESTIMENTO MURO	20 dias?	Seg 01/07/19	Sex 26/07/19	
30		7 CONTRAPISO TERREO	9 dias?	Ter 21/05/19	Sex 31/05/19	
31		7.1 CONTRAPISO INTERNO	2 dias?	Ter 21/05/19	Qua 22/05/19	
32		7.2 CONTRAPISO GARAGEM	1 dia?	Qua 22/05/19	Qua 22/05/19	
33		8 REVESTIMENTO CERAMICO	33 dias?	Qui 23/05/19	Seg 08/07/19	
34		8.1 PISO INTERNO	23 dias?	Qui 23/05/19	Seg 24/06/19	
35		8.2 PISO GARAGEM	10 dias?	Ter 23/06/19	Seg 08/07/19	
36		9 PINTURA	32 dias?	Sex 05/07/19	Ter 20/08/19	
37		9.1 PINTURA EXTERNA	32 dias?	Sex 05/07/19	Seg 19/08/19	
38		10 VEGETAÇÃO	23 dias?	Qua 28/08/19	Sex 27/09/19	
39		10.1 GRAMA	23 dias?	Qua 28/08/19	Sex 27/09/19	
40		11 PORTAS	5 dias?	Seg 19/08/19	Seg 26/08/19	
41		11.1 PORTAS METALICAS	6 dias?	Seg 19/08/19	Seg 26/08/19	
42		11.2 PORTÃO	2 dias?	Sex 23/08/19	Seg 26/08/19	
43		12 JANELAS	6 dias?	Seg 19/08/19	Seg 26/08/19	
44		12.1 JANELAS MADEIRA	6 dias?	Seg 19/08/19	Seg 26/08/19	

