



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**SÁVIO TÚLIO DE SÁ AGUIAR SILVA**

**PLANEJAMENTO E MONITORAMENTO DE OBRAS: UM ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE O BIM 4D E O PERT/CPM NO CONTROLE DO TEMPO**

**ARARUNA - PB  
2017**

**SÁVIO TÚLIO DE SÁ AGUIAR SILVA**

**PLANEJAMENTO E MONITORAMENTO DE OBRAS: UM ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE O BIM 4D E O PERT/CPM NO CONTROLE DO TEMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnologia e Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Gerenciamento de projetos.

**Orientadora:** Prof. Me. Loredanna Melyssa Costa de Souza

**ARARUNA - PB  
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S586p Silva, Sávio Túlio de Sá Aguiar  
Planejamento e monitoramento de obras: Um estudo comparativo entre o bim 4d e o Pert/cpm no controle do tempo [manuscrito] / Sávio Túlio de Sá Aguiar Silva. - 2017.  
93 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em ENGENHARIA CIVIL) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação: Prof<sup>ª</sup>. Ma. Loredanna Melyssa Costa de Souza, Departamento de Engenharia Civil".

1. Gerenciamento. 2. Diagrama de redes. 3. Cronograma. I.  
Título.

21. ed. CDD 624.101

SÁVIO TÚLIO DE SÁ AGUIAR SILVA

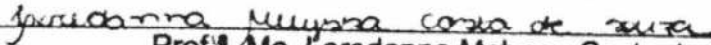
PLANEJAMENTO E MONITORAMENTO DE OBRAS: UM ESTUDO  
COMPARATIVO ENTRE O BIM 4D E O PERT/CPM NO CONTROLE DO TEMPO

Trabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro de Ciências Tecnologia e Saúde da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

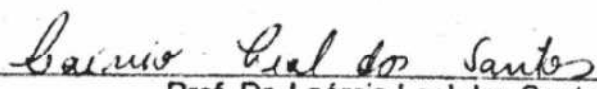
**Área de concentração:** Gerenciamento de projetos.

Data de aprovação: 25/04/2017

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof.<sup>a</sup> Ma. Loredanna Melyssa Costa de Souza (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

X   
Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

  
Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus Pais, a quem amo  
imensuravelmente e ao meu avô Fernão,  
minha maior inspiração, DEDICO.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por sua infinita bondade e proteção, pelas mensagens enviadas em forma de dificuldades, pelas constantes respostas e soluções, a ti Senhor, minha infinita gratidão por ter feito meu sonho virar verdade e por ter feito dessa conquista uma obra conjunta;

Aos meus pais, Saulo e Pavlowa, co-autores de todas as minhas realizações, a quem tudo devo em minha vida, meu imensurável amor e admiração àqueles que se fizeram sustentáculos de todas as minhas conquistas;

As minhas irmãs, Solange e Sarah, de quem extraio a certeza da amizade eterna e do laço que nos une como um dos maiores presentes de Deus em minha vida;

Agradeço imensamente ao meu avô Fernão e minha avó Maria que se fizeram presente durante todo o meu crescimento e a quem atribuo a formação da minha identidade humana e ideológica. Sou eternamente grato pelo apreço às artes, pelo estímulo ao conhecimento e pelo respeito ao ser humano a mim herdados, obrigado.

A toda minha família que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando e me apoiando, em especial ao meu tio Silvio, que sempre me apoiou e me estimulou.

A toda a turma 2012.1, berço de promissores sonhos, especialmente àqueles que fizeram meus dias mais fraternos, a quem eu levo no coração e na lembrança lições, momentos e palavras de uma amizade verdadeira;

A toda UEPB, funcionários e professores, a quem devo minha gratidão pelos conhecimentos e experiências compartilhadas.

*“Tempo é dinheiro.”*  
(Benjamin Franklin)

## RESUMO

Atrasos no cronograma, custos desnecessários, falhas executivas e até mesmo desvio de verbas são realidades presentes em grande parte das obras públicas e privadas de engenharia civil no Brasil. A falta de gerenciamento é apontada como uma das principais causas da ineficiência produtiva, que aliada a fatores como competitividade e a disponibilidade reduzida de recursos financeiros demandam das empresas a necessidade de investimento em planejamento e monitoramento em seus projetos, uma vez que a ausência dessas metodologias ameaça o prazo, o custo e o lucro do empreendimento. Diante desta problemática, o presente trabalho apresenta resultados de um estudo de caso sobre a aplicabilidade do conceito *Building Information Modeling* (BIM) no planejamento e monitoramento de obras frente à tradicional técnica de gerenciamento PERT/CPM. O objetivo é planejar a execução de uma escola técnica, a qual está sendo construída no município de Itaporanga – PB e fornecer meios de controle através da elaboração de um cronograma que será administrado por um modelo 4D e um diagrama de redes. O método de pesquisa empregado consiste em um estudo de caso com abordagem qualitativa e comparativa. Para tanto, é necessário que se faça uma revisão bibliográfica dos conceitos relevantes à elaboração deste estudo e que servirão de aporte teórico para a realização de simulações e análises dos resultados finais. Em suma, a principal conclusão é que o BIM 4D permitiu uma melhor visualização das tarefas planejadas, possibilitando a análise detalhada do modelo, bem como a previsão de riscos e fatores que poderiam ocasionar atrasos no cronograma, além de aumentar a produtividade dos profissionais e a transparência dos recursos.

**Palavras-Chave:** Gerenciamento; Diagrama de redes; Cronograma.



## ABSTRACT

Delays in the timeline, unnecessary costs, executive failures and even misappropriation are realities present in most public and private civil engineering works in Brazil. The lack of management is identified as one of the main causes of production inefficiency, which together with factors such as competitiveness and reduce availability of financial resources, require from the companies to invest in planning and monitoring their projects, since the absence of such methodologies threatens the schedule, cost and profit of the enterprise. Given this problem, this paper presents the results of a case study on the applicability of the Building Information Modeling (BIM) concept in the planning and monitoring of works as opposed to the traditional PERT / CPM management technique. The objective is to plan the execution of a technical school located in the municipality of Itaporanga - PB and provide means of control through the elaboration of a schedule that will be administered by a 4D model and a network diagram. The employed research method consists of a case study with a qualitative and comparative approach. To do so, it is necessary to make a bibliographical review of the concepts relevant to the preparation of this study and that will serve as a theoretical contribution to the accomplishment of simulations and analysis of the final results. In summary, the main conclusion is that the BIM 4D allowed a better visualization of the planned tasks, allowing the detailed analysis of the model, as well as the prediction of risks and factors that could cause delays in the schedule, besides increasing the productivity of the professionals and the Transparency of resources.

**Keywords:** Management; Network diagram; Schedule.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Ciclo de vida de um projeto. ....	16
<b>Figura 2:</b> EAP em formato de árvore. ....	20
<b>Figura 3:</b> Diagrama de rede: a) diagrama das flechas. b) diagrama dos blocos. ....	25
<b>Figura 4:</b> Processo tradicional versus processo BIM. ....	28
<b>Figura 5:</b> Interferência ( <i>clash detection</i> ) entre duas tubulações. ....	29
<b>Figura 6:</b> Parede paramétrica modelada no Autodesk Revit. ....	30
<b>Figura 7:</b> Diagrama de procedimentos. ....	39
<b>Figura 8:</b> Plantas baixas do bloco pedagógico. ....	40
<b>Figura 9:</b> Planta de vista do bloco pedagógico. ....	40
<b>Figura 10:</b> Modelagem paramétrica (estrutural). ....	41
<b>Figura 11:</b> Modelagem paramétrica (arquitetônico). ....	41
<b>Figura 12:</b> Alocação dos recursos no tempo. ....	48
<b>Figura 13:</b> Importação do modelo 3D para o Navisworks. ....	49
<b>Figura 14:</b> Determinação das interferências entre projetos. ....	49
<b>Figura 15:</b> Integração do cronograma ao modelo 3D. ....	51
<b>Figura 16:</b> Definição dos sets. ....	52
<b>Figura 17:</b> Terreno no início da obra. ....	53
<b>Figura 18:</b> Início da Limpeza do terreno. ....	53
<b>Figura 19:</b> Terraplanagem em execução. ....	54
<b>Figura 20:</b> Barracão em execução. ....	54
<b>Figura 21:</b> Fundação em execução. ....	55
<b>Figura 22:</b> Vigas do primeiro pavimento em execução. ....	55
<b>Figura 23:</b> Alvenaria em execução. ....	55
<b>Figura 24:</b> Instalação das esquadrias (portas, janelas, guarda corpos). ....	56
<b>Figura 25:</b> Execução do telhado e jardinagem. ....	56
<b>Figura 26:</b> Comparação entre simulação 4D e a obra. ....	59
<b>Figura 27:</b> Monitoramento executivo por diagrama de rede. ....	60
<b>Figura 28:</b> Monitoramento executivo por Navisworks. ....	60
<b>Figura 29:</b> Interface do Aplicativo BIM 360 Docs. ....	61

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> EAP em formato analítico.....	20
<b>Quadro 2:</b> Tabela Badra de Produtividade para Revestimento de Paredes.....	22
<b>Quadro 3:</b> Atividades Precedentes.....	23
<b>Quadro 4:</b> Nível 1 da estrutura analítica de projetos:.....	42
<b>Quadro 5:</b> Nível 3 da Estrutura Analítica de Projetos.....	43
<b>Quadro 6:</b> Relações de dependência entre as atividades da superestrutura.....	44
<b>Quadro 7:</b> Duração das atividades.....	45
<b>Quadro 8:</b> Quantidade de Materiais para Alvenaria, Revestimento e Pintura.....	45
<b>Quadro 9:</b> Quantidade de Recursos Humanos para a atividade Revestimento.....	46
<b>Quadro 10:</b> Equipes para atividade Revestimento de Paredes.....	47
<b>Quadro 11:</b> Recursos necessários para Bloco pedagógico.....	47
<b>Quadro 12:</b> Lista de interferências (clash detections) entre elementos.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS

2D	Segunda Dimensão.
3D	Terceira Dimensão.
4D	Quarta dimensão (tempo).
5D	Quinta dimensão (custo).
6D	Sexta dimensão.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
BIM	Building Information Modeling.
CPM	Critical Path Method.
CAD	Computed Aided Design.
EAP	Estrutura Analítica de Projetos.
PMI	Project Management Institute.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	13
2.1. OBJETIVO GERAL .....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	14
3.1. BREVE HISTÓRICO SOBRE O PLANEJAMENTO DO TEMPO.....	14
3.2. PROJETO.....	14
<b>3.2.1. Conceitos</b> .....	14
<b>3.2.2. Ciclo de vida de um projeto</b> .....	15
<b>3.2.3. Gerenciamento de projetos segundo o guia PMBOK</b> .....	16
3.3. PLANEJAMENTO .....	17
<b>3.3.1. Conceitos</b> .....	17
<b>3.3.2. Importância do planejamento</b> .....	17
<b>3.3.3. Deficiências da falta de planejamento</b> .....	18
<b>3.3.4. Roteiro do planejamento</b> .....	19
3.3.4.1 Identificação das atividades e Estrutura Analítica de Projetos .....	19
3.3.4.2. Duração das atividades e recursos humanos.....	21
3.3.4.3. Definição das precedências.....	23
3.3.4.4. Diagramas de rede e o diagrama PERT/CPM.....	24
3.3.4.5. Identificação do Caminho Crítico .....	26
3.3.4.6. Geração do cronograma e gráfico de Gantt .....	26
3.4. MONITORAMENTO.....	26
<b>3.4.1. Conceitos</b> .....	26
<b>3.4.2. Etapas do monitoramento</b> .....	27
3.5. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....	27
<b>3.5.1. Conceitos e características</b> .....	28
<b>3.5.2. Classificações do BIM</b> .....	30
<b>3.5.3. Aplicação do BIM ao planejamento de obras (BIM 4D)</b> .....	31
3.6. SOFTWARES .....	33
<b>3.6.1 Autodesk Revit 2017</b> .....	33
<b>3.6.2. Autodesk Navisworks Manage 2017</b> .....	34
3.6.2.1. Ferramenta <i>Clash Detection</i> .....	34
3.6.2.2. Ferramenta <i>Object Animation</i> .....	34
3.6.2.3. Ferramenta <i>Timeliner</i> .....	35
3.6.2.4. Ferramenta <i>Sets</i> .....	35

3.6.3. Microsoft Project.....	35
3.6.4. BIM 360 Docs .....	36
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
<b>5. ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>39</b>
5.1. DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA .....	39
5.1.1. Definição da meta e escopo do projeto.....	39
5.1.2. Modelagem paramétrica .....	40
5.1.3. Identificação das atividades (EAP) .....	41
5.1.4. Determinação das precedências.....	43
5.1.5. Definição das durações, cronogramas e equipes de trabalho.....	44
5.1.6. Elaboração do gráfico de Gantt .....	48
5.2. BIM 4D.....	48
5.2.1. Preparação e integração dos arquivos no <i>Autodesk Navisworks</i> .....	48
5.2.2. Simulação do planejamento 4D .....	52
5.3. PERT/CPM .....	57
5.3.1. Elaboração do diagrama de blocos .....	57
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>58</b>
6.1. VISUALIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO.....	59
6.2. MONITORAMENTO DO CRONOGRAMA.....	59
6.3. REDUÇÃO DOS RISCOS E REVISÕES DE PROJETOS.....	61
6.4. EFEITOS NA PRODUTIVIDADE .....	61
6.5. CAMINHO CRÍTICO .....	62
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE A – EAP COM PRECEDÊNCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE B – GRÁFICO DE GANTT .....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE C – DIAGRAMA DE BLOCOS .....</b>	<b>77</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil apresenta-se em constante modificação ao longo dos anos. De acordo com Mattos (2010), fatores como a competitividade, o surgimento de novas tecnologias e a disponibilidade reduzida de recursos financeiros incentivam as empresas a investirem em gestão e controle de processos em seus projetos, uma vez que a ausência destas metodologias ameaça o prazo, o custo e o lucro do empreendimento.

Segundo o Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos – PMBOK (2016) o ciclo de vida de um empreendimento é composto pelas fases de iniciação, planejamento, execução, monitoramento e finalização. Este trabalho abordará, sobretudo, o planejamento e o monitoramento sob a ótica do controle do tempo, elemento essencial à estimativa de prazos e definição do cronograma final da obra.

Neste contexto, planejar significa criar um plano, definindo as atividades que devem ser desempenhadas para otimizar o alcance a um determinado objetivo, dando condições para que a empresa possa se organizar e operar. O monitoramento, por sua vez, consiste em controlar o cronograma e o andamento das atividades do projeto durante toda a sua fase construtiva (PMBOK, 2016). Um dos benefícios mais importantes do monitoramento é fornecer os meios de reconhecer eventuais desvios do planejado para que se possa corrigi-los e minimizar seus riscos.

Mattos (2010) aponta que a maioria das obras de engenharia civil não operam sob um plano de gestão eficaz, e uma das causas para isso é a confiança depositada na experiência dos profissionais que se consideram autossuficientes, além de atribuir o planejamento e o monitoramento como tarefa de um único setor.

Ademais, em obras públicas financiadas por órgãos de fomento a necessidade de planejamento e controle é ainda mais evidente. De acordo com Pires et al. (2013) os recursos financeiros devem ser liberados com base nas etapas pré-definidas no cronograma, seguido da sua respectiva prestação de contas. Isso demanda uma maior sincronia das ações em campo com a disponibilidade de recursos, mostrando-se necessário a adoção de metodologias de gestão.

Mencionada realidade que se faz presente na maioria das obras públicas e privadas de engenharia civil no Brasil, que por falta de planejamento e controle não têm os seus projetos sendo executados de maneira correta, gerando custos

desnecessários, atrasos e até mesmo desvio de recursos, justificando, com isso, a importância da temática abordada.

Um novo conceito que vem sendo crescentemente utilizado em gerenciamento de obras é o BIM (*Building Information Modeling*) que em português significa Modelagem da Informação da Construção. Essa tecnologia permite desenvolver modelos tridimensionais que representam fielmente o produto final, proporcionando a redução de custos, otimização de processos e melhoramento do desempenho global do projeto.

Segundo Miranda e Matos (2015) em alguns países como no Reino Unido e Estados Unidos, a utilização do BIM é obrigatória para todos os contratos do setor público. Isso porque o BIM oferece uma maior riqueza de informações, permitindo uma melhor transparência dos recursos além de facilitar o trabalho conjunto dos profissionais.

Destarte, o método de pesquisa empregado consiste em um estudo de caso com abordagem qualitativa e comparativa. Com isso, espera-se ao final deste trabalho demonstrar as implicações que o BIM proporciona aos profissionais no planejamento e monitoramento de obras.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal elaborar um projeto de planejamento e monitoramento com abordagem de gerenciamento do tempo de uma escola localizado no município de Itaporanga - PB utilizando as técnicas PERT/CPM e BIM 4D.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para tanto, se faz necessário como objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica de conceitos essenciais à elaboração deste estudo;
- Delimitar o escopo do que será planejado;



- Desenvolver uma estrutura analítica de projetos, definindo as relações de dependência, durações das atividades e gráfico de Gantt;
- Elaborar um diagrama de redes (PERT/CPM);
- Desenvolver um modelo tridimensional da obra utilizando softwares de modelagem paramétrica utilizando o Autodesk Revit, versão educacional;
- Detectar interferência entre projetos ou elementos no software Navisworks, versão educacional;
- Realizar a integração e simulação do modelo 3D com o cronograma (BIM 4D) e monitorar a evolução da obra utilizando o computador e dispositivo móveis, comparando com o diagrama de blocos.

### **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1. BREVE HISTÓRICO SOBRE O PLANEJAMENTO DO TEMPO**

Segundo Costa (2010) foi a partir do Taylorismo, proposto por Frederick Winslow Taylor que o controle do tempo começou a ser um fator essencial nos modelos de produção. A partir daí surge um novo método de organização do trabalho com foco na economia do tempo, o qual visava a simplificação do trabalho complexo, tornando-o simples e repetitivo.

Desde então a busca pela eficiência produtiva tornou-se imprescindível aos modernos sistemas de produção, especialmente no setor da construção civil onde as decisões começaram a ser definidas pelo esforço conjunto entre projetos, orçamentos e cronograma, refletindo a necessidade de gestão e controle de obras para obtenção dos objetivos desejados. Como consequência disto surgiram métodos e técnicas de gerenciamento, os quais vêm sendo amplamente utilizados em projetos de engenharia e que se apresentam em constante aperfeiçoamento nos dias de hoje.

#### **3.2. PROJETO**

##### **3.2.1. Conceitos**

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000) define projeto como um processo único, provido de um grupo de atividades controladas, com início

e término identificados, empreendido para o atendimento a um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo e recursos financeiros.

Segundo Maximiano (2002) um projeto é um esforço temporário ou uma sequência de atividades com começo, meio e fim programados; tem o objetivo de oferecer um produto singular dentro de restrições orçamentárias.

De acordo com o Guia PMBOK (2016), um projeto é caracterizado como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo.

Diante destas definições, entende-se que cada projeto é único e possui uma sequência lógica de eventos com duração finita, o qual deve ser finalizado quando os objetivos do que é projetado são alcançados. Ainda segundo o PMI, o projeto é um processo que envolve planejamento, execução e monitoramento das tarefas, que são determinadas por fatores de prazos, custos e especificações de qualidade.

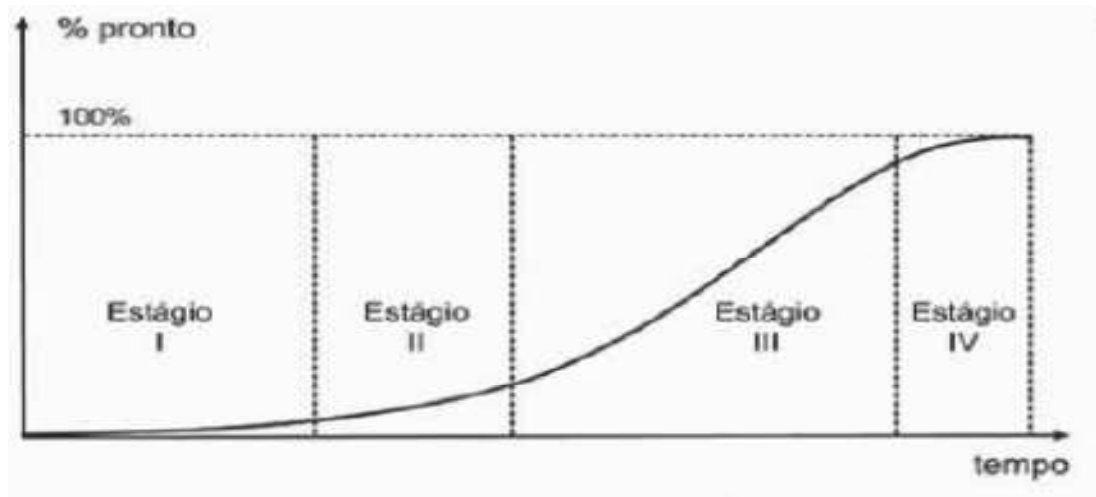
No âmbito da construção civil uma das etapas precedentes essenciais à construção de um empreendimento é a concepção e detalhamento de todos os projetos envolvidos. De acordo com Moura (1998) é fundamental que o empresário valorize e invista nesta fase, pois fazendo isto melhorará a qualidade do produto final, tornando o processo construtivo eficiente além de antever obstáculos que influenciariam na execução das atividades.

### **3.2.2. Ciclo de vida de um projeto**

A sequência de fases pelo qual o projeto passa, do início ao término é chamado de ciclo de vida de um projeto. As fases são sequenciais e os seus nomes e números são determinados pelas necessidades de gestão das organizações envolvidas no projeto, a natureza do projeto em si e sua área de aplicação PMBOK (2016).

De acordo com Mattos (2010) o ciclo de vida de um empreendimento é composto por quatro estágios representados na Figura 1. O formato da curva retrata a sua evolução: lenta no início, rápida na execução e lenta no final.

**Figura 1:** Ciclo de vida de um projeto.



Fonte: Mattos, 2010, p. 32.

O estágio I refere-se à formulação da ideia do projeto até a sua aprovação. É nesta etapa que se estuda a concepção e viabilidade do empreendimento, além de definir o escopo do que será planejado, como também a estimativa de custos; o estágio II corresponde a fase de detalhamento e planejamento: esse estágio envolve a programação de recursos disponíveis, realização de estudos e análises para início da execução e definição do cronograma; o estágio III é a etapa da execução da obra e diz respeito ao cumprimento das atividades programadas, por meio da aplicação de técnicas de controle e monitoramento; o último estágio refere-se à finalização da obra e encerramento das tarefas.

### 3.2.3. Gerenciamento de projetos segundo o guia PMBOK

O guia PMBOK foi desenvolvido pelo *Project Management Institute* (PMI) e consiste em uma padronização de processos com o objetivo de auxiliar gestores no controle administrativo do planejamento, execução, monitoramento e finalização de seus empreendimentos (PMBOK, 2004). Na visão do PMI, o gerenciamento é definido como a aplicação do conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto com o objetivo de liderá-los e coordená-los

Dentro desta abordagem, este trabalho enfoca, sobretudo, no processo de planejamento e monitoramento sob a ótica do controle do tempo. Os tópicos a seguir abordarão estes dois conceitos.

### 3.3. PLANEJAMENTO

#### 3.3.1. Conceitos

Na visão de Jungles e Ávila (2006) o planejamento pode ser definido como um processo que tem o objetivo de aumentar a eficiência, a racionalidade e a segurança dos projetos, através de previsões, programações, coordenação e controle dos resultados a fim de chegar a um objetivo previamente definido.

Dentro das atribuições do guia PMBOK, o planejamento é um dos processos administrativos de maior relevância. Segundo Chiavenato (2004) planejar é a primeira função do gerenciamento de projetos: é onde se determinam antecipadamente o que se deve fazer e quais os objetivos devem ser alcançados.

Para Araújo e Meira (1996) a fase inicial de um planejamento é caracterizada pelo estudo e preparo de todos os dados relacionados ao projeto. É imprescindível antes da execução de uma obra de engenharia civil que as etapas físicas estejam bem definidas para que o plano de ação possa abranger todo o ciclo de vida do empreendimento.

De acordo com Martins (2014), o planejamento é a organização para execução e inclui o orçamento e a programação da obra. Estes contribuem no controle das questões financeiras e na programação relacionada com a distribuição das atividades no tempo.

#### 3.3.2. Importância do planejamento

Segundo Mattos (2010), os principais benefícios que o planejamento oferece aos construtores são:

- **Conhecimento pleno da obra:** As informações colhidas dos projetos, métodos construtivos, identificação das produtividades e orçamentos permitem ao planejador ter domínio total das ações que envolvam estas características.

- **Previsão de situações desfavoráveis:** possibilita a tomada de decisões antecipadas que auxiliam a aplicação de medidas preventivas e corretivas para tentar minimizar os impactos nos custos e prazos;
- **Agilidade de decisões:** o controle do planejamento permite obter uma visão real da obra, influenciando a tomada de decisões gerenciais, como a mobilização de equipamentos, trabalhadores, aceleração de serviços, alterações de métodos construtivos, etc.
- **Otimização da alocação de recursos:** Através da análise do planejamento é possível a permuta das atividades, determinando suas precedências e folgas;
- **Referência para acompanhamento:** o cronograma desenvolvido no planejamento serve como linha de base, pois permite comparar o previsto com o realizado, determinando as medidas corretivas quando houver divergência entre eles;
- **Criação de dados históricos:** o planejamento de uma obra serve como um padrão para outras similares desenvolvidas pela empresa.

### 3.3.3. Deficiências da falta de planejamento

A baixa produtividade e as elevadas perdas no setor da construção civil são consequências de planejamentos deficientes.

A deficiência dos construtores se manifesta em graus variados. Há empresas que planejam, mas o fazem mal; outras que planejam bem, mas não controlam; e aquelas que funcionam na base da total improvisação. Enquanto algumas construtoras se esforçam por gerar cronogramas detalhados e aplicar programações semanais de serviço, outros creem que a experiência de seus profissionais é o bastante para garantir o cumprimento do prazo e do orçamento (MATTOS 2010, pág. 25).

A deficiência do planejamento traz consequências desastrosas para uma obra e para quem executa. Segundo Mattos (2010), ela é causada por diversos fatores, os quais podem-se destacar:

- **Atribuição do Planejamento e controle como atividade de um único setor:**  
Ao invés do planejamento permear toda a estrutura da empresa, muitas vezes

são confundidos com o trabalho isolado a um único setor, tornando-o simplista e conseqüentemente ineficiente;

- **Descrédito por falta de incerteza dos parâmetros:** É comum que planejadores desprezem incertezas inerentes ao processo construtivo por acreditarem que estas premissas não se realizariam. Isto impacta as atividades do empreendimento, uma vez que, a partir do momento que a incerteza é concretizada pode ocasionar atrasos nos cronogramas e orçamentos.
- **Planejamento excessivamente informal:** Confunde-se, usualmente, o planejamento com as ordens transmitidas pelo engenheiro e mestre de obras em campo. Com isso, perde-se o conceito de planejamento a longo prazo e passa-se a utilizar de uma postura imediatista, acarretando a utilização ineficiente de recursos humanos e materiais.
- **Mito do tocador de obras:** as empresas, especialmente as de médio e pequeno porte, desenvolvem uma postura autossuficiente em seus profissionais que acreditam serem capazes de tocar a obra com base nas suas experiências e intuições sem o devido planejamento, o qual considera perda de tempo.

#### 3.3.4. Roteiro do planejamento

O planejamento de uma obra geralmente segue passos bem definidos e podem ser classificados, de acordo com Mattos (2010) em: identificação das atividades, definição das durações, definição da precedência, montagem do diagrama de rede, identificação do caminho crítico, geração do cronograma e cálculo das folgas.

##### 3.3.4.1 Identificação das atividades e Estrutura Analítica de Projetos

É imprescindível que todas as atividades referentes à execução de um empreendimento sejam identificadas, pois a ausência de algum serviço poderá ocasionar atrasos no cronograma e conseqüentemente no andamento da obra.

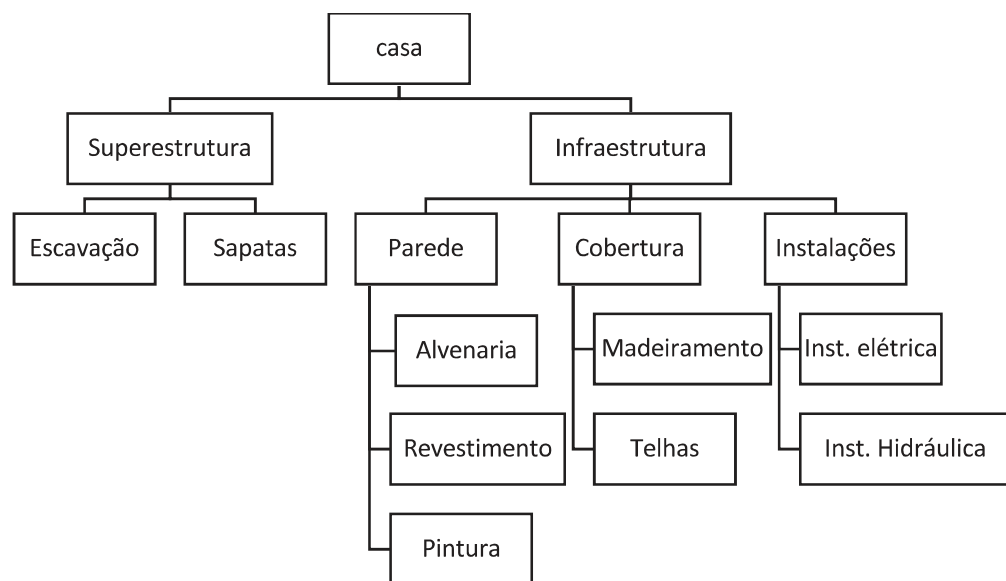
Um dos métodos mais utilizados para este fim é a concepção de uma Estrutura Analítica de Projetos (EAP), o qual pode ser definido de acordo com Mattos (2010) como uma estrutura hierárquica, formada pela decomposição de pacotes de trabalho progressivamente menores e mais simples de gerenciar.

Segundo o guia PMBOK (2016) o objetivo de uma EAP é identificar elementos componentes de um processo maior, atribuindo níveis a cada um deles. Uma EAP pode ser comparada a uma árvore genealógica, com o avô situado em um nível mais alto do que os filhos e estes imediatamente superior aos netos.

O nível superior da EAP representa o escopo total. Nesse nível há apenas um item – o projeto como um todo. A partir desse nível, a EAP começa a se ramificar em tantos galhos quanto forem necessários para representar as grandes feições do projeto. Em seguida, cada “caixinha” do segundo nível é desdobrada em seus componentes menores no terceiro nível e assim sucessivamente (MATTOS, 2010, p59).

A Figura 2 e o Quadro 1 representam uma EAP em formato de árvore e formato analítico, respectivamente, da construção de uma residência, o qual é decomposta em quatro níveis.

**Figura 2:** EAP em formato de árvore



Fonte: MATTOS, adaptado 2010, p. 60.

**Quadro 1:** EAP em formato analítico

<b>CASA</b>	
FUNDAÇÃO	
	ESCAVAÇÃO
	SAPATAS
ESTRUTURA	
	ALVENARIA
	TELHADO
	INSTALAÇÕES

ACABAMENTO	
	ESQUADRIAS
	REVESTIMENTO
	PINTURA

Fonte: MATTOS, 2010, p. 46

### 3.3.4.2. Duração das atividades e recursos humanos

A segunda etapa do planejamento é atribuir a toda atividade presente na EAP uma duração para sua execução. A duração tem a função de definir o prazo total do projeto, além de atribuir datas de início e término para cada tarefa, como também definir atividades críticas que não deverão sofrer atrasos. Segundo Mattos (2010), a duração é sempre uma estimativa relacionada a dias úteis, referidas àqueles trabalhados efetivamente.

A duração depende da quantificação de serviços, produtividade e da quantidade de recursos alocados (MATTOS, 2010).

De acordo com Mattos (2010) o planejador pode definir o cronograma seguindo duas linhas de raciocínio: dimensionar a duração em função da equipe; ou dimensionar a equipe em função da duração.

A primeira se aplica quando a quantidade de recursos é restrita e passa a ser determinante. Logo, a duração deve obedecer às limitações da equipe de trabalho. Matematicamente, pode-se definir a duração utilizando a Equação 1.

$$\text{Duração} = \frac{\text{Quantidade}}{\text{Produtividade} \times \text{Equipe} \times \text{Jornada}} \quad \text{Eq.(1)}$$

Já o segundo, refere-se aos casos quando a duração é imposta e pré-definida em projeto, deixando a equipe em função da duração, determinada mediante Equação 2.

$$\text{Equipe} = \frac{\text{Quantidade}}{\text{Produtividade} \times \text{Duração} \times \text{Jornada}} \quad \text{Eq.(2)}$$

Sendo,

*Duração*: tempo necessário para execução de uma atividade por completo;

*Equipe*: número de trabalhadores para uma tarefa específica;

*Quantidade*: quantificação de recursos materiais;

*Produtividade*: Produtividade da equipe;



*Jornada:* Horas trabalhadas por dia.

Na definição de Mattos (2010), as construtoras costumam fixar as durações às atividades do cronograma e então calcular a equipe necessária para execução das tarefas no tempo considerado. Para isso, o planejador deve levar em consideração a taxa de produtividade de uma pessoa, equipe ou equipamento, que equivale à quantidade de unidades de trabalho produzida em um intervalo de tempo especificado (MATTOS, 2010).

Para Prado (2014), quanto maior a produtividade mais unidades do produto podem ser feitas em um período de tempo, ou seja, quanto mais produtivo menos tempo é demandado para a realização de uma tarefa.

Para a determinação desses parâmetros, o planejador pode usar como referências os valores genéricos disponíveis no TCPO – Tabela de Composição de Preços para Orçamentos, da editora PINI, o qual traz as produtividades médias de diferentes serviços da construção civil (REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2012).

Outro método para consulta desses parâmetros é por meio da Tabela de Produtividade Badra, desenvolvido pelo Sistema Badra de Dados e Associados disponível em Mattos (2010). Esta tabela relaciona de maneira simples e organizada as atividades desenvolvidas com a respectiva produtividade e equipe básica para a realização de cada tarefa. É usada, principalmente, por profissionais que fazem uso do BIM. O Quadro 2 coleciona valores de produtividade e equipe básica para a atividade Revestimento de Paredes segundo a Tabela Badra de Produtividade.

**Quadro 2:** Tabela Badra de Produtividade para Revestimento de Paredes

REVESTIMENTO DE PAREDES				
SERVIÇO	ÍNDICE	PRODUTIVIDADE	PRODUÇÃO/DIA	EQUIPE BÁSICA
Chapisco grosso	0,32 h/m <sup>2</sup>	3,13 m <sup>2</sup> /h	25,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s
Chapisco fino	0,40 h/m <sup>2</sup>	2,50 m <sup>2</sup> /h	20,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s
Emboço	0,40 h/m <sup>2</sup>	2,50 m <sup>2</sup> /h	20,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s
Reboco	0,40 h/m <sup>2</sup>	2,50 m <sup>2</sup> /h	20,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s
Massa única	0,29 h/m <sup>2</sup>	3,50 m <sup>2</sup> /h	28,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s
Azulejos	1,00 h/m <sup>2</sup>	1,00 m <sup>2</sup> /h	8,00 m <sup>2</sup> /dia	1la + 1s
Pastilhas	1,60 h/m <sup>2</sup>	0,63 m <sup>2</sup> /h	5,00 m <sup>2</sup> /dia	1p + 1s

Legenda: p = pedreiro; s = servente; la = ladrilheiro.

Fonte: MATTOS adaptado, 2010, p. 93.

Além desses dois métodos citados, o planejador pode fazer uso das produtividades referentes a outras obras de uma mesma empresa.

### 3.3.4.3. Definição das precedências

A terceira etapa do planejamento é definir o sequenciamento das atividades na ordem em que elas acontecem com suas respectivas relações de dependência. A precedência, segundo Mattos (2010), é a sequência lógica das atividades do projeto e é considerada uma das principais etapas do planejamento.

Um termo bastante utilizado nesta abordagem é o de atividades predecessoras imediatas, que se referem àquelas do qual o término deve ocorrer para que a sucessora possa começar, ou seja, uma atividade só deve ser iniciada quando sua predecessora tiver sido concluída.

A maneira mais intuitiva de definir a sequenciamento do projeto é relacionar cada atividade a sua predecessora imediata através da elaboração de um quadro, como é mostrado no Quadro 3.

**Quadro 3:** Atividades Precedentes

<b>Quadro de sequenciamento</b>			
<b>Atividade</b>		<b>Duração</b>	<b>Predecessora</b>
Fundação			
A	Escavação	1 dia	-
B	Sapatas	3 dias	Escavação
Estrutura			
C	Alvenaria	5 dias	Sapatas
D	Telhado	2 dias	Alvenaria
E	Instalações	9 dias	Sapatas

Fonte: MATTOS, 2010. Adaptado

Pode-se observar que a escavação é uma atividade predecessora para a execução das sapatas, isso significa que as sapatas só serão iniciadas imediatamente depois que a escavação tiver sido concluída.

Existem quatro tipos de relações de dependência de acordo com Prado (2015):

- **Término – Início (TI):** Uma atividade só pode começar quando sua predecessora terminar;
- **Início – Início (II):** O início de uma atividade está vinculado ao início da sua predecessora;
- **Término – Término (TT):** O término de uma atividade está vinculado ao término de sua predecessora;
- **Início – Término (IT):** Uma atividade só pode terminar quando sua predecessora estiver sido iniciada.

#### 3.3.4.4. Diagramas de rede e o diagrama PERT/CPM

O quarto passo para o planejamento de uma obra é representar graficamente o sequenciamento lógico das atividades através de um diagrama de rede. Em outras palavras, é transformar a Estrutura Analítica de Projeto em um modelo gráfico, formada por flechas ou blocos que represente a execução lógica das atividades.

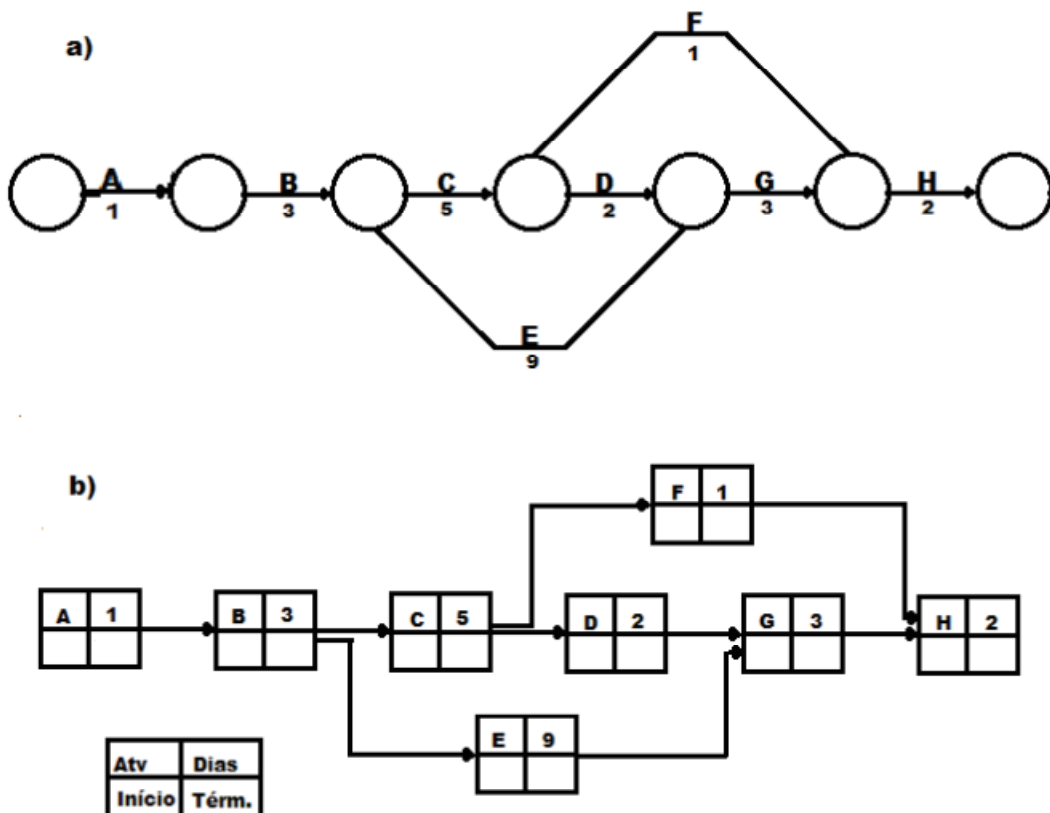
De acordo com Prado (2014) os primeiros diagramas de rede surgiram a partir da década de 1950. O *Critical Path Method* (CPM) foi desenvolvido em 1957 pela empresa norte-americana *Du Pont de Nemours* e tinha o objetivo de tornar seus projetos mais eficientes através da busca pelas atividades consideradas principais e que comandavam o cronograma das ações.

Ainda segundo Prado (2014), no ano de 1957 surgiu o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), desenvolvido pela Marinha Americana para a construção dos submarinos atômicos *Polaris* com o intuito de planejar e controlar o prazo e os custos da obra. De acordo com Mattos (2010), a duração estimada para a construção do submarino era de sete anos, no entanto o PERT possibilitou a sua execução em apenas quatro anos.

A grande vantagem de representar a lógica do projeto sob a forma de um diagrama de rede é que a leitura e o manuseio da rede ficam muito mais simples e fáceis de entender (MATTOS, 2010), pois possibilita ter um controle do inter-relacionamento das atividades, auxiliando na determinação dos parâmetros necessários à realização do planejamento por meio das técnicas PERT/CPM.

Na visão de Mattos (2010) os métodos mais utilizados para montagem do diagrama de rede com base na teoria do PERT/CPM são os métodos das flechas e dos blocos. No primeiro, as flechas representam as atividades que partem de um evento em direção a outro; no segundo, também conhecido como diagrama de precedência, as atividades representam os blocos, enquanto as flechas apenas indicam a relação de dependência, como é ilustrado na Figura 3.

**Figura 3:** Diagrama de rede: a) diagrama das flechas. b) diagrama dos blocos.



Fonte: MATTOS, 2010. Adaptado, p. 50.

De acordo com Prado (2014) o diagrama de blocos é muito mais vantajoso em relação ao de flechas, pois é um traçado mais simples que requer menos trabalho

para seu desenvolvimento e os blocos representam as próprias atividades. Logo, optou-se por desenvolver nesse trabalho este diagrama.

#### **3.3.4.5. Identificação do Caminho Crítico**

O caminho crítico é a sequência de atividades de maior duração e é ele que determina o prazo total do projeto. De acordo com Mattos (2010) umas das principais tarefas dos planejadores e gestores é identificar o caminho crítico, pois qualquer atraso em qualquer atividade desta sequência atrasará todo a obra.

#### **3.3.4.6. Geração do cronograma e gráfico de Gantt**

O cronograma pode ser considerado o produto final do planejamento, o qual pode ser representado através do gráfico de Gantt, o qual permite o acompanhamento de todas as atividades da obra, suas durações, relações sequenciais entre cada uma, além de permitir a alocação de recursos.

Segundo Prado (2014), o gráfico de Gantt teve origem durante a Primeira Guerra Mundial e foi desenvolvido por Henry L. Gantt, que imaginou um processo de planejamento, programação e controle utilizando gráfico de barras para execução de grandes empreendimentos. O gráfico de Gantt é a técnica de planejamento mais amplamente utilizada em gerência de projetos.

### **3.4. MONITORAMENTO**

#### **3.4.1. Conceitos**

Segundo o PMBOK (2016), o monitoramento é o processo pelo qual se permite realizar o controle do cronograma, dando condições para que o planejador possa visualizar o andamento das atividades. O principal benefício do monitoramento é fornecer meios de se reconhecer desvios do planejado e tomar medidas corretivas e preventivas, minimizando, com isso, eventuais riscos.

Para Filho e Andrade (2010) monitoramento pode ser definido como o acompanhamento e comparação contínua das atividades executadas com as atividades previstas no planejamento.

De acordo com Mattos (2010), nada adianta planejar uma obra com critério e técnica se tiver um controle ineficiente. Dentre algumas razões citadas por ele e que tornam o monitoramento necessário, são:

- As atividades nem sempre são iniciadas na data prevista;
- As atividades nem sempre são concluídas na data prevista;
- Ocorrem alterações de projeto que impactam na execução das tarefas;
- Ocorrem flutuações de produtividade que alteram a duração das tarefas;
- A equipe decide mudar o plano de ataque da obra;
- A equipe decide mudar a sequência executiva de alguns serviços;
- Fatores imprevisíveis que alteram o cronograma;

### 3.4.2. Etapas do monitoramento

Pode-se dizer, de acordo com Mattos (2010) que o acompanhamento obedece a três etapas:

- I. **Aferição do progresso das atividades:** A equipe registra, em campo, o avanço de cada tarefa pela quantidade (m<sup>3</sup>, t, kg) ou percentual concluído, para posterior comparação com aquilo que havia sido planejado. É importante a criação de planilhas para coleta de dados;
- II. **Atualização do planejamento:** Nesta etapa é feito a comparação dos dados previsto com o que foi realizado. O cronograma é recalculado de acordo com o que falta ser feito;
- III. **Interpretação do desempenho:** A equipe analisa a causa de desvio de cronograma e inferem se as discrepâncias ocorreram por um motivo pontual ou se representam uma tendência;

O monitoramento abordado neste trabalho abrange apenas questões referente ao cronograma de obras. No entanto, este deve cobrir todas as áreas relacionadas ao projeto, como questões orçamentárias, técnicas, físicas, gerenciais, etc.

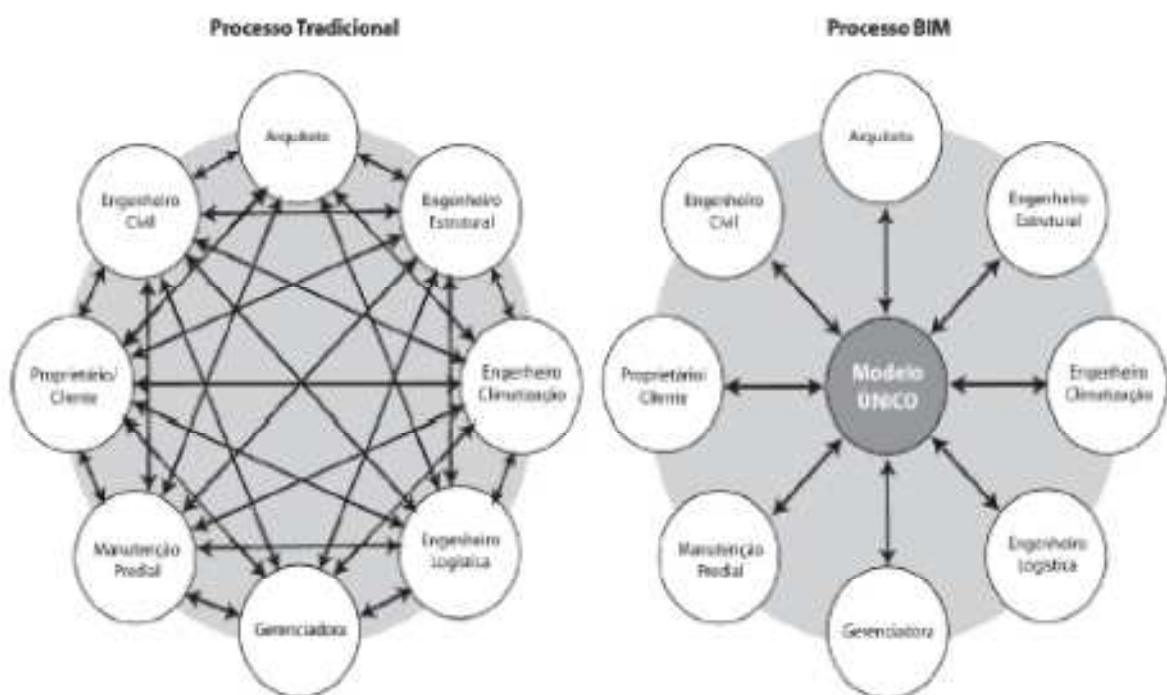
### 3.5. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

### 3.5.1. Conceitos e características

De acordo com Eastman et al. (2008), o *Building Information Modeling* mais conhecido como BIM ou, em português, Modelagem da Informação da Construção é um conceito que vem sendo amplamente aplicado a projetos de construção civil que envolve a modelação das informações do edifício e cria um modelo digital tridimensional, parametrizado e integrado, abrangendo todo o ciclo de vida do empreendimento.

BIM é um conceito, tecnologia ou processo de trabalho, logo não deve ser confundido com um software. A Figura 4 ilustra a diferença entre dois processos de elaboração de um projeto: o processo tradicional e o BIM.

**Figura 4:** Processo tradicional versus processo BIM



Fonte: REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO, 2010.

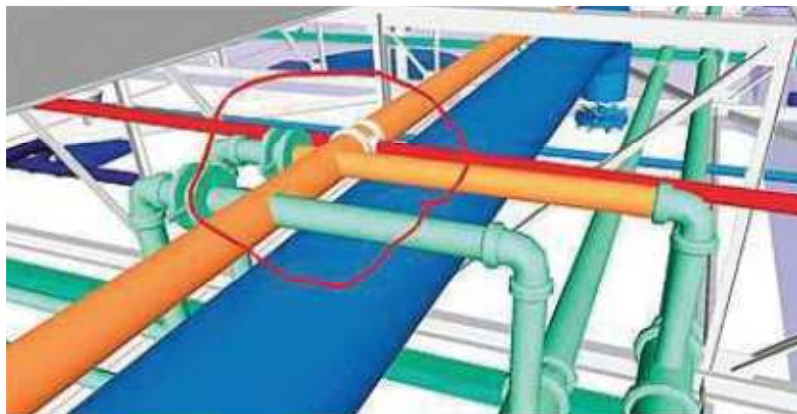
De acordo com Eastman et al. (2008) um dos benefícios do BIM é a colaboração antecipada de múltiplas disciplinas do projeto, o que facilita o trabalho simultâneo dos profissionais envolvidos.

Analisando o esquema da figura anterior, pode-se exemplificar de maneira simplista como o processo BIM funciona: O arquiteto elabora o projeto arquitetônico

usando softwares de modelagem que apresentam a tecnologia BIM (Revit, Archicad, etc.), logo este modelo é transmitido para um sistema de compartilhamento de arquivos em nuvem, que integram todos os projetos (Naviswork). A partir daí, os demais profissionais poderão dar início ao seus projetos independentes; O engenheiro estrutural importa o modelo para um software de cálculo estrutural (TQS, Eberick, etc.), em seguida ele lança de volta o modelo no sistema de compartilhamento em nuvem. O mesmo processo é feito pelos demais profissionais. Interferências que venham a ocorrer entre os projetos são facilmente detectadas.

A Figura 5 ilustra um conflito (*clash detection*) entre uma tubulação de água fria e uma tubulação de esgoto.

**Figura 5:** Interferência (*clash detection*) entre duas tubulações.



Fonte: REVISTA CONSTRUÇÃO E MERCADO, 2012.

Diferentemente do sistema CAD no qual os objetos são apenas representações gráficas de um modelo, no sistema BIM estes adquirem propriedades associadas que definem e reproduzem o objeto real. De acordo com Faria (2007) o desenho em BIM é “inteligente”: uma parede em CAD, por exemplo, é apenas a disposição paralela de duas linhas, enquanto no BIM ela é formada por um conjunto de parâmetros e propriedades - tipo de alvenaria, espessura, revestimento, pintura, etc., que podem ser salvas em um banco de dados e alterados automaticamente em qualquer fase do projeto. A partir disso, é possível gerar tabelas de quantitativo para compor orçamentos, por exemplo.

Segundo Coelho e Novaes (2008), no modelo CAD as entidades gráficas são formadas a partir de um sistema de coordenadas 2D que implicam em alterações manuais caso o projeto venha a sofrer alguma mudança. Enquanto o BIM adota

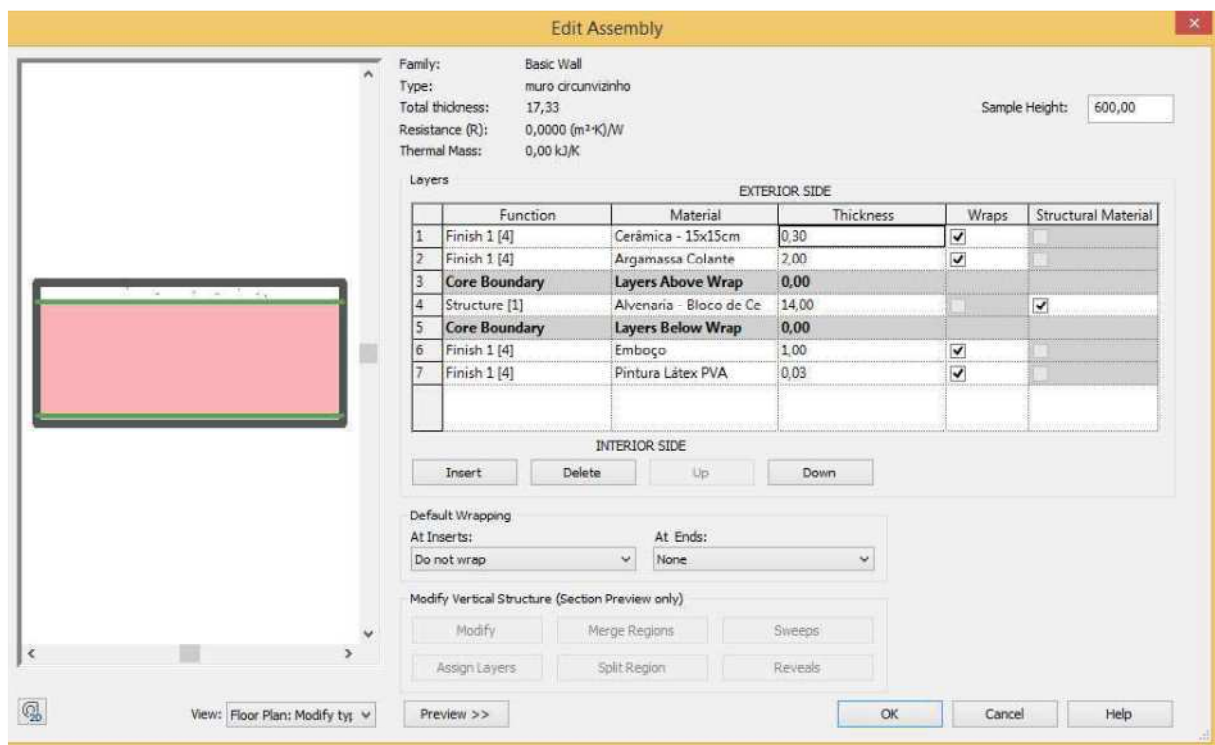


modelos paramétricos que permitem desenvolver alterações integradas que refletem instantaneamente em todas as pranchas do projeto.

Para Eastman et al. (2008), objetos paramétricos são elementos com uma geometria definida no qual se associam dados a elas, com diferentes níveis de agregação, podendo se vincular a outros objetos. Ainda de acordo com Eastman, qualquer tecnologia que produza dados paramétricos pode ser considerada ferramenta BIM.

A Figura 6 ilustra a associação de dados (tipo de material e espessuras) na criação de uma parede paramétrica modelada no Revit.

**Figura 6:** Parede paramétrica modelada no Autodesk Revit.



Fonte: O autor.

### 3.5.2. Classificações do BIM

Segundo Eastman et al. (2008) a Modelagem da Informação da construção pode ser classificada em níveis que podem atingir até seis dimensões, os quais podem ser definidos a seguir:

- **BIM 3D (Modelo Colaborativo):** Aplica-se a construção virtual da obra em ferramentas que reproduzem o modelo físico do projeto. As informações do modelo estão conectadas, permite que os profissionais envolvidos possam extrair informações de acordo com suas necessidades, fazerem alterações e detectar conflitos. Além disso é possível gerar vistas em 2D como plantas baixas, cortes, plantas de fachada, etc.
- **BIM 4D (tempo):** A variável tempo é associada ao modelo, o qual está atrelado ao cronograma da obra. É utilizado principalmente em atividades relacionadas ao planejamento. A utilização da tecnologia BIM nesse sentido melhora o gerenciamento, permite uma melhor visualização do andamento das atividades, otimização na coordenação das equipes.
- **BIM 5D (custos):** A variável custo é associada ao modelo, o qual é usado principalmente na composição de orçamentos e na análise dos custos das atividades. Está associado ao 3D e 4D. Permite gerar tabelas orçamentárias automáticas, com a quantificação dos materiais e preços unitários. É possível integrar o orçamento ao cronograma, permitindo um acompanhamento dos recursos em cada etapa da obra;
- **BIM 6D (sustentabilidade):** É possível fazer análises de sustentabilidade da obra, como consumo de materiais, água, energia, etc. Além disso, permite o desenvolvimento de técnicas construtivas mais sustentáveis, aplicando o conceito de *Green Building* a edificação;

### 3.5.3. Aplicação do BIM ao planejamento de obras (BIM 4D)

O planejamento 4D consiste em visualizar o andamento da obra em terceira dimensão (3D) ao longo do tempo, sendo este último a quarta dimensão (SILVEIRA, 2005).

No âmbito do planejamento de obras o BIM é uma tecnologia promissora. Diferente das tradicionais técnicas de planejamento que demandam esforços exaustivo na geração de estruturas analíticas e extensos gráficos de rede, o BIM permite o acompanhamento automático em um modelo digital que pode ser facilmente controlado através de um computador ou dispositivo móvel.

Segundo Silveira (2005) os modelos 4D trazem melhorias ao planejamento, pois os objetos presentes nele estão associados as atividades sequenciais, permitindo

uma melhor visualização das restrições e ajudando a solucionar conflitos que não são aparentes em gráficos de Gantt e diagramas PERT/CPM.

Segundo Koo e Fischer (1998) no processo de desenvolvimento de um cronograma, independentemente do método utilizado, os planejadores devem levar em consideração diversas informações relevantes ao projeto, como a correta interpretação dos desenhos 2D, suas especificações, além de questões construtivas, recursos e produtividade.

Nesse sentido, os mesmos autores elencam alguns benefícios proporcionados pelo planejamento 4D com relação as técnicas tradicionais.

- **Melhora a visualização da sequência construtiva:** O planejamento 4D transmite de forma clara e objetivo o sequenciamento das atividades através de modelos tridimensionais. As técnicas tradicionais implicam em uma visualização mental dos processos, podendo ocorrer erros e incoerências construtivas devido ao grande número de informações;
- **Melhora a visualização do espaço no tempo:** Com o modelo 4D é possível simular a logística construtiva do canteiro de obras, aumentando a eficiência das unidades e prevendo possível conflitos durante a construção;
- **Facilita a alteração do cronograma:** O atraso de uma atividade reflete na duração de suas sucessoras, logo pelo método tradicional o projetista deverá fazer uma análise meticulosa de toda a rede para determinar quais conjuntos de atividades foram afetadas. Com o BIM 4D qualquer alteração que se faça no projeto altera automaticamente todas as atividades relacionadas a ela;
- **Melhora a interação entre os profissionais:** Cada profissional envolvido interpreta o projeto de um jeito, logo um modelo interativo possibilita o compartilhamento de informação, possibilitando uma melhor compreensão entre eles;
- **Possibilita a alocação de recursos e equipamentos:** A logística de um canteiro de obras pode ser gerenciada facilmente com um modelo 4D, pois ele permite realizar simulações de forma tridimensional do comportamento dos elementos construtivos (máquinas, equipamentos, materiais, etc.) durante todo o tempo, criando um canteiro eficaz e reduzindo tempo e custo;

- **Simulação de execução:** Permite a realização de simulações que abrangem todas as unidades da obra em qualquer momento. O modelo 4D permite a visualização do progresso e maior controle das atividades.

São reconhecidos, portanto, os benefícios que o BIM 4D proporciona ao planejamento de obras. Entretanto, o modelo apresenta algumas limitações que na visão de Eastman et al. (2008) podem ser definidas como:

1. Trabalhar em BIM requer treinamento de todos os profissionais envolvidos;
2. O planejamento 4D não aponta o caminho crítico no cronograma;
3. Não é possível determinar as folgas das atividades e datas mais cedo e mais tarde;
4. Atividades que estão fora do canteiro de obras, logo da modelagem tridimensional, não são consideradas no modelo;

### 3.6. SOFTWARES

Um dos pilares da Modelagem da informação da Construção é a interoperabilidade de arquivos. Na visão de Eastman et al. (2008) a interoperabilidade é definida como a capacidade de identificar os dados necessários para serem transmitidos entre *softwares* ou aplicativos.

Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o *Industry Foundation Classes (IFC)*, que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não proprietário (ANDRADE; RUSCHEL 2009, pag 80).

Assim, é necessário que todos os softwares adotem o padrão IFC padronizado pela ISO 16.739, para exportação de modelos. O IFC é para o BIM o que o DWG é para o CAD (REVISTA CONSTRUÇÃO DE MERCADO, 2011)

A seguir é apresentado um resumo com definições e algumas funções dos *softwares* utilizados neste trabalho.

#### 3.6.1 Autodesk Revit 2017

De acordo com a Autodesk (2012), o Revit foi desenvolvido especificamente para a Modelagem da Informação da Construção, o qual inclui recursos para projeto de arquitetura, estruturas e instalações prediais. O Revit possui a interoperabilidade com o BIM, logo seus arquivos estão no padrão IFC.

Os objetos paramétricos carregados no Revit são chamados de Famílias, como paredes, portas, janelas elementos estruturais, etc. As Famílias podem ser criadas ou importadas a partir de catálogos de fabricantes. Para facilitar o acesso a esses catálogos, alguns sites permitem o compartilhamento de objetos paramétricos entre os fornecedores como é o caso do Autodesk Seek.

### **3.6.2. Autodesk Navisworks Manage 2017**

Segundo a Autodesk (2013), o Navisworks Manager 2017 é uma solução completa para revisão de projetos direcionados a profissionais de arquitetura, engenharia e construção, possibilitando-os rever de forma holística os modelos e dados integrados com os interessados para obter um melhor controle sobre os resultados do projeto.

Pode-se dizer que o Navisworks é a ponte de integração das diferentes áreas de conhecimento dos profissionais envolvidos no projeto, ou seja é a plataforma onde os arquivos IFC e informações são compartilhados. Pode-se realizar simulações, animações, auxilia na visualização, detecta interferências entre objetos (*clash detection*), melhoram a previsibilidade, etc.

Algumas ferramentas utilizadas para a realização do objetivo deste trabalho podem ser descritas a seguir:

#### **3.6.2.1. Ferramenta *Clash Detection***

Permite realizar vistorias no modelo a fim de detectar interferências entre objetos. Esta ferramenta mostra, por exemplo, se uma viga está passando por uma janela ou se há conflitos entre instalações hidráulicas e sanitárias.

#### **3.6.2.2. Ferramenta *Object Animation***

Permite atribuir movimento aos objetos. É possível simular o comportamento de um guindaste a fim de estudo de logística, por exemplo. Bem como o funcionamento do canteiro de obras, etc.

#### 3.6.2.3. Ferramenta *Timeliner*

A ferramenta *Timeliner* adiciona a linha do tempo ao modelo a partir de um cronograma externo. Assim torna-se possível a associação dos objetos do modelo com as tarefas do planejamento. A partir disso é possível simular o cronograma, permitindo ver o efeito do planejamento com o tempo. Também é possível associar os custos das tarefas, possibilitando acompanhar os recursos ao longo da simulação. O *Timeliner* gera atualizações automáticas baseadas em ajustes no planejamento (AUTODESK, 2013).

Ainda é possível combinar a funcionalidade do *TimeLiner* com outras ferramentas do *Naviswork*, como o *Object Animation* e o *Clash Detection*, permitindo associar o movimento de um objeto e as interferências com o tempo, respectivamente.

#### 3.6.2.4. Ferramenta *Sets*

Permite associar os objetos do modelo com as tarefas correspondentes no cronograma. Os sets são os conjuntos de atividades que aparecem na simulação de forma organizada e sequencial.

### 3.6.3. Microsoft Project

O Microsoft Project é um aplicativo de gerenciamento de projetos desenvolvido pela Microsoft e é utilizado no planejamento, organização e informação gráfica das informações de um projeto.

Basicamente, o Project se baseia nos modelos de diagrama de rede, utilizando tabelas para entrada de dados, e geração de subprojetos. Além disso essa ferramenta permite organizar e classificar tarefas, gerando cronogramas e relatórios que podem ser utilizados na gestão de projetos de modo geral. O Gráfico de Gantt é um dos produtos obtidos com o Microsoft Project.

#### **3.6.4. BIM 360 Docs**

O BIM 360 Docs é um aplicativo desenvolvido pela Autodesk voltado para facilitar o trabalho dos profissionais que fazem uso da tecnologia BIM. Essa ferramenta permite o compartilhamento de informações e arquivos em nuvem de modo prático e dinâmico. É uma forma rápida de melhorar a comunicação dos envolvidos em um projeto.

## **4. METODOLOGIA**

Decidiu-se para um melhor entendimento dos procedimentos deste trabalho dividir a metodologia em três partes.

### **Primeira Parte – Revisão bibliográfica**

Inicialmente, realizou-se uma revisão bibliográfica acerca dos conceitos envolvidos na elaboração de um projeto de engenharia civil, gerenciamento de obras e Modelagem da Informação da Construção com foco no gerenciamento do tempo (BIM 4D). Abordou-se, também, suas aplicações, características e importâncias. A revisão está fundamentada em livros, artigos, monografias e revistas.

Deu-se início ao estudo de caso da elaboração de um planejamento 4D aplicado à construção de uma escola no município de Itaporanga – PB. As plantas e arquivos que serviram de base para a composição deste planejamento foram cedidas pela construtora “X” e estão no formato DWG e PDF.

### **Segunda Parte – Elaboração do cronograma**

A realização desta etapa compreende, inicialmente, a elaboração do escopo do projeto para delimitar o plano de ação do planejamento, o qual definiu técnicas empregadas para obtenção do objetivo proposto, nível de detalhamento e unidades analisadas.

Em seguida, desenvolveu-se com a colaboração dos profissionais da área a Estrutura Analítica de Projetos (EAP) das unidades em estudo, utilizando o *software* MS Project. Além disso, determinaram-se as atividades precedentes e suas durações com base nos conhecimentos apresentados anteriormente, bem como recursos humanos empregados para execução das atividades, quantitativos de materiais e como resultado o cronograma com gráfico de Gantt elaborado no MS Project.



### Terceira Parte – Planejamento e monitoramento

Os arquivos originais estavam no formato CAD 2D e impossibilitavam a obtenção do objetivo deste trabalho. Dessa forma, modelaram-se utilizando o *software* de modelagem paramétrica Autodesk Revit os elementos arquitetônicos, estruturais e de produção delimitados pelo escopo.

Exportou-se o modelo 3D para o Autodesk Navisworks no formato NWC. A primeira ação dentro deste software foi checar a existência de interferências provenientes da modelagem, utilizando a ferramenta *clash detection*. Feito isso, importou-se o cronograma desenvolvido anteriormente utilizando a ferramenta *TimeLiner*. Imediatamente, organizaram-se de modo lógico e sequencial as atividades da EAP com base no diagrama de rede dentro do Navisworks através da elaboração de *sets* que se integraram ao planejamento. Os sets devem possuir obrigatoriamente a mesmo nome para cada atividade correspondente ao cronograma. Além disso, todos os objetos foram classificados em *Construct*, *Demolish* ou *Temporary*. Por fim, foi possível realizar a simulação e constatar as implicações que o BIM 4D dispõe ao planejamento e monitoramento de obras.

Ademais, buscou-se desenvolver a partir da EAP o diagrama de redes PERT/CPM com a indicação do caminho crítico, para que seja possível a realização de comparações entre as duas técnicas.

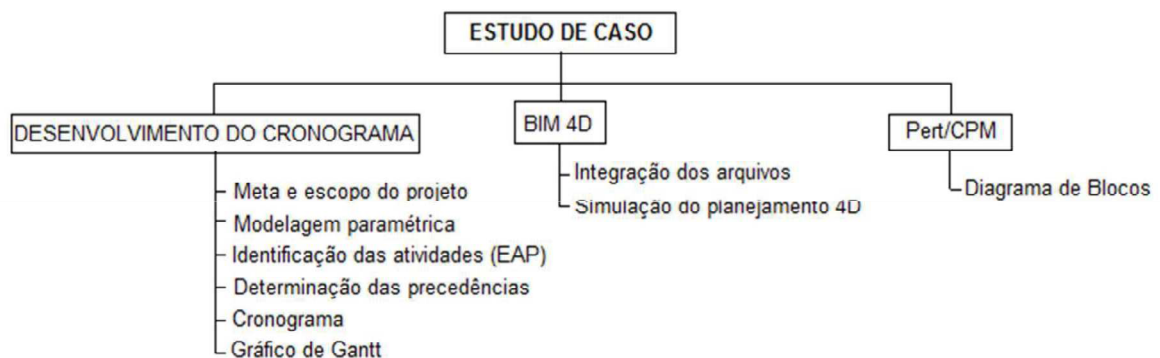
## 5. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso desenvolvido neste trabalho propõe investigar a aplicabilidade da Modelagem da Informação da Construção frente à tradicional técnica PERT/CPM no planejamento e monitoramento de obras, através da construção e análise de um modelo 4D utilizando os softwares e conceitos apresentados anteriormente.

O projeto base utilizado aqui foi cedido pela construtora “X” e é referente à construção de uma escola técnica localizada no município de Itaporanga – PB, composta por um bloco pedagógico de dois andares, biblioteca, ginásio de esportes, auditório e laboratórios especiais.

O Figura 7 ilustra os procedimentos que serão discutidos ao longo deste capítulo.

**Figura 7:** Diagrama de procedimentos



Fonte: O autor.

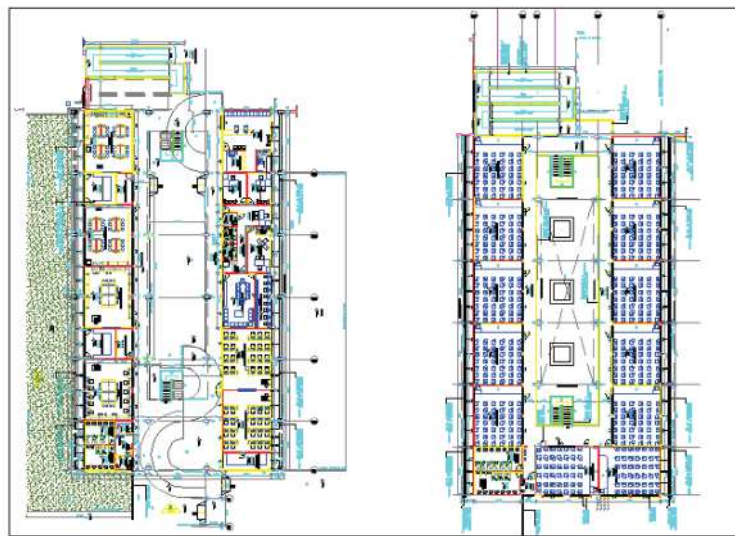
### 5.1. DESENVOLVIMENTO DO CRONOGRAMA

#### 5.1.1. Definição da meta e escopo do projeto

O escopo deste projeto refere-se à construção do bloco pedagógico de dois andares o qual contém: doze salas de aula; seis laboratórios; três almoxarifados; dois

depósitos; dois conjuntos de sanitários para alunos, sendo um em cada pavimento do empreendimento em questão e um bloco administrativo. A meta deste projeto aplicar-se-á ao desenvolvimento de um cronograma da execução dos elementos estruturais e arquitetônicos da unidade. Ademais, o objetivo gerencial é planejá-la e monitorá-lo utilizando as técnicas de gerenciamento apresentadas anteriormente. As plantas baixas do bloco pedagógico e vista lateral estão representadas na Figura 8 e a Figura 9, respectivamente.

**Figura 8:** Plantas baixas do bloco pedagógico



Fonte: O autor

**Figura 9:** Planta de vista do bloco pedagógico



Fonte: O autor

### 5.1.2. Modelagem paramétrica

Delimitado o escopo e a meta do projeto, o próximo passo foi desenvolver o modelo 3D a partir da planta baixa da unidade utilizando o software de modelagem paramétrica *Autodesk Revit 2017*. Os arquivos que estavam no formato DWG foram importados para o programa utilizando as ferramentas *Insert > Import CAD*. Em seguida, modelaram-se os elementos estruturais e arquitetônicos com base nas

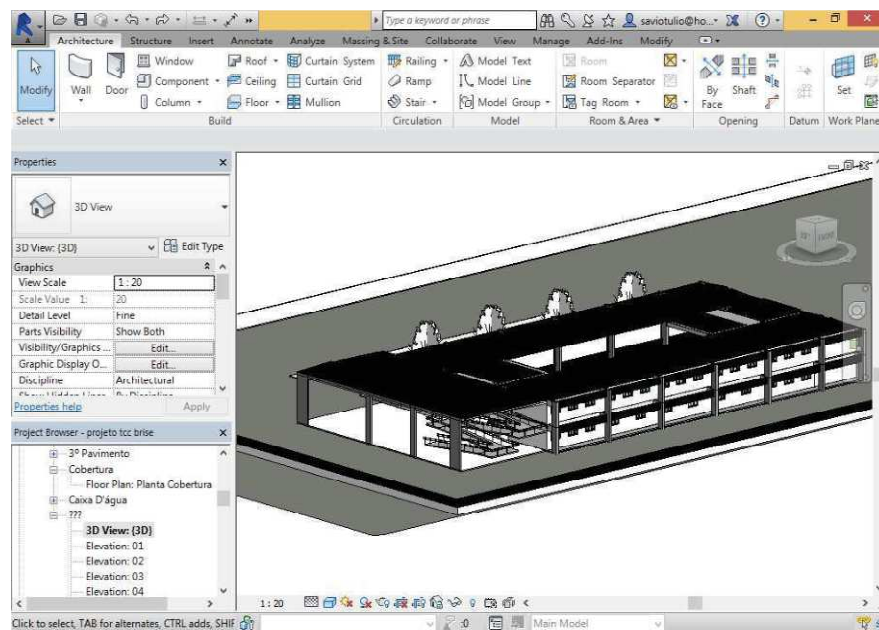
definições dos memoriais descritivos e dos projetos de origem, como é ilustrado na Figura 10 e na Figura 11.

**Figura 10: Modelagem paramétrica (estrutural)**



Fonte: O autor

**Figura 11: Modelagem paramétrica (arquitetônico)**



Fonte: O autor

### 5.1.3. Identificação das atividades (EAP)

Após isso, preocupou-se em desenvolver a estrutura analítica de projetos para o modelo em 3D. Pode-se identificar, com a ajuda dos profissionais envolvidos na obra, as atividades da construção relativo ao nível de detalhamento desejado. Desse modo, as tarefas foram organizadas em pacotes de trabalho de forma lógica,

sequencial e construtivo. O Quadro 4 e o Quadro 5 apresentam o primeiro nível da EAP inserida no MS Project e uma das tarefas abertas até o terceiro nível.

**Quadro 4:** Nível 1 da estrutura analítica de projetos:

EDT ▼	Nome da tarefa ▼
1	Bloco pedagógico
2	▷ Serviços preliminares
3	▷ Terraplanagem
4	▷ Infraestrutura
5	▷ Superestrutura
6	▷ Alvenaria
7	▷ Esquadrias
8	▷ Revestimento
9	▷ Pintura
10	▷ Pisos
11	▷ Telhado
12	▷ Serviços complementares

Fonte: O autor

**Quadro 5: Nível 3 da Estrutura Analítica de Projetos**

17	☰	1.4.1	▾ Primeiro pavimento
18	☰	1.4.1.1	▾ Execução da viga baldrame
19	☰	1.4.1.1	Montagem e instalação das formas da viga baldrame
20	☰	1.4.1.1	Montagem e instalação das armaduras da viga baldrame
21	☰	1.4.1.1	Lançamento e adensamento do concreto
22	☰	1.4.1.2	▾ Execução da laje de piso do primeiro pavimento
23	☰	1.4.1.2	Montagem e instalação das formas da laje primeiro pavimento
24	☰	1.4.1.2	Montagem e instalação das armaduras da laje primeiro pavimento
25	☰	1.4.1.2	Lançamento e adensamento do concreto
26	☰	1.4.1.3	▾ Execução dos pilares do primeiro pavimento
27	☰	1.4.1.3	Montagem e instalação das formas dos pilares primeiro pavimento
28	☰	1.4.1.3	Montagem e instalação das armaduras dos pilares primeiro pavimento
29	☰	1.4.1.3	Lançamento e adensamento do concreto
30	☰	1.4.1.4	▾ Execução das vigas do primeiro pavimento

Fonte: O autor

#### 4.1.4. Determinação das precedências

Depois da elaboração da estrutura analítica de projetos definiu-se a rede de precedência entre as atividades. A relação de dependência mais comum é do tipo Término-Início (TI), no qual o começo de uma atividade depende da finalização total da outra. No entanto, algumas atividades com dependência TI necessitam de um “atraso” para que sua sucessora se inicie, é o caso, por exemplo, do lançamento e adensamento do concreto: para que as atividades 23 e 24 se iniciem, deve-se esperar a conclusão da atividade 21 com uma defasagem de sete dias, como ilustrado no Quadro 6.

**Quadro 6:** Relações de dependência entre as atividades da superestrutura

<b>5</b>	<b>▸ Superestrutura</b>	
<b>5.1</b>	<b>▸ Primeiro pavimento</b>	
<b>5.1.1</b>	<b>▸ Execução da viga baldrame</b>	
5.1.1.1	Montagem e instalação das formas da viga baldrame	15TI+7 dias
5.1.1.2	Montagem e instalação das armaduras da viga baldrame	15TI+7 dias
5.1.1.3	Lançamento e adensamento do concreto	19;20
<b>5.1.2</b>	<b>▸ Execução da laje de piso do primeiro pavimento</b>	
5.1.2.1	Montagem e instalação das formas da laje primeiro pavimento	21TI+7 dias
5.1.2.2	Montagem e instalação das armaduras da laje primeiro pavimento	21TI+7 dias
5.1.2.3	Lançamento e adensamento do concreto	23;24
<b>5.1.3</b>	<b>▸ Execução dos pilares do primeiro pavimento</b>	
5.1.3.1	Montagem e instalação das formas dos pilares primeiro pavimento	25TI+7 dias
5.1.3.2	Montagem e instalação das armaduras dos pilares primeiro pavimento	25TI+7 dias
5.1.3.3	Lançamento e adensamento do concreto	27;28
<b>5.1.4</b>	<b>▸ Execução das vigas do primeiro pavimento</b>	
5.1.4.1	Montagem e instalação das formas das vigas primeiro pavimento	29TI+7 dias
5.1.4.2	Montagem e instalação das armaduras das vigas primeiro pavimento	29TI+7 dias

Fonte: O autor

### 5.1.5. Definição das durações, cronogramas e equipes de trabalho

Após a determinação das precedências, partiu-se para a determinação do cronograma. Existem duas maneiras para isso: a primeira é estimar as durações das tarefas em função da equipe e a segunda é determinar a equipe em função da duração. Logo, devido as limitações de tempo impostas à execução do empreendimento optou-se pela segunda opção.

Dessa forma, juntamente com os profissionais envolvidos no projeto, estipularam-se as durações para execução de cada atividade com base nas produtividades do banco de dados de obras da mesma empresa. Feito isso, inseriram-se os valores no MS Project para compor o cronograma inicial, como mostra no Quadro 7.

A obra teve início no dia 02/01/2017 e os dias úteis considerados são de segunda à sexta com jornada de trabalho de 8 horas por dia.

**Quadro 7:** Duração das atividades

Nome da tarefa	Duração	Início	Término
▲ <b>Bloco pedagógico</b>	<b>337 dias</b>	<b>Seg 02/01/17</b>	<b>Qua 18/04/18</b>
▷ <b>Serviços preliminares</b>	<b>37 dias</b>	<b>Seg 02/01/17</b>	<b>Qua 22/02/17</b>
▷ <b>Terraplanagem</b>	<b>28 dias</b>	<b>Qua 25/01/17</b>	<b>Seg 06/03/17</b>
▷ <b>Infraestrutura</b>	<b>14 dias</b>	<b>Seg 06/03/17</b>	<b>Sex 24/03/17</b>
▷ <b>Superestrutura</b>	<b>189 dias</b>	<b>Ter 04/04/17</b>	<b>Seg 25/12/17</b>
▷ <b>Alvenaria</b>	<b>93 dias</b>	<b>Seg 07/08/17</b>	<b>Qui 14/12/17</b>
▷ <b>Esquadrias</b>	<b>71 dias</b>	<b>Qui 14/09/17</b>	<b>Sex 22/12/17</b>
▷ <b>Revestimento</b>	<b>105 dias</b>	<b>Qui 14/09/17</b>	<b>Qui 08/02/18</b>
▷ <b>Pintura</b>	<b>77 dias</b>	<b>Qui 02/11/17</b>	<b>Seg 19/02/18</b>
▷ <b>Pisos</b>	<b>81 dias</b>	<b>Qui 19/10/17</b>	<b>Sex 09/02/18</b>
▷ <b>Telhado</b>	<b>37 dias</b>	<b>Seg 05/02/18</b>	<b>Qua 28/03/18</b>
▷ <b>Serviços complementares</b>	<b>15 dias</b>	<b>Qua 28/03/18</b>	<b>Qua 18/04/18</b>

Fonte: O autor

A próxima etapa foi definir o quantitativo de materiais empregados em cada tarefa. Como o Revit trabalha com objetos parametrizados, as quantidades são facilmente obtidas com o uso da ferramenta *Schedule*. O Quadro 8 ilustra o quantitativo de materiais para a atividade Alvenaria, Revestimento de paredes e Pintura.

**Quadro 8:** Quantidade de Materiais para Alvenaria, Revestimento e Pintura

Nome do material	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
Alvenaria de blocos cerâmicos - 14cm	2825	398,67
Cerâmica branca - 15x15cm	452	1
Cimento colante	452	9,04
Argamassa de revestimento	5199	50,04
Pintura látex acrílico branco neve	2636	4,22
Pintura Látex PVA branca neve	2563	8,89
TOTAL	14127	471,58

Fonte: O autor



Com a definição das durações e o quantitativo de materiais, o passo seguinte foi determinar as equipes necessárias à execução de cada tarefa no tempo estipulado. Para isso, utilizando-se a Equação 2 e as taxas de produtividade do TCPO (PINI, 2010) e da Tabela de Produtividade Badra, foi possível elaborar planilhas no Excel para a determinação da quantidade de pedreiros, serventes e demais profissionais envolvidos na construção. O Quadro 9 ilustra a determinação dos recursos humanos para a atividade Revestimento de Paredes.

**Quadro 9:** Quantidade de Recursos Humanos para a atividade Revestimento

	Produtividade (m <sup>2</sup> /h)	Produção Por dia	Equipe Base	Quantidade (m <sup>2</sup> )	Duração (dias)	Jornada (h/dia)	Recursos Humanos
<b>Primeiro Pavimento</b>							
Aplicação da argamassa de revestimento e = 3cm	3,5	28 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	5199	25	8	7,427142857
Aplicação de cimento colante	2,5	20 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	452	10	8	2,26
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros e laboratórios	1	8 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	452	5	8	11,3
<b>Segundo Pavimento</b>							
Aplicação da argamassa de revestimento e = 3cm	3,5	28 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	5199	25	8	7,427142857
Aplicação de cimento colante	2,5	20 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	452	5	8	2,26
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros e laboratórios	1	8 m <sup>2</sup> /dia	1p+1s	452		8	11,3

■ Tabela Badra ■ Dados de entrada ■ Dados de saída

Fonte: O autor

Analisando o referido quadro, percebe-se de acordo com a Tabela de Produtividade Badra – Quadro 1 - que uma equipe base de 1 pedreiro e 1 servente tem uma produtividade de 3,5 m<sup>3</sup>/dia para aplicação da argamassa de revestimento. Logo, obteve-se ao aplicar os valores referentes a este trabalho a quantidade de 7,42 recursos humanos para execução desta tarefa. Obviamente, os valores foram arredondados para o inteiro maior, obedecendo a proporção 1:1. Assim, para cada 8 pedreiros são necessários 8 serventes para executarem 5199 m<sup>2</sup> de revestimento em 25 dias a uma jornada de 8 horas diárias.

Dessa forma, para a execução da atividade Revestimento de Paredes são necessários os recursos disponíveis no Quadro 10. Logo, o cronograma se torna função da equipe: se em algum momento houver a necessidade de acelerar a

execução da obra, o planejador poderá contratar novos funcionários e aumentar a produtividade reduzindo o tempo.

**Quadro 10:** Equipes para atividade Revestimento de Paredes

	Equipe Base	Duração (dias)	Pedreiros	Serventes
<b>Primeiro Pavimento</b>				
Aplicação da argamassa de revestimento e = 3cm	1p+1s	25	8	8
Aplicação de cimento colante	1p+1s	10	3	3
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros e laboratórios	1p+1s	5	12	12
<b>Segundo Pavimento</b>				
Aplicação da argamassa de revestimento e = 3cm	1p+1s	25	8	8
Aplicação de cimento colante	1p+1s	10	3	3
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros e laboratórios	1p+1s	5	12	12

Fonte: O autor

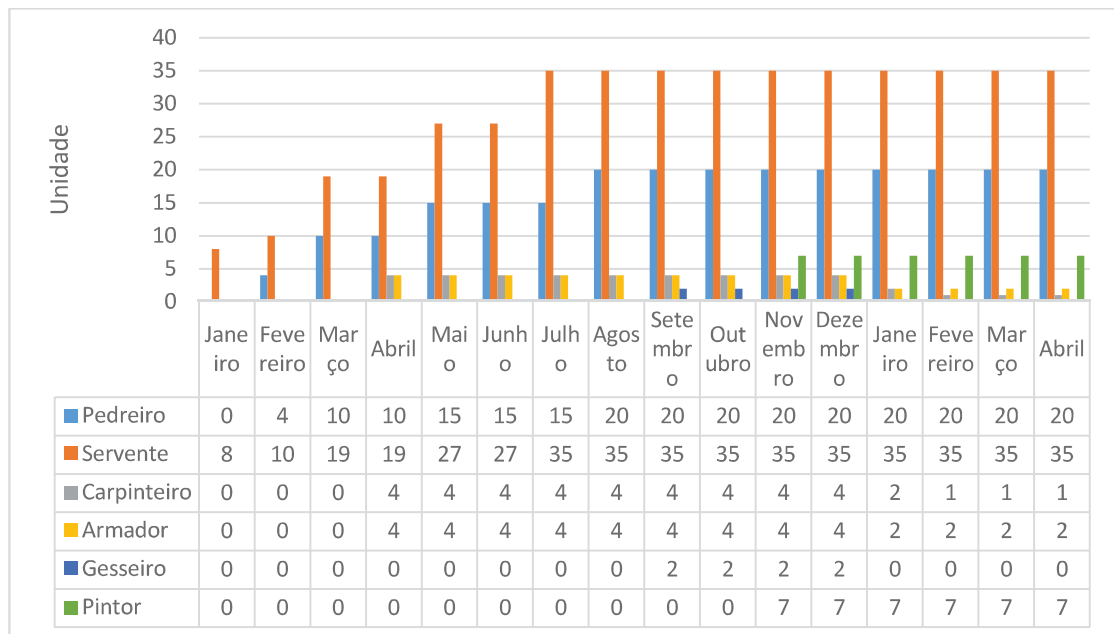
Para a execução das atividades no cronograma total previsto são necessários os recursos dispostos no Quadro 11.

**Quadro 11:** Recursos necessários para Bloco pedagógico

Recurso	Unidade
Pedreiro	20
Servente	35
Carpinteiro	3
Armador	3
Gesseiro	2
Pintor	7

Fonte: O autor

Assim definido, pode-se alocar os recursos com o tempo, sendo possível ao planejador o gerenciamento do contrato dos trabalhadores através da análise dos períodos de maiores e menores picos de trabalho, evitando com isso a ociosidade e consequentemente a redução de gastos, como mostra a Figura 12.

**Figura 12: Alocação dos recursos no tempo**

Fonte: O autor

Os recursos definidos aqui correspondem exatamente as durações estabelecidas no cronograma. Neste sentido, cabe ao responsável pela obra decidir a contratação de mais ou menos operários, o qual afetará diretamente no calendário executivo.

### 5.1.6. Elaboração do gráfico de Gantt

Pode-se, então, extrair o gráfico de Gantt do MS Project, o qual serviu para o acompanhamento da execução das atividades. Devido a quantidade de tarefas, o gráfico de Gantt teve que ser desmembrado em seis partes, como disposto no Apêndice B.

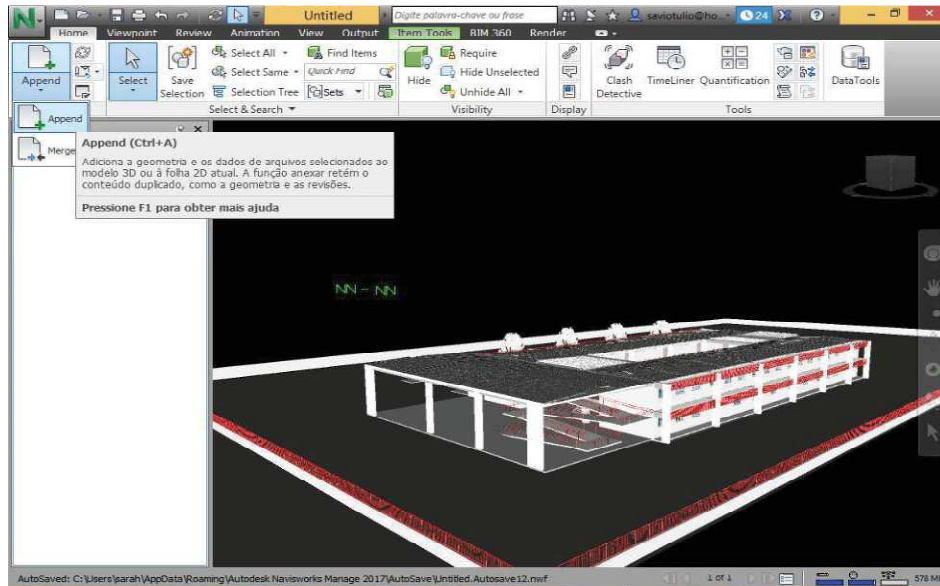
## 5.2. BIM 4D

### 5.2.1. Preparação e integração dos arquivos no Autodesk Navisworks

Definido o cronograma e com o modelo 3D pronto, a próxima etapa foi a importação do arquivo Revit para o Autodesk Navisworks 2017, utilizando a ferramenta *Append*. Em seguida, fez-se necessário, antes de tudo, verificar a

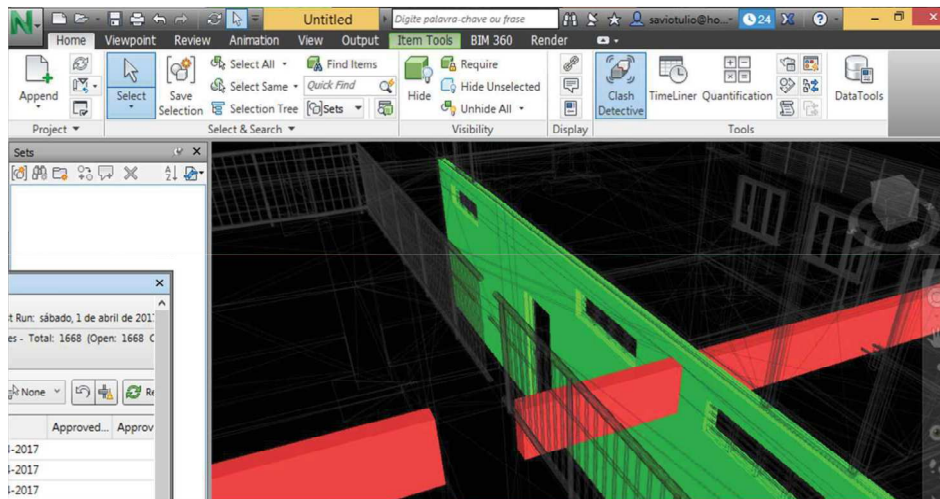
presença de interferências entre os objetos por meio da ferramenta *Clash Detection*, corrigindo-as quando possível. A Figura 13 e a Figura 14 ilustram as interferências no Navisworks.

**Figura 13:** Importação do modelo 3D para o Navisworks



Fonte: O autor

**Figura 14:** Determinação das interferências entre projetos



Fonte: O autor

Para facilitar o trabalho dos profissionais, é possível atribuir a cada interferência a responsabilidade da correção. Assim, pode-se gerar relatórios com informações relevantes para retificar o que está errado, como ilustrado no Quadro 12.

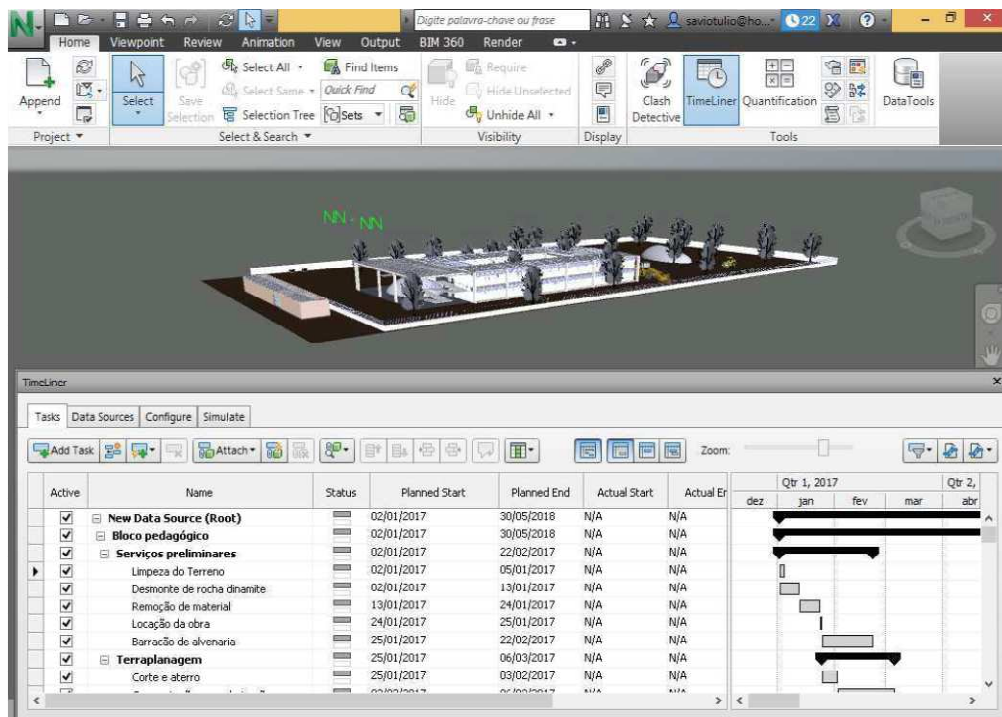
**Quadro 12:** Lista de interferências (clash detections) entre elementos

Image	Clash Name	Status	Distance	Grid Location	Description	Date Found	Clash Point	Item 1			Item 2				
								Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-1.142		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:-25.778, y:-17.412, z:1.345	Element ID: 1067897	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1075297	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: laje 15 cm passarela
	Clash2	New	-0.651		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:-26.128, y:-9.186, z:1.345	Element ID: 1067868	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1075297	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: laje 15 cm passarela
	Clash3	New	-0.600		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:-7.903, y:-17.403, z:1.400	Element ID: 1067946	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1138536	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: LAJE MEIO 5 CM
	Clash4	New	-0.600		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:1.099, y:-17.403, z:1.400	Element ID: 1067968	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1138536	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: LAJE MEIO 5 CM
	Clash5	New	-0.600		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:-7.901, y:-9.186, z:1.400	Element ID: 1067817	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1138536	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: LAJE MEIO 5 CM
	Clash6	New	-0.600		Hard	2017/4/6 02:28.11	x:1.099, y:-9.186, z:1.400	Element ID: 1067795	Térreo	Pilar Retangular de Concreto	Pilares estruturais: Pilar Retangular de Concreto: PILAR 09 35X80	Element ID: 1138536	1ª Pavimento	Laje de fundação	Fundações estruturais: Laje de fundação: LAJE MEIO 5 CM
						2017/4/6	x:18.749,	Element		Pilar	Pilares estruturais:	Element	1ª	Laje de	Fundações estruturais: Laje de

Fonte: O autor

Após correção das interferências, integrou-se o cronograma ao *Navisworks* utilizando a ferramenta *TimeLiner > Data source*. Percebe-se, na Figura 15, do lado esquerdo a tabela de atividades e do lado direito o gráfico de Gantt

**Figura 15: Integração do cronograma ao modelo 3D**

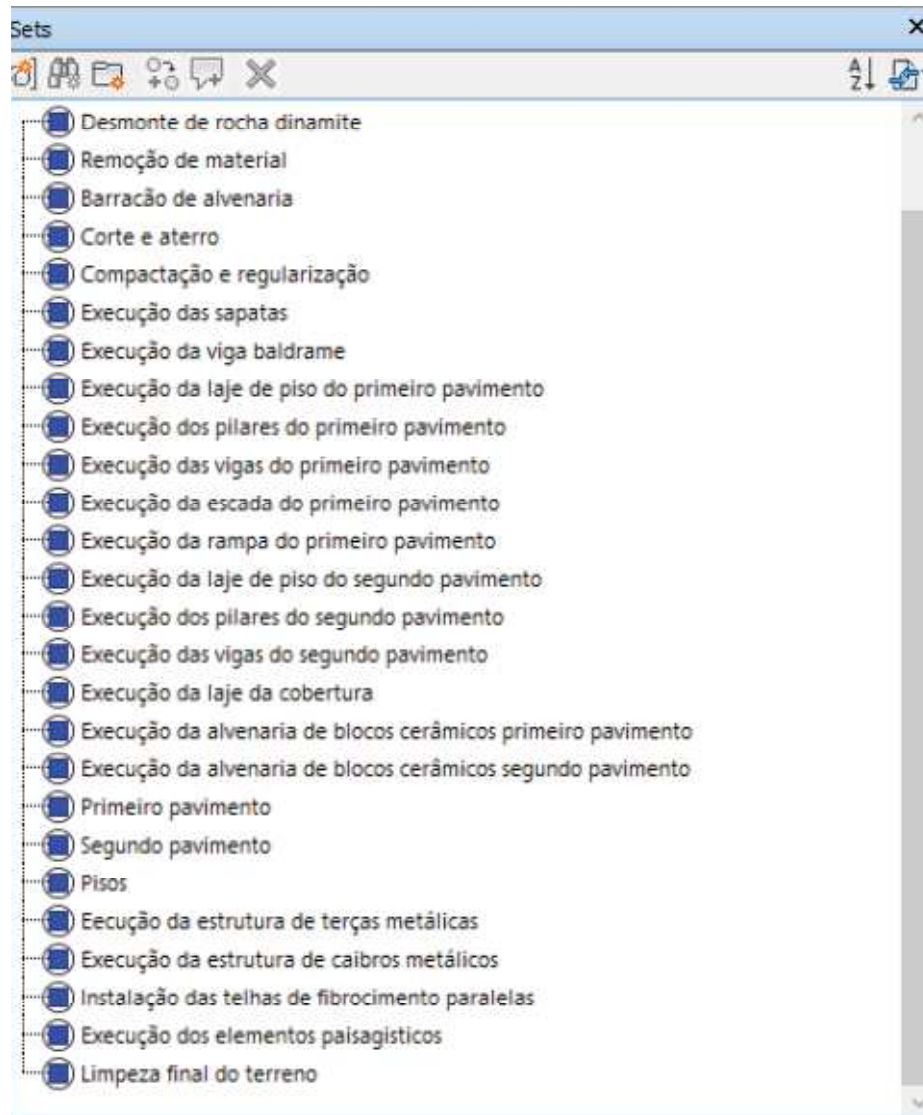


Fonte: O autor

O próximo passo foi classificar cada atividade de acordo como deveriam aparecer no planejamento. Assim, os elementos do modelo foram divididos em: elementos de construção definitiva (*construct*), como estrutura e alvenaria; elementos de demolição (*demolish*), desmonte de rochas; e elementos temporários (*temporary*), como barracão de alvenaria.

Em seguida, criou-se no Navisworks *sets* idênticos aos pacotes de trabalho correspondentes ao cronograma, utilizando a ferramenta *Selection set*. Isso possibilitou realizar associações das tarefas do MS Project com os objetos do modelo 3D, como mostra a Figura 16.

**Figura 16:** Definição dos sets

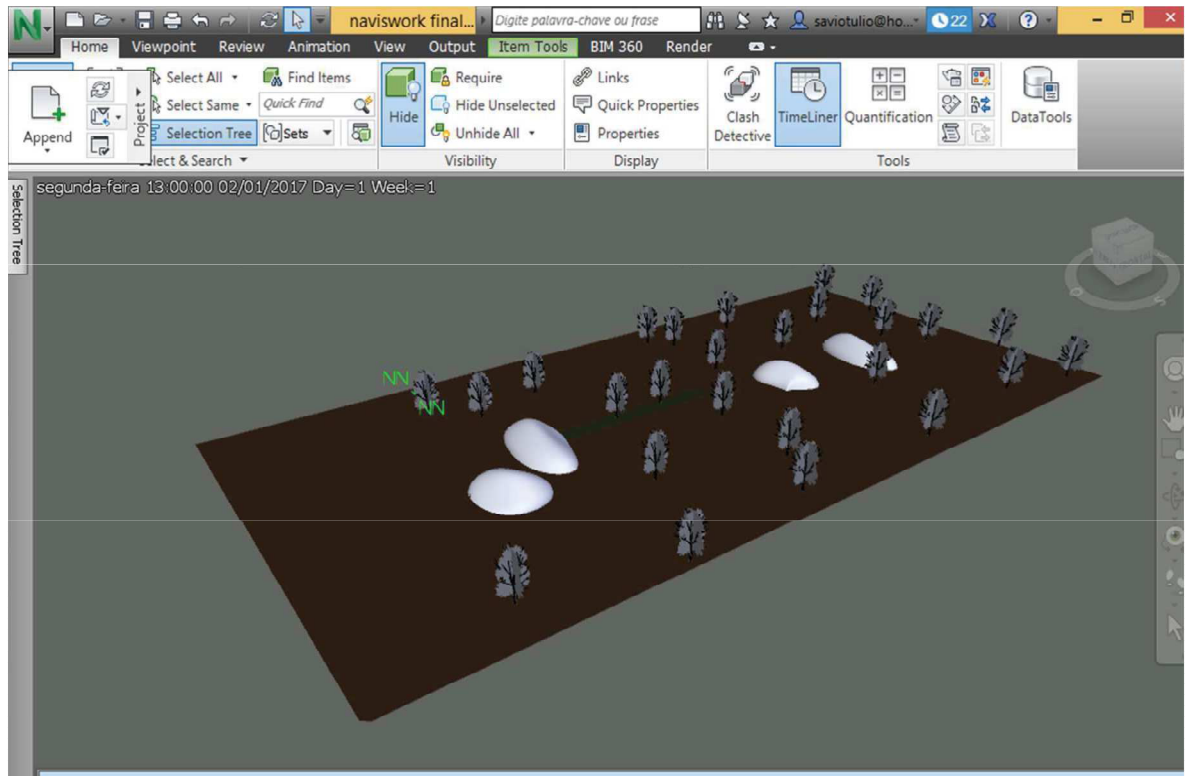


Fonte: O autor

### 5.2.2. Simulação do planejamento 4D

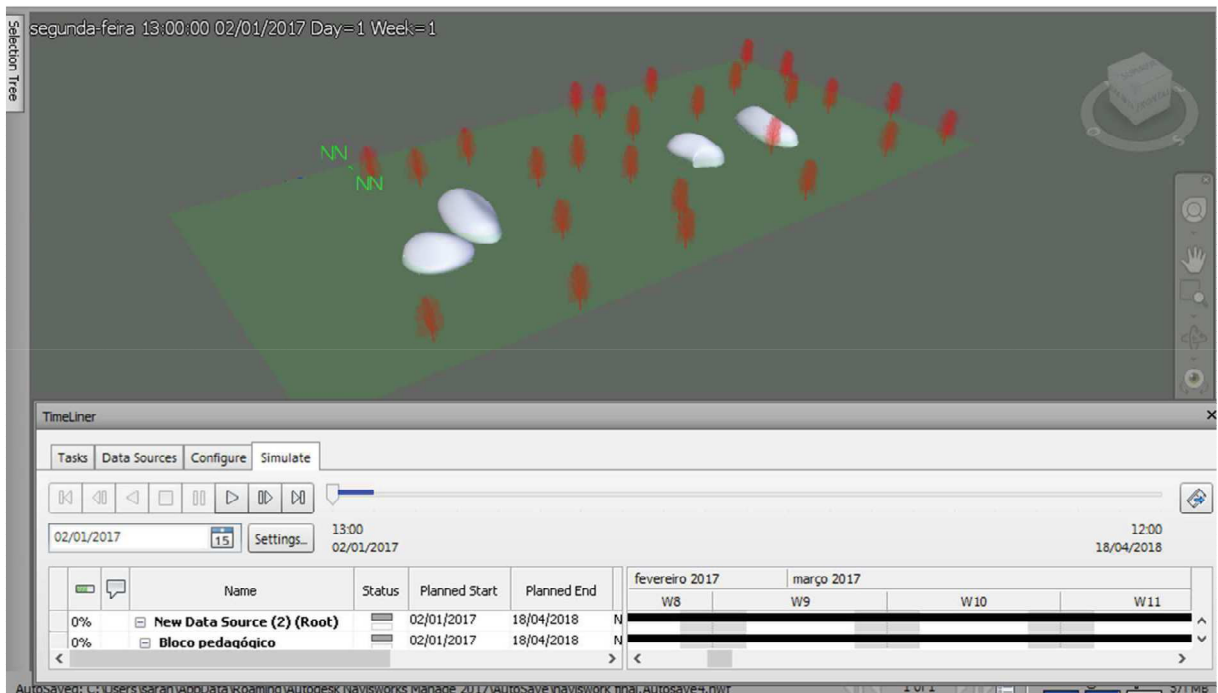
Após tudo isso foi possível realizar a simulação do planejamento 4D. A sequência de imagens a seguir (Figura 17 a Figura 25) reproduzem o andamento das tarefas com a simulação. No canto superior esquerdo pode-se observar a data da execução da tarefa, bem como o dia da semana e o horário. Os elementos na cor vermelha representam tarefas em demolição; na cor verde em construção e na cor amarela temporários.

**Figura 17:** Terreno no início da obra. Data: 02/01/2017.



Fonte: O autor

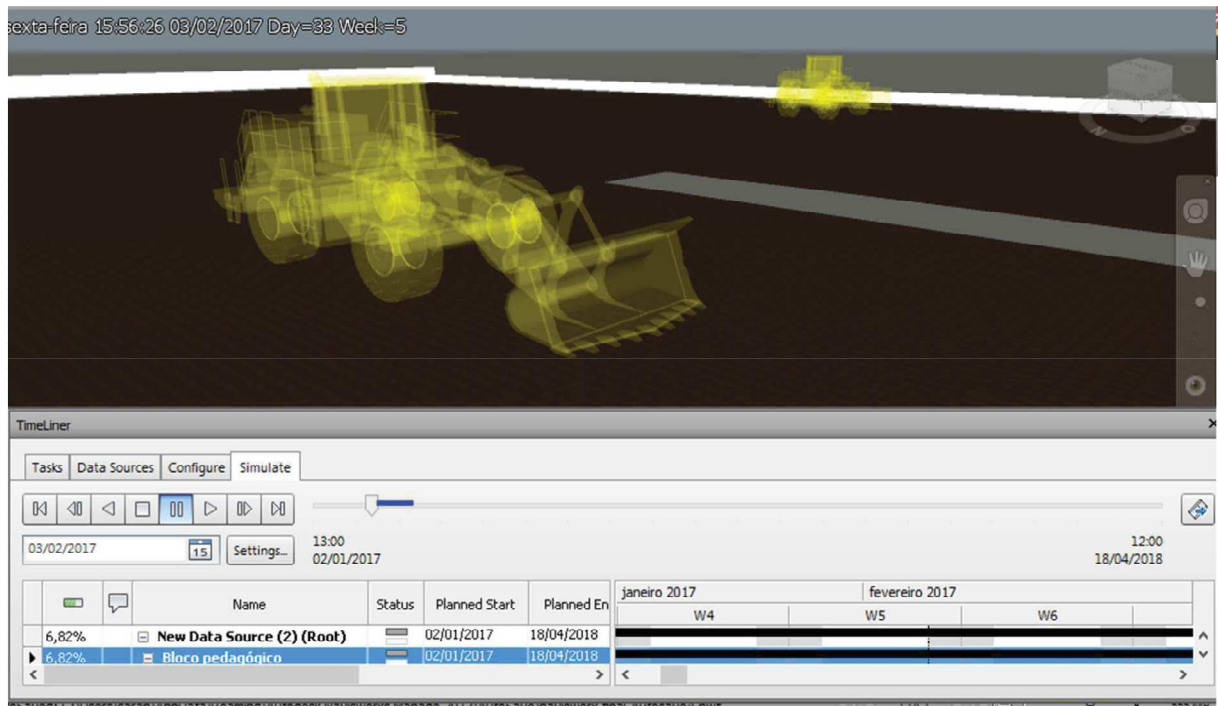
**Figura 18:** Início da Limpeza do terreno. Data: 02/01/2017



Fonte: O autor

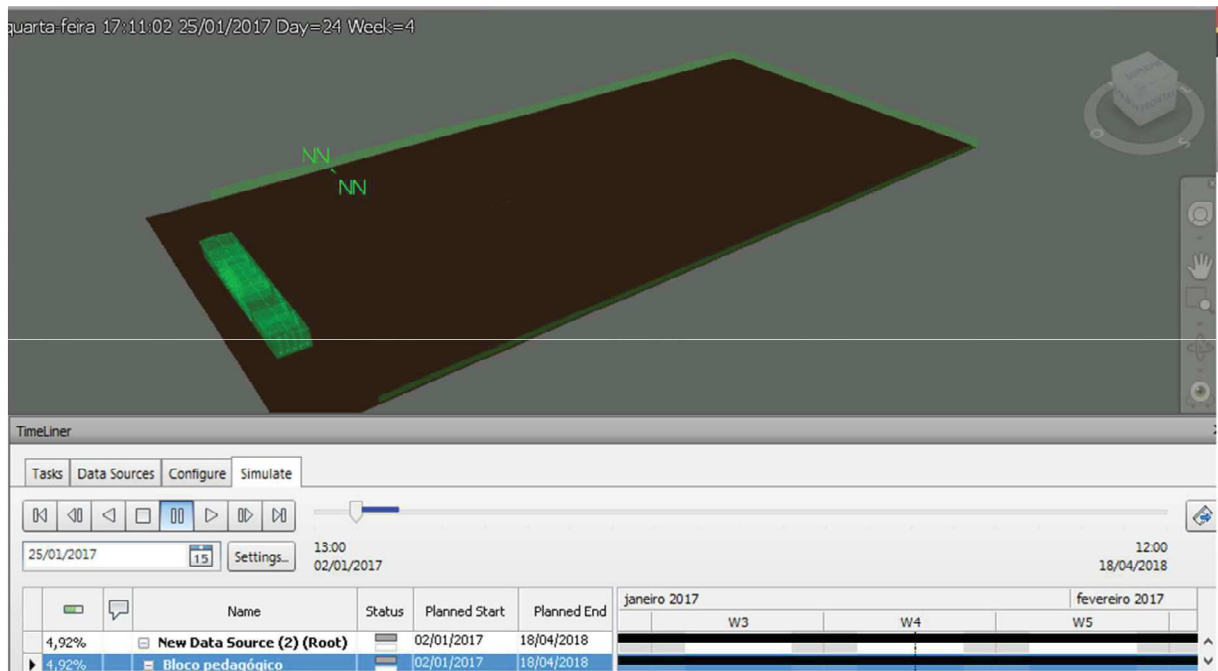


**Figura 19:** Terraplanagem em execução. Data: 03/02/2017.



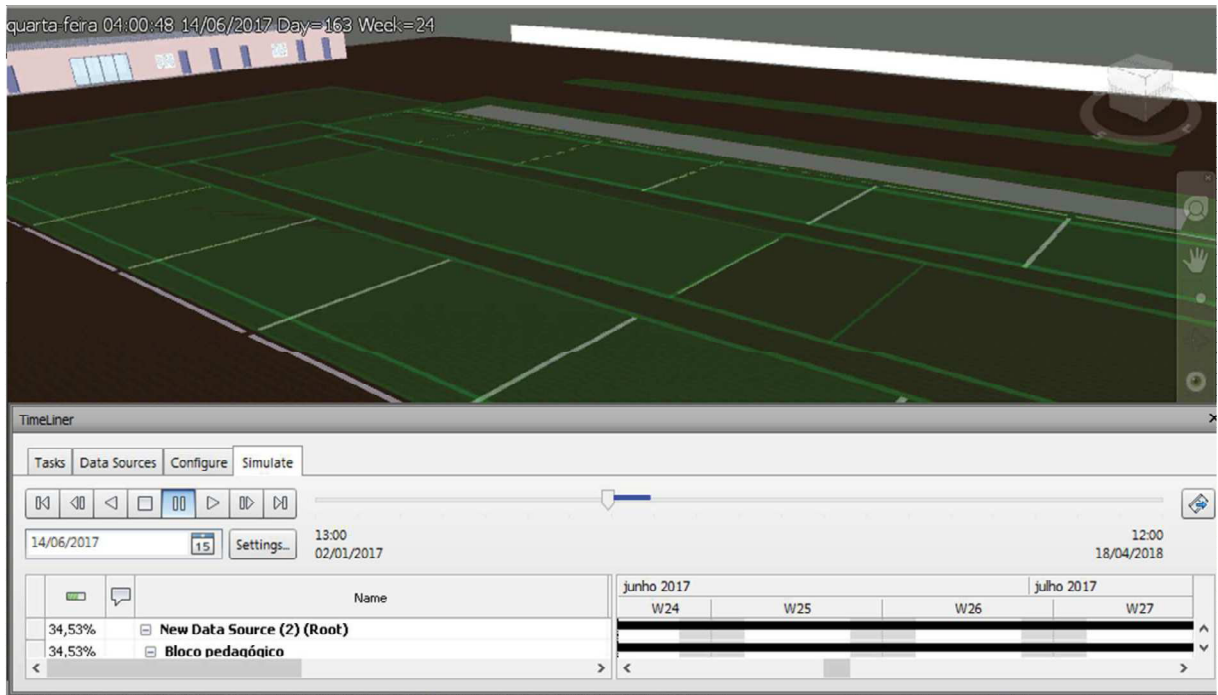
Fonte: O autor

**Figura 20:** Barracão em execução. Data: 25/01/2017.



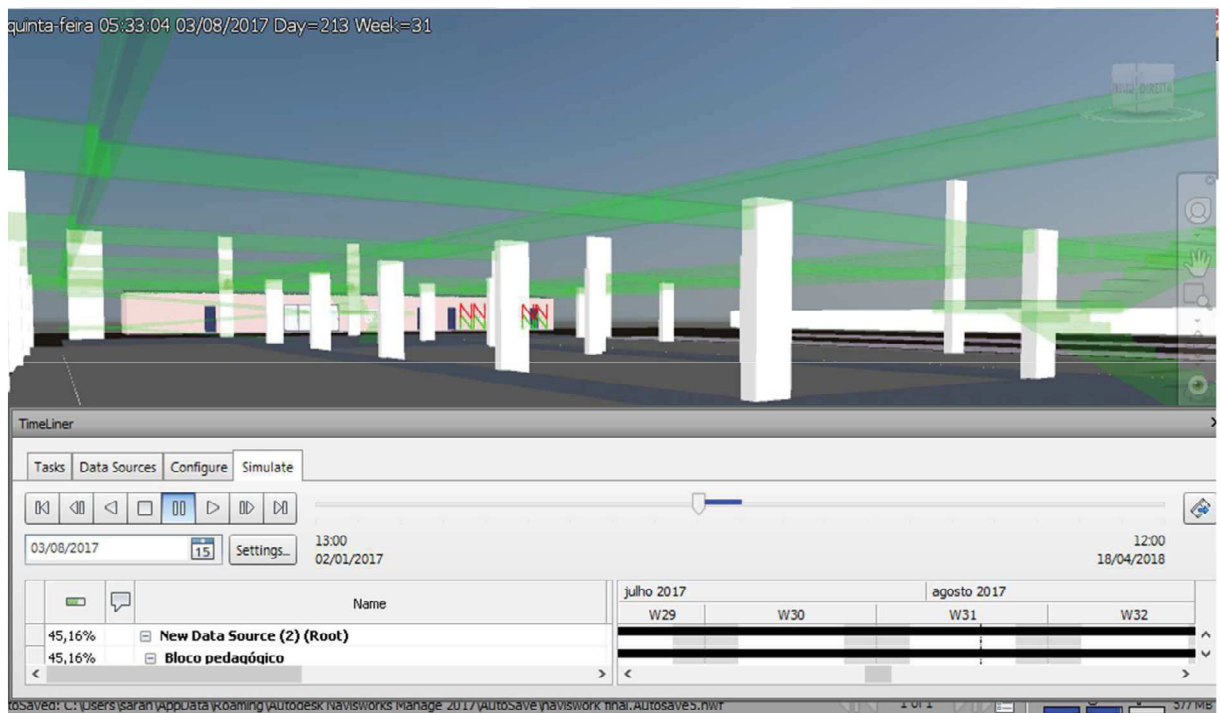
Fonte: O autor

**Figura 21:** Fundação em execução. Data: 14/06/2017.



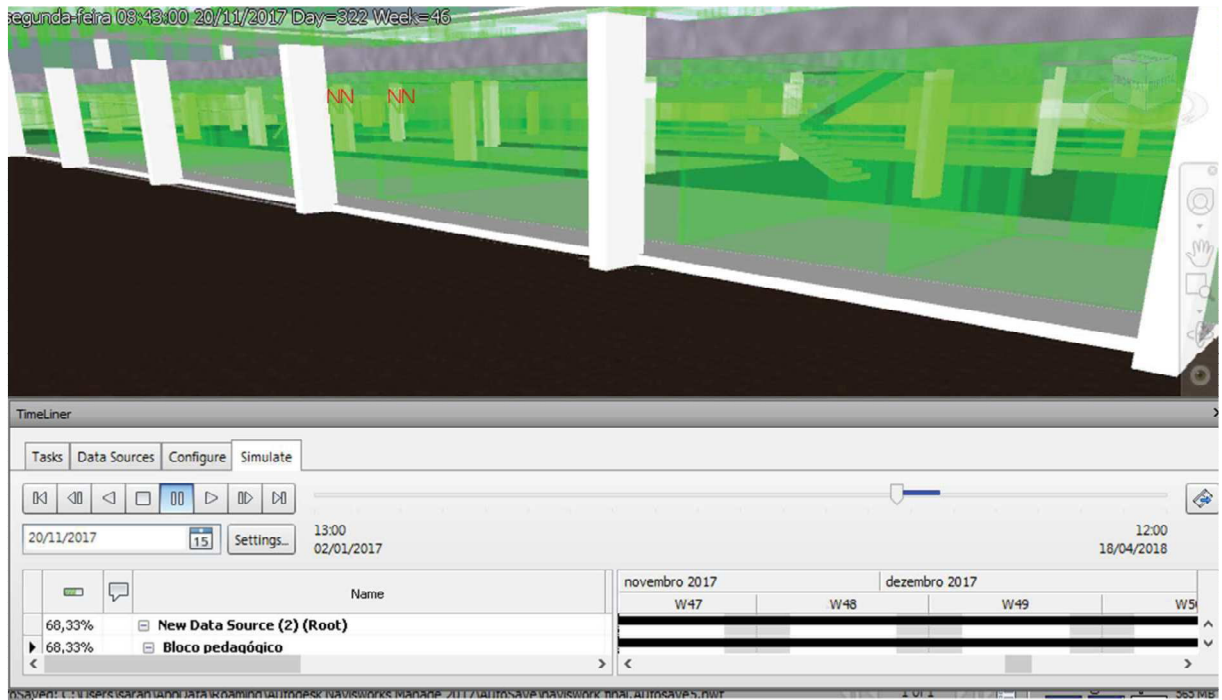
Fonte: O autor

**Figura 22:** Vigas do primeiro pavimento em execução. Data: 03/08/2017.



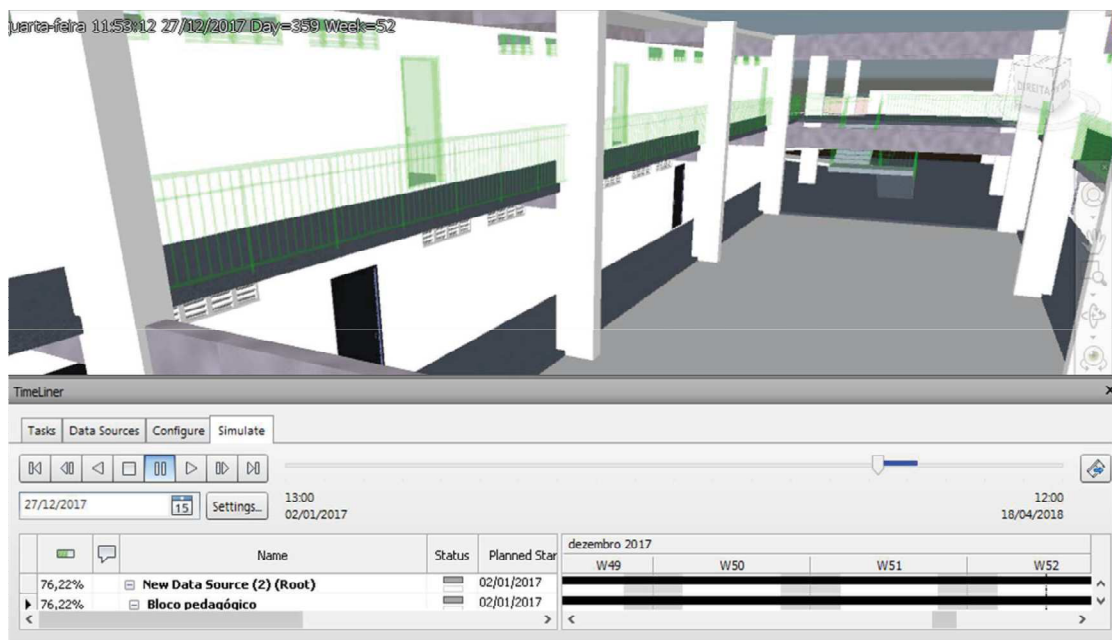
Fonte: O autor

**Figura 23:** Alvenaria em execução. Data: 20/11/2017.



Fonte: O autor

**Figura 24:** Instalação das esquadrias (portas, janelas, guarda corpos). Data: 27/12/2017.



Fonte: O autor

**Figura 25:** Execução do telhado e jardinagem. Data: 31/03/2018.



Fonte: O autor

### 5.3. PERT/CPM

#### 5.3.1. Elaboração do diagrama de blocos

Ainda seguindo os objetivos deste trabalho fez-se necessário o desenvolvimento do planejamento utilizando a técnica PERT/CPM. Para isso, utilizaram-se os mesmos parâmetros, informações e a EAP da técnica anterior. Logo, optou-se pela escolha do diagrama de blocos ou de precedências, o qual foi elaborado e extraído a partir do MS Project.

Igualmente ao gráfico de Gantt, devido ao seu tamanho, o diagrama de blocos foi dividido em partes, o qual está disposto no Apêndice C.

O diagrama de blocos é para a técnica PERT/CPM o que a simulação 4D no Navisworks é para o BIM. O monitoramento do tempo e execução das atividades é feito de forma manual por meio da análise do sequenciamento das atividades.

Uma das formas para o controle nesta técnica é a atualização periódica das porcentagens de tarefas concluídas, o qual deve ser feito com base nas experiências dos profissionais e observação da obra.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso apresentado neste trabalho mostrou a aplicabilidade das técnicas BIM 4D e PERT/CPM no gerenciamento do tempo de uma obra de engenharia civil. Diante do que foi exposto nos capítulos anteriores, será discutido a seguir os principais resultados obtidos relevantes à esta pesquisa.

O modelo 3D é um fator preponderante na qualidade do planejamento 4D. Empresas que pretendem utilizar o BIM como ferramenta de planejamento devem, antes de tudo, ter seus projetos desenvolvidos em um software de modelagem paramétrica. Em se tratando de tempo, é muito mais vantajoso trabalhar em Revit do que em CAD, pois é possível a elaboração de todas as pranchas simultaneamente. Além disso, os objetos são parametrizados, o que facilita a elaboração de quantitativos e orçamentos.

No caso deste trabalho os arquivos originais estavam no formato CAD o que demandou tempo na elaboração do modelo 3D. Algumas dificuldades surgiram na definição de certos materiais e elementos componentes da arquitetura, pois os dados estavam implícitos nos memoriais descritivos, o que pôde favorecer o surgimento de erros.

Por ser a unidade que demanda mais recursos e rapidez na execução, decidiu-se através do escopo cobrir apenas o bloco pedagógico, bem como os elementos estruturais e arquitetônicos que o compõe.

A estrutura analítica de projetos foi elaborada com o auxílio do mestre de obras e do engenheiro responsável, definindo um nível de detalhamento mediano para o projeto. O nível de detalhamento deve concordar com o objetivo gerencial do escopo: pacotes de trabalho com nível de detalhamento baixo gera cronogramas limitados, enquanto níveis de detalhamento muito alto impossibilita o trabalho do planejador, pois o número de informações a ser gerenciado pode gerar confusões.

Durante a importação dos arquivos para o Navisworks deve-se atentar aos seus formatos. Como este software trabalha com renderização dinâmica, é aconselhável que se utilize o formato NWC ao invés de RVT.

A seguir, será feita uma discussão a respeito dos benefícios e dificuldades através de comparação entre as técnicas BIM 4D e PERT/CPM para o planejamento e monitoramento de obras

## 6.1. VISUALIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO

O BIM 4D permitiu uma melhor visualização do planejamento através da simulação 4D integrado ao cronograma. Foi possível realizar uma simulação dinâmica por todo o empreendimento. O Navisworks possibilitou a movimentação por dentro do modelo, tornando mais fácil a visualização de pequenos detalhes, além de possibilitar mudança de cenários que correspondem as fases construtivas, tornando o planejamento mais eficiente e assertivo.

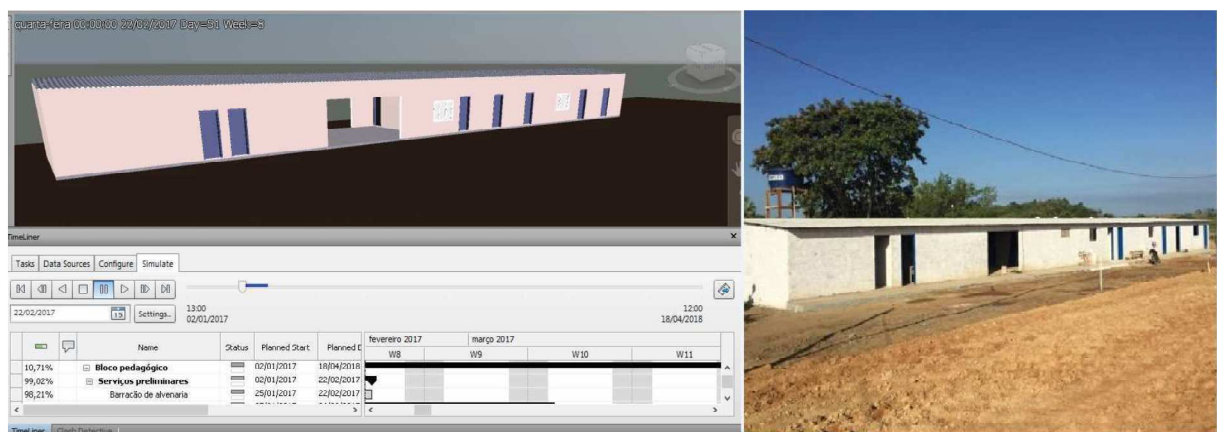
Por outro lado, a visualização do planejamento utilizando o PERT/CPM é feita mentalmente. O planejador faz uso dos diagramas que estão impressos em grandes mapas e imagina a execução de cada tarefa.

## 6.2. MONITORAMENTO DO CRONOGRAMA

O BIM 4D permite realizar um controle mais rigoroso do cronograma. É possível analisar a evolução do empreendimento por meio de comparações com o modelo e o executado, determinando as atividades em atraso.

A Figura 26 ilustra uma comparação feita em campo com o modelo 4D.

**Figura 26:** Comparação entre simulação 4D e a obra.

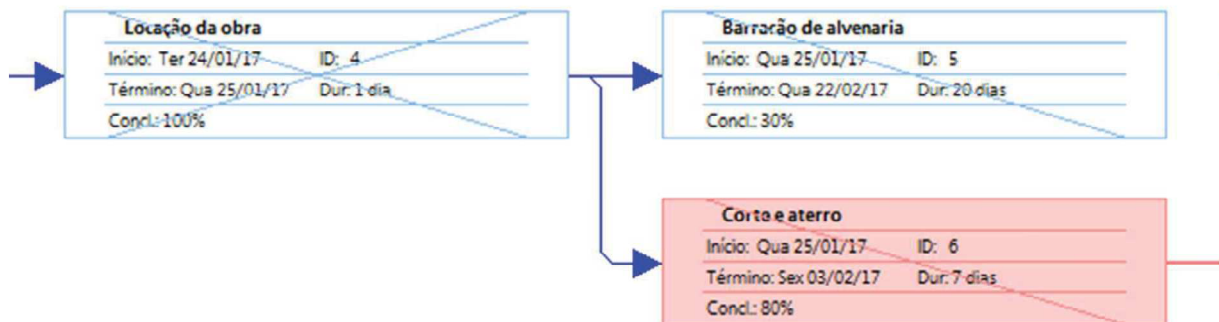


Fonte: O autor

O monitoramento utilizando PERT/CPM é feito pelo diagrama de redes. O planejador informa a porcentagem de execução de uma atividade com base nas suas análises e conhecimentos, o qual é passível a erros. Por outro lado, o BIM mostra a porcentagem da conclusão com base em cálculos digitais sobre o modelo

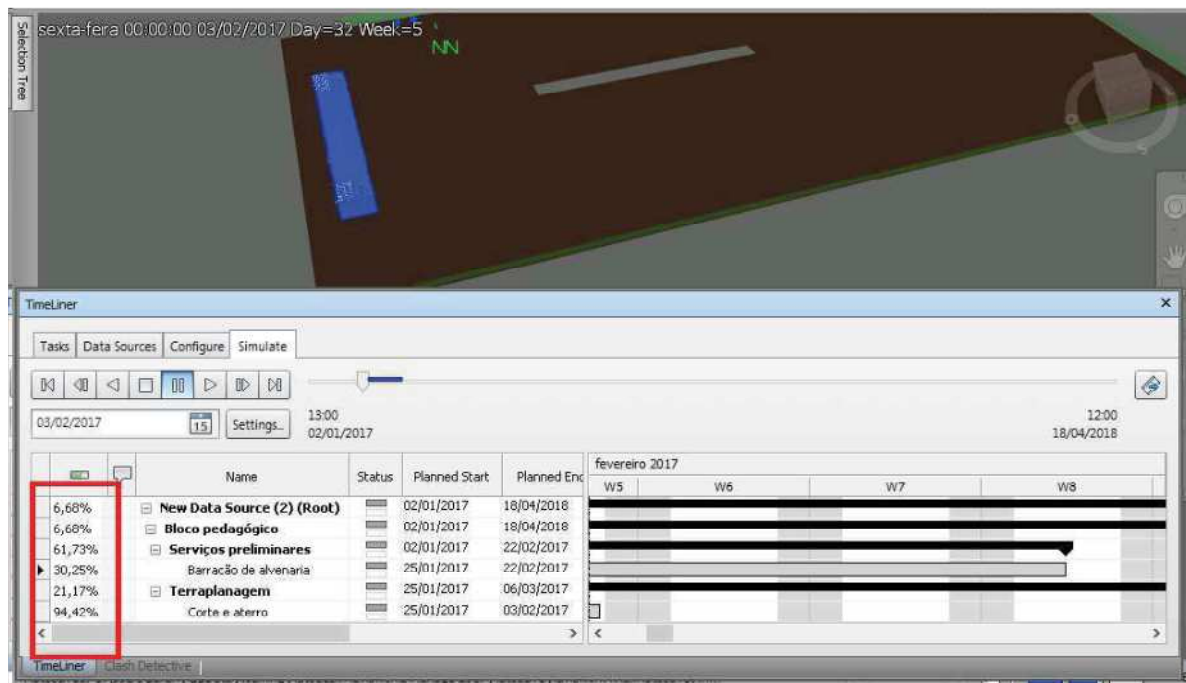
paramétrico, assim assertividade é muito maior. A Figura 27 e a Figura 28 mostram o monitoramento feito através de um diagrama de blocos e do planejamento 4D para a data de 03/02/2017. Percebe-se uma diferença nas porcentagens de execução das tarefas barracão de alvenaria e corte e aterro.

**Figura 27:** Monitoramento executivo por diagrama de rede



Fonte: O autor

**Figura 28:** Monitoramento executivo por Navisworks



Fonte: O autor

### 6.3. REDUÇÃO DOS RISCOS E REVISÕES DE PROJETOS

Com o modelo 3D é possível realizar diversas simulações, as quais auxiliam na visualização de riscos que possam ocasionar atrasos na obra. Dessa forma, com o BIM a equipe identifica os conflitos mais cedo e podem tomar medidas para solucioná-las antes do problema acontecer e a custos mais baratos.

A identificação dos riscos no diagrama PERT/CPM é feita com base nos conhecimentos dos profissionais.

### 6.4. EFEITOS NA PRODUTIVIDADE

O BIM permite a troca de experiências e informações entre os profissionais envolvidos, estudos de sequências construtivas e de logística de canteiros como também soluções que otimizem os processos. Isso facilita o trabalho da equipe da obra, automatizando os processos e reduzindo tempos desnecessários.

No caso da constatação de atrasos, alterações nos projetos ou mudanças no cronograma a troca de informações entra as equipes de obras se torna muito mais rápida. É que o BIM oferece ferramentas de comunicação e troca de informações por meio de ferramentas simples, como compartilhamento em nuvem. A figura 29 representa a interface do aplicativo para compartilhamento de informações de projetos da Autodesk BIM 360 Docs.

**Figura 29:** Interface do Aplicativo BIM 360 Docs



Fonte: O autor



No PERT/CPM a produtividade vai depender da habitualidade e experiência do profissional ao trabalhar com extensos diagramas de rede, gráficos de Gantt e tabelas.

## 6.5. CAMINHO CRÍTICO

Como se sabe, o caminho crítico é a sequência de atividades de maior duração e é ela que determina o prazo total do projeto, desse modo, qualquer atraso nas tarefas componentes do caminho crítico afeta o cronograma.

Diante disso, durante a simulação 4D não é possível o reconhecimento do caminho crítico. Logo, o modelo carece de um recurso visual que represente atividades críticas ao longo da simulação. Por sua vez, no diagrama de blocos o caminho crítico é de fácil identificação. No exemplo desenvolvido neste trabalho as atividades críticas estão representadas na cor rosa.

## 7. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi verificar a aplicabilidade do BIM 4D no planejamento e monitoramento de obras frente à tradicional técnica de gerenciamento PERT/CPM, através de um estudo de caso com abordagem comparativa e qualitativa. Diante disto, a partir das simulações foi possível constatar, de fato, as potencialidades que o BIM oferece no gerenciamento do tempo de uma obra, proporcionando um entendimento diferenciado do planejamento e permitindo um melhor controle da execução.

A realização deste trabalho só foi possível através de um aprofundamento teórico dos conceitos e princípios do gerenciamento de projetos segundo as disposições do PMI. Assim, a definição de planejamento e monitoramento se fizeram imprescindíveis para a correta aplicação do BIM 4D e do PERT/CPM no controle do tempo.

O escopo do projeto cobriu apenas o planejamento do bloco pedagógico, por ser a unidade que demanda mais recursos e rapidez na execução. Logo, a equipe de projeto, cronograma e todos os elementos desenvolvido anteriormente referiram-se apenas ao bloco pedagógico, ficando de fora as demais unidades do projeto. Desse modo, a quantidade de trabalhadores vai além do que foi definido neste trabalho. O cronograma pode sofrer influência de outras equipes o qual depende do andamento e finalização das outras unidades (Ginásio, biblioteca e auditório).

Preocupou-se em desenvolver uma Estrutura Analítica de Projetos com nível de detalhamento mediano, destacando a sequência das principais atividades desenvolvidas bem como a relação de dependência entre elas. Entretanto, percebe-se que as atividades de instalações hidráulicas e elétricas não foram consideradas na EAP, as quais podem ocasionar diferenças consideráveis no prazo final do projeto.

Depois disso, foi elaborado o diagrama de blocos utilizando o MS Project e os conceitos da técnica PERT/CPM. Percebe-se que desenvolver um planejamento utilizando um diagrama de redes é trabalhoso devido a quantidade de informações e atividades interligados. Logo é indispensável o uso de um computador junto ao gráfico de Gantt para acompanhamento do diagrama.

A modelagem paramétrica do projeto foi desenvolvida mediante plantas baixas em CAD, através do software de modelagem paramétrica Autodesk Revit. Por falta de especificações no memorial descritivo, algumas informações tiveram que ser

adaptadas e consideradas para a efetiva realização do planejamento. Como exemplo, pode-se citar o tipo de material cerâmico empregado nos banheiros, bem como as especificações do gradil e brise.

Para que se tivesse um modelo mais próximo da realidade, teve-se que fazer verificações de interferências entre elementos do arquivo. Isso foi necessário pois a presença de *clash detection* pode ocasionar erros na quantificação de materiais, fazendo o software quantificar mais de uma vez o mesmo elemento.

Com isso, foi possível integrar o cronograma ao Navisworks, relacionando as tarefas ao modelo 3D e executando a simulação. Logo, infere-se que quanto mais organizado for o arquivo em Revit mais fácil serão as chances de distinguir e dividir os pacotes de trabalho com base na seleção dos elementos do modelo com a respectiva atividade no cronograma.

Neste sentido, a simulação 4D permitiu uma melhor visualização das tarefas planejadas, possibilitando a análise detalhada do modelo, bem como a previsão de riscos e fatores que poderiam ocasionar atrasos no cronograma. Neste caso o BIM 4D se mostra mais eficiente que o PERT/CPM, aumentando com seu uso a produtividade dos profissionais.

Ademais, sabe-se que o controle da execução constitui uma tarefa fundamental para que os objetivos do planejamento sejam alcançados. Neste sentido, a utilização do BIM no monitoramento é, sem dúvidas, um dos pontos de maior destaque neste estudo. É que a simulação 4D viabiliza o total controle das etapas construtivas, pois é possível acompanhar instantaneamente a quantidade de serviços executados, permitindo uma analogia visual com a obra, possibilitando um acompanhamento dinâmico e de fácil monitoramento. Pelo contrário, diagramas de rede tornam o trabalho de controle monótono, carecendo de uma maior experiência, habitualidade e atenção por parte dos profissionais.

Dentre as limitações do BIM, pode-se destacar aqui a impossibilidade da indicação do caminho crítico durante a simulação. Como se sabe, o caminho crítico aponta as atividades críticas, ou seja, àquelas que não devem sofrer atrasos. Assim, se o objetivo for determina-los deve-se fazer uso dos diagramas de rede ou gráfico de Gantt. Além disso, as folgas são muito mais fáceis de serem observado por Gantt ao invés da simulação 4D.

Conseqüentemente, pode-se concluir que a utilizações das técnicas BIM 4D e PERT/CPM não são excludentes e devem ser complementares. Compreende-se

também que a utilização do BIM requer treinamento e não deve ser inserido abruptamente em uma empresa, pois as chances de erros são maiores. Logo, é necessária uma adaptação por parte dos profissionais de todas as áreas para que possam trabalhar neste conceito durante todo o ciclo de vida do projeto harmoniosamente.

Como sugestão para trabalhos futuros, no caso de obras públicas financiadas por órgãos de fomento, como é o caso aqui, seria interessante e de grande valia a integração do cronograma físico-financeiro a simulação 4D. Obviamente, por ser uma obra gerada por recursos públicos é obrigatório que haja uma medição mensal de tudo o que foi gasto para uma melhor transparência do uso do dinheiro público. Assim sendo, os fiscais destes órgãos poderiam fazer uso do BIM 5D, integrando o trabalho aos demais profissionais e empresa prestadora de serviço.

Diante de tudo, o objetivo principal deste trabalho foi alcançado, sendo possível compreender os conceitos das técnicas BIM 4D e PERT/CPM, bem como suas implicações e limitações.

## 8. BIBLIOGRAFIA

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 10006:2003 – **Gerenciamento da Qualidade** – Diretrizes para a qualidade em gerenciamento de projetos.

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, Vol. 4, nº 2, p 76-111, Nov. 2009.

AUTODESK. **Ajuda do Autodesk Navisworks Simulate 2013**. Disponível em:<<http://docs.autodesk.com/>> Acesso em: 07/02/2017.

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

COELHO, S.; NOVAES, C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e Ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: EP-USP, 2008. p.1-10.

COSTA, P. M. **TAYLORISMO: Após 100 Anos Nada Superou o Modelo de Gestão**. 1º ed. São Paulo. Qualitymark, 2010.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**. 2ª ed. Hoboken: Wiley, 2011.

FARIA, Renato. **Construção integrada**. Revista Técnica. São Paulo: PINI, n. 127, p. 44-49, out. 2007.

FILHO, A. G. N.; ANDRADE, B. D. S. **Planejamento e controle em obras verticais**. UNAMA/ CCET. Belém. 2010.

JUNGLES, A. E.; ÁVILA, A. V. **Gerenciamento na Construção**. Chapecó (SC): Argos, 2006

KOO, B.; FISCHER, M. **Feasibility Study of 4D CAD in Commercial Construction**. Stanford: Center for Integrated Facility Engineering, 1998, Technical Report n. 118.

MARTINS, A. B. T. Orçamento e Programação de Uma Edificação Residencial Multifamiliar. Monografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1º ed. São Paulo. PINI, 2010.  
MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar ideias em resultados. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MOURA, Danielle Costa de. **Mudança na estrutura organizacional do processo de projeto para alavancagem em construção de edificações**: um estudo multicaso em pequenas empresas. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). 1998, 64p.

MIRANDA, A. C. O.; MATOS, C. R. **Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas**. *Revista do TCU*, São Paulo, SP, Nº 133, art. 1, p 22-31,

TCPO - **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13º ed. PINI, 2010.

PIRES, J. S.; PASTOR, J. F.; SILVA, L. D.; FRANÇA, A. M. **Estudo de Caso: Planejamento de projetos com metodologia PERT/CPM**. *Revista Ampla de Gestão Empresarial*, São Paulo, SP, V. 2, Nº 2, art. 5, p 65-82, outubro 2013.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge). **Um Guia de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**, Project Management Institute, Inc. 3ª ed 2004.

PRADO, D. **PERT/CPM**: Série Gerenciamento de Projetos. 5º ed. Nova Lima, FALCONI Editora, 2015.

REVISTA CONSTRUÇÃO MERCADO. **BIM – o que você ganha com isso**. McGraw-Hill Construction. PINI, 2011 Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/>  
Acesso em: 01/02/2017.

VENTURINI, Jamila. **Produtividade da Mão de Obra**. *Revista Equipe de Obra*. São Paulo, Nº 38, PINI, julho de 2011.

SILVEIRA, N. A. N. C. **O papel do BIM para a qualidade do projeto**: avaliação da técnica em escritório de arquitetura. Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil da escola de engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2013.

## APÊNDICE A – EAP COM PRECEDÊNCIAS

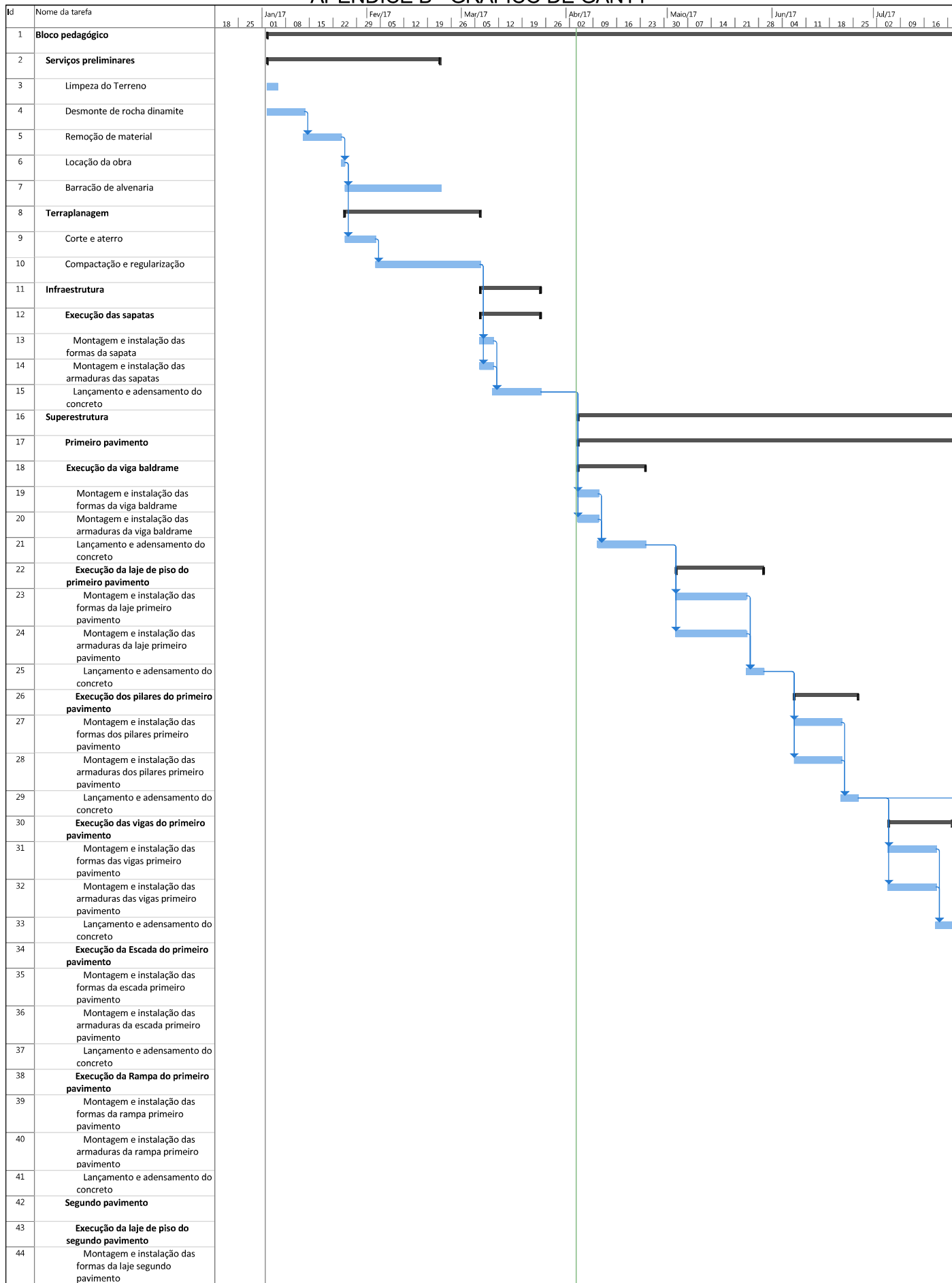
ATIVIDADES	PREDECESSORAS
<b>Bloco pedagógico</b>	
<b>Serviços preliminares</b>	
Limpeza do Terreno	
Desmonte de rocha dinamite	
Remoção de material	4
Locação da obra	5
Barracão de alvenaria	6
<b>Terraplanagem</b>	
Corte e aterro	6
Compactação e regularização	9
<b>Infraestrutura</b>	
<b>Execução das sapatas</b>	
Montagem e instalação das formas da sapata	10
Montagem e instalação das armaduras das sapatas	10
Lançamento e adensamento do concreto	13;14
<b>Superestrutura</b>	
<b>Primeiro pavimento</b>	
<b>Execução da viga baldrame</b>	
Montagem e instalação das formas da viga baldrame	15TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da viga baldrame	15TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	19;20
<b>Execução da laje de piso do primeiro pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas da laje primeiro pavimento	21TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da laje primeiro pavimento	21TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	23;24
<b>Execução dos pilares do primeiro pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas dos pilares primeiro pavimento	25TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras dos pilares primeiro pavimento	25TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	27;28
<b>Execução das vigas do primeiro pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas das vigas primeiro pavimento	29TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras das vigas primeiro pavimento	29TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	31;32
<b>Execução da Escada do primeiro pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas da escada primeiro pavimento	33TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da escada primeiro pavimento	33TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	35;36

<b>Execução da Rampa do primeiro pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas da rampa primeiro pavimento	33TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da rampa primeiro pavimento	33TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	39;40
<b>Segundo pavimento</b>	
<b>Execução da laje de piso do segundo pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas da laje segundo pavimento	33TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da laje segundo pavimento	44
Lançamento e adensamento do concreto	44;45
<b>Execução dos pilares do segundo pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas dos pilares segundo pavimento	46TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras dos pilares segundo pavimento	46TI+7 dias
Lançamento e adensamento do concreto	48;49
<b>Execução das vigas do segundo pavimento</b>	
Montagem e instalação das formas das vigas segundo pavimento	50TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras das vigas segundo pavimento	52
Lançamento e adensamento do concreto	52;53
<b>Cobertura</b>	
<b>Execução da laje da cobertura</b>	
Montagem e instalação das formas da laje cobertura	50TI+7 dias
Montagem e instalação das armaduras da laje cobertura	57
Lançamento e adensamento do concreto	57;58
<b>Alvenaria</b>	
<b>Primeiro pavimento</b>	
Execução da alvenaria de blocos cerâmicos primeiro pavimento	29TI+30 dias
<b>Segundo pavimento</b>	
Execução da alvenaria de blocos cerâmicos segundo pavimento	46TI+30 dias
<b>Esquadrias</b>	
<b>Primeiro pavimento</b>	
Instalação de 27 janelas basculantes (1,60x1m)	62
Instalação de X portas	62
Instalações de brise	62
<b>Segundo pavimento</b>	
Instalação de X janelas basculantes (1,60x1m)	64
Instalação de X portas	64
Instalação de brise	64
<b>Revestimento</b>	
<b>Primeiro Pavimento</b>	
Aplicação da argamassa de revestimento e =	62
Aplicação de massa corrida e =	76
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros	77



<b>Segundo Pavimento</b>	
Aplicação da argamassa de revestimento e =	64
Aplicação de massa corrida e =	80
Revestimento cerâmico branco (30x30) banheiros	81
<b>Pintura</b>	
<b>Primeiro Pavimento</b>	
Pintura na cor branco neve em todas as paredes internas e externas	77
<b>Segundo Pavimento</b>	
Pintura na cor branco neve em todas as paredes internas e externas	81
<b>Pisos</b>	
<b>Primeiro pavimento</b>	
Execução de revestimento cerâmico nas salas e banheiro	76
Execução de revestimento em cimento queimado nos arredores	76
<b>Segundo pavimento</b>	
Execução de revestimento cerâmico nas salas e banheiro	80
Execução de revestimento em cimento queimado nos arredores	80
<b>Telhado</b>	
Execução da estrutura de terças metálicas	59TI+30 dias
Execução da estrutura de caibros metálicos	96
Instalação das telhas de fibrocimento paralelas	97
<b>Serviços complementares</b>	
Execução de elementos paisagísticos	98
Limpeza final do terreno	98

## APÊNDICE B - GRÁFICO DE GANTT



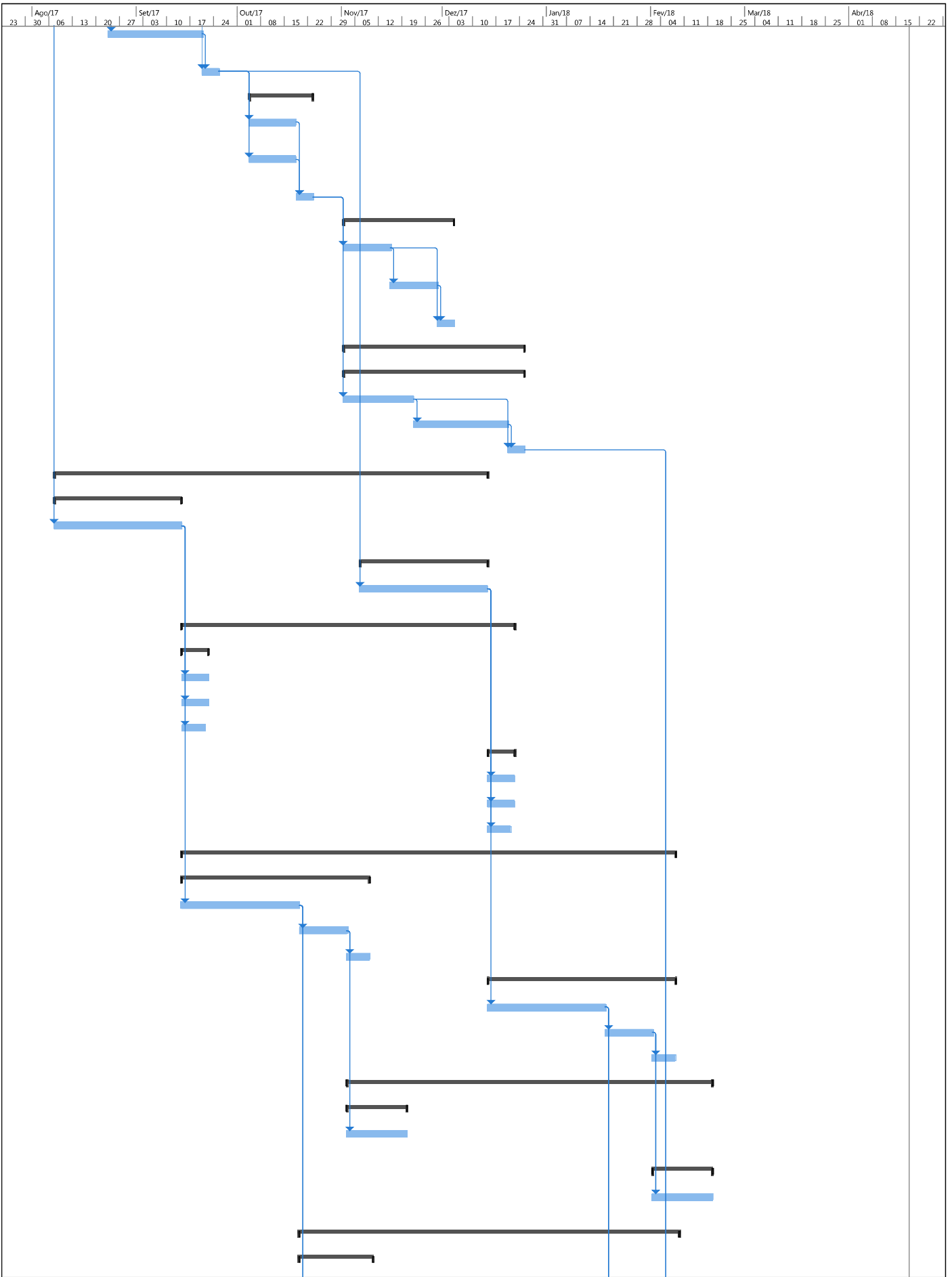
Projeto: alterei revestimento2 Data: Ter 04/04/17	Tarefa: [Barra azul] Tarefa Inativa Divisão: [Barra azul com pontos] Marco Inativo Marco: [Barra azul com losango] Resumo Inativo Resumo: [Barra azul com losango] Tarefa Manual Resumo do projeto: [Barra azul com losango] Somente duração	[Barra cinza] Acúmulo de Resumo Manual [Barra cinza com losango] Resumo Manual [Barra cinza com losango] Somente início [Barra cinza com losango] Somente término [Barra cinza com losango] Tarefas externas	[Barra verde] Marco externo [Barra verde com losango] Data limite [Barra verde com losango] Andamento [Barra verde com losango] Progresso manual	
--	--	--	---	--





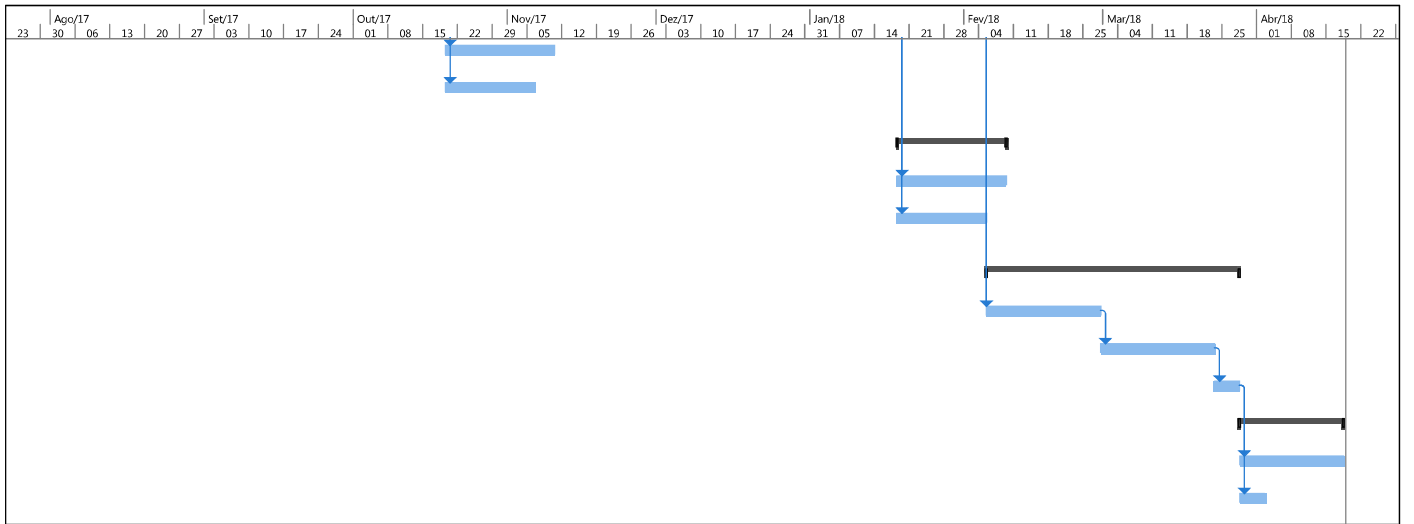


Projeto: alterei revestimento2 Data: Ter 04/04/17	Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
	Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
	Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
	Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
	Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			



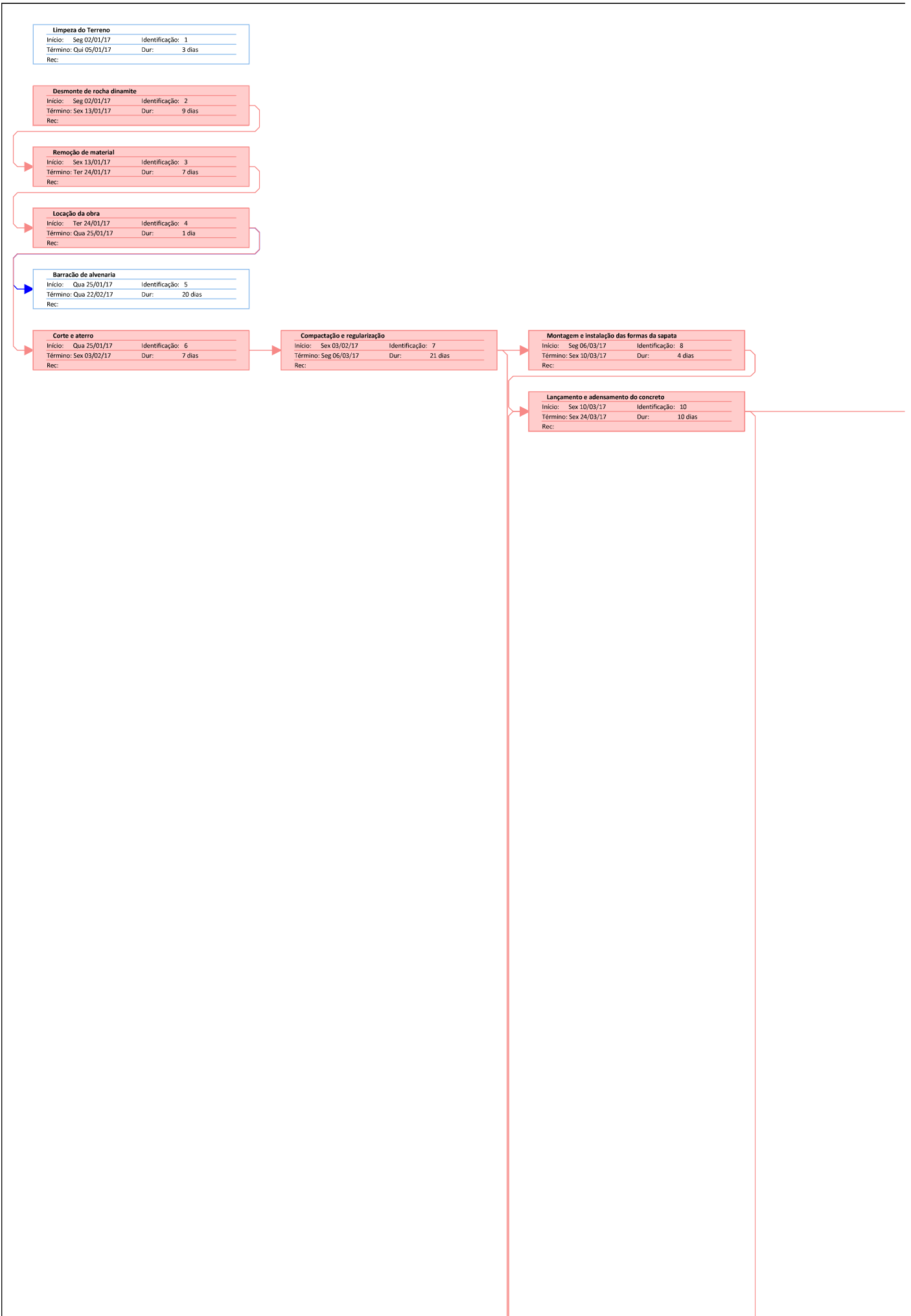
Projeto: alterei revestimento2  
Data: Ter 04/04/17

Tarefa	Tarefa Inativa	Acúmulo de Resumo Manual	Marco externo	Marco
Divisão	Marco Inativo	Resumo Manual	Data limite	Andamento
Marco	Resumo Inativo	Somente início	Andamento	Progresso manual
Resumo	Tarefa Manual	Somente término	Progresso manual	
Resumo do projeto	Somente duração	Tarefas externas		



Projeto: alterei revestimento2 Data: Ter 04/04/17	Tarefa		Tarefa Inativa		Acúmulo de Resumo Manual		Marco externo	
	Divisão		Marco Inativo		Resumo Manual		Data limite	
	Marco		Resumo Inativo		Somente início		Andamento	
	Resumo		Tarefa Manual		Somente término		Progresso manual	
	Resumo do projeto		Somente duração		Tarefas externas			

# APÊNDICE C - DIAGRAMA DE BLOCOS







**Montagem e instalação das armaduras das sapatas**

Início: Seg 06/03/17

Identificação: 9

Término: Sex 10/03/17

Dur: 4 dias

Rec:

