

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA BIM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS ENTRE PROJETOS

Igor Amintas Corrêa – igor.correa@unigranrio.br

Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO

Av. Per. Prof. José de Souza Herdy, 1.160 – Jardim Vinte e Cinco de Agosto

25071-202 – Duque de Caxias – Rio de Janeiro

***Élvio Machado Martins Junior** – elvio.junior@unigranrio.edu.br

Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO

Av. Per. Prof. José de Souza Herdy, 1.160 – Jardim Vinte e Cinco de Agosto

25071-202 – Duque de Caxias – Rio de Janeiro

****Monique Nascimento dos S. de Alcântara**

monique.alcantara@unigranrio.edu.br

Universidade do Grande Rio – UNIGRANRIO

Av. Per. Prof. José de Souza Herdy, 1.160 – Jardim Vinte e Cinco de Agosto

25071-202 – Duque de Caxias – Rio de Janeiro

Resumo: Criado em 1974, o Sistema de Descrição da Construção apresenta um novo conceito e permite uma nova tratativa no que diz respeito aos projetos de construção dando início ao Computer Aided Design. (EASTMAN, Chuck. 2014). Em 1992 o termo Building Information Modeling é utilizado pela primeira vez, constituindo uma quebra de paradigma no gerenciamento de projetos de construção. (EASTMAN, Chuck. 2014) Neste sentido, a modelagem da construção com a combinação de projetos distintos, que se relacionam, possibilitando a identificação e a redução de erros e omissões, representando uma redução do custo e prazo da construção (AECweb. 2017). Dentro desta perspectiva, o presente trabalho demonstra como integrar a Modelagem da Informação da Construção (modelo BIM) desde a fase de projeto e planejamento da obra. O projeto arquitetônico foi desenvolvido no AutoCad e no Revit, para o projeto de instalações elétricas e hidráulicas o Revit MEP, para o projeto estrutural foi utilizado o software Revit Structure e Robot, e para a análise de interferências, planejamento,

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

levantamento de materiais, custos, animação 3D e simulação 4D foram utilizados os softwares Navisworks e Microsoft Excel. Após a verificação das interferências com o auxílio da ferramenta Clash Detective do Navisworks, um relatório de interferências indica os erros que são classificados com a utilização de planilhas segundo um código de cores. Para o planejamento e simulação 4D do projeto foi utilizado a ferramenta TimeLiner. Para o levantamento de materiais e custos foi utilizado a ferramenta Quantification com auxílio da tabela SINAPI. Para animação 3D foi utilizado as ferramentas Animation e Viewpoints.

Palavras-chave: *Projeto de Engenharia. Modelagem BIM. Redução de Custos. Planejamento. Navisworks.*

1. INTRODUÇÃO

BIM é uma série de processos, métodos, software e tecnologias, utilizados para melhorar a comunicação e cooperação durante as fases de um empreendimento, desde a concepção arquitetônica até a manutenção do edifício. (EASTMAN, Chuck. 2014).

Para exemplificar de maneira mais clara, no processo BIM o empreendimento é construído virtualmente no computador antes de ser construído no terreno, verificando todas as partes envolvidas no projeto, arquitetônico, estrutural, instalações hidráulicas e elétricas, evitando assim, erros no processo de execução, pois, a informação de interferência será mostrada no modelo digital. (EASTMAN, Chuck. 2014).

Foi criado em 1974, pelo professor Charles M. Eastman do Instituto de Tecnologia da Georgia, juntamente com uma equipe de estudiosos, cria o conceito BDS (*Building Description System* – Sistema de Descrição da Construção), este conceito abre as portas para uma nova tratativa no que diz respeito aos projetos de construção e traz consigo a chave para a passagem dos projetos e documentos elaborados em papel, para a utilização de sistemas computacionais (softwares), visando facilitar os projetos e desenhos técnicos associados, os chamados CAD (*Computer Aided Design*). (EASTMAN, Chuck. 2014).

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Seguindo na mesma direção de Eastman, van Nederveen e F.P. Tolman publicam em 1992, um artigo abordando as múltiplas visões de modelagem da construção e a ideia de que a modelagem da informação na construção é útil para fundamentar a estrutura de um modelo construtivo, baseado nos diferentes pontos de vista dos participantes do projeto. Seria a primeira utilização do termo *Building Information Modeling* (BIM) e a apresentação de uma nova mudança de paradigmas. (EASTMAN, Chuck. 2014).

Modelagem da Informação da Construção, (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada a arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte a construção, a fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção. Quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita um processo de projeto e construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzidos. (EASTMAN, Chuck. 2014).

1.1. Justificativa

Trabalhar com um software onde seu edifício é construído de modo real, com a combinação dos demais projetos, como arquitetura, instalações elétricas e hidráulicas e estruturas. Possibilitando a redução de erros e omissões, redução do custo final da construção e redução dos prazos. (AECweb. 2017).

1.2. Objetivo Geral

O objetivo principal pode ser assim expresso, como integrar a Modelagem da Informação da Construção (modelo BIM) com o planejamento e controle da produção na fase de projeto e planejamento da obra.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

1.3. Objetivos Específicos

- Integração e checagem de interferências entre projetos;
- Planejamento e gerenciamento do projeto executivo;
- Levantamento de materiais e custos;
- Animação 3D e Simulação 4D do projeto.

2. MÉTODOS

Para o projeto arquitetônico foi utilizado o software AutoCad e Revit, para o projeto de instalações elétricas e hidráulicas foi utilizado o Revit MEP, para o projeto estrutural foi utilizado o software Revit Structure e Robot, para a análise de interferências, planejamento, levantamento de materiais, custos, animação 3D e simulação 4D foram utilizados os softwares Navisworks e Microsoft Excel.

O Revit é um programa de modelagem para projetos da área da construção civil, é um sistema completo de documentação, que suporta todas as fases do projeto. Segundo Autodesk Inc. (2018) o usuário pode partir de conceitos esquemáticos do projeto chegar na parte executiva com todo o detalhamento necessário, inclusive gerar tabelas. É uma engrenagem de parametrização, onde qualquer mudança no modelo original acarreta mudanças automáticas nos demais projetos, sejam eles cortes, vistas, fachadas e etc.

O Naviswork é um software de análise de projetos que permite que os profissionais da área de arquitetura, engenharia e construção (AEC) analisem de forma completa os modelos e os dados integrados durante a pré-construção para controlar melhor os resultados do projeto. (Autodesk, 2018).

As ferramentas utilizadas do Naviswork foram:

- Clash Detective (Detecção de erros): onde o programa passa um filtro em todo o projeto buscando interferência entre elementos do projeto, tal como, arquitetura, instalações elétricas e hidráulicas e estruturas;
- Time Liner (Planejamento): é bastante similar ao MS Project da Microsoft e ao Primavera P6 da Verano, onde sua principal finalidade, é fazer o planejamento e gerenciamento do empreendimento, como um todo;

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

- Quantification (Levantamento): ela permite fazer o levantamento de materiais por cada pavimento, ou seja, você pode desmembrar todos os materiais e custos da construção por etapas, tornando o planejamento financeiro mais próximo da realidade;
- Animação 3D: O programa permite a geração de animações que podem ser gravadas de modo direto enquanto se navega pelo modelo 3D com a ferramenta Animation, ou com a ferramenta Viewpoints salvando-se (prints) que funcionarão como frames para que o programa produza uma animação;
- Simulação 4D: No Navisworks é possível rodar uma simulação 4D atrelada ao cronograma da obra (BIM 4D) através da ferramenta timeliner.

O MS Excel é um software utilizado para criação de planilhas eletrônicas, com ferramentas para cálculos simples e complexos, tanto quanto construção de gráficos para melhor entendimento dos dados.

As normas técnicas consultadas para a elaboração do projeto foram:

- NBR-5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- NBR-5626:1998 – Instalação Predial de Água Fria;
- NBR-6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- NBR-6120:1980 – Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações;
- NBR-6122:2010 – Projeto e Execução de Fundações;
- NBR-6493:1994 – Emprego de Cores para Identificação de Tubulações;
- NBR-8160:1999 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução
- NBR-8403:1984 – Aplicação de Linhas em Desenhos – Tipos de Linhas – Larguras das Linhas;
- NBR-10067:1995 – Princípios Gerais de Representação em Desenho Técnico;
- NBR-10068:1987 – Folha de Desenho – Leiaute e dimensões;
- NBR-13714:2000 – Sistemas de Hidrantes e de Mangotinhos para Combate a Incêndio.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

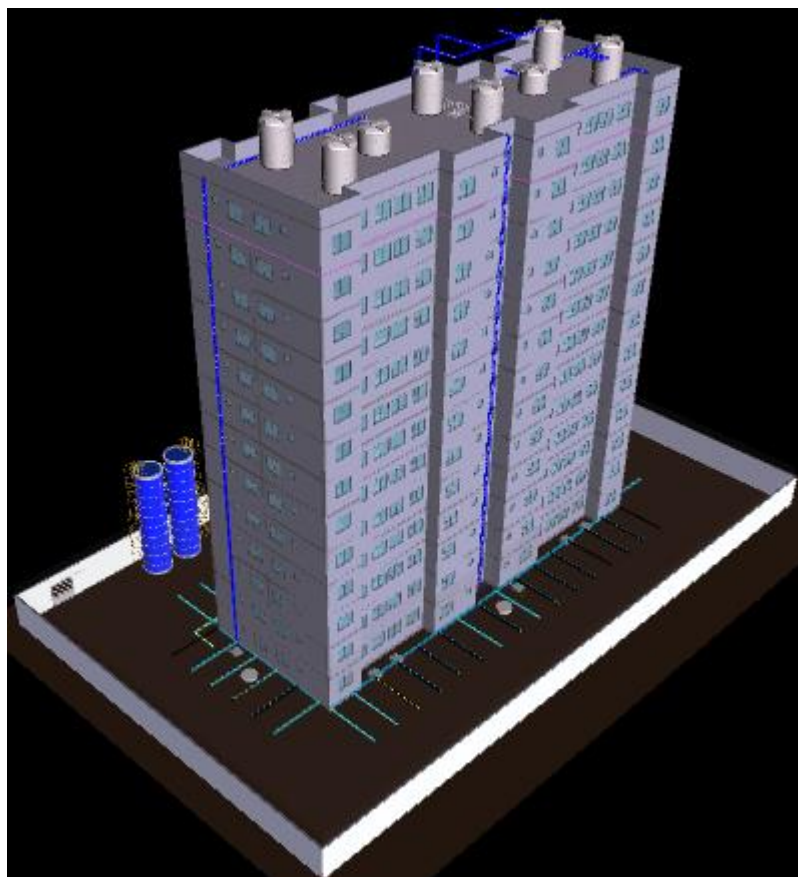
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Integração e Checagem de Interferências entre Projetos

Para a etapa de integração foram inseridos no Navisworks os projetos de arquitetura, instalações elétricas, instalações hidráulicas e estrutural, sendo o projeto primário e carro chefe o projeto arquitetônico.

A figura 1 demonstra de forma clara como ficam os projetos integrados.

Figura 1 – Integração dos Projetos



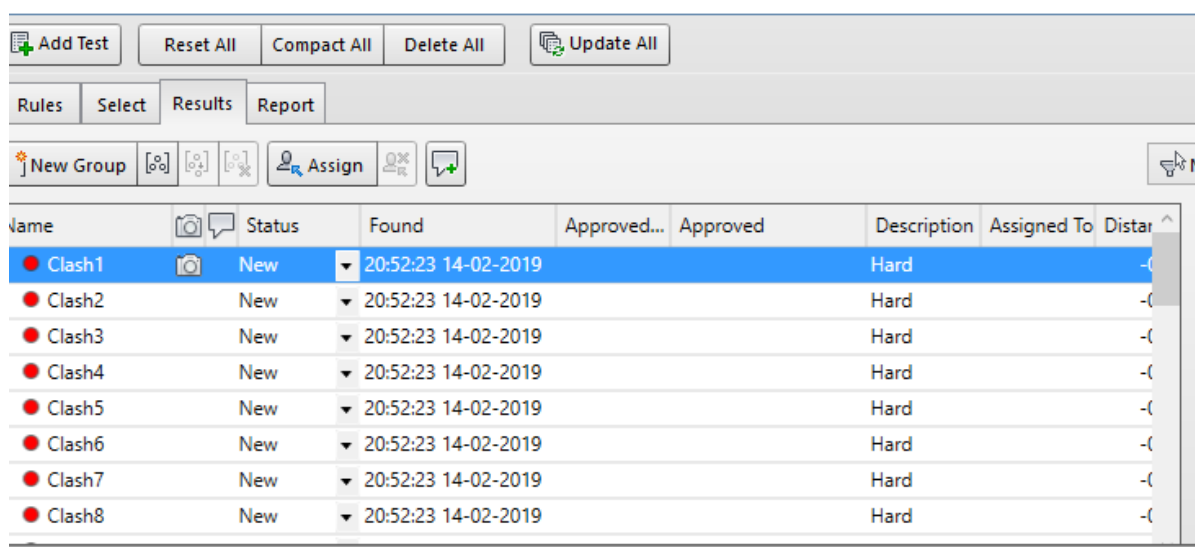
Fonte: Autor (2019)

A checagem de interferências foi realizada com a ferramenta Clash Detective do Navisworks, para os quatro projetos supracitados e gerou o relatório de interferência mostrado na figura 2 e de forma mais detalhada na tabela 1, com exatamente 36 erros.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Figura 2 – Relatório de Erros



Name	Status	Found	Approved...	Approved	Description	Assigned To	Distance
Clash1	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash2	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash3	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash4	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash5	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash6	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash7	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0
Clash8	New	20:52:23 14-02-2019			Hard		-0

Fonte: Autor (2019)

Abaixo possui a tabela 1 com o levantamento dos erros, mostrando o que é o erro a qual projeto ele pertence e em qual projeto ele está interferindo e qual a solução adotada para o mesmo.

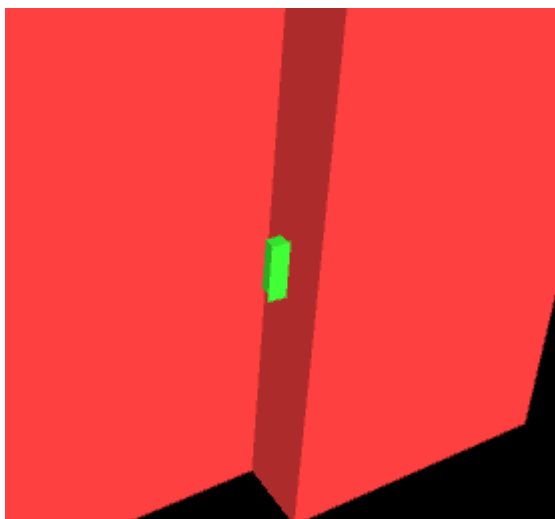
A checagem feita pela ferramenta ocorre de forma aleatória entre os projetos, devido a isso, uma tabela foi criada e separando os erros em três grupos de similaridade, e cada grupo possui uma cor específica, que estão expressas abaixo:

- Cor cinza: erros de identificação (anotação), tal erro ocorre devido a identificação do ambiente inserida no projeto arquitetônico também ser em 3D, quando foram integrados os projetos, o programa acusou erro de corte entre identificação de ambientes e equipamentos hidráulicos e elétricos, como mostram as figuras 3 e 4.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Figura 3 – Erro 33 Interferência Entre Identificação de Ambiente e Painel Elétrico



Fonte: Autor (2019)

Figura 4 – Erro 06 Interferência Entre Identificação de Ambiente e Lavatório



Fonte: Autor (2019)

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

- Cor azul: perfuração de elemento estrutural, tal erro ocorre quando qualquer elemento como por exemplo, tubo ou conduíte perfuram um elemento estrutural tal como: viga, pilar ou laje, quando foram integrados os projetos, o programa acusou erro de perfuração entre tubos hidráulicos na laje e na viga, como mostram as figuras 5 e 6.

Figura 5 – Erro 34 Interferência Entre Tubulação de Água e Viga Estrutural



Fonte: Autor (2019)

Figura 6 – Erro 35 Interferência Entre Tubulação de Água e Laje Piso Estrutural



Fonte: Autor (2019)

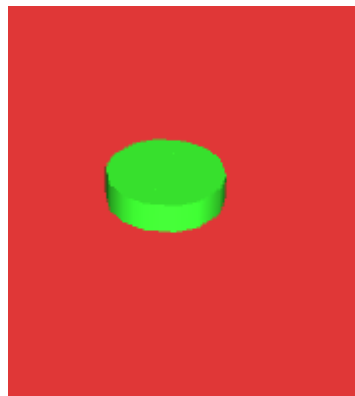
- Cor verde: perfuração do terreno, tal erro ocorre quando qualquer elemento como por exemplo, caixa de gordura, caixa de passagem e filtro anaeróbio, estão enterrados no terreno, quando foram integrados os projetos, o programa

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

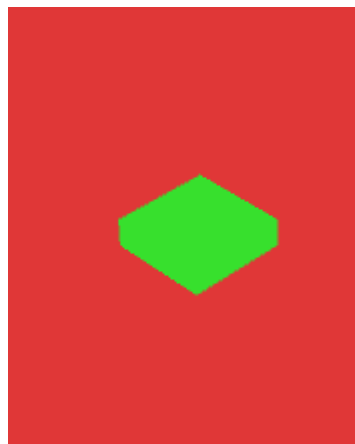
acusou erro de perfuração dos elementos como caixa de gordura, caixa de passagem e filtro no terreno, como mostram as figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 – Erro 01 Interferência Entre Filtro Anaeróbico e Terreno



Fonte: Autor (2019)

Figura 8 – Erro 05 Interferência Entre Caixa de Passagem e Terreno

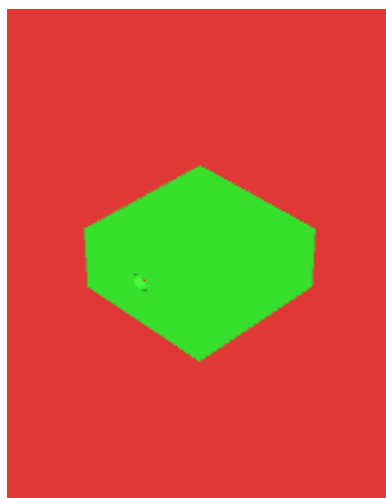


Fonte: Autor (2019)

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Figura 9 – Erro 22 Interferência Entre Caixa de Gordura e Terreno



Fonte: Autor (2019)

Tabela 1 – Levantamento de Erros

Nome	Item 1	Projeto 1	Item 2	Projeto 2
Erro 1	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica
Erro 2	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica
Erro 3	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica
Erro 4	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 5	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica
Erro 6	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica
Erro 7	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica
Erro 8	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica
Erro 9	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 10	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica
Erro 11	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 12	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 13	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica
Erro 14	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica
Erro 15	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 16	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica
Erro 17	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica
Erro 18	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica
Erro 19	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica
Erro 20	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica
Erro 21	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica
Erro 22	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica
Erro 23	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Erro 24	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica
Erro 25	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica
Erro 26	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica
Erro 27	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica
Erro 28	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica
Erro 29	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica
Erro 30	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica
Erro 31	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica
Erro 32	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica
Erro 33	Identificação	Arquitetônico	Painel elétrico	Elétrica
Erro 34	Viga	Estrutural	Tubo	Hidráulica
Erro 35	Laje	Estrutural	Tubo	Hidráulica
Erro 36	Laje	Estrutural	Tubo	Hidráulica

Fonte: Autor (2019)

Os erros do grupo de cor cinza e verde foram aprovados, devido não ser um problema que venha causar algo agravante para a execução do empreendimento ou com o tempo de uso. Esses erros são considerados irrelevantes para o empreendimento, sendo também uma falta de filtro apresentada pelo Navisworks.

Já os erros do grupo de cor azul, são erros que precisam de maior atenção, devido a tubulação de hidráulica está perfurando uma viga justamente na parte de compressão da mesma, podendo no momento de utilização da edificação causar um esmagamento do tubo e com isso criar uma patologia na estrutura.

A interferência encontrada foi encaminhada para a responsável pelo projeto de instalações hidráulicas, e solicitado que o tubo fosse mudado de posição, para assim, evitar a perfuração da viga.

Abaixo estão a figura 10 e a tabela 2 com as devidas tratativas dos erros encontrados.

Figura 10 – Relatório de Erros Tratados

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

New Group Assign					
Name	Status	Found	Approved By	Approved	
Clash27	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:42 14-05-2019	
Clash28	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:42 14-05-2019	
Clash29	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:57 14-05-2019	
Clash30	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:57 14-05-2019	
Clash31	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:57 14-05-2019	
Clash32	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:57 14-05-2019	
Clash33	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:10:57 14-05-2019	
Clash34	Active	20:52:23 14-02-2019			
Clash35	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:12:18 14-05-2019	
Clash36	Approved	20:52:23 14-02-2019	Igor Amintas	11:12:18 14-05-2019	

Fonte: Autor (2019)

Tabela 2 – Levantamento e Status de Erros

Nome	Item 1	Projeto 1	Item 2	Projeto 2	Status
Erro 1	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica	Aprovado
Erro 2	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica	Aprovado
Erro 3	Terreno	Arquitetônico	Filtro Anaeróbico	Hidráulica	Aprovado
Erro 4	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 5	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 6	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica	Aprovado
Erro 7	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica	Aprovado
Erro 8	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica	Aprovado
Erro 9	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 10	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica	Aprovado
Erro 11	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 12	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 13	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica	Aprovado
Erro 14	Identificação	Arquitetônico	Pia Cozinha	Hidráulica	Aprovado
Erro 15	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 16	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 17	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica	Aprovado
Erro 18	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica	Aprovado
Erro 19	Identificação	Arquitetônico	Tanque	Hidráulica	Aprovado
Erro 20	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica	Aprovado
Erro 21	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica	Aprovado
Erro 22	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica	Aprovado
Erro 23	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 24	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 25	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica	Aprovado

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Erro 26	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 27	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica	Aprovado
Erro 28	Terreno	Arquitetônico	Caixa de passagem	Hidráulica	Aprovado
Erro 29	Terreno	Arquitetônico	Caixa de gordura	Hidráulica	Aprovado
Erro 30	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica	Aprovado
Erro 31	Identificação	Arquitetônico	Bacia Sanitária	Hidráulica	Aprovado
Erro 32	Identificação	Arquitetônico	Lavatório	Hidráulica	Aprovado
Erro 33	Identificação	Arquitetônico	Painel elétrico	Elétrica	Aprovado
Erro 34	Viga	Estrutural	Tubo	Hidráulica	Ativo
Erro 35	Laje	Estrutural	Tubo	Hidráulica	Aprovado
Erro 36	Laje	Estrutural	Tubo	Hidráulica	Aprovado

Fonte: Autor (2019)

3.2. Planejamento e Gerenciamento do Projeto Executivo

A parte estrutural foi escolhida para a realização do planejamento e gerenciamento e foi utilizada a ferramenta TimerLiner, a duração foi arbitrada como padrão para todas as atividades, para simplificar o entendimento do processo.

Após o levantamento de quantitativos e custos a duração de cada atividade foi ajustada no cronograma.

Figura 11 – Cronograma de Atividades

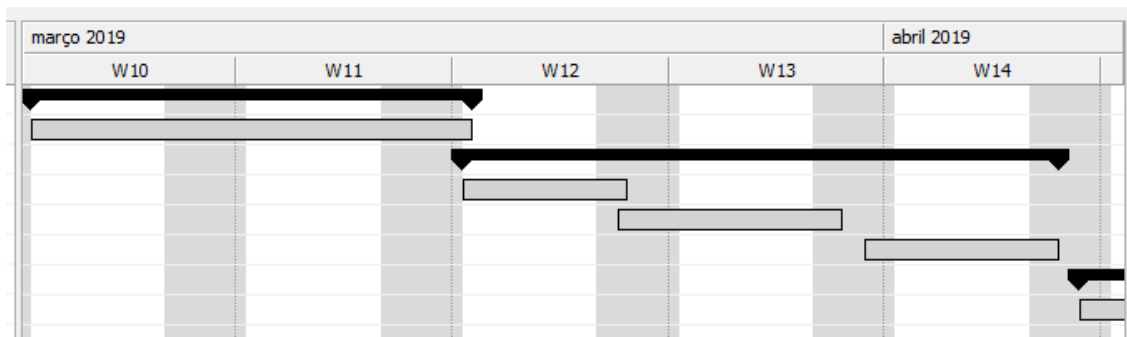
Active	Name	Status	Planned Start	Planned End	Actual Start	Actual End	Task Type
☒	Fundação		04/03/2019	18/03/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Fundação Estrutural		04/03/2019	18/03/2019	N/A	N/A	Construct
☒	1º Pavimento		18/03/2019	06/04/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Tronco de Pilar		18/03/2019	23/03/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Viga Baldrame		23/03/2019	30/03/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Laje Piso		31/03/2019	06/04/2019	N/A	N/A	Construct
☒	2º Pavimento		07/04/2019	20/04/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Pilar		07/04/2019	13/04/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Viga		14/04/2019	20/04/2019	N/A	N/A	Construct
☒	Laje Piso		21/04/2019	N/A	N/A	N/A	Construct

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Fonte: Autor (2019)

Figura 12 – Gráfico de Gantt



Fonte: Autor (2019)

3.3. Levantamento de Materiais e Custos

Para o levantamento de materiais e custos foi selecionado o projeto estrutural, devido a conferência ser de forma mais rápida e ter menos elementos para verificação.

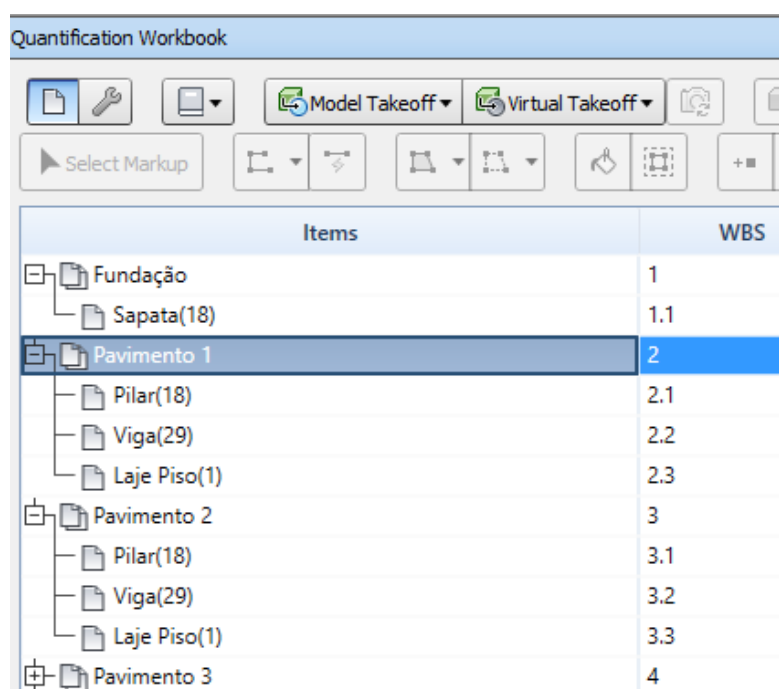
O levantamento gerado pelo Navisworks e a conferência manual de todos os elementos estruturais estão na figura 13 e na tabela 3 de forma mais clara.

Para esta etapa do projeto foi utilizado a ferramenta Quantification do Naviswork e a tabela SINAPI da Caixa Econômica Federal.

Figura 13 – Levantamento de Materiais

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil



Fonte: Autor (2019)

Figura 13 – Levantamento de Materiais (Continuação)

Status	WBS	Name	Perimeter	Area	Volume
2		Pavimento 1			
2.1		Pilar	0,000 m	0,000 m ²	1,539 m ³
2.2		Viga	0,000 m	0,000 m ²	5,343 m ³
2.3		Laje Piso	0,000 m	0,000 m ²	42,056 m ³

Status	WBS	Object	Viewpoint	Comments	ModelLength	ModelWidth	M
2.1.1		M Concreto-Retangular-Col...					
2.1.2		M Concreto-Retangular-Col...					
2.1.3		M Concreto-Retangular-Col...					
2.1.4		M Concreto-Retangular-Col...					

Fonte: Autor (2019)

Tabela 3 – Levantamento de Materiais

Estrutura		Navisworks			Conferência		
		QTDE	Volume (m ³)		QTDE	Volume (m ³)	
Posição	Elemento		Unit.	Total		Unit.	Total
Fundação	Sapata	18	0,464	8,343	18	0,462	8,316
Total Fundação 1:				8,343			8,316
Pavimento 1	Pilar	18	0,085	1,539	18	0,086	1,539
Pavimento 1	Vigas	29	--	5,343	29	--	5,343

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Pavimento 1	Viga 1	1	0,099	0,099	1	0,099	0,099
Pavimento 1	Viga 2	1	0,371	0,371	1	0,371	0,371
Pavimento 1	Viga 3	1	0,362	0,362	1	0,362	0,362
Pavimento 1	Viga 4	1	0,094	0,094	1	0,094	0,094
Pavimento 1	Viga 5	1	0,244	0,244	1	0,244	0,244
Pavimento 1	Viga 6	1	0,389	0,389	1	0,389	0,389
Pavimento 1	Viga 7	1	0,244	0,244	1	0,244	0,244
Pavimento 1	Viga 8	1	0,035	0,035	1	0,035	0,035
Pavimento 1	Viga 9	1	0,071	0,071	1	0,071	0,071
Pavimento 1	Viga 10	1	0,238	0,238	1	0,238	0,238
Pavimento 1	Viga 11	1	0,031	0,031	1	0,031	0,031
Pavimento 1	Viga 12	1	0,076	0,076	1	0,076	0,076
Pavimento 1	Viga 13	1	0,072	0,072	1	0,072	0,072
Pavimento 1	Viga 14	1	1,061	1,061	1	1,061	1,061
Pavimento 1	Viga 15	1	0,362	0,362	1	0,362	0,362
Pavimento 1	Viga 16	1	0,041	0,041	1	0,041	0,041
Pavimento 1	Viga 17	1	0,045	0,045	1	0,045	0,045
Pavimento 1	Viga 18	1	0,119	0,119	1	0,119	0,119
Pavimento 1	Viga 19	1	0,043	0,043	1	0,043	0,043
Pavimento 1	Viga 20	1	0,094	0,094	1	0,094	0,094
Pavimento 1	Viga 21	1	0,098	0,098	1	0,098	0,098
Pavimento 1	Viga 22	1	0,038	0,038	1	0,038	0,038
Pavimento 1	Viga 23	1	0,244	0,244	1	0,244	0,244
Pavimento 1	Viga 24	1	0,384	0,384	1	0,384	0,384
Pavimento 1	Viga 25	1	0,148	0,148	1	0,148	0,148
Pavimento 1	Viga 26	1	0,051	0,051	1	0,051	0,051
Pavimento 1	Viga 27	1	0,095	0,095	1	0,095	0,095
Pavimento 1	Viga 28	1	0,051	0,051	1	0,051	0,051
Pavimento 1	Viga 29	1	0,143	0,143	1	0,143	0,143
Pavimento 1	Laje 1	1	42,060	42,060	1	42,060	42,060
Total Pavimento 1:				48,942			48,942
Pavimento 2	Pilar	18	0,131	2,349	18	0,131	2,349
Pavimento 2	Vigas	29	--	5,343	29	--	5,343
Pavimento 2	Laje 1	1	42,060	42,060	1	42,060	42,060
Total Pavimento 2:				49,752			49,752
Total Pavimento 3:				49,752			49,752
Total Pavimento 4:				49,752			49,752
Total Pavimento 5:				49,752			49,752
Total Pavimento 6:				49,752			49,752
Total Pavimento 7:				49,752			49,752
Total Pavimento 8:				49,752			49,752
Total Pavimento 9:				49,752			49,752
Total Pavimento 10:				49,752			49,752

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

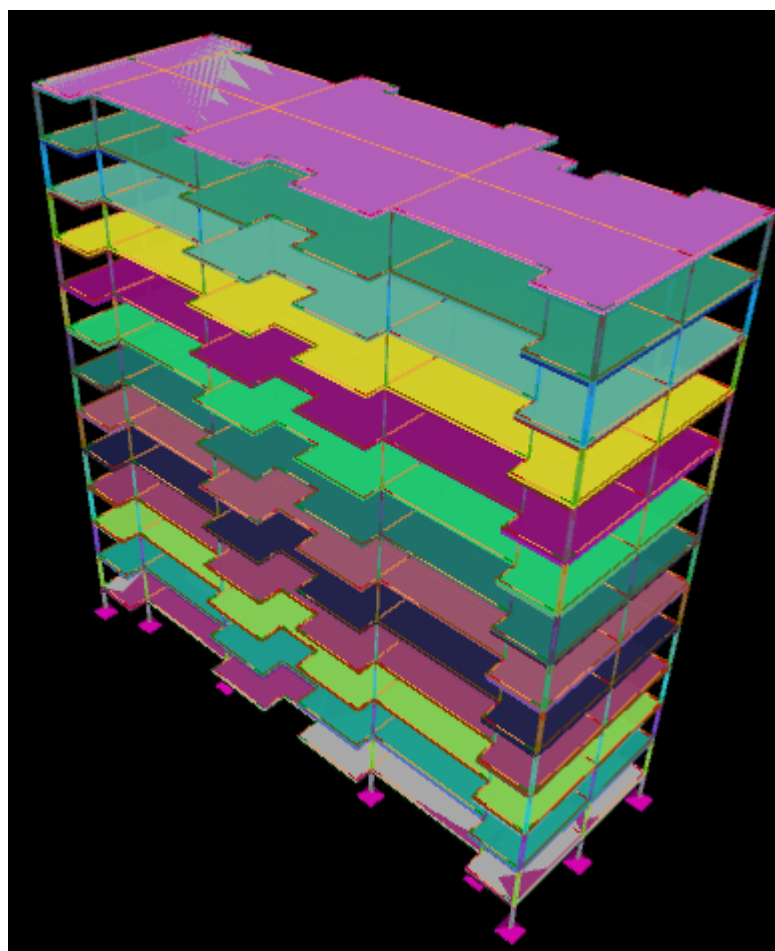
**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Total Pavimento 11:	49,752		49,752
Total Pavimento 12:	49,752		49,752
Total Pavimento 13:	49,752		49,752

Fonte: Autor (2019)

Conforme a ferramenta Quantification faz o levantamento do quantitativo, ela separa os elementos estruturais por cores, para que fique melhor a visualização do que foi quantificado. Na figura 14 é mostrada a divisão dos elementos estruturais por cores.

Figura 14 – Levantamento de Materiais por Cores



Fonte: Autor (2019)

Para o levantamento de custos da parte estrutural foi utilizada a tabela da SINAPI não desonerada, de março de 2019.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

O recurso para composição do preço unitário para as sapatas, pilares, vigas e lajes, foi estipulado de acordo com a tabela SINAPI e lançado na aba de Resource Catalog (Catalogo de recursos), a figura 15 demonstra de forma clara a composição.

Figura 15 – Catalogo de Recursos para Composição

Resource Catalog	
New Group New Resource Delete	
Resources	RBS
Sapata Pedreiro (hs) Servente (hs) Vibrador de concreto (CHP) Vibrador de concreto (CHI) Concreto FCK30 (m³)	1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5
Pilar Concreto FCK30 (m³) Carpinteiro (hs) Pedreiro (hs) Servente (hs) Vibrador de concreto (CHP) Vibrador de concreto (CHI)	2 2.1 2.2 2.3 2.4 2.5 2.6
Viga e Laje Concreto usinado FCK30 (m³) Carpinteiro (hs) Pedreiro (hs) Servente (hs) Vibrador de concreto (CHP) Vibrador de concreto (CHI)	3 3.1 3.2 3.3 3.4 3.5 3.6

Fonte: Autor (2019)

Após a criação dos recursos, eles foram aplicados a cada item do cronograma de planejamento mostrado na figura 11, restando apenas a simulação 4D do projeto, para acompanhamento do avanço físico e financeiro.

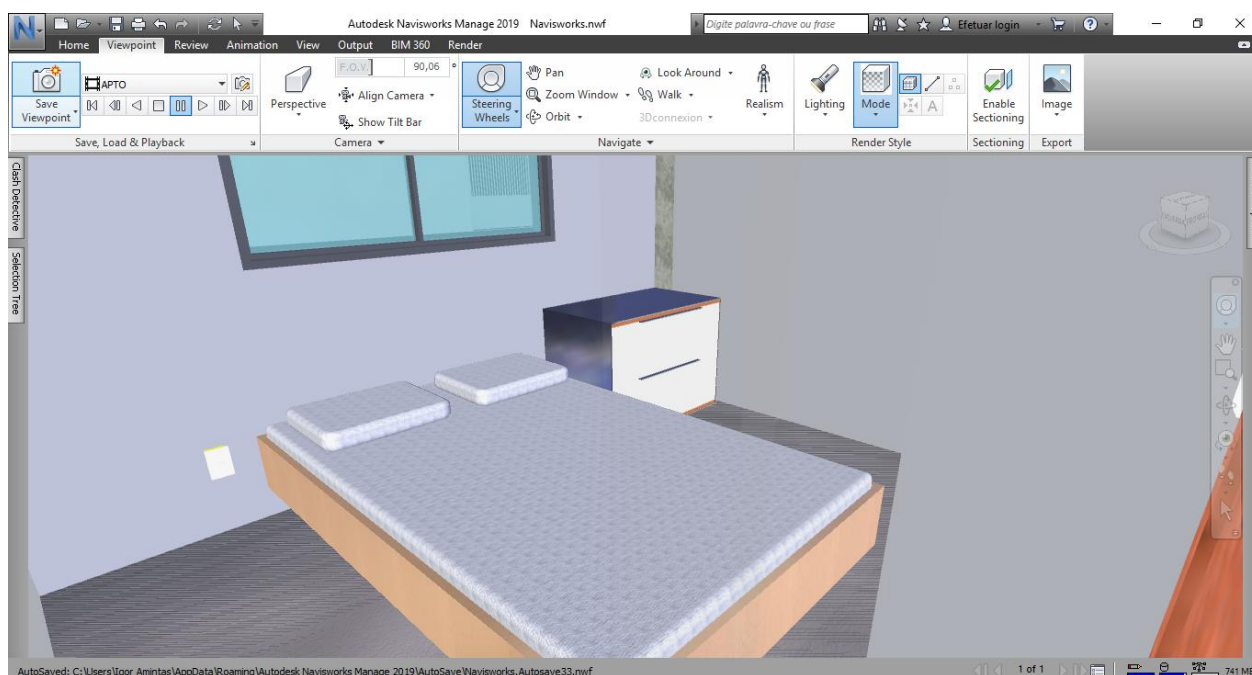
*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

3.4. Animação 3D e Simulação 4D do Projeto

Para a animação 3D foi utilizada a ferramenta Viewpoint do Navisworks, onde foram capturadas fotos do empreendimento, como se fossem prints de tela e salvando as imagens para posteriormente união delas e criação de uma animação. A figura 16 foi uma viewpoint capturada dentro do programa.

Figura 16 – Interface do Programa na Captura de Viewpoint



Fonte: Autor (2019)

Foi utilizada também a ferramenta Animation para a gravação de um vídeo andando no corredor do empreendimento e o vídeo foi exportado para apresentação.

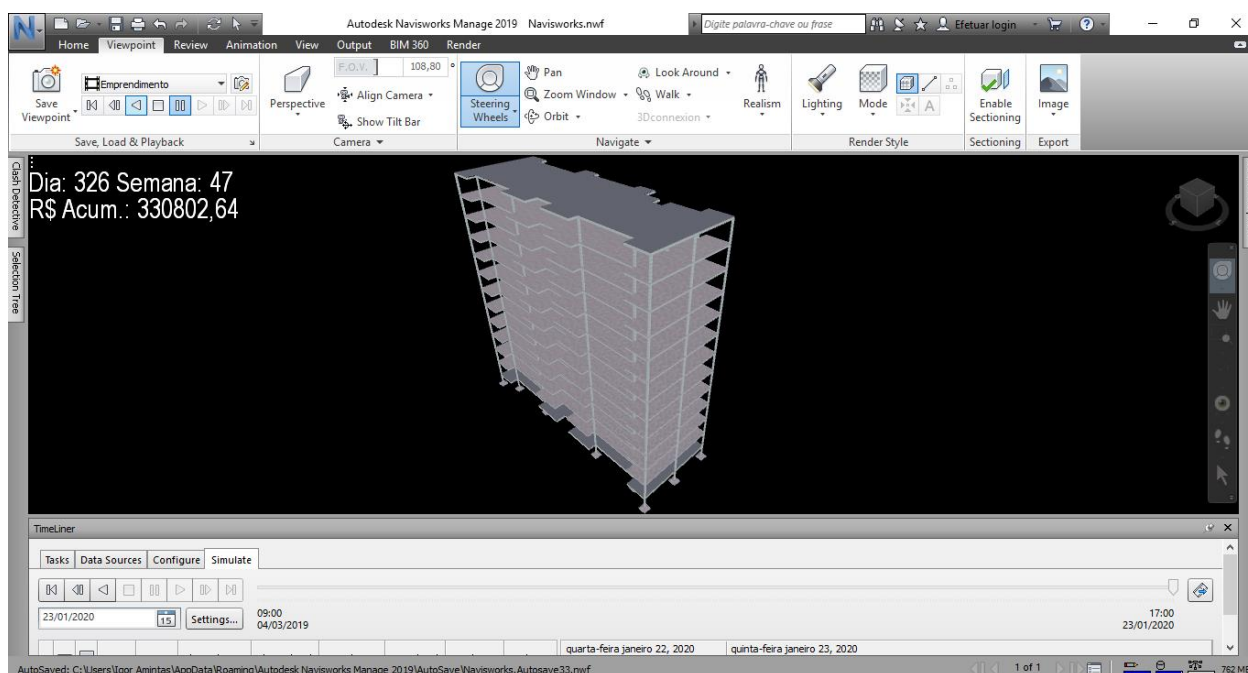
Para a simulação 4D no Navisworks foi utilizada a ferramenta Timeliner no recurso de Simulate, atrelando todas os passos informados anteriormente no trabalho, são eles, levantamento de quantitativos e preços, cronograma e realidade 3D para visualização do avanço físico e financeiro do projeto.

A figura 17 mostra como é a interface de utilização do programa e um vídeo da simulação foi exportado para apresentação.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Figura 17 – Interface do Programa no Momento de Simulação 4D



Fonte: Autor (2019)

4. CRONOGRAMA

Quadro 1 – Cronograma do Projeto Final

ATIVIDADE	PROGRAMADO
Definição do tema	11/09/2018
Termo de Compromisso	11/09/2018
Introdução	25/09/2018
Objetivo Geral	25/09/2018
Objetivos Específicos	25/09/2018
Justificativa	25/09/2018
Fundamentação Teórica	30/10/2018
Métodos	30/10/2018
Projeto Arquitetônico	21/12/2018

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Projeto Elétrico	11/01/2019
Projeto Hidráulico	11/01/2019
Projeto Estrutural	25/01/2019
Análise de Interfaces	01/02/2019
Planejamento	01/02/2019
Resultado	01/03/2019
Conclusões	01/03/2019

Fonte: Autor (2019)

5. RESULTADO

Os resultados obtidos no trabalho estão divididos de acordo com a metodologia adotada, citando as vantagens e desvantagens de cada ferramenta utilizada do programa.

Ferramenta Clash Detective: a ferramenta é excelente para checagem de todo e qualquer erro existente no projeto, porém falta filtro, ela considerou como um erro grave a identificação de um ambiente feita na parte arquitetônica, porém na prática seria algo inexistente. A configuração da ferramenta deve ser feita de forma minuciosa, sendo necessário o domínio total do programa, isso resulta numa boa perda de tempo. Se mostrou muito eficaz na detecção dos erros, podendo melhorar a forma de exibição para facilitar o entendimento.

Ferramenta TimeLiner: o manuseio da ferramenta não é eficaz, pois para a elaboração de um cronograma dentro dela, o trabalho é feito de forma muito manual, sendo necessária a utilização de outros softwares como MS Project ou Primavera P6. Já quando o cronograma vem pronto de outro software e é integrado ao projeto, a análise do cronograma com a ferramenta atrelado aos outros projetos se torna fácil e clara.

Ferramenta Quantification: o levantamento de materiais e objetos aplicados ao projeto é feito de forma inovadora, basta apenas você selecionar um único objeto e pedir para que ele te diga quantos existem no projeto, e onde exatamente se encontra cada um, a parte ruim é que para utilização dessa informação no cronograma, é necessário criar listas de materiais para posteriormente linkar esses às atividades desejadas, com isso levando um bom tempo.

Animação 3D com a ferramenta Viewpoint e Animation: é um recurso excelente para criação de vídeos e captura de fotos do empreendimento para que possa ser

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

demonstrado ao cliente, uma coisa que poderia melhorar é o recurso de visualização, as imagens não têm uma qualidade tão elevada quanto a de outros programas na utilização do 3D.

Simulação 4D com a ferramenta TimeLiner: após a integração dos projetos, levantamento de materiais e custos e elaboração de cronograma, a simulação 4D ocorre de forma praticamente automática, sendo necessário apenas o ajuste do vídeo. O programa mostra a relação de execução da obra entre o avanço físico e o financeiro, tanto quanto o valor acumulado do projeto desde o início até seu fim.

O Navisworks é o programa mais novo da família Autodesk, sendo ainda necessário muitas alterações para seu melhor funcionamento, porém o objetivo principal do programa é a checagem de erros e simulação 4D, e nesse quesito ele cumpri com o esperado.

Sugestão para futuros trabalhos: fazer o levantamento de materiais e custos para a parte de instalações elétricas e hidráulicas e o projeto arquitetônico, para posteriormente a simulação 4D.

6. CONCLUSÕES

O Navisworks é um programa que tem um grande potencial de assimilação de dados, podendo ser integradas informações de todos os softwares da empresa Autodesk, tal como de outras empresas, para que assim, seja feita a análise de interferência.

O programa é um grande facilitador tendo em vista o ponto de gerenciamento, pois, seu principal recurso é o de multiprojetos em um único ambiente, sendo possível a criação de planilhas, planejamento 4D e checagem de interferências.

O conceito BIM para o Brasil ainda é algo bem inovador que está em crescimento, países como Liverpool, Canada e Estados Unidos, utilizam a tecnologia BIM ou multitarefas há mais tempo, visando a otimização do tempo e zero desperdícios.

Para que o conceito BIM funcione de maneira mais completa e mais precisa é necessário que todos os profissionais responsáveis envolvidos com as áreas de

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

arquitetura, elétrica, hidráulica e estruturas trabalhem com pontualidade e dedicação, para que se consiga alcançar resultados mais eficazes e reduzir os erros de projeto.

No programa é possível vincular diferentes projetos em um único arquivo, identificar conflitos e interferências entre os elementos dos diferentes projetos, associar o projeto com o cronograma da obra, fazer uma simulação 4D da construção, extrair quantitativos, fazer animações 3D, fazer anotações em vistas 3D para revisão, verificar medidas, etc.

É um software que é útil tanto na fase de projetos da construção quanto no acompanhamento da mesma.

Com os recursos de visualização e integração entre diferentes projetos torna o Navisworks uma ótima ferramenta de comunicação que pode ser utilizada em reuniões ou demonstrações.

Com a utilização do software e o desempenho do estudo de caso, foi possível analisar que a modelagem com informações mais a integração de projetos é possível otimizar o tempo de pré-projeto e tempo de execução do empreendimento, tornando-o mais eficaz e com menos perdas para os envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a instituição de ensino superior UNIGRANRIO, pela disponibilidade dos softwares para fundamentação teórica e conclusão do projeto.

Agradeço a MRV Engenharia pela disponibilização dos projetos arquitetônicos e estrutural para elaboração do trabalho.

Agradeço a GVC Construções pela disponibilização do índice de produção e cronograma para elaboração do trabalho.

REFERÊNCIAS

AECWeb. **Falar de BIM é Falar de Dinheiro**. São Paulo, Brasil 2017. Disponível: < https://www.aecweb.com.br/cont/a/falar-de-bim-e-falar-de-dinheiro_16208 >. Acesso em Maio 2019.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil

Autodesk Inc. **Desenvolvimento para Modelagem de Informação da Construção**.
Califórnia, EUA 2018. Disponível: <
<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview> >. Acesso em Outubro 2018.

Autodesk Inc. **Navisworks**. Califórnia, EUA 2018. Disponível: <
<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview> >. Acesso em Dezembro
2018.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CAIXA). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos
e Índices da Construção Civil – SINAPI**. Disponível: <
<http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx> >. Acesso em: Maio 2019.

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. **Manual de
BIM**. 1. ed. Porto Alegre: BookMan Editora LTDA, 2014. 483 p.

MULLER, Alexandre. **Tudo o Que Você Precisa Aprender Sobre o que é BIM**.
Florianópolis, SC 2018. Disponível: < <https://bimnapratica.com/blog/o-que-e-bim> >.
Acesso em Outubro 2018.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC. **Manual Básico de
Indicadores de Produtividade na Construção Civil Volume 1**. Brasília, DF 2017.
Disponível: < [https://cbic.org.br/wp-
content/uploads/2017/11/Manual_Basico_de_Indicadores_de_Produtividade_na_Co
nstrucao_Civil_2017.pdf](https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Manual_Basico_de_Indicadores_de_Produtividade_na_Construcao_Civil_2017.pdf) >. Acesso em Novembro 2018.

*Prof. Elvio Machado Martins Júnior é Coordenador do Curso de Engenharia Civil

**Profª Monique Nascimento dos S. de Alcântara é Docente do Curso de Engenharia Civil