



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**JOÃO FELIPE DA SILVA MEDEIROS
JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE ALBUQUERQUE MALTA**

**BIM APLICADO AO PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO DO
EDIFÍCIO CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
(CTG) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

RECIFE
2017

JOÃO FELIPE DA SILVA MEDEIROS

JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE ALBUQUERQUE MALTA

**BIM APLICADO AO PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO CENTRO
DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS (CTG) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Pernambuco como parte
dos requisitos para obter o título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araujo Regis

Coorientador: Eng. Franklin Ricardo Lima Borges

RECIFE

2017

Catálogo na fonte
Bibliotecária: Rosineide Mesquita Gonçalves Luz / CRB4-1361 (BCTG)

M488b

Medeiros, João Felipe da Silva.

BIM aplicado ao projeto de requalificação do Edifício Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco / João Felipe da Silva Medeiros, João Victor Oliveira de Albuquerque Malta. – Recife, 2017. 58f., il., fig., tab.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Araujo Regis.

Coorientador: Eng. Franklin Ricardo Lima Borges.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil, 2017.

Inclui referências e Anexo.

1. Engenharia Civil. 2. *Building Information Modeling* (BIM). 3. Requalificação. 4. Planejamento. 5. Projeto. I. Malta, João Victor Oliveira de Albuquerque. II. Regis, Paulo de Araujo (Orientador). III. Borges, Franklin Ricardo Lima (Coorientador). IV. Título.

624 CDD (22. Ed.)

UFPE/BCTG/2017- 276



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ATA DA DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PARA
CONCESSÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL**

CANDIDATO(S): 1 – JOÃO FELIPE DA SILVA MEDEIROS
2 – JOÃO VICTOR OLIVEIRA DE ALBUQUERQUE MALTA

BANCA EXAMINADORA:

Orientador: PAULO DE ARAUJO REGIS

Coorientador: FRANKLIN RICARDO LIMA BORGES

Examinador 1: JOSÉ CAMILLO BARBOSA DA CUNHA

Examinador 2: THAÍS TENÓRIO DOURADO

**TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: BIM APLICADO AO
PROJETO DE REQUALIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO CENTRO DE TECNOLOGIA E
GEOCIÊNCIAS (CTG) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

LOCAL:

DATA: 26/07/2017 HORÁRIO DE INÍCIO: 14:00.

Em sessão pública, após exposição de cerca de 30 minutos, o(s) candidato(s) foi (foram) arguido(s) oralmente pelos membros da banca com NOTA: **9,10** (deixar 'Exame Final', quando for o caso).

1) (X) aprovado(s) (nota $\geq 7,0$), pois foi demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema da monografia e o texto do trabalho aceito.

As revisões observadas pela banca examinadora deverão ser corrigidas e verificadas pelo orientador no prazo máximo de 30 dias (o verso da folha da ata poderá ser utilizado para pontuar revisões).

O trabalho com nota no seguinte intervalo, **$3,0 \leq \text{nota} < 7,0$** , será reapresentado, gerando-se uma nota ata; sendo o trabalho aprovado na reapresentação, o aluno será considerado **aprovado com exame final**.

2) () reprovado(s). (nota $< 3,0$)

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca e pelo(s) candidato(s).

Recife, 26 de Julho de 2017

Orientador:

Coorientador:

Avaliador 1:

Avaliador 2:

Candidato 1:

Candidato 2:

Aos nossos pais!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecer a Deus por permitir vivenciar e compartilhar deste momento com todos vocês, por me permitir a realização de mais um sonho. Um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Regis, pela sua disponibilidade, partilha de conhecimento desde concreto 1, dedicação e iniciativa da implantação do BIM em projetos da Universidade Federal de Pernambuco. Ao meu grande amigo e coorientador, Franklin Ricardo, por nos ajudar em nosso projeto e companheirismo durante toda a graduação. Ao meu também grande amigo João Victor que me ajudou em muito no desenvolvimento deste projeto e também ao longo de toda a graduação, sendo muito solícito na partilha de seus conhecimentos. Um agradecimento a empresa *Autodesk* por disponibilizar os *softwares* estudantis *Revit* e *Navisworks*. Aos meus amigos que marcaram o meu percurso acadêmico por todo companheirismo, apoio permanente e ajuda na concretização desta etapa, em especial ao Tharcísio Xavier, Pedro Tavares, Isadora Carneiro, Gerson Neto e Fernando Almeida. A todos os meus familiares pois sempre acreditaram que um dia eu viveria este momento épico. Um agradecimento muito especial a minha irmã, por sempre acreditar em mim e pela sua constante motivação. Uma palavra muito forte de reconhecimento para a minha esposa, Vanessa Sarah, que sempre me motivou e acreditou nas minhas capacidades, ajudou e foi compreensiva nos momentos de maior dificuldade e pelo seu apoio incondicional. Por último a quem dedico este trabalho, aos meus pais Paulo e Valéria por toda educação ao longo de minha vida, por me proporcionarem esta experiência e realização de um sonho e apoio ao longo do meu percurso acadêmico, serei eternamente grato a vocês. E minha avó Leonira, matriarca desta grande família, com a sua fé incontestável, conselhos, carinho, educação e amor, sou muito grato a senhora por tudo “Mainha”. Para o meu avô, onde quer que esteja, estará em meu coração. Obrigado meu Deus e todos vocês!

AGRADECIMENTOS

À Deus por em toda sua sabedoria ter me guiado por toda a jornada da vida e me iluminado com a sabedoria necessária para superar todos os obstáculos.

Ao meu orientador Dr. Paulo de Araujo Regis por ter me aceitado como seu orientando nesse projeto, disponibilizando seu tempo e conhecimentos. E também ao meu coorientador Eng. Franklin Borges por todo apoio, todos os seus *insight*, conselhos e boa vontade em partilhar seu conhecimento.

Aos meus pais, Josenilda e João Renato, e a minha tia Genilda sem os quais eu jamais teria chegado até aqui. Obrigado por sempre apoiarem meus estudos desde criança, não medindo esforços para tornar meu sonho possível. Obrigado por todo o sacrifício e por aguentarem firmes todos esses anos em que estou longe. Esse trabalho é pra vocês.

À minha namorada que me compreendeu durante todo o estresse de produzir um trabalho científico. Obrigado por todo o amor, carinho e suporte. É muito bom saber que posso contar com você.

À todos os meu amigos e colegas que durante todos esses anos sempre estiveram ao meu lado, me ajudaram a passar pelos obstáculos do curso e da vida. Aprendi muito com cada um de vocês. Especialmente Franklin, Gerson, Tharcísio, Pedro, Isadora, Amanda, Maíra, Mayra e a todos da “família 1912”. Agradeço também à Felipe, que dividiu comigo este trabalho e todos os outros desafios da graduação, sempre disposto a ajudar.

E por último à Autodesk por disponibilizar a licença de seus softwares à todos os estudantes.

MALTA, J. V. O. A. (2017) E MEDEIROS J. F. S. (2017). BIM Aplicado Ao Projeto De Requalificação Do Edifício Centro De Tecnologia E Geociências (CTG) Da Universidade Federal De Pernambuco. Trabalho de Conclusão do Curso, graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Centro de Tecnologia e Geociências (CTG), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

RESUMO

A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) vem ganhando grande destaque no cenário mundial e transformando a forma como os projetistas trabalham. Por este motivo, esta pesquisa realiza uma breve análise desta metodologia e apresenta um estudo de caso no qual é construído um modelo do edifício principal do Centro de Tecnologia e Geociência da Universidade Federal de Pernambuco, e é feito um planejamento para sua requalificação. O estudo explora os conceitos da metodologia BIM, aplicando duas das dimensões associadas ao projeto: a modelagem em 3D e o planejamento do cronograma associado ao modelo (4D). Obtendo como resultado um completo modelo *as-built* da edificação com uma grande quantidade de informações que podem ser extraídas e usadas para os mais variados fins, bem como o projeto de requalificação que servirá de base para uma futura implementação por parte da universidade. Por último é importante salientar as vantagens de se trabalhar com essa metodologia, que reduz a quantidade de erros, conflitos e más interpretações por falta de informações precisas.

Palavras-chave: *Building Information Modeling* (BIM). Requalificação. Planejamento. Projeto.

MALTA, J. V. O. A. (2017) E MEDEIROS J. F. S. (2017). BIM Applied to the Requalification Project of the Center of Technology and Geoscience of the Federal University of Pernambuco. Final Course Work, graduation in Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Environmental (DECIV), Center of Technology and Geosciences (CTG), Federal University of Pernambuco (UFPE). Recife / PE.

ABSTRACT

The BIM (Building Information Modeling) methodology has been gaining prominence in the world scenario and transforming the way designers work. For this reason, this research performs a brief analysis of this methodology and presents a case study in which a model of the main building of the Center of Technology and Geoscience of the Federal University of Pernambuco is constructed, and a planning is done for the requalification of the same building. The study explores the concepts of the BIM methodology, applying two of the dimensions to the project: 3D modeling and schedule planning associated with the model (4D). Resulting in a complete as-built building model with a large amount of information that can be extracted and used for the most varied purposes, as well as the requalification project that will serve as the basis for a future implementation by the university. Finally, it is important to highlight the advantages of working with this methodology, which reduces the number of errors, conflicts and misinterpretations for lack of accurate information.

Keywords: Building Information Modeling (BIM). Requalification. Planning. Project.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Ciclo de vida de um projeto	17
Figura 2 – LOD 100	19
Figura 3 – LOD 200	19
Figura 4 – LOD 300	20
Figura 5 – LOD 400	20
Figura 6 – LOD 500	21
Figura 7 – LOD aplicado a um elemento	21
Figura 8 – Ciclo de vida do projeto.....	24
Figura 9 – Menu estrutura	28
Figura 10 – Menu propriedades de tipo (pilar)	28
Figura 11 – Menu propriedades de tipo (viga).....	29
Figura 12 – Menu propriedades de tipo (piso).....	29
Figura 13 –Modelo estrutural em 3D	30
Figura 14 – Menu Arquitetura	31
Figura 15 – Menu propriedades de tipo (parede).....	32
Figura 16 – Menu propriedades de tipo (portas).....	32
Figura 17 – Menu propriedades de tipo (janela)	33
Figura 18 – Modelo arquitetônico em 3D	34
Figura 19 – Exemplo Fases do projeto.....	35
Figura 20 – Menu gerenciar	36
Figura 21 – Comando fases.....	36
Figura 22 – Filtro de fases.....	37
Figura 23 – Sobreposição de gráficos	37
Figura 24 – Planta de reforma (térreo).....	38
Figura 25 – Planta após a reforma (térreo).....	38
Figura 26 – Planta de reforma (pavimento 1)	39
Figura 27 – Planta após a reforma (pavimento 1)	39
Figura 28 – Planta de reforma (pavimento 2)	40
Figura 29 – Planta após a reforma (pavimento 2).....	40
Figura 30 – Menu Vista (Tabelas)	41
Figura 31 – Menu de configuração de novas Tabelas.....	41

Figura 32 – Menu Propriedades da Tabela	42
Figura 33 – Tabela quantitativos de paredes demolidas	42
Figura 34 – Tabela quantitativos de portas removidas	43
Figura 35 – Tabela quantitativos de janela removidas.....	43
Figura 36 – Tabela quantitativos de paredes construídas.....	43
Figura 37 – Tabela quantitativos de portas colocadas	44
Figura 38 – Cronograma de requalificação.....	46
Figura 39 – Comando <i>Append</i>	47
Figura 40 – Comando <i>TimeLiner</i> (aba <i>Data Sources</i>).....	48
Figura 41 – Comando <i>TimeLiner</i> (aba <i>Tasks</i>).....	49
Figura 42 – Modelo simulado no <i>NavisWorks</i>	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Justificativa e motivação	12
1.2	Objetivos gerais e específicos	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Building Information Modeling (BIM)	14
2.2	Domínios do BIM.....	15
2.3	Interoperabilidade	16
2.3.1	Industry Foundation Classes.....	18
2.4	Level of Development (LOD)	18
2.5	Norma Técnica	21
2.5.1	Conceito.....	21
2.5.2	Modelagem de projetos.....	22
2.5.3	Projeto arquitetônico.....	22
2.5.4	Projeto estrutural.....	22
2.6	Planejamento.....	23
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	Descrição do estudo de caso	26
3.2	Informações sobre o prédio escolar.....	26
3.3	Modelagem 3D	27
3.3.1	Estrutura.....	27
3.3.2	Arquitetura.....	30
3.4	Modelagem do Projeto de Requalificação	34
3.4.1	Fases de projeto do Revit.....	34
3.4.2	Projeto de requalificação	37
3.5	Tabelas de quantitativos.....	41
3.6	Planejamento.....	44
3.7	Simulação da construção.....	47
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
4.1	Síntese do trabalho realizado.....	51
4.2	Dificuldades sentidas	51
4.3	Desenvolvimentos futuros	52
	REFERÊNCIAS.....	53
	ANEXO A	55

1 INTRODUÇÃO

Os projetos de Engenharia e Arquitetura desenvolvidos no papel foram substituídos na década de 90, com o advento dos computadores, *softwares CAD (Computer Aided Design)*. Sua implementação foi realizada de forma rápida e isto trouxe problemas graves de compatibilização de projetos, onde os mesmos eram solucionados na fase de projetos ou até mesmo no momento da execução (SANTOS, 2015). Embora alguns problemas em tese não devessem existir, eles ocorrem com frequência nos canteiros de obra, por exemplo, sejam nas atualizações de projetos, orçamento com quantitativos equivocados, ausência de detalhamento de itens de projeto. Isto ocorre devido à falta de tempo para realizar as atualizações nas pranchas usando a ferramenta de criação do projeto, já que *softwares CAD* demandam muito tempo para realizar as correções.

A tecnologia BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem da Informação da Construção é considerada uma grande evolução, pois gerencia a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento, abrangendo estudo de viabilidade, concepção do projeto, orçamento, planejamento, construção até a demolição ou requalificação. Este sistema já é realidade em alguns países europeus, e Estados Unidos, entretanto, pouco difundido no Brasil. O BIM permite a criação de um modelo virtual parametrizado do empreendimento, não apenas uma modelagem 3D. Assim, é possível detectar antecipadamente as incompatibilidades construtivas, além de gerar quantitativos automáticos dos materiais e dados sobre custos e prazos de execução (ROCHA, 2013). É a partir da tecnologia BIM que será realizado um projeto de requalificação do Edifício Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco.

1.1 Justificativa e motivação

Os atuais modelos de contrato dos projetos por parte da indústria da construção são representados graficamente com o auxílio de computadores, em que o modelo representativo da obra é uma análise do desenho.

De acordo com Masoti, (2014), o CAD 2D representa a segunda geração na maneira de se representar tecnicamente um projeto. Destoando da primeira geração apenas no aspecto gráfico, pois agora, as linhas, desenhos e símbolos são desenhados com o auxílio de um *software* de microcomputador. Entretanto, persiste o problema das linhas "burras" que

representam os objetos sem conter nenhuma outra informação tornando-os sujeitos a interpretação.

Com o BIM, através do modelo 3D e das informações contidas nele, as várias falhas que conflitam no momento da execução do projeto poderiam ser reduzidas e/ou até mesmo evitadas. Vários são os benefícios do sistema BIM, tais como banco de dados do projeto que além de representar a geometria do objeto armazena seus atributos; objetos que são parametrizados, ou seja, que permitem que as alterações sejam atualizadas de maneira instantânea em todo o projeto. Com isso, facilita as revisões e aumenta a produtividade. Por fim, ainda entrega um produto com melhor qualidade.

1.2 Objetivos gerais e específicos

Este trabalho tem como objetivo geral realizar a modelagem computacional do Edifício Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco e um projeto de requalificação, ambos utilizando um *software* que suporta à tecnologia BIM (*Autodesk Revit 2017*).

Como objetivos específicos tem-se:

- Modelagem 3D do Edifício Escolar do CTG
- Elaborar projeto de requalificação do edifício escolar
- Produzir relatório quantitativo da requalificação.
- Planejamento e simulação de cronograma

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Building Information Modeling (BIM)

O *Building Information Modeling* não é um *software* ou uma classe de *softwares*, mas sim uma maneira de se projetar. A modelagem da construção não faz sentido sem o “I” da informação. Sua aplicação não é realizada de maneira simples, pois criar e codificar todos os parâmetros do sistema requer dedicação. De acordo com Eastman *et al.* (2014) o BIM é definido com uma tecnologia de modelagem caracterizados por:

- Componentes da construção que são representações digitais inteligentes dos objetos que constituem a construção;
- Componentes que incluem dados que descrevam como eles se comportam, por exemplo, em análise de desempenho do material, quantificação e especificação;
- Dados consistentes e não redundantes, de modo que as alterações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes;
- Dados coordenados, de modo que todas as visualizações de um modelo sejam realizadas de maneira coordenada.

O sistema BIM também auxilia nos processos de gestão do empreendimento, tornando-o mais transparente. O modelo em três dimensões consegue mostrar de forma mais prática e clara, a partir dos projetos arquitetônicos, estrutural, de instalações e etc., o que será obtido após a construção. Sendo este modelo 3D único e contendo todos os projetos as incompatibilidades são detectadas facilmente no sistema BIM.

Uma vez que o modelo 3D da construção é a fonte para todos os desenhos 2D e 3D, os erros e projetos causados por desenhos 2D inconsistentes são eliminados. Além disso, uma vez que os sistemas de todas as disciplinas podem ser colocados juntos e comparados, interfaces com múltiplos sistemas são facilmente verificadas sistematicamente (para interferências fortes e fracas) e visualmente (para outros tipos de erros). Os conflitos são identificados antes que sejam detectados na obra. A coordenação entre os projetistas e empreiteiros parcialmente é aperfeiçoada, e os erros de omissão são significativamente reduzidos. Isso torna mais rápido o processo de construção, reduz os custos, minimiza a probabilidade de disputas jurídicas e proporciona um processo mais suave para toda a equipe do empreendimento. (EASTMAN, *et al.* 2014, p. 19)

Ainda de acordo com Eastman *et al.* (2014) as vantagens de produtividade em projetos BIM são associadas aos benefícios de uma tecnologia como BIM, assim, na produção reside na diminuição de erros. Outra vantagem seria a produtividade, por exemplo, considerando o tempo

para uma determinada tarefa ser executada, pois a quantidade de horas trabalhadas seria reduzida, tendo assim um retorno de investimento da nova tecnologia.

2.2 Domínios do BIM

O BIM pode ser abordado em diferentes processos na qual são chamados de domínios. Eles estão presentes nas operações chaves, tais como modelagem, planejamento, orçamentação, controle de custos, contabilidades e compras (PARREIRA, 2013). A abordagem considerada mais tradicional do BIM é a 2D, também conhecida pelos desenhos introduzidos “manualmente por CAD”. Nessa abordagem as alterações em quaisquer dos elementos do projeto não podem ser vistas na totalidade, além de não serem replicadas para as outras vistas de modo automático. Devido a essas circunstâncias, um processo baseado no sistema BIM, permite a visualização e colaboração em 3D. Ainda, no modelo há um elevado potencial de informações que podem ser exploradas, analisadas, sincronizadas e paramétricas Eastman *et al.* (2014).

Ainda de acordo com o autor, torna-se imprescindível o desenvolvimento do modelo 3D para um projeto BIM juntamente com a incorporação de informações, tornando-as essenciais para a realização de análises. Sendo elas realizadas por qualquer interveniente na construção. Os benefícios desta funcionalidade permitem esclarecer dúvidas na interpretação, número infinitos de cortes e plantas de forma automáticas, maior sensibilidade e conhecimentos referentes ao projeto e o seu funcionamento.

Vale ressaltar que é necessário considerar algumas atividades importantes como determinar o nível de detalhe, criar um modelo integrado com várias disciplinas, criação de um servidor compartilhado para estabelecer um processo de revisão e aprovação dos “desenhos” para haver a confirmação que não existe conflitos ou erros no modelo.

O BIM 4D permite conectar as atividades de construção no tempo com o modelo 3D e gerar um gráfico em tempo real do progresso *versus* tempo de projeto. Alguns *softwares*, tal como *Navisworks*, realizam o acompanhamento do projeto reproduzindo virtualmente a construção real. A dimensão “tempo” dá aos colaboradores e planejadores a oportunidade de analisar a evolução da construção e o planejamento do fluxo de trabalho do projeto. Além do mais, todos os envolvidos no projeto podem participar mais ativamente, analisando, visualizando e se comunicando e até se antevendo dos problemas.

A integração do 5D, que é a dimensão dos “custos”, cria instantaneamente um orçamento do projeto. Nele, as alterações do quantitativos, especificações do material e fornecedores são atualizadas instantaneamente. Ainda, permite a representação financeira do modelo em função

tempo, possibilitando a melhoria na estimativa de custos, minimizando os incidentes e até mesmo evitando equívocos ou ambiguidades resultantes de informações fornecidas pelo modelo CAD (EASTMAN *et al.*, 2014).

Já no 6D há a possibilidade da utilização do modelo para um plano de manutenção, pois o modelo global oferece uma descrição completa dos elementos da edificação. O modelo é utilizado como uma base de dados para a gestão de ativos, pois a geometria dos elementos, capacidade de propriedades subjacentes são usados na gestão (EASTMAN *et al.*, 2014).

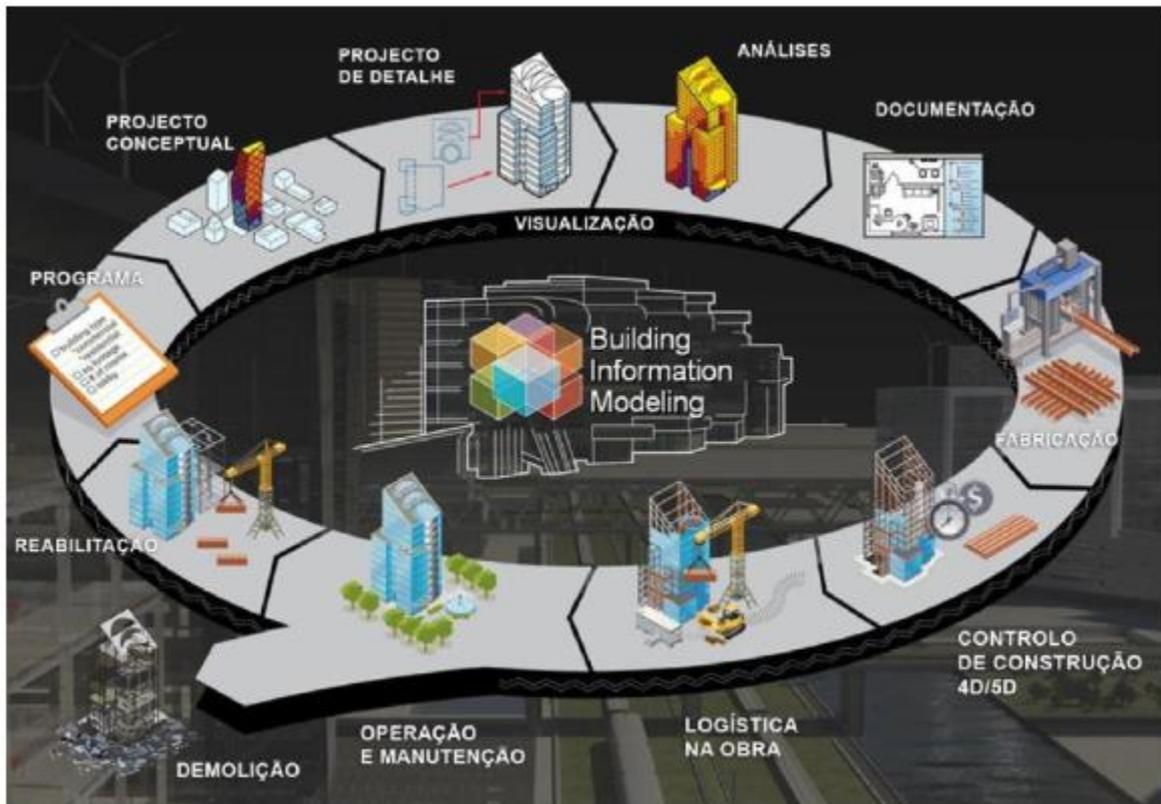
E por último e não menos importante, a sustentabilidade na construção é a 7D, onde o projetista garante o cumprimento das metas de carbono, por exemplo. Mais, validam decisões em conformidade e também testam e comparam diferentes opções de projeto (EASTMAN *et al.* 2014).

2.3 Interoperabilidade

Para o uso das funcionalidades do BIM de modo eficiente faz-se fundamental a aplicação da interoperabilidade. Com a interoperabilidade pode-se trocar informações, gerir e comunicar entre diferentes aplicações. No cenário BIM, essa capacidade tem uma maior importância devido à colaboração entre todos os intervenientes no projeto. Por este motivo a interoperabilidade também é vista como um meio que permite a integração na execução do projeto, pois administra relações colaborativas entre os membros dos vários domínios da construção (HARDIN, 2009).

As fases do ciclo de vida de um edifício são apresentadas abaixo, figura 1. Pode-se verificar que os processos não são independentes. Em cada fase informações são criadas, adicionadas e posteriormente utilizadas, pois servem para todo o ciclo de vida da edificação e podem ser utilizadas por diferentes intervenientes (HARDIN, 2009). Essa conexão de informações apenas seria realizada de modo eficaz se todos os intervenientes usarem os mesmos *softwares*. Mas, como é de se esperar, cada interveniente faz uso do *software* que melhor se enquadra com os seus objetivos profissionais. Para ocorrer a permuta de informações entre os *softwares* (interoperabilidade) os sistemas devem trabalhar em conjunto e todos os intervenientes se comunicarem na mesma linguagem, ultrapassando as barreiras opostas a comunicação (HARDIN, 2009).

Figura 1- Ciclo de vida de um projeto



Fonte: Adaptado Autodesk

De acordo com Hamil (2012), existem três tipos de interoperabilidade:

- Interoperabilidade entre *softwares* do mesmo fornecedor:

A interoperabilidade mais básica é a que ocorre quando um único *software* é utilizado pelos vários intervenientes do projeto. Várias são as vantagens da interoperabilidade, tais como coordenação do trabalho e planeamento, além da detecção dos conflitos entre a estrutura e especialidades, em tempo útil.

- Interoperabilidade entre *softwares* de diferentes fornecedores:

Já este nível de interoperabilidade tem maior relevância, pois ao longo do processo de projeto e construção de um edifício, são diversas as disciplinas envolvidas, e cada uma com determinado *software*. Com esta comunicação, pode-se facilmente reduzir a quantidade de erros e facilitar a gestão da informação num projeto.

- Interoperabilidade através de padrões abertos de dados (*open data standards*):

A função do *open data standards* é definir onde a informação deve estar para ser exibida ou transferida entre diferentes *softwares*. Afim de melhorar o fluxo de trabalho na construção, diferentes *softwares* e diferentes fontes trabalham em conjunto.

Em relação a metodologia BIM a interoperabilidade é definida como a capacidade de diferentes sistemas ou programas informáticos trocarem dados e informações entre si, e de as utilizar em diferentes objetivos. Devido a quantidade de informações cada vez maior e ao desenvolvimento do conceito da interoperabilidade, os problemas foram se intensificando. E assim, foi necessário a criação de uma plataforma que compartilhasse informações entre os diferentes *softwares*. O modelo *Industry Foundation Classes* (IFC) é o que mais tem sido desenvolvido (ESTEVES, 2012).

2.3.1 Industry Foundation Classes

A *International Alliance for Interoperability* (IAI) desenvolveu uma estrutura de base de dados desenvolvidas buscando constantemente encorajar o desenvolvimento rápido do formato (IAI, 2017). Este formato permite a captação de informações não apenas geométrica, mas também todas as outras propriedades relacionadas ao objeto e a mesma inserida dentro de um modelo BIM, para assim permitir a troca de informações.

O modelo ou formato IFC é um modelo de dados *standard*, supre a necessidade de troca e gestão de dados durante o ciclo de vida construtivo do projeto. O IFC foi criado para abordar a multidisciplinaridade envolvida em projetos, permitindo a inclusão e compartilhamento de informações da construção. Essas informações inseridas podem ser utilizadas desde a viabilidade do projeto, construção, gestão do edifício e readequação ou demolição (SANTOS, 2015). Portanto, torna-se imprescindível o uso e organização do modelo IFC. Deste modo, torna-se importante perceber a organização dos ficheiros IFC.

Embora existam todas essas vantagens do IFC, ele ainda é limitado devido a capacidade de interoperabilidade permitida pelo formato. Isto ocorre porque informações são perdidas durante a exportação de um modelo “BIM” para o IFC e de sua comunicação entre modelos BIM e *softwares* de outras empresas. De acordo com IAI 2017, os custos envolvidos devido uma má interoperabilidade pode aumentar em torno de 15% a 30% o custo do projeto.

2.4 Level of Development (LOD)

A cada etapa do projeto mais informações são adicionadas e estas têm um valor muito importante para o modelo. O modelo percorre vários níveis de maturação e que são incorporados com cada vez mais detalhes.

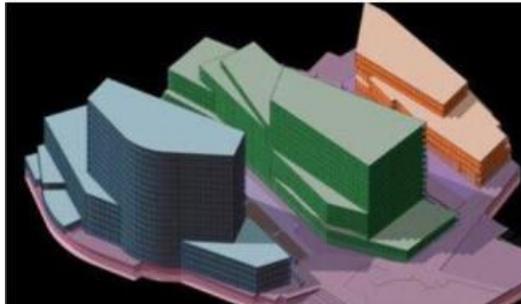
O *American Institute of Architects* (AIA) publicou o documento *AIA Document E202* que estabelece um protocolo para os níveis de desenvolvimento esperados, a fim de estruturar

o processo de modelação. O nível de desenvolvimento atribuído a cada elemento do modelo é definido em cada fase do projeto.

Conceitualmente falando o *Level of Development* ou *Level of Detail* (nível de desenvolvimento), possuem algumas diferenças. O *Level of Detail* é a quantidade de detalhes que se consegue no elemento do modelo. Já no *Level of Development* está relacionado ao grau de detalhes com que a geometria e a informação do elemento foram pensadas, ou seja, é o grau que os projetistas podem obter ao utilizar o modelo. Assim, *Level of Detail* pode ser considerado como uma entrada para o elemento, enquanto *Level of Development* pode ser utilizado como uma saída fiável (*input* e *output*) (LOD Specification, 2013). Os níveis de informações que cada LOD deve conter são apresentados abaixo:

LOD 100: Geralmente utilizado em estudos de viabilidade e estimativas de custos grosseiros. Permite o estudo da volumetria espacial do projeto em geral, tal como área, altura, volume, localização e orientação.

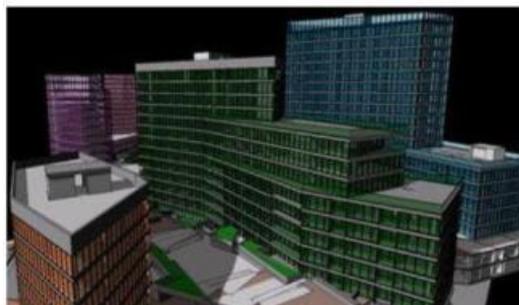
Figura 2 – LOD 100



Fonte: LOD specification

LOD 200: Embora não possa ser adicionado informações gráficas ao modelo, ele já contém uma geometria mais aproximada. Este nível permite realizar análises afim de determinar quais soluções construtivas serão utilizadas.

Figura 3 – LOD 200



Fonte: LOD specification

LOD 300: Oferece uma maior quantidade de informações sobre quantidades, tamanho, forma, localização e orientação. A partir deste nível existe uma geometria com precisão. É possível adicionar informação não geométrica que pode ser usada para criar modelos analíticos.

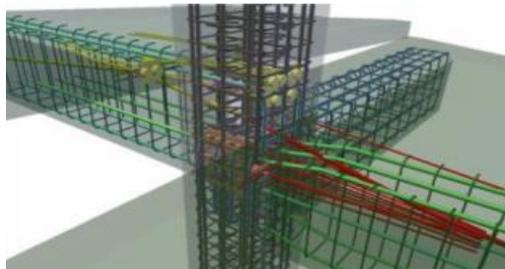
Figura 4 – LOD 300



Fonte: LOD *specification*

LOD 400: Em relação a precisão dos elementos, é bem semelhante ao nível anterior. Entretanto, os elementos dos modelos contêm informações mais detalhadas relacionadas ao projeto, como montagem e fabricação, além de outras informações que permitam análises mais precisas.

Figura 5 – LOD 400



Fonte: LOD *specification*

LOD 500: Podemos considerar uma representação digital *as-built* da construção. Já neste nível, sistemas e elementos são modelados de acordo com a construção, sendo precisos em todos os detalhes. Este nível é o ideal para operações de utilização e manutenção.

Figura 6 – LOD 500



Fonte: LOD specification

Uma aplicação do LOD é ilustrada abaixo para sua melhor compreensão:

Figura 7 – LOD aplicado a um elemento

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
Concept (Presentation) DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 100	Design Development DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 200	Documentation DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 700 DEPTH: 450 HEIGHT: 1100 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc. MODEL: Mirra LOD: 300	Construction DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc MODEL: Mirra LOD: 400	Facilities Management DESCRIPTION: Office Chair Arms, Wheels WIDTH: 685 DEPTH: 430 HEIGHT: 1085 MANUFACTURER: Herman Miller, Inc MODEL: Mirra PURCHASE DATE: 01/02/2013

Fonte: LOD specification

A figura 7 pode causar confusão, pois há uma diminuição do detalhe gráfico à medida que se aumenta o nível de desenvolvimento, entre o LOD 100 e LOD 300. Entretanto, podemos concluir que um grande detalhe gráfico de um elemento do projeto sobrecarrega o tamanho dos ficheiros, porém, não implica na perda das dimensões geométricas necessárias da especificação desse LOD. Assim, esta evolução permite um aumento de informações que é crucial para as diferentes fases da edificação (MCPHEE, 2013).

2.5 Norma Técnica

2.5.1 Conceito

A normalização implica no processo de formulação e aplicação de regras para solucionar ou prevenir problemas. As normas são desenvolvidas com a cooperação de todos os interessados buscando a elevação da economia global. Na formação das regras utiliza-se a tecnologia como ferramenta para que seja estabelecido de maneira neutra e objetiva, as

condições para que o produto, projeto, sistema, pessoa, bem ou serviço atendam as finalidades a que se destinam, levando em consideração sempre a segurança. Portanto, é um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido, que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para os seus resultados, visando um grau ótimo de ordenação em um dado contexto. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, s.d.)

2.5.2 Modelagem de projetos

De acordo com a NBR 13531:1995 na elaboração de projetos para edificações fica determinado que a representação prévia do objeto (urbanização, edificação, elemento da edificação, instalação predial, componente construtivo, material para construção) deve ser realizado mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura.

2.5.3 Projeto arquitetônico

De acordo com a ABNT NBR 13532, as etapas de execução da atividade técnica do projeto de arquitetura são as seguintes:

- Levantamento de dados para arquitetura;
- Programa de necessidades de arquitetura;
- Estudo de viabilidade de arquitetura;
- Estudo preliminar de arquitetura;
- Anteprojeto de arquitetura ou de pré-execução;
- Projeto preliminar de arquitetura;
- Projeto básico de arquitetura;
- Projeto para execução de arquitetura.

2.5.4 Projeto estrutural

Conforme ABNT NBR 6118/2003 os requisitos de qualidade do projeto abordado no item documentação da solução adotada, são os seguintes:

- Produto final do projeto estrutural é constituído por desenhos, especificações e critérios de projeto. As especificações e os critérios de projeto podem constar nos próprios desenhos ou constituir documento separado;
- Os documentos relacionados devem conter informações claras, corretas, consistentes entre si e com as exigências estabelecidas nesta norma;

-
- Projeto estrutural proporciona informações necessárias para a execução da estrutura;
 - Com o objetivo de garantir a qualidade da execução de uma obra, com base em um determinado projeto, medidas preventivas devem ser tomadas desde o início dos trabalhos. Essas medidas devem englobar a discussão e aprovação das decisões tomadas, a distribuição desses e outras informações pelos elementos pertinentes da equipe multidisciplinar e a programação coerente das atividades, respeitando as regras lógicas de precedência.

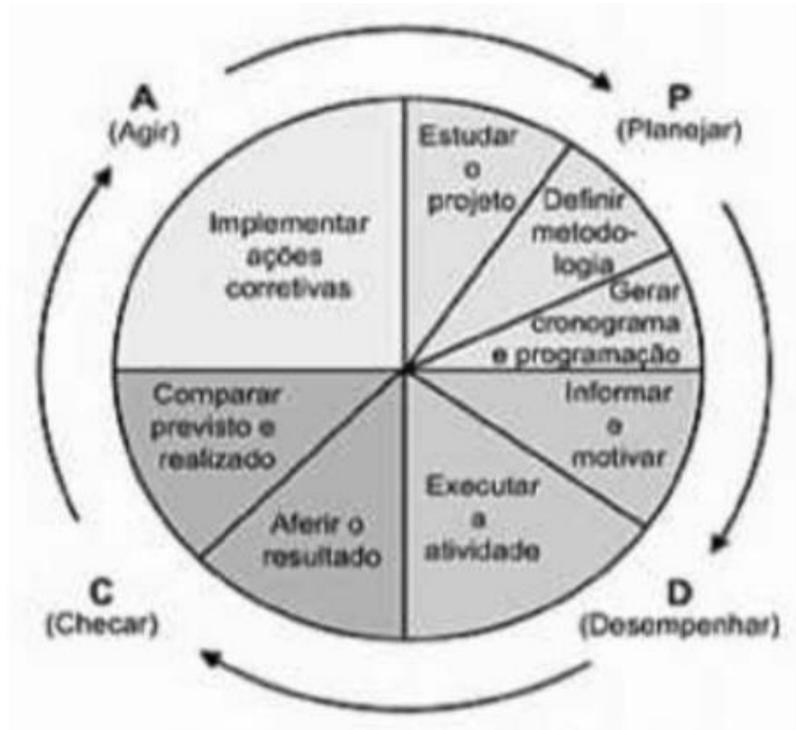
2.6 Planejamento

O planejamento de uma obra deve ser realizado de modo antecipado, estudando o trabalho antes de executá-lo a fim de diminuir imprevistos e atingir os objetivos com maior êxito. Ao realizar uma execução de uma obra, por exemplo, deve-se realizar um planejamento para todas as áreas técnicas, tal como canteiro de obras e produção, realizando seus devidos projetos, planos de ataques e fluxo de serviços. Assim, o planejamento desenvolve diversas alternativas na qual uma é escolhida para obtenção do objetivo (FORMOSO, 2001)

De acordo com o PMBOK (2004) um projeto tem o seu ciclo de vida (Figura 8) composto pelas fases de iniciação, execução, monitoramento e controle e encerramento, PDCA (planejar, desempenhar, checar e agir).

Assim, fica destacado a importância do monitoramento e controle de projeto, ou seja, não basta apenas planejar. Deve-se monitorar as atividades planejadas e comparar os resultados com aqueles desejados e então realizar as ações corretivas, sendo este processo realizado continuamente (MATTOS, 2010)

Figura 8 – Ciclo de vida do projeto



Fonte: Mattos 2010

De acordo com o PMBOK (2004) as fases do ciclo de vida do projeto contêm grupos de processos na qual estão interligados a 9 áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos, listadas abaixo, e a fase de planejamento contêm processos relacionados à todas as áreas:

- Integração do gerenciamento de projetos
- Gerenciamento do escopo do projeto
- Gerenciamento de tempo do projeto
- Gerenciamento de custos do projeto
- Gerenciamento de qualidade do projeto
- Gerenciamento de recursos humanos do projeto
- Gerenciamento das comunicações do projeto
- Gerenciamento de riscos do projeto
- Gerenciamento de aquisições do projeto

Do ponto de vista do PMBOK, este trabalho foi desenvolvido abordando o planejamento relacionando apenas duas áreas de conhecimento do gerenciamento de projetos, sendo gerenciamento de escopo e gerenciamento de tempo.

Portanto, os processos de gerenciamento de projetos abordados no nosso trabalho foram:

-
- Gerenciamento do escopo:
 - Planejamento do escopo
 - Definição do escopo
 - Criação dos pacotes de trabalhos (EAP)
 - Gerenciamento do tempo:
 - Sequenciamento das atividades
 - Estimativa de duração das atividades
 - Desenvolvimento do cronograma

No planejamento das atividades foi levado em consideração a dependência entre as atividades, pois sabe-se que acelerar toda as atividades não é a maneira mais eficiente de se obter um prazo reduzido. Identificar as atividades “certas” para acelerar o projeto sem aumentar significativamente o custo, também conhecido como “caminho crítico” (*Critical Path Method*), cuja a sigla é o CPM (MATTOS, 2010).

A representação lógica do projeto sob a forma de um diagrama é a facilidade de leitura e entendimento, para isso basta imaginar o quão trabalhoso seria descrever apenas com palavras a metodologia e o encadeamento lógico das atividades de um projeto extenso (MATTOS, 2010).

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição do estudo de caso

O edifício utilizado para o presente estudo de caso, para o desenvolvimento da modelagem 3D e requalificação utilizando a metodologia BIM, é o prédio Escolar do Centro de Tecnologia e Geociências (CTG) da Universidade Federal de Pernambuco, situado no campus Universitário Reitor Joaquim Amazonas (Recife).

Atualmente no prédio escolar funcionam seis departamentos de cursos (Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Geologia, Engenharia Cartográfica, Engenharia de Minas, Engenharia Eletrônica), alguns laboratórios e salas de aula.

Entretanto com o constante aumento no número de novos alunos matriculados nos cursos do CTG e conseqüentemente no número de turmas, observa-se uma carência no número de salas de aulas disponíveis para atender esta demanda. Pensando em ampliar a quantidade de salas de aulas propôs-se uma requalificação do prédio escolar para transformar os pavimentos do 1° ao 5° andar em salas de aula de aproximadamente 99 m² em um total de 16 salas por andar.

Foi necessário definir algumas fases para o desenvolvimento deste estudo de caso, de forma a ordenar e simplificar o processo. Assim, o trabalho é dividido em cinco fases principais:

- Coleta de informações sobre o edifício;
- Modelagem da situação atual do edifício;
- Modelagem da requalificação;
- Planilha de quantitativos gerada a partir do modelo.
- Planejamento e simulação de cronograma

3.2 Informações sobre o prédio escolar

A informação utilizada para a criação do modelo foi fornecida pela própria Universidade Federal de Pernambuco através da Coordenação de Cadastro de Bens Imóveis (CCBI) da UFPE que forneceu as plantas do edifício em arquivo CAD.

Entretanto as informações contidas nessas plantas não continham todas as informações necessárias para a completa modelagem. Sendo dessa forma necessária algumas visitas ao local para coleta de informações de materiais, medidas, cotas.

De posse dessas informações foi possível desenvolver o modelo 3D *as-built* do edifício Escolar do CTG.

3.3 Modelagem 3D

A modelagem foi feita com recurso do *software* de modelagem *Autodesk Revit* 2017. A escolha deste *software* teve por base a dimensão do projeto e o fato de que o *Revit* contempla toda uma gama de famílias que foram suficientes para a correta modelagem.

Apenas foram modeladas as partes mais importantes para a finalidade deste trabalho: estrutura, alvenaria, esquadrias e forros. Elementos como móveis e bancadas não interferem de maneira significativa para a requalificação, assim como as instalações hidráulicas, já que os banheiros ficam nos apêndices junto as escadas e não tem ligação com as salas de aulas. Desta forma sua modelagem não foi realizada, apesar do *software* ser capaz de representá-los.

Uma das considerações a ser levada em conta nesta fase é a determinação do LOD a ser utilizado. Apesar deste modelo ser uma representação *as-built* do edifício, ou seja, o modelo está de acordo com as características atuais do prédio (após a construção e as várias pequenas reformas que o mesmo passou ao longo dos anos), o LOD desenvolvido não foi o LOD 500 – mais indicado para gestão da manutenção e da operação da edificação.

Ao invés disto foi escolhido o LOD 300 que precisa de uma menor riqueza de informações, porém contém todas as informações e detalhes necessários para este estudo de caso que se limita a uma representação espacial qualitativa e quantitativa dos elementos arquitetônicos. Estas informações também podem ser utilizadas para auxiliar no planejamento e orientação da construção.

3.3.1 Estrutura

A modelagem da estrutura teve como maior dificuldade o fato da Coordenação de Cadastro de Bens Imóveis (CCBI) não possuir as plantas referentes ao projeto estrutural do edifício Escolar. Algumas informações, como locação e dimensões dos pilares, estavam presentes nas plantas de arquitetura e foram utilizadas para a modelagem. Outras informações (quantidade, dimensões e posições das vigas e das lajes) necessitaram de visitas e medições *in-loco* para serem determinadas e posteriormente inseridas no modelo.

Desde a versão 2013 a *Autodesk* incorporou seus três principais produtos – *Revit Architecture*, *Revit Structure*, *Revit MEP* – em um só *software*: o *Revit*. Que dessa forma passou a modelar componentes estruturais, arquitetônicos e complementares.

A figura 9 mostra o menu estrutura onde tem-se, entre outros, os comandos: vigas, colunas e pisos. Cada um desses comandos permite que sejam configurados novos componentes (vigas, pilares e lajes, respectivamente) e adicionados ao modelo.

Figura 9 – Menu estrutura

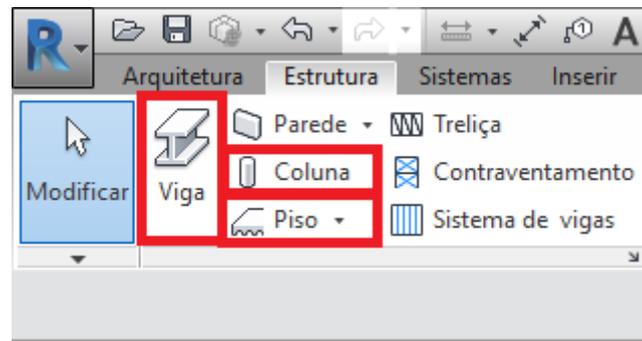


Figura 10 – Menu propriedades de tipo (pilar)

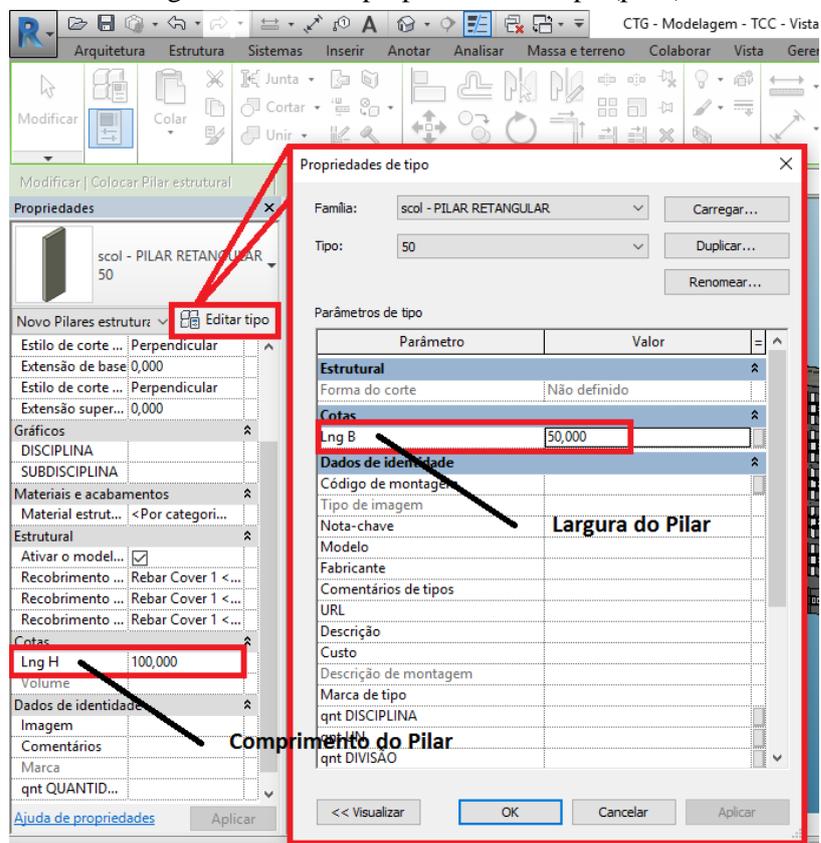


Figura 11 – Menu propriedades de tipo (viga)

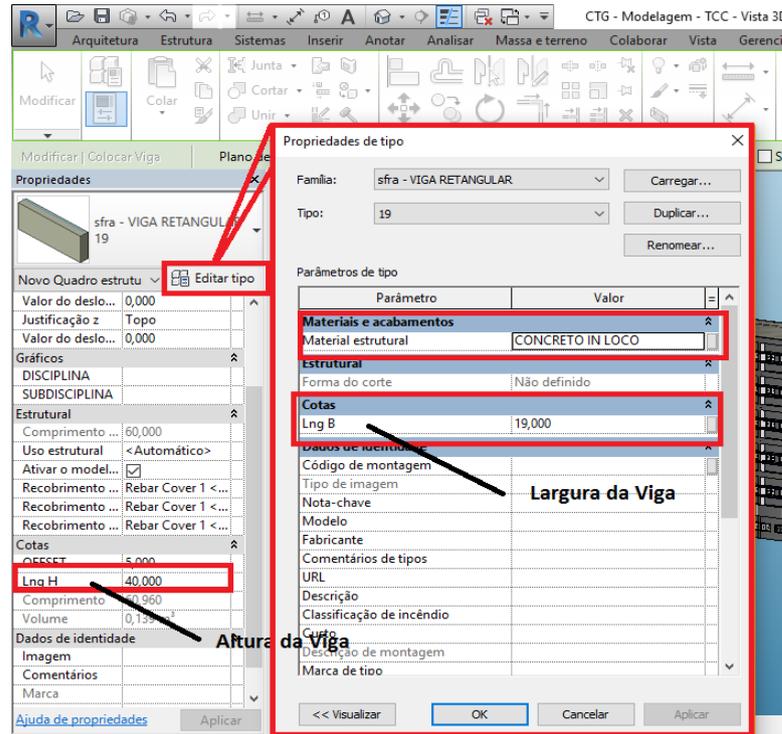


Figura 12 – Menu propriedades de tipo (piso)

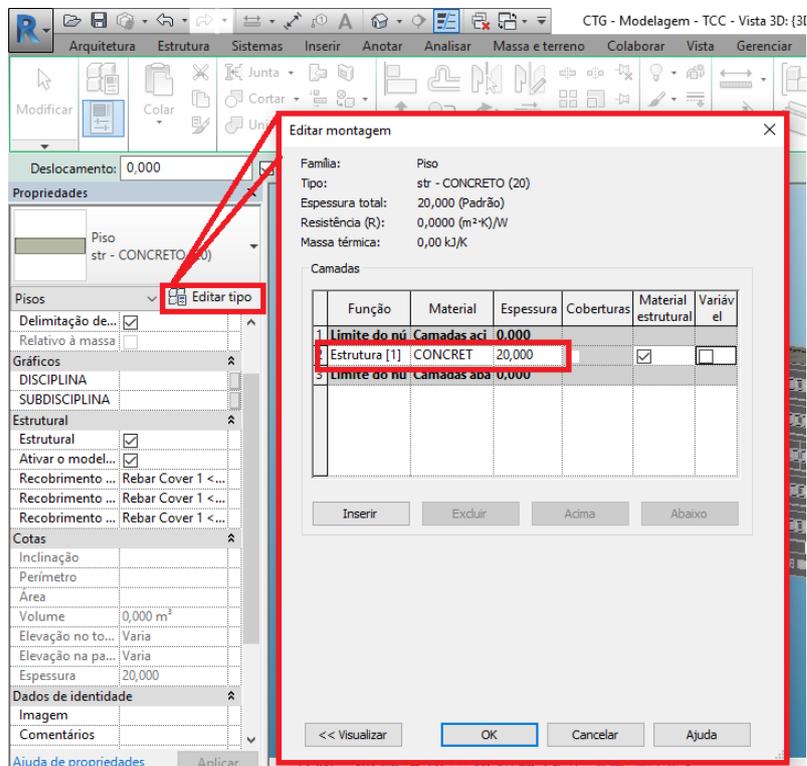
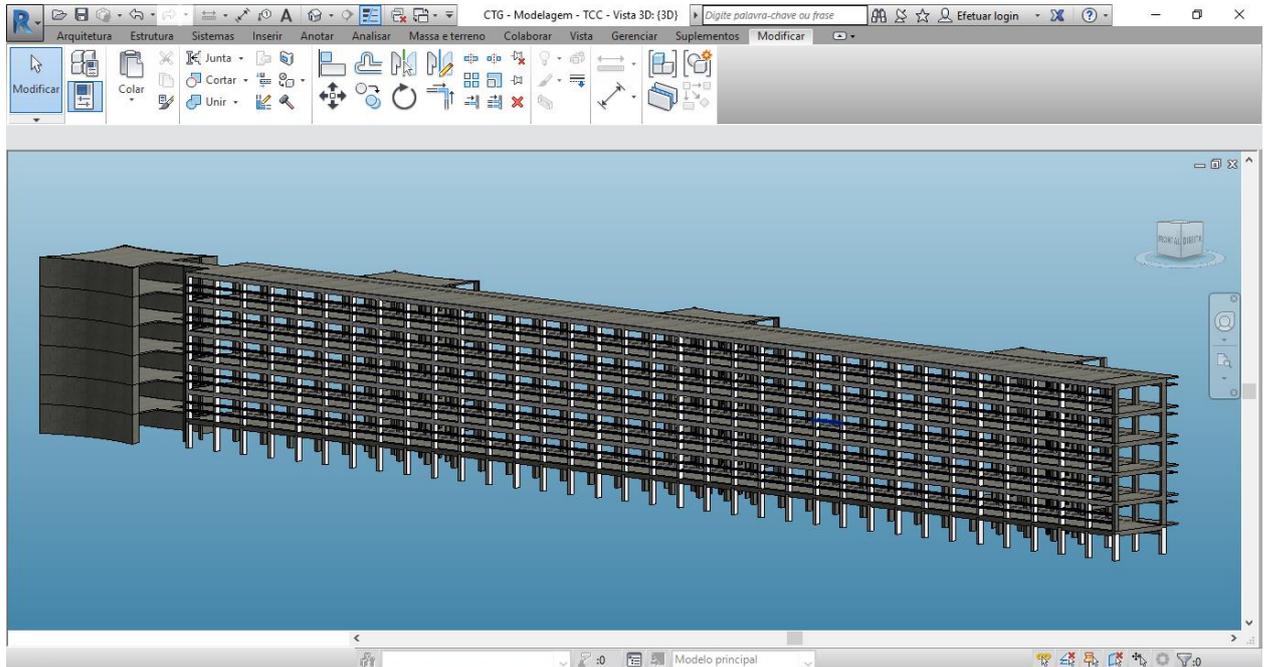


Figura 13 – Modelo estrutural em 3D



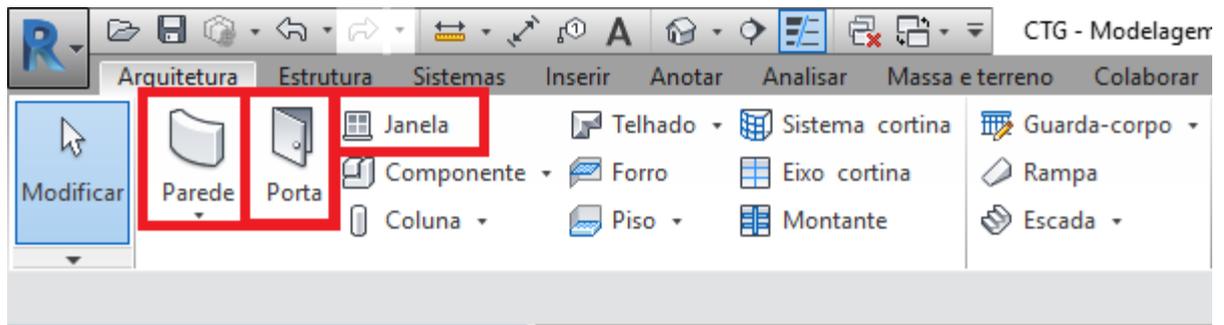
3.3.2 Arquitetura

Como referido anteriormente, a modelagem da arquitetura teve como base os elementos do projeto fornecidos pela Coordenação de Cadastro de Bens Imóveis (CCBI). Entretanto, assim como a falta de plantas estruturais dificultou a modelagem da estrutura, a modelagem da arquitetura foi dificultada por ter apenas as plantas baixas do edifício. A ausência de outras plantas (plantas de fachadas, plantas de corte e elevação, etc.) obrigou-nos a mais uma vez realizar o levantamento de dados *in-loco*. Desta vez uma grande quantidade de medidas foram necessárias para preencher as lacunas deixadas pela falta de todas as plantas do projeto.

As medidas obtidas em campo não foram usadas para criar plantas em formato CAD. Elas foram usadas como informações para a confecção do modelo e a partir deste, caso queira-se, é possível, de forma automática, obter as plantas desejadas.

No Menu Arquitetura mostrado na figura 14 possui uma grande variedade de comandos, sendo os mais comuns e mais utilizados os comandos: Parede, Porta, Janela. Ao clicar em algum desses comandos é possível configurar os parâmetros de cada componente, alterando espessura, tipo, material, modelo, etc. Antes de incluir portas e/ou janelas o *Revit* exige que exista uma parede hospedeira. Dessa forma primeiro deve-se modelar as paredes, para só então, incluir as portas e janelas.

Figura 14 – Menu Arquitetura



Selecionando o comando parede tem-se a opção de criar novos tipos de paredes, alterando os tipos e/ou espessuras de camada de estrutura e de cobertura para atender ao valores obtidos pelas plantas baixas e pelo levantamento *in-loco*. No exemplo da figura 15 observa-se que a parede é composta por cinco camadas: uma camada central com função estrutural e duas camadas de acabamento nas faces internas e externas.

Vários tipos de parede foram criados para atender às necessidades do projeto, entre elas paredes de alvenaria com espessuras totais diversas, paredes *dry-wall*, divisórias, elementos vazados cobogós, etc.

Uma vez modeladas as paredes, ativar o comando de inserção de portas. Sendo também possível editar e criar novas famílias de portas. Conforme figura 16 foi possível editar o tipo das portas para configurá-la quanto ao material de sua estrutura bem como suas dimensões. Para esse projeto criou-se alguns tipos de portas variando em largura e quantidade de folhas. Porém, não se levou em consideração outros detalhes, além da posição e das dimensões das portas visto que há uma grande variedade de tipos de portas diferentes no prédio e que essa variação não tem importância significativa para os objetivos do trabalho.

O procedimento de inserção de janelas acontece na mesma maneira, porém é classificada como outro conjunto de famílias. De maneira análoga, realizamos o detalhamento da modelagem das janelas, buscando ao máximo ser fiel as dimensões originais.

Durante a modelagem foi possível comprovar que com o *Revit*, é possível monitorar todo o processo através das várias vistas simultâneas (plantas, cortes, elevações e visualização 3D), tornando possível ao usuário detectar problemas que possam existir e, ao contrário dos convencionais *softwares* CAD onde são utilizadas linhas “burras” para representar os elementos do projeto. É notoriamente perceptível o que está se fazendo no projeto, seja uma parede de alvenaria ou um elemento de concreto. Assim, cada elemento tem seus próprios parâmetros.

Figura 17 – Menu propriedades de tipo (janela)

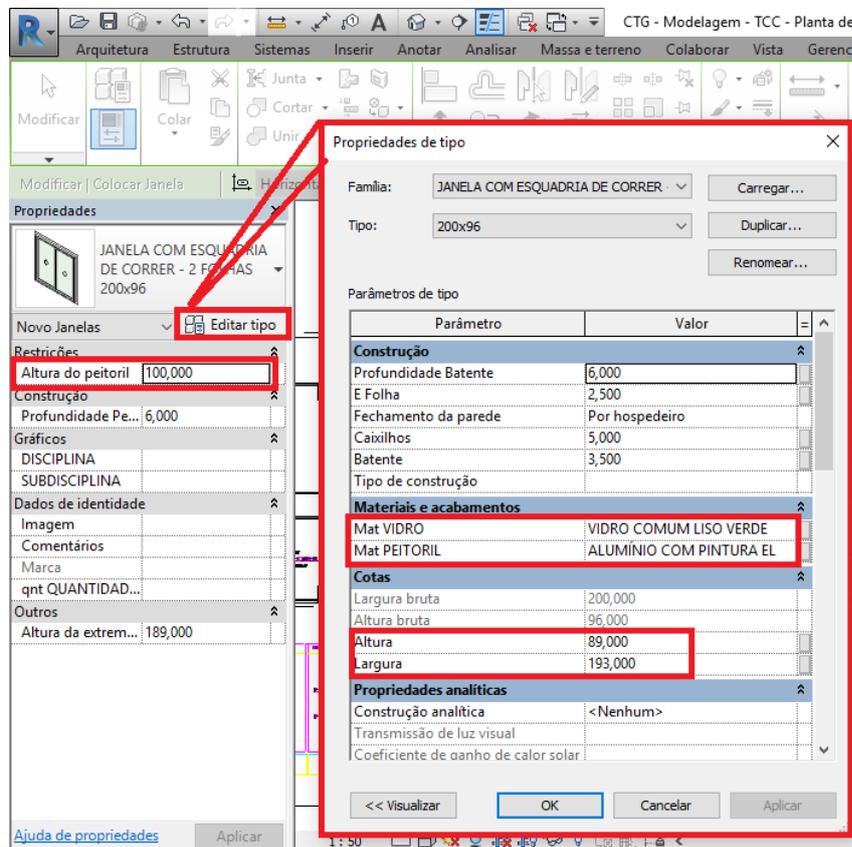
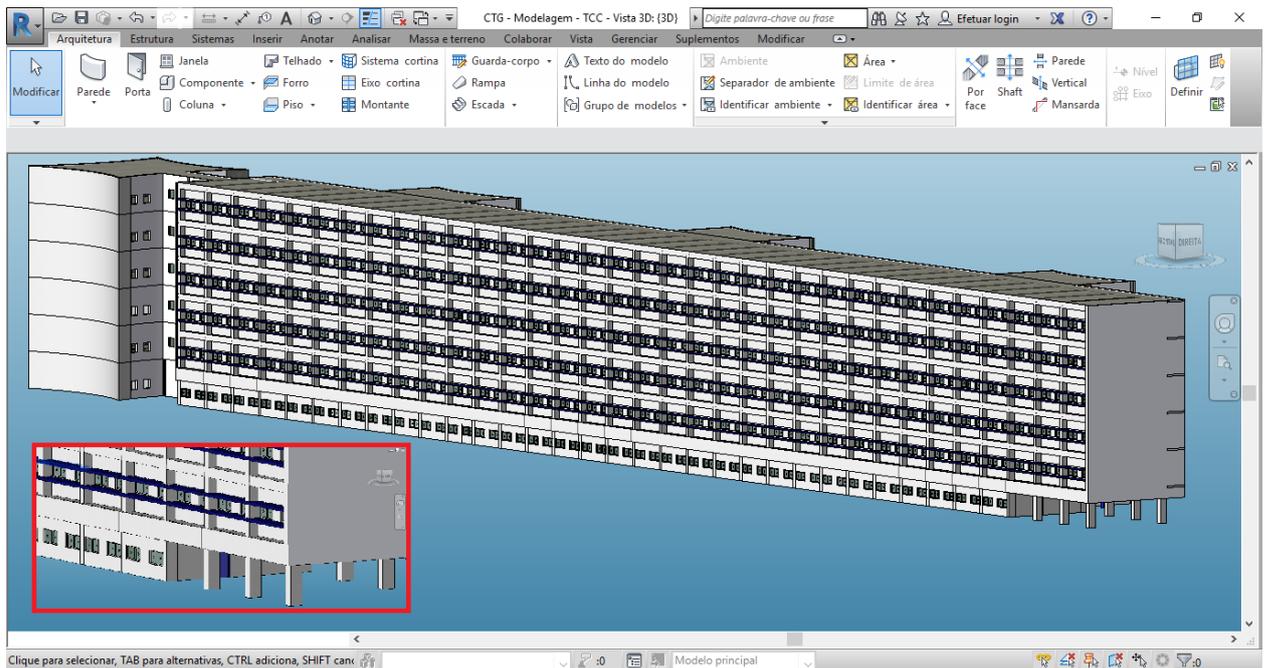


Figura 18 – Modelo arquitetônico em 3D



3.4 Modelagem do projeto de requalificação

Um dos objetivos deste estudo de caso é o desenvolvimento de um projeto de requalificação para o Edifício Escolar do CTG. A requalificação visa aumentar o número de salas de aula para poder comportar a crescente quantidade de novos alunos e turmas previsto para os próximos anos.

O projeto de requalificação tem como premissa a construção de um novo prédio localizado em frente ao Edifício Escolar (CTG). O novo edifício laboratório ainda comportará as salas de professores dos departamentos dos cursos do CTG e atuais laboratórios localizados no pavimento térreo do Edifício Escolar (CTG). Sendo assim o projeto prevê a demolição das paredes e divisórias que compõem as salas dos professores e dos departamentos deixando grandes vãos (aproximadamente 99 m²) que serão as novas salas de aula.

Serão dezesseis salas por pavimentos (do primeiro ao quinto) à exceção é o pavimento térreo, cujas paredes, portas e janelas serão demolidos, permitindo uma maior circulação de ar para os demais prédios do CTG, o que acarretará em mais conforto térmico

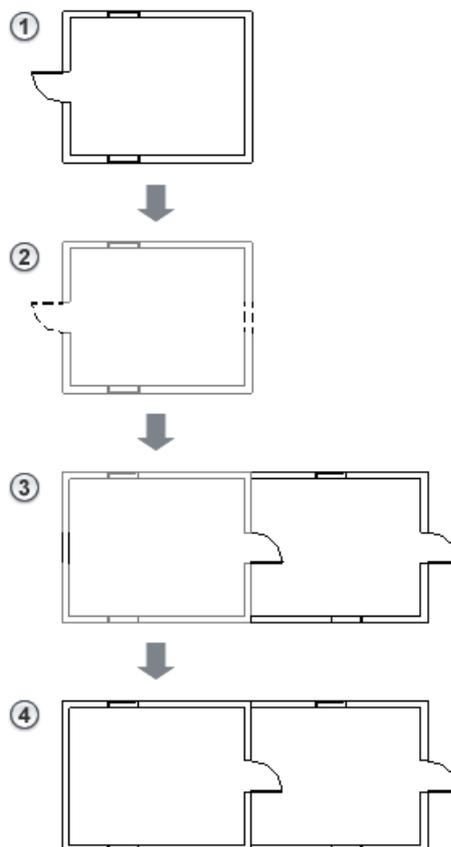
3.4.1 Fases de projeto do Revit

Muitos projetos, como reformas, são executados em fases, cada uma representando um período distinto de tempo na vida do projeto. O *Revit* acompanha a fase em quais vistas ou

elementos são criados ou demolidos. É possível usar filtros de fase para controlar o fluxo de informações do modelo de construção em vistas e tabelas. Isto permite criar documentação de projeto específica das fases, completa com tabelas. (AUTODESK, 2017)

A imagem a seguir mostra uma planta de piso em diferentes fases de um projeto: ① construção existente ②, demolição ③ e nova construção ④ completa.

Figura 19 – Exemplo Fases do projeto



Fonte – AUTODESK 2017

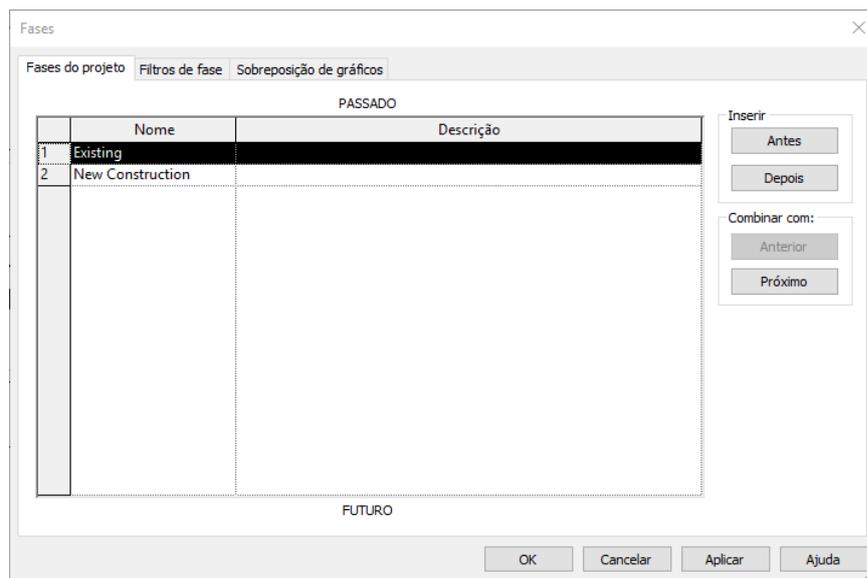
Utilizou-se as ferramentas de fases do *Revit* para projetar a requalificação do Edifício Escolar do CTG. Para configurar as fases utiliza-se o botão Fases no menu Gerenciar conforme figura 20. Dentro da janela há três abas: Fases do Projeto, Filtros de Fase e Sobreposição de Gráficos onde é possível configurar as fases e de que forma elas serão representadas.

Figura 20 – Menu gerenciar



A janela Fases do Projeto (figura 21) apresenta duas fases: a existente, que representa os componentes já construídos e a Nova Construção que representa os componentes que serão construídos (ou demolidos). Por definição todo novo componente (parede, pilar, porta, janela, etc.) é configurado para pertencer a fase Nova Construção. Caso o componente seja pré-existente ele deverá ser alterado manualmente para fase existente.

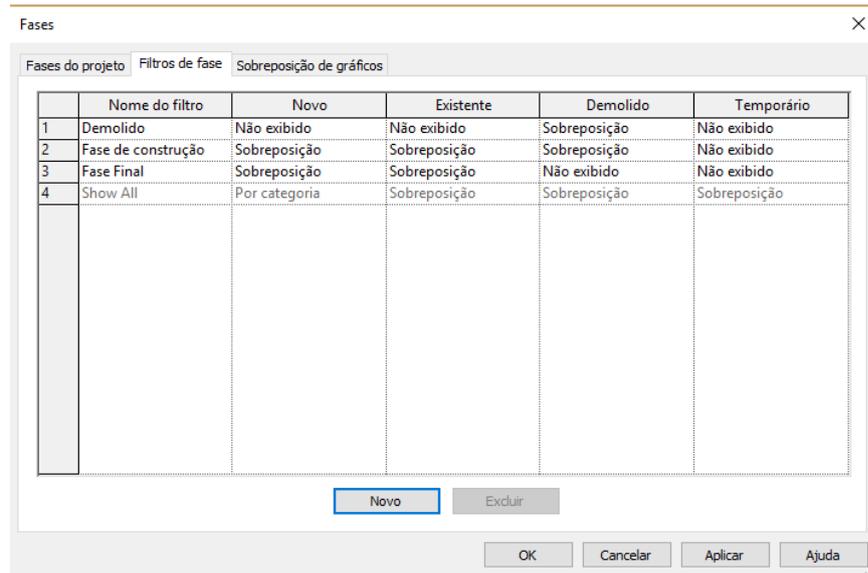
Figura 21 – Comando fases



Já a janela Filtros de Fase (figura 22) contém os filtros criados para mostrar, de acordo com o desejo do usuário, quais componentes serão exibidos na vista e de que forma estes componentes aparecerão. Cada filtro permite que o usuário escolha a forma como os componentes (Novo, Existente, Demolido e Temporário) irá ser representado. Dessa forma é possível escolher diversas combinações para exibição nas vistas.

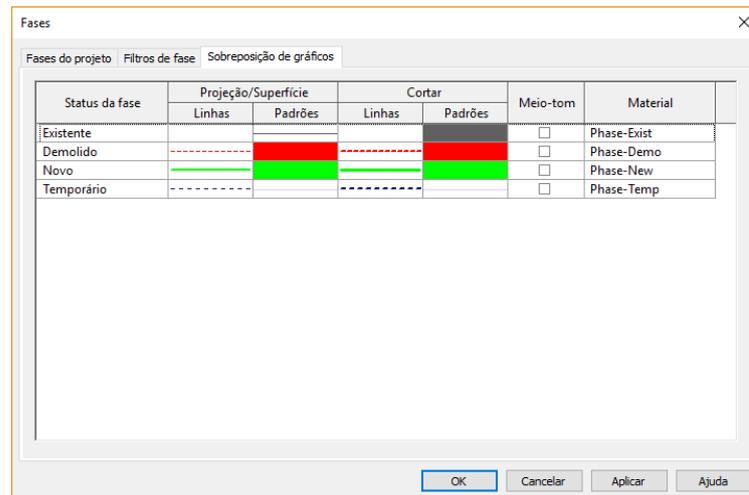
Para essa requalificação criou-se dois filtros: Fase de Construção, que exhibe ao mesmo tempo os componentes existentes, os novo e os demolidos e Fase Final, que mostra o resultado final após a requalificação.

Figura 22 – Filtro de fases



Na janela Sobreposição de gráficos (figura 23) configura-se a forma como cada *status* da fase (Existente, Demolido, Novo e Temporário) será representado na vista. Neste trabalho definiu-se que linhas e padrões na cor cinza representa o componente existente, enquanto linha vermelhas pontilhadas e padrões vermelhos representam o componente demolido e linhas e padrões verdes significam componentes novos.

Figura 23 – Sobreposição de gráficos



3.4.2 Projeto de requalificação

Com o modelo 3D *as-built* pronto e as fases de projeto configuradas, o primeiro passo é modificar todos os componentes do modelo padrão de todos os componentes do *Revit*, Nova

Construção (que indica que o componente será construído) para Existente, indicando que aqueles componentes já encontram-se construídos. Só então pode-se iniciar o processo de determinar quais elementos serão mantidos, os que serão demolidos e quais serão criados.

Iniciando o projeto de requalificação, o pavimento térreo (figura 24) foi o que sofreu as maiores alterações. Atualmente este possui inúmeras salas de professores, salas e laboratórios. Mas como a premissa original é que estas salas e laboratórios serão migradas para outro prédio, optou-se pela total demolição, das paredes de vedação, divisórias, portas e janelas. O objetivo com isso é proporcionar uma melhor circulação de ar entre todos os prédio do CTG, permitindo um melhor conforto térmico. O resultado pode ser observado na figura 25.

Figura 24 – Planta de reforma (térreo)

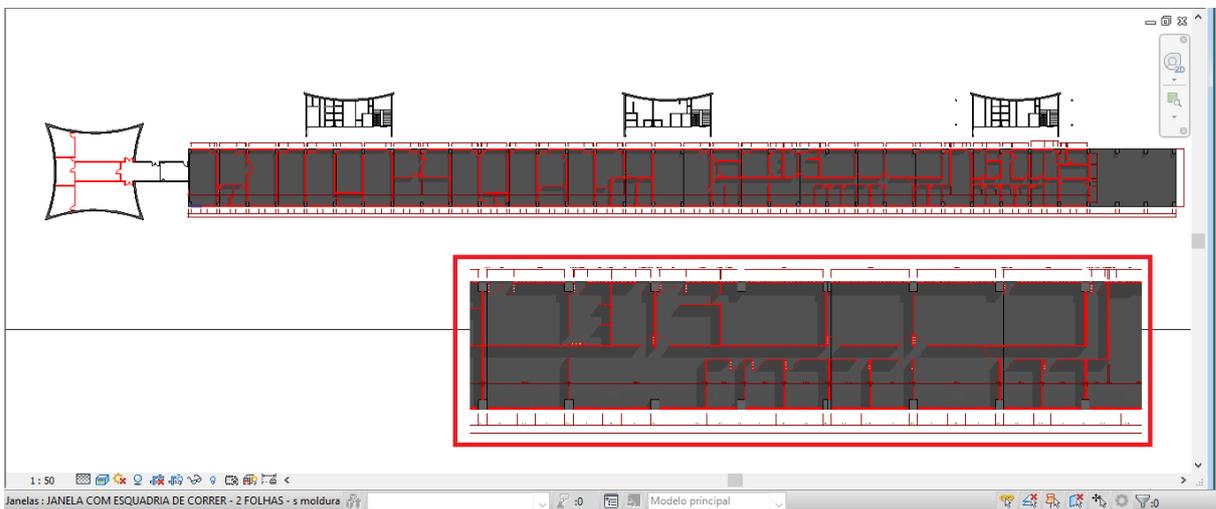


Figura 25 – Planta após a reforma (térreo)



No primeiro pavimento (figura 26) houve as menores alterações, visto que este já é dedicado a salas de aula. Desta forma apenas alguns ajustes, como a retirada de uma parede para transformar duas salas pequenas em uma maior, foram alterados. O resultado final (figura 27) da requalificação deste pavimento é o padrão esperado para todos os outros pavimentos a partir deste.

Figura 26 – Planta de reforma (pavimento 1)

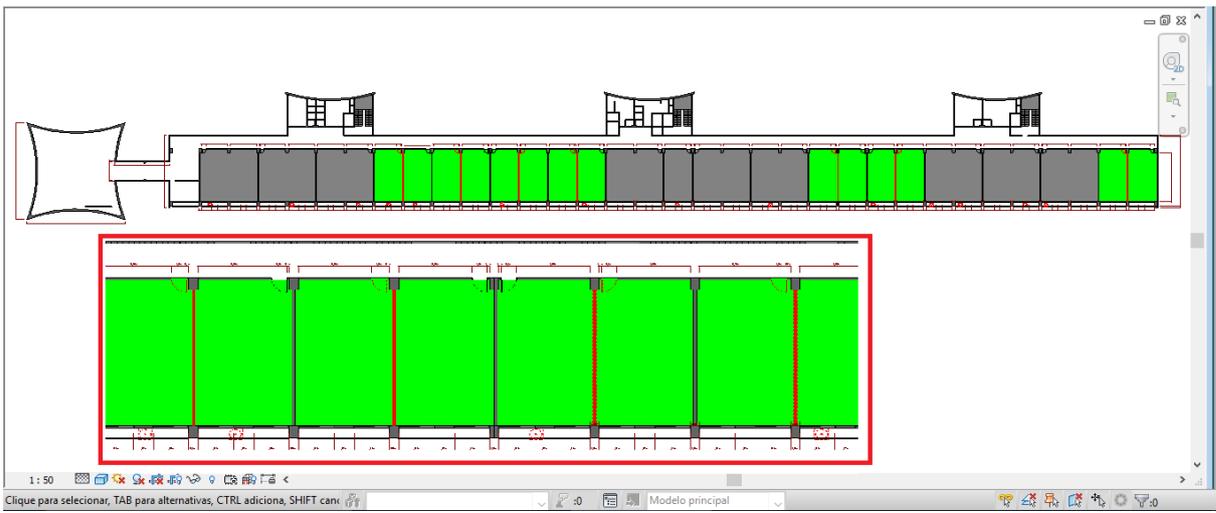


Figura 27 – Planta após a reforma (pavimento 1)



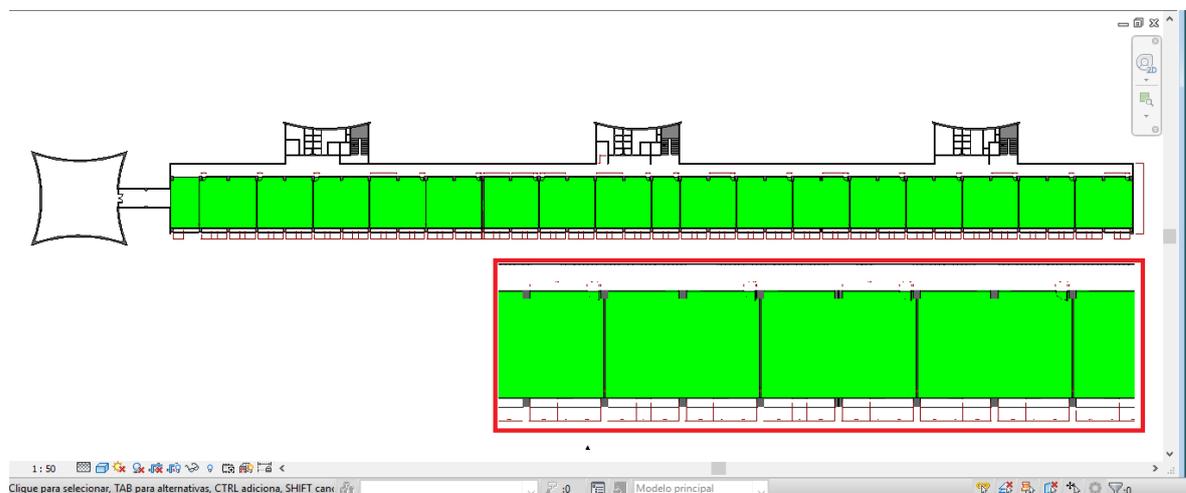
Já no segundo pavimento (figura 28) as interferências foram mais numerosas havendo remoção de uma grande quantidade de paredes, divisórias e portas. Isto se deu visto que o andar era a sede dos departamentos de Engenharia Mecânica e Engenharia Cartográfica e possuir um grande número de pequenas salas de professores. Estas salas foram removidas abrindo espaço

para salas de aulas maiores. O resultado final (figura 29) assemelha-se bastante com o obtido no primeiro pavimento.

Figura 28 – Planta de reforma (pavimento 2)



Figura 29 – Planta após a reforma (pavimento 2)



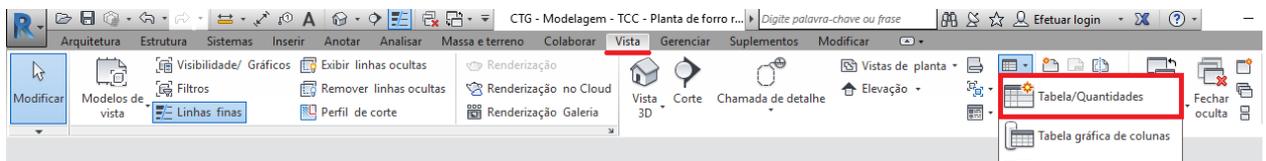
Os demais pavimentos também abrigam, além de algumas salas de aulas, outros departamentos de cursos do CTG inclusive servindo de salas para professores. Para estes pavimentos adotou-se os mesmos procedimentos realizados no segundo andar, obtendo-se um resultado final semelhante aos demais e conforme o objetivo proposto. As plantas com detalhes dos demais pavimentos estão no Anexo A.

3.5 Tabelas de quantitativos

Outra importante funcionalidade do *Revit* é sua capacidade de gerar automaticamente planilhas com os quantitativos. Essas planilhas podem facilmente serem exportadas para outros *softwares* e serem manipulados para o desenvolvimento de orçamentos mais precisos, planejamento e na gestão da edificação.

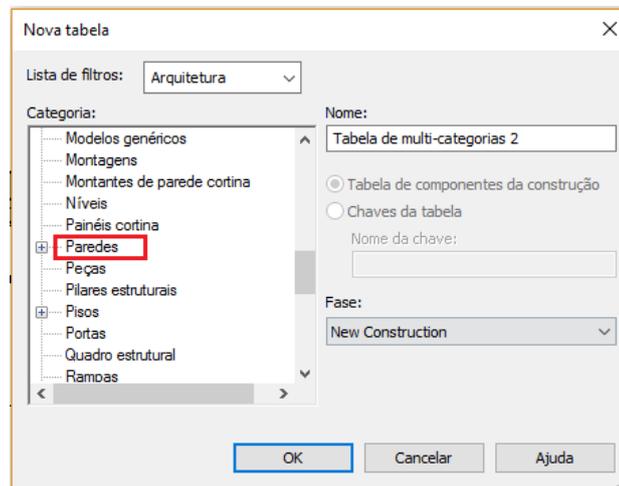
Para extrair as planilhas deve-se ativar o comando Tabelas no menu Vista e então escolher a opção Tabela/Quantidades (figura 30).

Figura 30 – Menu Vista (Tabelas)



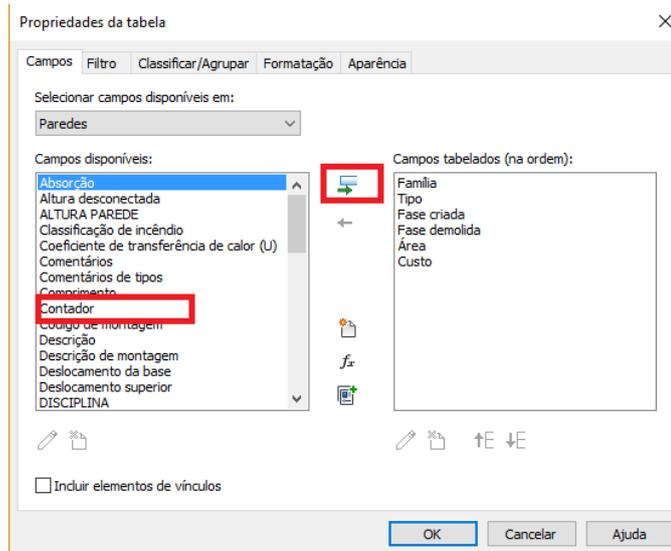
Ao escolher a opção Tabela/Quantidades aparecerá a janela da figura 31 onde pode-se escolher quais as categorias serão quantificadas.

Figura 31 – Menu de configuração de novas Tabelas



Após escolher a categoria desejada surge uma nova janela (ver figura 32) com as opções de parâmetros à serem escolhidos para compor as colunas da tabela. Dentre os diversos parâmetros podem-se citar: família, tipo, área, volume, custo, etc.

Figura 32 – Menu Propriedades da Tabela



É possível, ainda, percorrendo as demais abas, configurar filtros para escolher o que deve aparecer ou não na tabela, classificar e agrupar o conteúdo a partir de um determinado parâmetros e ainda formatar a forma como esse conteúdo aparecerá.

O resultado são planilhas similares as de *softwares* de planilhas eletrônicas comerciais então sua manipulação é bem simples. Dessa forma foram geradas 5 planilhas contendo os elementos demolidos e os construídos durante o processo de requalificação.

As figuras 33, 34 e 35 mostram as planilhas com as paredes, portas e janelas removidas para liberar espaço para as novas salas de aula. Nestas planilhas os componentes foram filtrados para somente serem exibidos os que seriam removidos durante a requalificação, foram agrupados por tipo para serem visualizadas de maneira mais fácil.

Figura 33 – Tabela quantitativos de paredes demolidas

<Paredes Demolidas>					
A	B	C	D	E	F
Familia	Tipo	Fase criada	Fase demolida	Área	Volume
Parede básica	int - CERÂMICO (TINTA / TINTA) (15)	Existing	New Construction	5568,603 m ²	835,237 m ³
Parede básica	int - DIVISÓRIA DE GRANITO (3.5)	Existing	New Construction	7,540 m ²	0,264 m ³
Parede básica	int - DRY WALL (TINTA / TINTA) (8)	Existing	New Construction	1110,317 m ²	88,825 m ³
Parede básica	int - DRY WALL (TINTA / TINTA) (10)	Existing	New Construction	838,548 m ²	83,855 m ³
Total geral: 581				7525,008 m ²	1008,181 m ³

Figura 34 – Tabela quantitativos de portas removidas

<Tabela de portas removidas>				
A	B	C	D	E
Família	Tipo	Fase criada	Fase demolida	Contador
PORTA DE ABRIR - 1 FOLHA	60 x 210	Existing	New Construction	26
PORTA DE ABRIR - 1 FOLHA	70 x 210	Existing	New Construction	10
PORTA DE ABRIR - 1 FOLHA	80 x 210	Existing	New Construction	241
PORTA DE ABRIR - 1 FOLHA	85 x 210	Existing	New Construction	14
PORTA DE ABRIR - 1 FOLHA	100 x 210	Existing	New Construction	1
PORTA DE ABRIR - 2 FOLHAS	120 x 210	Existing	New Construction	1
PORTA DE ABRIR - 2 FOLHAS	140 x 210	Existing	New Construction	4
M_Porta-Abertura	155 x 210	Existing	New Construction	1
PORTA DE ABRIR - 2 FOLHAS	160 x 210	Existing	New Construction	13
M_Porta-Abertura	0813 x 2134mm	Existing	New Construction	1
M_Porta-Abertura	0864 x 2032mm	Existing	New Construction	2
Total geral: 314				

Figura 35 – Tabela quantitativos de janela removidas

<Tabela de janela Removidas>				
A	B	C	D	E
Família	Tipo	Fase criada	Fase demolida	Contador
JANELA DE VIDRO	100 x 110	Existing	New Construction	2
JANELA DE VIDRO	160 x 110	Existing	New Construction	1
JANELA COM ESQ	187.5x96	Existing	New Construction	63
JANELA DE VIDRO	200 x 100	Existing	New Construction	2
Total geral: 68				

Enquanto as figuras 36 e 37 mostram as planilhas com as paredes construídas e as novas portas colocadas. Nestas planilhas os componentes foram filtrados para somente serem exibidos os que foram construídos durante a requalificação e também foram agrupados por tipo para serem visualizadas de maneira mais fácil.

Figura 36 – Tabela quantitativos de paredes construídas

<Tabela de parede>				
A	B	C	D	E
Família	Tipo	Fase criada	Fase demolida	Área
Parede básica	int - CERÂMICO (TINTA / TINTA) (15)	New Construction	Nenhum	303,819 m ²
Total geral: 13				303,819 m ²

Figura 37 – Tabela quantitativos de portas colocadas

<Tabela de porta>			
A	B	C	D
Tipo	Nível	Contador	Fase criada
	2º PAVIMENTO	6	New Construction
80 x 210	3 PAVIMENTO	4	New Construction
80 x 210	4 PAVIMENTO	7	New Construction
80 x 210	5 PAVIMENTO	9	New Construction
Total geral: 26			

3.6 Planejamento

O *software* utilizado na elaboração do cronograma de execução do projeto foi o *MS-Project*, desenvolvido especificamente para a elaboração de planejamentos e cronogramas de projetos, possui diversas ferramentas que auxiliam o projetista tornando o trabalho mais rápido e mais preciso, outra vantagem desse software é sua interface amigável, semelhante a outros softwares do pacote *Office* da *Microsoft*.

Para este projeto desenvolveu-se um cronograma de atividades que estimou período de duração de cada atividade e sua ordem cronológica de execução baseados no prazo parcial e total da obra, nas equipes disponíveis e nas informações de quantitativo extraídas do modelo 3D construído. Tudo isso sem comprometer o calendário acadêmico.

As premissas adotadas para o planejamento da requalificação foram:

- Execução da requalificação iniciaria após o encerramento do segundo período letivo de 2017 (20/12/2017)
- Conclusão do 1º e 2º pavimentos deverá ocorrer até o início do primeiro período letivo de 2018 (19/02/2018)
- Execução dos serviços sem comprometer o calendário ou atrapalhar as atividades acadêmicas

Devido à restrição de prazo parcial (o primeiro e segundo pavimento devem ficar prontos e liberados antes do início das aulas do período seguinte) uma equipe maior, composta de 9 pedreiros e 12 auxiliares, foi designada para iniciar a obra. Em paralelo com esta também foram alocadas mais duas equipes, uma com três eletricitas para refazerem as instalações elétricas expostas nos corredores e embuti-las entre as lajes duplas; e outra equipe com quatro técnicos em refrigeração para requalificação do sistema de refrigeração.

Logo após o final das aulas dar-se-á início à montagem do canteiro de obras que irá isolar a escada sul para o acesso das equipes a todos os pavimentos, iniciando paralelamente as atividades no primeiro pavimento, com uma equipe de 3 pedreiros e 4 auxiliares e no segundo pavimento, com uma equipe de 6 pedreiros e 8 auxiliares. Juntamente serão iniciadas a realocação de toda a parte elétrica e de rede lógica presente nos corredores e a requalificação do sistema de refrigeração. Estas últimas atividades, por sua vez, ocorrerão de forma ininterrupta até sua conclusão, visto que essas atividades não dependem nem interferem nas demais atividades.

A primeira equipe de pintura terá início 19 dias após o começo da obra e acompanhará o progresso das demais equipes terminando as atividades praticamente simultaneamente.

Com a conclusão das atividades no primeiro pavimento a equipe será reduzida e restarão apenas os colaboradores que estariam trabalhando no segundo pavimento. A conclusão da primeira etapa (primeiro e segundo pavimentos) está prevista para o dia 13/02/2018, seis dias antes do início das aulas.

Após o encerramento desta primeira etapa as atividades continuarão no terceiro pavimento, em seguida no quarto, e no quinto andar, sempre de forma sequencial, andar por andar, terminado no pavimento térreo, o último que será requalificado. Nesta segunda etapa, no entanto, haverá mais uma redução de equipe que passará a ter apenas 3 pedreiros e 4 auxiliares.

Esta redução ocorre visto que o principal prazo que restringe a obra incide apenas na primeira etapa, não havendo urgência para a finalização da obra em sua totalidade. Outro motivo seria a extensão do prazo para a desocupação dos andares superiores e do térreo, que terão mais tempo para remanejar suas atividades.

Desta forma a obra terá encerramento previsto, ao fim da desmobilização do canteiro de obras, para 19 de janeiro de 2019, pouco mais de um ano após seu início. Todo o cronograma planejado pode ser visualizado na figura 38.

Figura 38 – Cronograma de requalificação

	Modo da	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1		REQUALIFICAÇÃO CTG	310 dias	Qua 20/12/17	Qui 17/1/19	
2		Mobilização do Canteiro	2 dias	Qua 20/12/17	Qui 21/12/17	
3		Remoção das eletrocalhas	18 dias	Sex 22/12/17	Seg 15/1/18	2
4		Recolocação eletrocalhas	12 dias	Seg 15/1/18	Ter 30/1/18	3
5		Realocação de condicionadores de ar	60 dias	Sex 22/12/17	Qui 8/3/18	2
6		Requalificação do 1º Pavimento	24 dias	Sex 22/12/17	Seg 22/1/18	
7		Remoção das portas	1 dia	Sex 22/12/17	Sex 22/12/17	2
8		Demolição	3 dias	Seg 25/12/17	Qua 27/12/17	7
9		Recuperação de pisos	19 dias	Qua 27/12/17	Sex 19/1/18	8
10		Limpeza geral	1 dia	Seg 22/1/18	Seg 22/1/18	9
11		Requalificação do 2º Pavimento	39 dias	Sex 22/12/17	Sex 9/2/18	
12		Remoção das portas	5 dias	Sex 22/12/17	Qui 28/12/17	2
13		Demolição	8 dias	Qui 28/12/17	Seg 8/1/18	12
14		Construção de paredes C/	7 dias	Seg 8/1/18	Qua 17/1/18	13
15		Recuperação de pisos	19 dias	Qua 17/1/18	Sex 9/2/18	14
16		Pintura (1º e 2º Pav)	26 dias	Seg 8/1/18	Sex 9/2/18	15TT
17		Limpeza geral (1º e 2º Pav)	2 dias	Sex 9/2/18	Ter 13/2/18	16
18		Requalificação do 3º Pavimento	66 dias	Ter 13/2/18	Ter 8/5/18	
19		Remoção das portas	9 dias	Ter 13/2/18	Sex 23/2/18	17
20		Demolição	15 dias	Sex 23/2/18	Qui 15/3/18	19
21		Construção de paredes C/	3 dias	Qui 15/3/18	Seg 19/3/18	20
22		Recuperação de pisos	37 dias	Seg 19/3/18	Sex 4/5/18	21
23		Limpeza geral	2 dias	Sex 4/5/18	Ter 8/5/18	22
24		Requalificação do 4º Pavimento	60 dias	Ter 8/5/18	Seg 23/7/18	
25		Remoção das portas	6 dias	Ter 8/5/18	Ter 15/5/18	23
26		Demolição	12 dias	Ter 15/5/18	Qua 30/5/18	25
27		Construção de paredes C/	5 dias	Qua 30/5/18	Qua 6/6/18	26
28		Recuperação de pisos	35 dias	Qua 6/6/18	Qui 19/7/18	27
29		Limpeza geral	2 dias	Sex 20/7/18	Seg 23/7/18	28
30		Requalificação do 5º Pavimento	63 dias	Seg 23/7/18	Qui 11/10/18	
31		Remoção das portas	8 dias	Seg 23/7/18	Qui 2/8/18	29
32		Demolição	10 dias	Qui 2/8/18	Qua 15/8/18	31
33		Construção de paredes C/	10 dias	Qua 15/8/18	Ter 28/8/18	32
34		Recuperação de pisos	35 dias	Ter 28/8/18	Qui 11/10/18	33
35		Pintura (3º,4º e 5º Pav)	60 dias	Qui 26/7/18	Qui 11/10/18	34TT
36		Limpeza geral (3º, 4º e 5ºPav)	3 dias	Qui 11/10/18	Seg 15/10/18	35
37		Requalificação do Térreo	75 dias	Qui 11/10/18	Ter 15/1/19	
38		Isolamento da área	1 dia	Qui 11/10/18	Qui 11/10/18	35
39		Remoção das portas	13 dias	Sex 12/10/18	Seg 29/10/18	38
40		Demolição	26 dias	Seg 29/10/18	Sex 30/11/18	39
41		Recuperação de pisos	35 dias	Sex 30/11/18	Ter 15/1/19	40
42		Desmobilização do canteiro	3 dias	Ter 15/1/19	Qui 17/1/19	41

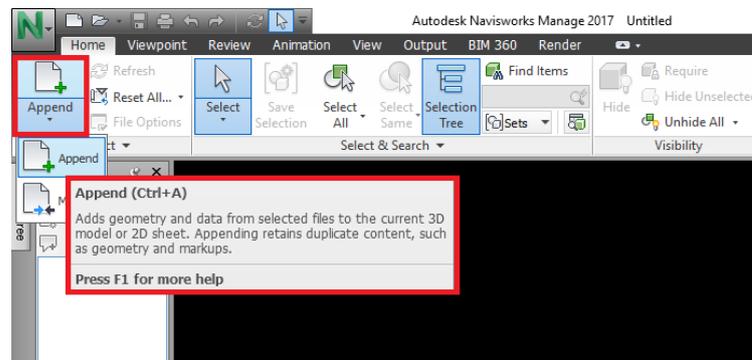
3.7 Simulação da construção

A simulação dos processos construtivos da requalificação foi realizada com o auxílio do *software* da Autodesk: *Navisworks Manage* 2017 que permite importar o modelo tridimensional do *Revit* 2017 e associá-lo com as respectivas atividades detalhadas no cronograma e importadas do *Microsoft Project* 2013.

Uma das principais vantagens da execução simulada é poder acompanhar o fluxo de trabalho à medida que ele vai se desenvolvendo, permitindo um melhor conhecimento e uma maior previsibilidade do projeto.

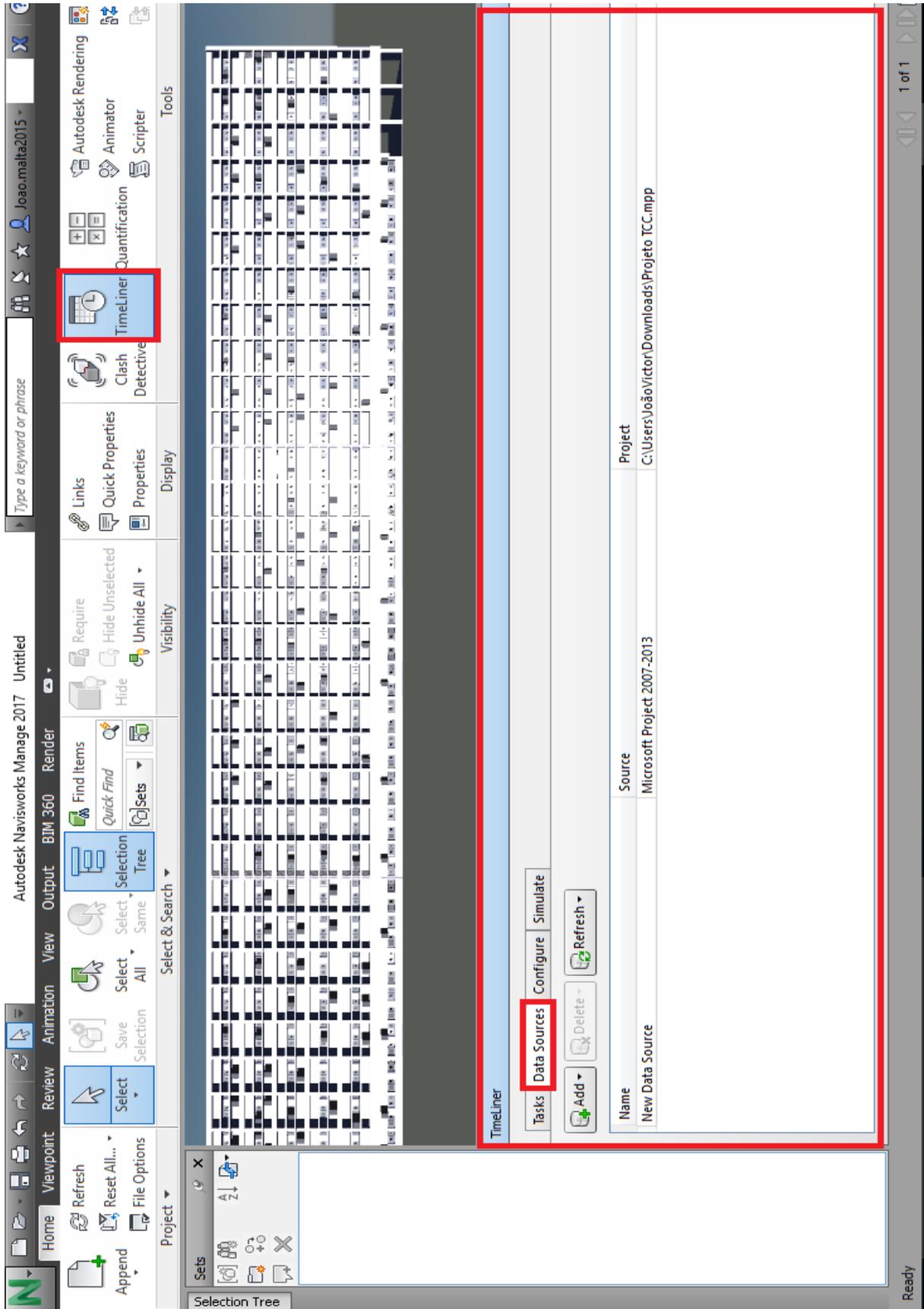
O primeiro passo é carregar o modelo 3D construído no *Revit* (o *Navisworks* também pode importar arquivos de um enorme gama de outros *softwares*). Para isso, no menu *Home* utiliza-se o comando *Append* que abre uma janela de navegação para a seleção do arquivo que contenha o modelo.

Figura 39 – Comando *Append*



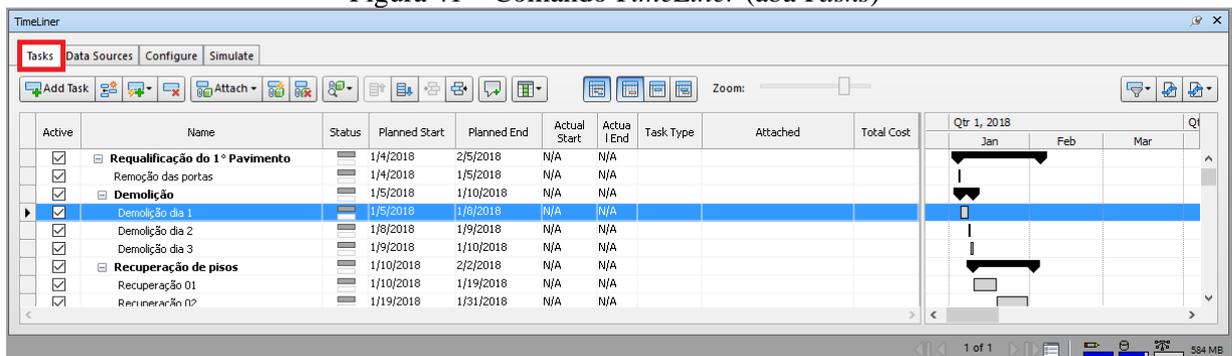
O comando *TimeLiner* no menu *Home* é o responsável por fazer isso. Ao ativá-lo a janela de mesmo nome (*TimeLiner*) aparece habilitando os recursos associados ao cronograma. Na aba *Data Sources* (figura 40) é possível importar o cronograma de outros *softwares*, neste caso o *software* utilizado para elaborar o cronograma foi o *Microsoft Project* 2013. É possível ainda criar um cronograma a partir do próprio *Navisworks*, entretanto este não possui tantas funcionalidades.

Figura 40 – Comando TimeLiner (aba Data Sources)



O passo seguinte é a atribuição das tarefas. Dentro do cronograma cada atividade (ou tarefa) possui várias informações associadas, data de início e término, duração estimada, etc. mas é necessário, ainda, determinar quais elementos do modelo 3D serão alterados por aquela atividade. Com o intuito de tornar o processo de atribuição mais prático cada conjunto de elementos recebeu, ainda no *Revit 2017*, um código numérico único adicionado as propriedades de cada elemento para facilitar a identificação destes elementos quando for criados os “sets” (conjunto de elementos agrupados) na plataforma do *Navisworks*. A associação entre as atividades e os “sets” criados é feita na coluna *Attached* dentro da aba *task* (figura 41) do comando *TimeLiner*. Após atribuir os “sets” do modelo às respectivas atividades deve-se definir se essa atividade é uma demolição, uma construção permanente ou temporária (coluna *Task Type*).

Figura 41 – Comando *TimeLiner* (aba *Tasks*)



As duas outras abas da janela *TimeLiner* são: *configure*, onde é possível configurar a aparência (cor e transparência) dos elementos durante as fases da construção; e *simulate*, onde pode-se configurar a simulação quanto ao tempo definindo a velocidade com que a animação ocorre, quanto ao andamento do projeto (caso este já esteja em andamento é possível acompanhar se o progresso está de acordo com o planejado) e quanto à forma de exportação da simulação (qualidade do vídeo, formato, etc.)

Após tudo ser configurado a simulação está pronta para ser iniciada (figura 42), podendo ainda ser pausada, reiniciada ou controlada passo a passo. Durante a simulação é possível movimentar o modelo para poder visualizar determinadas etapas que ficariam escondidas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Síntese do trabalho realizado

O presente trabalho pretende contribuir para implementação em âmbito nacional de projetos que utilizem a metodologia BIM.

Neste trabalho de conclusão de curso realizou-se desenvolver com maior precisão o planejamento e cronograma executivo da obra.

Outro importante produto deste trabalho foi a simulação virtual da construção que uniu o modelo 3D e o cronograma executivo de atividades para criar um modelo animado que permite um acompanhamento preciso e detalhado do projeto mostrando a situação atualizada a cada passo e permitindo simular os passos seguintes.

4.2 Dificuldades sentidas

O grande objetivo deste trabalho consiste em gerar o modelo *as-built* tridimensional que possa servir de base para a gestão futura do edifício, sendo inclusive proposta sua requalificação.

A principal dificuldade encontrada foi a falta de compatibilidade entre as informações encontradas nos projetos existentes e as observadas no edifício efetivamente construído. Isso ocorre devido as diversas reformas realizadas sem os devidos projetos ou sem atualização dos projetos existentes ou sem a armazenagem dos projetos de reforma. Isto dificultou a construção de um modelo 3D mais fiel à situação atual do prédio. Para tentar contornar este problema foi necessário a coleta de informações *in loco* e uma posterior comparação entre os projetos existentes e o encontrado no real.

Quanto à modelagem em si, a principal dificuldade consiste na falta de famílias de componentes pré-existentes, tornando necessária a modelagem das mesmas, processo que demanda um tempo excessivo.

A falta de softwares gratuitos ou com licença estudantil para as demais dimensões do BIM também foi um importante fator limitante para este trabalho, tornando inviável o avanço às demais dimensões.

4.3 Desenvolvimentos futuros

Os resultados obtidos neste trabalho poderão servir tanto para o uso da prefeitura da UFPE ou para a própria diretoria do CTG, que poderão usar as informações obtidas em benefício de seus futuros planos para projetos, quanto para uso em trabalhos acadêmicos futuros. Neste último caso espera-se que possam ser desenvolvidas as próximas dimensões (5D, 6D e 7D) do BIM e que ao fim deste desenvolvimento um modelo completo baseado na metodologia BIM possa ser entregue a universidade e que esta utilize esta poderosa fonte de informação para melhorar a gestão do prédio, proporcionando uma melhor experiência de ensino para alunos, professores e demais membros da comunidade acadêmica.

Como sugestão para próximos trabalhos temos:

- Evoluir o detalhamento para o LOD 500;
- Simular a demolição com e sem reaproveitamento de materiais;
- Modelagem das instalações: hidráulica, elétrica e mecânica;
- Modelagem dos demais edifícios que compõem o CTG;
- Desenvolver um projeto de ambientação externa e internas (salas de aulas).

Por fim espera-se que este trabalho inspire o desenvolvimento de novos projetos com base em BIM para todos os prédios da universidade e que se possa expandir a metodologia para o mercado atual da construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (s.d.). **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. Disponível em < <http://www.abnt.org.br>> 23 de Maio de 2017.

NBR13532/1995, Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura

NBR 6118/2003, Projeto de estruturas de concreto – Procedimento

NBR 13531/1995, Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas.

AUTODESK – **Sobre Fases** Disponível em <<http://help.autodesk.com/view/RVT/2017/PTB/?guid=GUID-BDCE1B94-58D0-401B-863B-2708D36D54EA>> 30 de Junho 2017

BIOTTO, C.; FORMOSO, C.; ISATTO, E. **O Uso da Modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção**. ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juíz de Fora, 2012.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, construtores e incorporadores. Bookman. Porto Alegre, RS, 483p. 2014.

ESTEVES, A. **A metodologia BIM aplicada à preparação, controlo e gestão de obra**. 2012. 218p. Dissertação Mestrado (Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2012.

FORMOSO, Carlos T., *et al.* **Planejamento e controle da produção em empresas de construção**. Porto Alegre, RS, 2001

HAMIL, S. (2012). **Building Information Modeling and Interoperability**. Disponível em: <<http://ckegroup.org/thinkbimblog/building-information-modelling-and-interoperability/>> 13 de Junho de 2017

HARDIN, B. **BIM and Construction Management – Proven Tools, Methods and Workflows**. Sybex. 339p. 2009.

IAI, *International Alliance for Interoperability* – **Building Smart - International home of Open BIM**. Disponível em < <http://www.buildingsmart.org/standards/technical-vision/open-standards-101/>> 25 de Maio de 2017

LOD SPECIFICATION, **Level of Development Specification**. Disponível em <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>> 18 de Maio de 2017.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da implementação e do impacto do BIM no brasil**. 2014. 72p. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras**. 1º ed. São Paulo. PINI, 2010.

MCPHEE, A. *What is this thing called LOD*. Disponível em: <<http://practicalbim.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>> 18 Maio de 2017. **PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Um Guia de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**, Project Management Institute, Inc. 3ª ed 2004.

ROCHA, A. P. **Gerente BIM: Profissional é o responsável pelo aprimoramento da produção dos projetos e pela disseminação da tecnologia entre os colaboradores da empresa**. Fev, 2013. Disponível em <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/191/artigo285986-1.aspx?fb_comment_id=432583966850327_856391021136284#f17acef587d51> 22 de Abril de 2017.

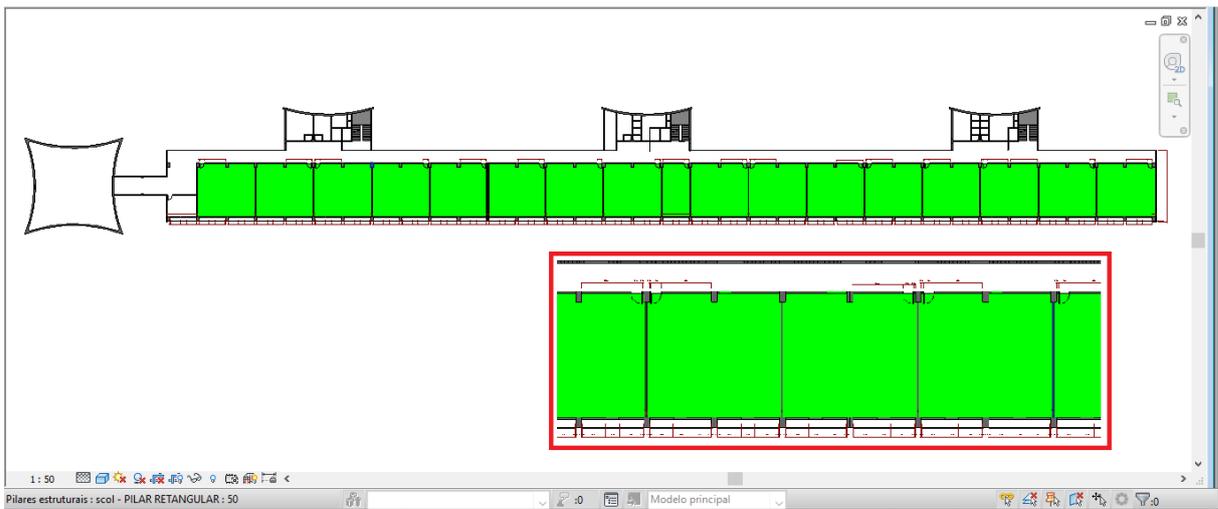
SANTOS, P. D. **Compatibilização de projetos utilizando a metodologia BIM (Building Information Modeling)**. 2015. 88p. TCC (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015

ANEXO A

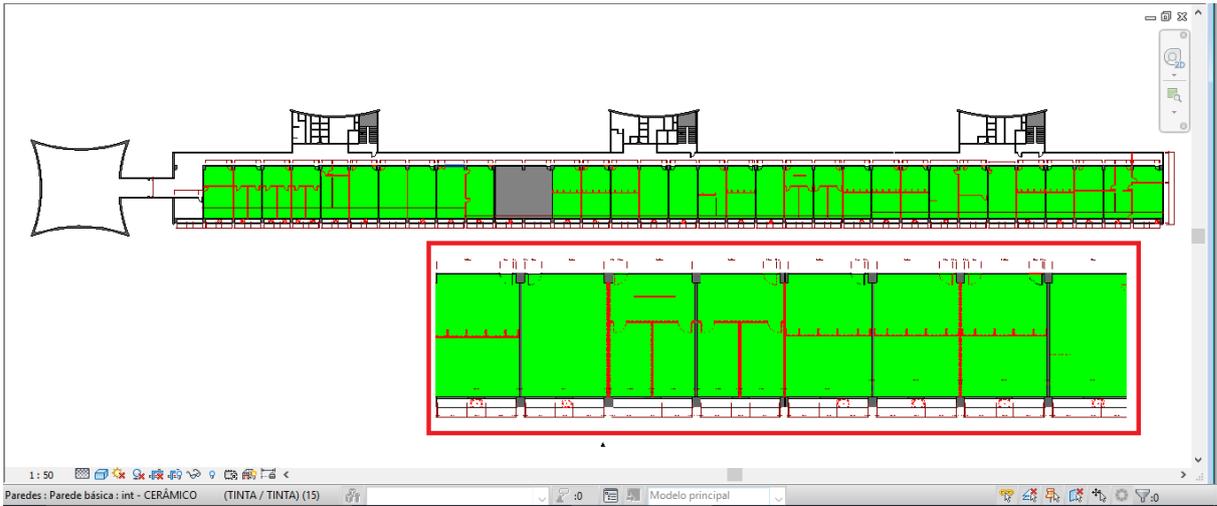
Planta de reforma (pavimento 3)



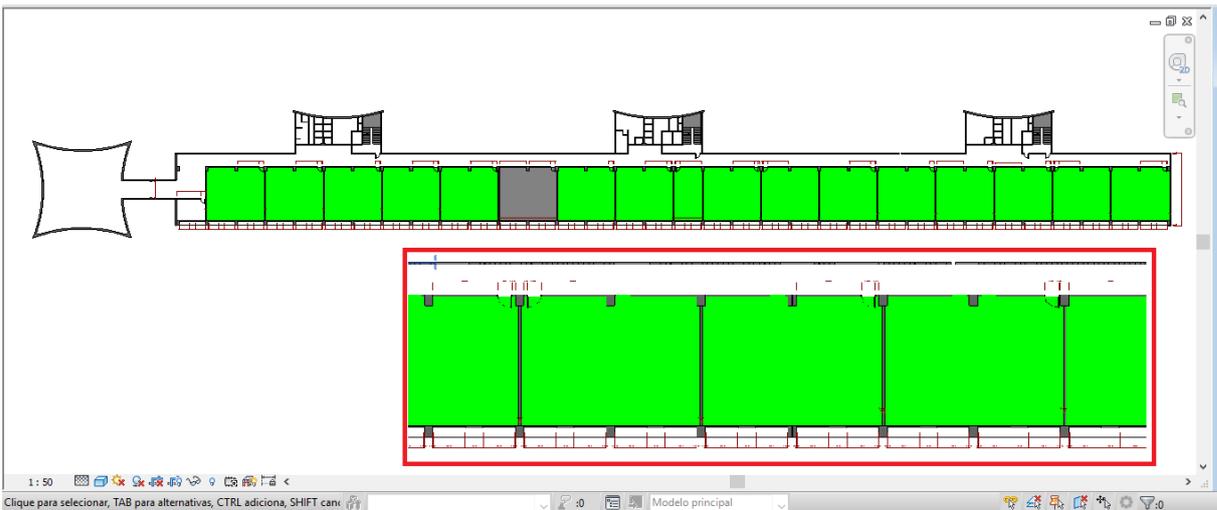
Planta após a reforma (pavimento 3)



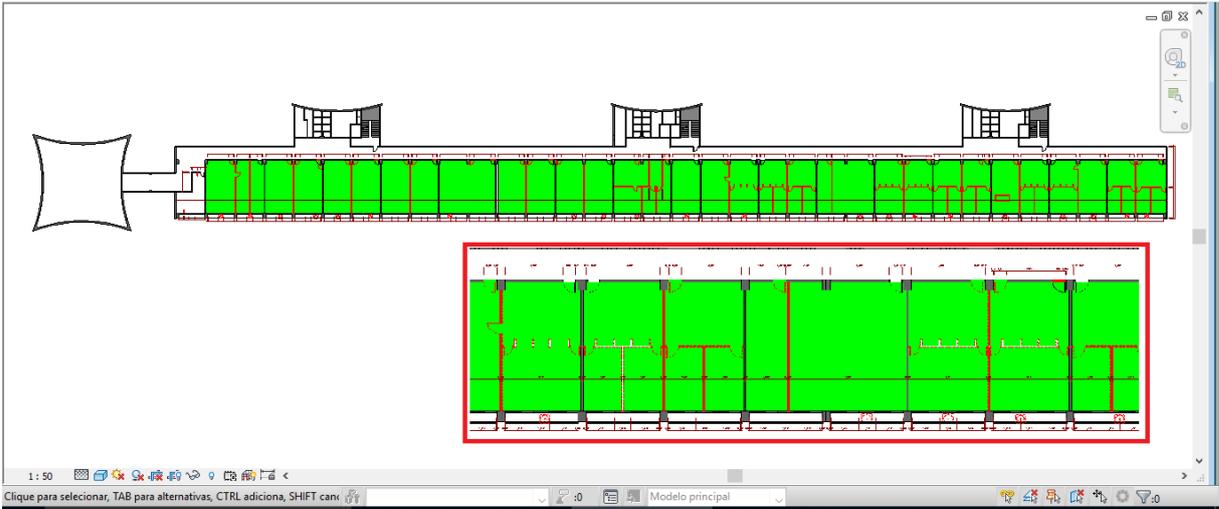
Planta de reforma (pavimento 4)



Planta após a reforma (pavimento 4)



Planta de reforma (pavimento 5)



Planta após a reforma (pavimento 5)

