



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

ITALO HENON PORTES RIBEIRO

**DEMONSTRAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO BIM – ESTUDO DE
CASO EM UMA RESIDÊNCIA A SER EXECUTADA NA CIDADE DE
PALMAS-TO**

**GURUPI
2021**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

ITALO HENON PORTES RIBEIRO

**DEMONSTRAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO BIM – ESTUDO DE
CASO EM UMA RESIDÊNCIA A SER EXECUTADA NA CIDADE DE
PALMAS-TO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em
Engenharia Civil da Unidade Gurupi, do Instituto
Federal do Tocantins, como a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.º Me. Clerson Dalvani Reis

**GURUPI
2021**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

R484d Ribeiro, Italo Henon Portes
 DEMONSTRAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO BIM – ESTUDO
 DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA A SER EXECUTADA NA CIDADE
 DE PALMAS-TO / Italo Henon Portes Ribeiro. – Gurupi, TO, 2021.
 58 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Gurupi, Gurupi, TO, 2021.

Orientador: Me. Clerson Dalvani Reis

1. Projeto de Edificações. 2. BIM. 3. Revit. I. Reis, Clerson Dalvani. II.
Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

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



Ministério da Educação
Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
Reitoria

FOLHA DE APROVAÇÃO

ITALO HENON PORTES RIBEIRO

DEMONSTRAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DO BIM – ESTUDO DE CASO EM UMA RESIDÊNCIA A SER EXECUTADA NA CIDADE DE PALMAS-TO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins – Campus Gurupi, como exigência à obtenção do grau.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

BANCA AVALIADORA

Orientador: Me. Clerson Dalvani Reis

IFTO - *Campus* Gurupi

Prof. Dr. Danilo Gomes Martins

IFTO - *Campus* Gurupi

Prof. Me. Danielma Silva Maia

IFTO - *Campus* Gurupi

Gurupi, 07 de dezembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Clerston Dalvani Reis, Servidor**, em 08/12/2021, às 19:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Danielma Silva Maia, Servidor**, em 09/12/2021, às 08:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Danilo Gomes Martins, Servidor**, em 09/12/2021, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1470052** e o código CRC **275E9FA2**.

Alameda Madrid, 545, — CEP 77410-470, Gurupi/TO — (63) 3311-5400
portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

“Cantai ao Senhor um cântico novo, porque Ele tem feito maravilhas; a Sua destra e Seu braço santo lhes alcançaram a vitória”.

(Salmos 98.1)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

AGRADECIMENTOS

Primordialmente á Deus, que me deu força, coragem, sabedoria e perseverança para enxergar o óbvio ignorado por muitos, permitindo que todo esse sonho se tornasse realidade. A Ele toda honra e toda glória.

A meus pais Paulo e Laudivania, por todo amor, cuidado, carinho, dedicação, educação, incentivo e incessante apoio. Por me acalentarem nos momentos de dúvida e encorajarem nos momentos de dificuldades. Vocês são pilares fundamentais na minha vida, não teria logrado êxito sem a imensa sabedoria e mansidão que há em vocês.

A meu irmão Nikolas, por sempre ser meu braço forte e não me deixar faltar o sorriso no rosto em momento algum. A caminhada se torna mais leve com você do meu lado.

Aos meus avós Israel, Eni, Firmo (*in memoriam*) e Maria de Lourdes, por todas as orações, conselhos e palavras de sabedoria e paz.

A meu orientador, Clerson Dalvani Reis, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções, incentivos e alegria na forma de conduzir este trabalho.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presente.

A toda minha família e amigos, o meu agradecimento.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

RESUMO

O planejamento e execução de obras é uma atividade difícil e que estabelece desafios em vários países por todo o mundo, em se tratando de sua exequibilidade atendendo prazos estabelecidos e valores definidos durante a fase de planejamento. O Brasil possui um alto índice de obras que extrapolam os prazos e custos inicialmente calculados e isso é sem dúvida alarmante. Não obstante, o levantamento errôneo de quantitativos de serviços e materiais sobressai entre os principais fatores que estimulam tal problema. Procurou-se neste trabalho, por meio de um estudo de caso, examinar a utilização de um software BIM para a extração automatizada de quantitativos e a consequente facilidade que esses teriam no orçamento e no cronograma de uma obra particular localizada na cidade de Palmas-TO. Para isso, foram modelados por meio do Revit, os elementos que se referem a alvenarias, revestimento de lajes e paredes. Este trabalho buscou demonstrar que quantidades de serviços, materiais e mão de obra podem ser mais precisas quando utilizados plataformas BIM com software 3D. Também pode-se perceber que o nível de detalhamento dos componentes da construção fica majorado em alto grau, sendo possível determinar eventuais conflitos e incompatibilizações com mais facilidade.

Palavras-chave: **Projetos de edificações. BIM. Revit. Orçamento.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

ABSTRACT

The planning and execution of construction works is a difficult activity that brings challenges in several countries around the world, regarding its feasibility, meeting established deadlines and costs, defined during the planning phase. Brazil has a high number of construction works which go beyond the initially calculated costs and deadlines, and this is, without a doubt, alarming. Nevertheless, the erroneous survey of quantity of services and materials stands out among the main factors that stimulate such problem. This project aimed, through a case study, to examine the use of the software BIM for the automated extraction of quantitative and the consequent facility that they would have in both budget and schedule of a particular construction work located in the city of Palmas-TO . For this, elements that refer to masonry, slab and wall cladding were modeled using Revit. This work aimed to demonstrate that the quantity of services, materials and labor can be more accurate when using BIM platforms with 3D software. One can also note that the level of detail of the construction components is increased to a high degree, possibly determining eventual conflicts and incompatibilities in an easier way.

Keywords: **Building Design. BIM. Revit. Budget.**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma da solicitação de revisão nos projetos.....	19
Figura 2 – Vista 1 – frontal.....	34
Figura 3 – Vista 2 – posterior.....	34
Figura 4 – Corte transversal arquitetônico.....	36
Figura 5 – Corte longitudinal arquitetônico.....	36
Figura 6 – Paredes Externas – Vista 3D.....	37
Figura 7 – Paredes Internas – Vista 3D.....	38
Figura 8 – Determinação dos ambientes com pisos.....	40
Figura 9 – Determinação dos ambientes com lajes.....	41
Figura 10 – Vista laje de cobertura.....	41
Figura 11 – Modelagem revestimentos paredes internas.....	46
Figura 12 – Modelagem revestimentos paredes externas.....	46



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantitativos e Valores do Item 01 – Paredes e Vedações.....	38
Tabela 2 – Horas de trabalho necessárias item 1.....	39
Tabela 3 – Quantitativos e Valores do Item 2 – Revestimentos de Pisos e Lajes.....	42
Tabela 4 – Horas de trabalho necessárias item 02.....	44
Tabela 5 – Quantitativos e Valores do Item 3 –Revestimentos de Paredes.....	47
Tabela 6 – Horas de trabalho necessárias item 03.....	49
Tabela 7 – Benefícios e Desafios.....	53



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Problema de pesquisa.....	15
1.2	Justificativa	18
1.3	Objetivos	21
1.3.1	Objetivo geral	21
1.3.2	Objetivos específicos.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	22
2.1	A tecnologia BIM.....	22
2.2	Breve contexto histórico da tecnologia BIM	24
2.3	Aplicações e potencialidades do BIM	26
2.4	Engenharia simultânea e implantação.....	28
2.5	Cronograma	29
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1	Metodologia de pesquisa.....	30
3.1.1	Fundamentação teórica.....	31
3.1.2	Modelagem da edificação em plataforma BIM e extração de quantitativos.....	32
3.1.3	Análise dos resultados	32
3.2	Caracterização e delimitação.....	32
3.2.1	Caracterização do objeto em estudo	32
3.2.2	Delimitação de estudo	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1	Modelagem e resultados	35
4.1.1	Paredes e vedações.....	35
4.1.2	Revestimentos de pisos e lajes	40
4.3.3	Revestimento de paredes.....	45
4.2	Análises	50
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

5.1	Principais desafios	53
5.2	Limitações da pesquisa	54
5.3	Sugestões para os próximos trabalhos.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

13

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a indústria da construção civil tem se destacado pelo seu impressionante crescimento e expansão que, de acordo com a projeção de estudos realizados pela CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção), tem mostrado resultados significativos do seu PIB com um crescimento de 4% para o ano de 2021 mesmo com as dificuldades enfrentadas em um período pandêmico e após um cenário de escassez no período de 2015 a 2018 (CTE, 2020), ocorrendo o maior crescimento do setor desde 2013. Isso mostra a grandeza dessa esfera que está cada vez mais agressiva e competitiva, buscando mecanismos para atender novas demandas e necessidade de novos produtos. Por conseguinte, a otimização da segurança e qualidade para operários e futuros usuários são cada vez mais possíveis.

Favorável a esse crescimento a sociedade em si tem exigido do setor melhorias em diversos âmbitos pertinentes ao cumprimento de prazos previamente estabelecidos, fiscalização da segurança no trabalho, à racionalização de serviços, ao desenvolvimento sustentável e aplicação tenaz do sistema de gestão da qualidade em um empreendimento imobiliário. Isso se baseia na implementação de normas, primordialmente a ABNT NBR 15575:2013 – Desempenho de Edificações Habitacionais que está em vigor desde julho de 2013 e que põe à prova as metodologias atualmente usadas na elaboração e concepção de projetos (CTE, 2020).

Em um cenário que está sendo reaquecido, diminuir gastos causados por erros de compatibilização de projetos, atrasos no cronograma e principalmente o desperdício de recursos (este um dos maiores problemas enfrentado pelo setor) têm sido os grandes diferenciais na busca por uma posição de destaque frente à concorrência de uma competitividade acirrada. Isso tudo faz com que a construção civil busque por novas maneiras de se estabelecer, com uma perspectiva nova sobre gerenciamento de intentos, deixando de lado métodos construtivos rudimentares, artesanais e de baixa produtividade que agora preza



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

14

por um conceito de desenvolvimento tecnológico como primordial e significativo para o seu sucesso.

A qualidade do projeto é fator indispensável no âmbito da busca por vantagens no mercado. Tê-lo bem desenvolvido e organizado minora consideravelmente os erros, possíveis retrabalhos durante a execução, dúvidas e a má interpretação, definindo precedentemente os materiais e técnicas construtivas que hão de ser empregadas. Tudo isso se organizado de forma visual, passa a ser a diretriz principal da equipe responsável pela execução do projeto, tornando-o elemento essencial que, de forma direta, potencializa a qualidade do produto final.

Atualmente a maneira usual de se desenvolver um projeto tem se mostrado como um dos fatos da baixa qualidade. Elaborar um projeto separando-o por disciplina para que cada projetista execute sua área de especialidade e faça-se posteriormente um cuidadoso processo de compatibilização tem sido ineficiente uma vez que muitos problemas passam despercebidos, indo para o canteiro de obras com inúmeras divergências, ausência de detalhes importantes durante a execução e incompatibilidades que, na maioria das vezes, acabam sendo resolvidas pelas equipes atuantes na obra, acarretando maior consumo de tempo e majorando gastos. Isso implica de forma direta o resultado final da edificação.

O BIM (*Building Information Modeling*) é uma forma de se conceber um empreendimento e projetá-lo plenamente do início ao fim. Seu uso tem revolucionado a indústria da construção civil oferecendo inúmeras possibilidades para análise de um modelo, visto que ele não é um produto, mas sim um processo que permite a interoperabilidade (sistemas que conversam entre si) e simulações para avaliações do impacto causado por uma decisão em todas as interfaces de um edifício contemplando sua operação e manutenção. Isso reduz abruptamente erros, correções, retrabalhos e consequentemente o tempo de execução final, contribuindo indubitavelmente com a qualidade final do produto.

Visando modernizar o processo de elaboração de projeto, oferecer maior planejamento, eficiência na execução, controle de gastos e prazos justificam a importância da tecnologia BIM. Em suma, essa tecnologia permite trabalhar em diversas frentes de projeto



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

15

simultaneamente mantendo-as sempre em comunicação entre si, de maneira que possibilite um protótipo virtual fiel da edificação a ser construída e contemple todas as informações sobre o produto, tais como as características termo acústicas e dos materiais empregados, técnicas construtivas, cronograma de manutenção de elementos individuais e muitas outras informações relevantes. Isso faz com que o resultado final se torne mais intrínseco e absoluto, havendo pouca ou nenhuma necessidade de alterações e correções durante a fase de execução.

Desenvolver projetos em BIM implica trabalhar em equipes multidisciplinares onde problemas exclusivos são resolvidos de maneira a atender as necessidades de todos os envolvidos antes mesmo da conclusão do projeto, destacando a importância desse processo construtivo. Além do âmbito de projetos, o BIM facilita também o gerenciamento de obras permitindo visualizar o tempo de execução de cada atividade, prazo mínimo e máximo para eventuais atrasos sem que comprometa atividades posteriores e o custo que cada etapa trará. Desse modo não há necessidade de se elaborar diagramas de blocos, flechas e PERT CPM de forma externa, mas sim inseridos diretamente no processo BIM.

Uma forma de estimular o uso dessa tecnologia, principalmente em órgãos públicos, apontada por Marinho (2019) é o maior incentivo por parte das entidades governamentais visando fomentar a ampliação da utilização da tecnologia BIM e também de pesquisas relacionadas a mesma.

Esse trabalho visa elucidar as potencialidades que a tecnologia BIM oferece para a esfera da construção civil partindo desde as fases iniciais de concepção de um projeto, gerenciamento de obras, organização de cronograma físico-financeiro, elaboração de orçamentos, até a conclusão. Portanto, almeja-se apresentar um panorama do impacto positivo causado por esse processo para a engenharia civil.

1.1 Problema de pesquisa

O processo de execução de um edifício não é uma tarefa simples e que exige o cumprimento de diversas atribuições com um único objetivo em comum. Essas atribuições



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

16

(que também podem ser denominadas de *atividades*) compreendem inúmeros problemas e são elaboradas em um contexto particularmente dinâmico e mutável, de acordo com Mattos (2010). Devido a essas peculiaridades, executar uma obra requer um planejamento pertinente e circunstanciado ao seu nível de complexidade, correlacionando todos os insumos e mecanismos imprescindíveis para a exímia execução de projetos e submetendo-se aos prazos previamente estabelecidos. Esse planejamento pertinente e circunstanciado, não obstante, é a realidade para a maioria das obras de pequeno, médio e grande porte.

Elaborar cronogramas desconsiderando inteiramente o prazo substancial para se concluir cada uma das atividades insinua a obra sem uma Estrutura Analítica de Projeto – EAP tem sido uma das práticas que mais evidenciam o quão grande é a deficiência relacionada ao planejamento. Apurou-se por meio de estudos que em cerca de 60% das obras a elaboração do cronograma é feito baseando-se apenas na experiência do engenheiro gestor de obra, Siemann *et al.* (2011, pg. 9). Tal prática torna-se inábil visto que os prazos estabelecidos constantemente não conjugam com a realidade das atividades a serem executadas, fazendo com que esse modelo de estimativa não seja efetuada uma análise holística de todos os projetos, desconsiderando assim os riscos e incoerências, que, ao longo de sua execução, comprometem o desenvolvimento da obra por requererem correção.

Baseado nessa realidade, estudos vêm sendo efetuados na busca do entendimento das causas e partindo daí elucidar tal cenário. Colpo, *et al.* (2018) realizou um levantamento onde pode-se constatar que dentre 56 edificações empreendidas por uma universidade federal entre os anos de 2010 à 2014, 45 delas precisaram de acréscimos contratuais de prazos (também chamado de *aditivos*), ou seja, 80,35% de todas as obras realizadas dentro desse período por essa universidade federal enfrentaram problemas quanto ao cumprimento de seu cronograma. Em outro estudo realizado por Freitas e Carvalho (2017) constatou-se que em edificações já finalizadas e auditadas pelo Tribunal de Contas da União – TCU entre os anos de 2008 e 2015, 71% precisaram de aditivos de valor e 86% de prazo.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

17

São dados que ocasionam preocupação por parte de gestores públicos e da sociedade em si, visto que tais obras são executadas com recursos públicos. No tocante aos elevados índices, (Festas, 2018) destaca dois fatores relevantes que ocasionam os atrasos em obras, são eles:

- A ausência de um estudo elaborado dos recursos e serviços relacionados à execução das atividades, o que resulta em estimativas errôneas para os cronogramas;
- Inconsistências no escopo executivo da obra, que resulta em reanálise de projetos, necessidade de aditivos e consequentes acréscimos no orçamento e no cronograma.

A elaboração de projetos utilizando a tecnologia BIM pode ajudar a solucionar esses problemas. Para adoção de tal método faz-se necessário uma análise minuciosa de todos os projetos e, identificadas incompatibilidades ou erros, solicitam-se as correções ao projetista responsável da área antes mesmo da inicialização da edificação.

Em outra pesquisa estudada onde mais de 150 obras públicas localizadas na cidade de Belo Horizonte, constatou-se que os erros presentes no levantamento de quantitativos corroboram como um dos principais motivos no atraso dessas obras Santos, Starling e Andery (2015).

Senna, Saud e Castro (2019) defendem que o uso da tecnologia BIM extraindo suas potencialidades para atingir altos níveis de qualidade pode minorar erros em todas as fases do projeto, inclusive as más interpretações relacionadas aos elementos de projeto. A plataforma BIM possui ferramentas que possibilitam extrair quantitativos de elementos modelados por meio de automação podendo assim reduzir consideravelmente as incompatibilidades no escopo executivo da obra em todas as suas esferas.

Nesse contexto a problemática de como a utilização de *softwares* BIM pode contribuir para a melhoria do planejamento de obras se baseia no seguinte questionamento: Como o uso de *softwares* BIM para a extração de quantitativos pode potencializar a qualidade de uma edificação em todas as suas etapas e fases?



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

18

1.2 Justificativa

Vários estudos estão sendo realizados com a intenção de apontar quais são as dificuldades mais pertinentes enfrentadas por engenheiros civis em se tratando de planejamento e fiscalização de obras, sejam elas em âmbitos públicos ou privados. Mediante um cenário onde aditivos contratuais de prazo e orçamento estão cada vez mais corriqueiros essa função tem ganhado cada vez mais importância. Em tese, foi realizado um estudo compreendendo 151 obras na cidade de Belo Horizonte empreendidas entre os anos de 2009 e 2014 onde os autores puderam identificar que desse total, 145 dessas obras, equivalente a 96,03%, contaram com aditivos de prazo Santos, Starling e Andery (2015). De todos os motivos detectados para justificar tais ações, os principais foram às inconsistências nos projetos, erros nos levantamentos de quantitativos e duração utopista de contratos. Tais obras não utilizaram o BIM devido a sua não obrigatoriedade e a pouca difusão no país até então.

No que se refere à duração utopista de contratos, permite-se enunciar que a construção de cronogramas amparada somente na experiência profissional é uma das condutas que colaboram consideravelmente com a intensificação desse problema. É bem verdade que conceber uma EAP levando-se em conta a estimativa de durabilidade de todas as atividades importantes para o cumprimento da obra o cronograma decorrente estará fundamentado em procedimentos técnicos eminentes e oferecerá uma maior precisão.

As inconsistências de projetos comumente são identificadas como problemas de compatibilização, inexistência, erros de detalhamento ou não contemplação de todo o escopo de serviços, sendo também como principais causas do atraso de obras. Constatou-se por meio de estudos que essa condição pode ser responsável por cerca de 46% de casos contendo aditivos em seu cronograma Brandstetter *et al.* (2016). Esse registro é deveras coerente tendo em vista que o mesmo identifica irregularidades nos projetos obrigando as construtoras a solicitarem as revisões destes que, regularmente, acompanham a necessidade de aditivos contratuais.

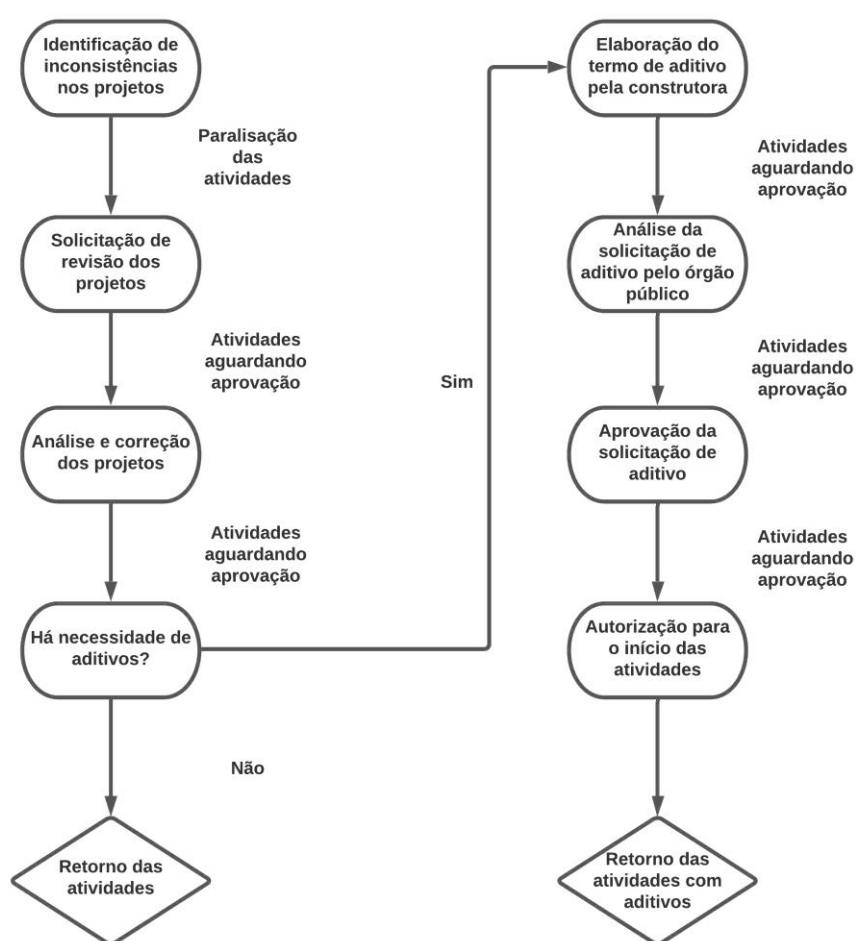


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

19

A etapa de revisão de projetos compromete todo o cronograma visto que há a necessidade de tempo para se analisar as solicitações propostas (figura 1).

Figura 1 - Fluxograma da solicitação de revisão nos projetos.



Fonte: O próprio autor, 2021.

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1, quando a revisão de projetos é solicitada por parte da equipe de gerenciamento da obra, toda a frente de trabalho relacionada sofre uma paralisação, impossibilitando à construtora dar continuidade às atividades.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

20

Da mesma maneira, os erros nos levantamentos de quantitativos são problemas comuns na grande maioria das obras. As incompatibilidades entre os quantitativos presentes na planilha orçamentária e as reais necessárias para a boa execução da obra são fatores que geram os principais reveses no que se refere ao superfaturamento ou também chamado de sobrepreço (STRODIOTTO, 2018). Outrossim, todos esses conflitos destoam diretamente no cronograma físico da obra, visto que alterados os quantitativos referente aos serviços, consequentemente altera-se o prazo para sua execução.

Santos, Starling e Andery (2015) também apontam os fatores citados acima como os principais responsáveis por gerar a necessidade de aditivos em obras públicas ou privadas, haja vista o fato de que podem ser minorados com a utilização da plataforma BIM. Congruente a este posicionamento, Brito (2017) conceitua o BIM como forte contribuinte para reduzir os problemas de atrasos na conclusão de obras e orçamentos discrepantes.

Strodiotto (2018) afirma que a utilização da plataforma BIM associado ao levantamento rigoroso dos quantitativos modelados, torna-se uma eficiente alternativa para a solução de problemas existentes na execução de obras no tocante a qualidade de projetos e ao nível de detalhamento inerente aos mesmos.

Diversos países desenvolvidos, como a China, os Estados Unidos, a Noruega e o Reino Unido, têm implementado cada vez mais o BIM em suas obras públicas como aponta Miranda e Salvi (2019) e obtido resultados salvíficos, como é o caso do Reino Unido. Em 2016, a *Infrastructure and Projects Authority* - principal autarquia responsável pela infraestrutura dos países britânicos, ao emitir seu relatório anual, evidenciou que essa implantação foi uma das principais providências que lhes atestaram uma economia de três bilhões de libras aos cofres públicos no período de 2011 a 2015 (CABINET OFFICE, 2016).

Esse eficiente aumento também é representado pela ampla quantidade de empresas que passaram a implementar o BIM em seus processos. De acordo com Miranda e Salvi (2019) a porcentagem de empresas que passaram a utilizar o BIM como plataforma de



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

21

trabalho teve um salto de 13% em 2011 para 78% em 2018, graças aos impulsos e orientações por parte do governo.

No Brasil recentemente entrou em vigor o Decreto Nº 10.306 de 2 de Abril de 2020 onde o governo federal estabeleceu prazos para a implementação do BIM de maneira gradativa em determinados setores, mas seu uso ainda está em fase inicial no país, principalmente por parte dos órgãos públicos. O governo brasileiro almeja com a implantação desse decreto a vigência a partir do ano de 2021, com uma nova fase no que tange a execução de obras públicas no país, com iniciação em todo território federal.

Nesse contexto, o presente trabalho justifica-se ao contribuir com conhecimentos e dados visando valorizar as potencialidades do uso do BIM em obras, sobretudo com a melhoria nos sistemas construtivos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Elaborar um projeto arquitetônico 3D de uma residência, desenvolvido em plataforma BIM, aplicando as potencialidades do sistema para uma modelagem mais precisa.

1.3.2 Objetivos específicos

Desenvolver em sistema REVIT 3D um projeto arquitetônico detalhado possibilitando uma melhor visualização desse processo.

Elaborar a modelagem das paredes, revestimentos de pisos e lajes e revestimentos das paredes da edificação objeto de estudo em *software* BIM para realizar a extração precisa de seus quantitativos de materiais e serviços, além de identificar antecipadamente possíveis conflitos na arquitetura.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

22

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A tecnologia BIM

A tecnologia BIM não é um *software* exclusivo e muito menos uma evolução do AutoCAD (*Software* para desenvolvimento de projetos e desenhos técnicos) como se pensa. De acordo com Eastman et al. (2008, p.13), é “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Para ter o entendimento do que é o BIM primeiramente deve-se compreender a definição oficial dada à sigla, que, de acordo com a Secretaria de Estado de Planejamento de Santa Catarina (2008) pode ter duas traduções. A primeira é *Building Information Modeling* (caráter verbal) que seria uma metodologia que cria um processo para a gestão da informação, desde a concepção até a gestão da edificação pronta. A segunda é *Building Information Models* (caráter de substantivo) seriam os modelos (projetos) digitais, 3D e ricos de informação (não se limitando a representações espaciais de elementos) os quais consistem na base do processo BIM.

Ou seja, é a otimização de processos, dados, tecnologia envolvendo diversos *softwares* e sistemas construtivos buscando potencializar a comunicação e a cooperação desde a fase inicial contemplando a concepção arquitetônica até a final de um empreendimento e as manutenções do edifício.

Duas principais “tecnologias” presentes no BIM o diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais, são elas: modelagem paramétrica e interoperabilidade (EASTMAN et al., 2008). A interoperabilidade permite diversos *softwares* de diferentes fabricantes se comunicarem e fornecerem o maior número de dados possíveis para uma determinada edificação tornando a gestão de um projeto muito mais colaborativa entre arquitetos, projetistas, engenheiros e demais envolvidos (EASTMAN et al., 2008). Dessa forma, pode-se extrair de um mesmo projeto um grande volume de informações detalhadas sobre diversas áreas, como estudos de viabilidade, eficiência energética e projetos de engenharia, simulação de custos



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

23

(orçamentação) e de prazo (planejamento), extração de quantitativos para diferentes cenários de construção, detecção de interferências de projeto, colaboração entre equipes multidisciplinares, acompanhamento durante a execução da obra, criação de modelos em realidade aumentada e manutenção pós-obra.

O Modelo Paramétrico, segundo Hernandez (2006), permite exprimir os elementos por parâmetros e regras ligados a sua geometria, podendo incorporá-los em geométricos ou não geométricos com características fixas ou variáveis aos elementos. As características fixas são denominadas por Hernandez (2006) como controlados (*constrained*) e os variáveis segundo, Eastman et al. (2008 p. 36), serem caracterizados por critérios e princípios que permitem “... objetos sejam automaticamente ajustados de acordo com o controle do usuário e a mudança de contexto”. Além do mais, esses modelos de construção baseados em objetos paramétricos permitem a obtenção de relatórios, incompatibilidade entre elementos e a inserção de informações de projeto partindo do eventual modelo.

A modelagem de projetos é uma etapa específica contemplada dentro da tecnologia BIM e pode ser realizada por meio de diversos *softwares* voltados para esse objetivo. O REVIT (AutoDesk) é o mais comum utilizado no Brasil, porém existem outros bastante difundidos pelo mundo todo, como por exemplo, Archicad, da Graphisoft (Hungria), muito famoso na Europa e EUA; Edificius, da ACCA (Itália), bem disseminado na Europa e vencedor de prêmios como melhor software OpenBIM do mundo e QiBuilder, da AltoQI (Brasil, que vem buscando adaptar seu portfólio de soluções a metodologia). Além de diferentes plataformas para realizar a modelagem também existem diversas estratégias para realizá-la. Todas elaboradas para intensificar a aplicação desejada para o modelo em execução em menos tempo.

Independente do *software* utilizado, para Eastman et al. (2008) existem dois principais modelos de dados do produto da construção civil, são eles *CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2)* usualmente utilizado em projeto para estruturas metálicas e o *Industry Foundation*



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

24

Classes (IFC), que, segundo a *International Alliance for Interoperability* (2009), é um modelo neutro e universal com critérios específicos para o BIM.

Uma analogia interessante para ajudar a compreender o processo BIM é dizer que todas as etapas de construção do edifício estão sendo executadas no computador sem a necessidade de mover um tijolo sequer. Dessa forma, todo sistema construtivo da edificação ficam incorporados e justapostos facilitando a identificação de problemas com antecipação para discutir possíveis soluções, reduzindo custos, otimizando o tempo de execução e garantindo a melhor decisão técnica para o problema proposto. Isso tudo graças à modelagem que o processo BIM oferece, tornando projetos bidimensionais agora em geometrias tridimensionais. Simples linhas se tornam parede de alvenaria, tubulação de hidráulica, rede de elétrica e assim sucessivamente.

2.2 Breve contexto histórico da tecnologia BIM

A trajetória BIM iniciou-se em 1974 com o primeiro termo chamado BDS – *Building Description System* (do inglês, Sistema de Descrição da Construção) criado por Charles Eastman. De acordo com Eastman et al. (2008, p.13), “uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção”. Com o intuito de eliminar toda a documentação em papel relacionada à elaboração de projetos, Eastman por meio da criação de designers e desenhos computacionais, buscava representar elementos construtivos que possibilitassem ao projetista simular possíveis erros e incompatibilidades antes do projeto ser iniciado de fato no canteiro de obras. Esse foi o primeiro grande marco que caracterizou o início de uma nova era principalmente para a indústria da construção civil.

O segundo grande marco surgiu em 1982 com a elaboração do conceito de *Collision Detection* (do inglês, Detecção de Colisão), chamado hoje no sistema BIM de *Clashes Detection* ou somente *Clashes*. Inicialmente foi desenvolvido para detectar interferências de elementos tubulares dentro de um reator atômico da época. Hoje os *Clashes* são utilizados



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

25

para identificar elementos que não respeitam a distância mínima exigida em relação a outro elemento (*Soft Clashes*), componentes que se sobrepõem (*Hard Clash*) e elementos que podem se colidir ao longo do tempo, como por exemplo, durante uma construção ou no uso da edificação (*Time Clash*).

Após o desenvolvimento dessas definições junto à consolidação do AutoCAD, surgiu em 1986 o termo chamado *Building Modeling*. Nesse conceito permitia-se gerar, de maneira computacional, elementos tridimensionais e a partir daí elaborar cortes e vistas de maneira automática. Contudo, esses elementos não eram apenas tridimensionais. Eles possuíam bancos de dados com parâmetros que os descreviam e então os gerava de maneira tridimensional possibilitando visualizá-los nas diversas fases da construção.

O termo BIM (*Building Information Modeling*) surgiu pela primeira vez em um artigo publicado no ano de 1992 pelos professores G.A Van Nederveen e F. Tolman intitulado de “*Automation in Construction*”. O então artigo mencionava a não existência de uma ligação correta entre as disciplinas de projeto (arquitetura, estrutura, complementares, etc.), porém enfatizou a importância de se elaborar um fluxo de trabalho onde seria possível fornecer vantagens aos usuários em soluções de problemas dessa incompatibilidade por meio desse sistema tornando todo o processo mais organizado.

Todos esses conceitos abonaram de vez o sistema BIM e revolucionaram a maneira de projetar e executar. A partir daí, vieram outras concepções que agregaram mais confiabilidade ao sistema BIM, como o *NURBS – SURFACE MODELING* (1998), chamada hoje de Superfície NURBS que possibilitou a modelagem tridimensional de elementos orgânicos, oferecendo mais diversidades a modelagens de elementos arquitetônicos mais complexos, por exemplo, o *Parametric Modeling* (2000), chamado de Modelo de Conexões Paramétricas, onde se podia modelar e conectar todos os elementos por meio de vínculos paramétricos.

O último grande marco e provavelmente o mais importante de todo esse processo surgiu em 2005 que foi a criação do OPEN BIM. Ele possibilitou que toda a troca de informações por meio do sistema BIM fosse acessível para todos os usuários envolvidos,



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

26

desde o projeto à operação, independente do *software* usado. Isso possibilitou que arquitetos e engenheiros pudessem trabalhar dentro do mesmo projeto, compartilhando todas as informações e dados, sem a necessidade de utilizar a mesma ferramenta, desde que o *software* escolhido por eles compartilhassem de um código aberto onde toda a troca de informações seria feita por meio de um arquivo chamado IFC.

Um ponto importante para o Brasil aconteceu em 2018, por meio do Governo Federal, foi liberado um decreto onde abordava a estratégia BIMBR, sendo utilizada para disseminar o BIM em nosso país permitindo assim que ele ganhasse uma maior notoriedade e que despertasse a atenção das pessoas para esse sistema que oferece tantos benefícios.

2.3 Aplicações e potencialidades do BIM

A tecnologia BIM pode ser utilizada em diversas etapas de um projeto, a começar pelo estudo de viabilidade de uma determinada edificação. Ela permite verificar os níveis de insolação em cada ambiente assim como suas vistas e disposições de móveis, paredes, instalações e até mesmo o posicionamento da edificação em relação às demais, além de possíveis interferências com vizinhos, sejam eles visuais, sonoros ou térmicos por meio de um mapeamento em três dimensões que traz informações externas à edificação para o arquétipo. Este processo é denominado por Russel e Elger (2008) como “*Next BIM*”.

O grande número de informações exigidas cada vez mais pelos clientes, o avanço acelerado dos sistemas construtivos e a evolução incessante de novos materiais tornam os projetos mais complexos e robustos. Baseado nisso, a tecnologia BIM oferece ferramentas que auxiliam a visualização de interferências, gerando vistas e cortes em três dimensões contribuindo nesse processo além de melhorar a qualidade do projeto oferecendo um aspecto mais ativo ao mesmo. Isso faz com que diversos projetistas e construtores que vivem em constantes divergências cheguem a um denominador comum sobre todo e qualquer aspecto da obra desfrutando do ápice da capacidade que a tecnologia oferece. Tobin (2008) rotula esse



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

27

processo como “*The Big Bang in Reverse*” (O Big Bang ao Contrário), como se a construção iniciasse do fim para o início, pensando na sua utilização desde as fases iniciais de projeto.

Na execução do planejamento de obras é possível utilizar *softwares* distintos voltados para essa matéria e integrá-los ao modelo BIM possibilitando introduzir a informação “tempo” aos componentes utilizados. Dessa forma, a visualização da sequência de construção passa agora de três para quatro dimensões, tornando mais didático os estudos de diversos cenários, podendo verificar se há ausência de algum elemento, com uma oferta de maior infalibilidade ao cronograma da obra e proporcionando maior assertividade ao planejamento. Este avanço é denominado por era BIM 3.0 (TOBIN, 2008) ou BIG BIM (Jernigan, 2008) que representa a geração da prática integrada.

Além disso, a realização de simulações do cronograma físico financeiro podem ser executadas por meio desse processo, viabilizando alterar o modelo do material utilizado, anexando o custo, dados da nota fiscal, tempo de garantia, também o acionamento do fornecedor caso necessário, bem como a maneira de executar a atividade e o número de operários dentro do canteiro de obras. Dessa forma, pode-se obter um melhor parâmetro de custo-benefício da obra onde pagar um valor mais elevado em determinado material pode reduzir o tempo de execução do serviço contribuindo para uma lucratividade final maior (TOBIN, 2008).

Para a execução de um projeto o modelo BIM permite que o usuário tenha acesso e capacidade de processar todas as informações da obra na palma da mão, com ampla habilidade, sem que haja a necessidade de se locomover grandes distâncias ao escritório e verificar os projetos físicos um por um (ONUMA, 2007). Com esse modelo é possível ter rapidamente informações que podem não estar detalhadas no projeto convencional como, por exemplo, paginação cerâmica, passagem de tubulação, rede elétrica desvio de nível e prumada por meio de *smartphone* ou *tablet*.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

28

2.4 Engenharia simultânea e implantação

O processo comumente usado para se elaborar e conceber um projeto, também denominado de gestão sequencial, apenas adia para as fases seguintes todos os problemas e incompatibilidades tornando as soluções desses reveses mais complexas, podendo ocasionar retrabalhos e fazendo com que todo o processo se torne mais oneroso. Já em um processo de engenharia simultânea, proposto pela tecnologia BIM, o progresso de todo o procedimento de produção se dá de maneira paralela ao projeto e concepção do produto, integrando de forma mais eficaz as características e especificações do produto com o resultado final esperado.

Para que isso ocorra é necessária então uma equipe multidisciplinar para representar as diferentes etapas do projeto, além de uma boa gestão dos contratos e coordenação harmônica desses agentes evitando conflitos e fomentando o intercâmbio de informações, visto que nem sempre a formação dessa equipe se dará na mesma empresa, podendo cada membro ter seus conceitos de desenvolvimento de projetos bem definidos sendo poucos os dispostos a quebrar os paradigmas.

Logo, implantar a filosofia de engenharia simultânea exige uma sequência de modificações tanto culturais como organizacionais. Elaborar estratégias eficientes de contratação como também reavaliar o intento dessas parcerias, horizontalizando a hierarquia para que a coordenação de esforços, cooperação e interatividade sejam privilegiadas é o ponto crucial a ser considerado e implementado.

Mas, para que a introdução da engenharia simultânea seja bem sucedida, é necessário seguir determinados fatores-chave, como estabelecer metas para avaliação do desempenho, definir de maneira apropriada as equipes interdisciplinares, aprimorar recursos computacionais, pró-atividade em busca de experiência prática acompanhada de orientação, definir criteriosamente metas e buscar alcançá-las e fomentar dentro da equipe a participação ativa de pessoas de diferentes funções buscando melhorar a intercomunicação.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

29

A engenharia simultânea é um instrumento veemente para aumentar a eficiência do processo do projeto e consequentemente da execução do edifício. Mas para isso é necessário que a gestão de projeto seja fortalecida com um líder diligente, livre e autônomo para tomar decisões sem acarretar resistências e conflitos internos, alcançando projetos bem sucedidos e dentro dos prazos estabelecidos.

2.5 Cronograma

Elaborar o cronograma é uma atividade que possui diversas outras que o precedem. De acordo com Festas (2018), definem-se primeiramente as atividades necessárias para a execução da obra considerando os recursos a serem empregados e a sequência eficaz entre elas. Baseado nisso faz-se então a estimativa inicial de duração individual dessas atividades, considerando a produtividade da mão de obra, para então se ter ao final um referencial pertinente para a sua elaboração.

Essa etapa de planejamento infelizmente acaba sendo negligenciada em muitas obras de construção por parte de seus gestores devido ao seu nível de complexidade, sendo então sua elaboração baseada única e exclusivamente na experiência do profissional. Siemann *et al.* (2011, pg. 9) afirma que 60% das obras em seu estudo tiveram seu cronograma estabelecido baseado somente na experiência do engenheiro residente. Isso contribui diretamente no atraso na entrega da obra, pois durações utópicas tem sido a terceira maior causa de atrasos Starling e Andery (2015).

Entretanto, a primeira e mais importante atividade anterior à elaboração do cronograma é a identificação de todas as atividades pertinentes à execução da obra. Para isso é necessário um vasto conhecimento e estudos em todos os projetos e características da obra a ser executada, analisando todos os projetos arquitetônicos e complementares, local de execução da obra, memorial descritivo, especificação, dentre outros. A falta desse



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

30

conhecimento dificulta a definição correta dessas atividades, levando a um conjunto de dados errôneos desde os primórdios da edificação.

A segunda e não menos importante atividade é a identificação de recursos e estimativa de durações. Nela devem-se distinguir de forma técnica os recursos necessários para a execução da obra, considerando tudo aquilo que se aplica para o andamento das atividades ou é consumido por elas, podendo ser classificados em três principais grupos: equipamentos, mão de obra e materiais.

Com a conclusão do sequenciamento eficaz e de acordo com a estimativa de durações baseado nos recursos disponíveis, a equipe gestora agora tem em mãos um diagrama completo com a duração minuciada de cada atividade e as relações de precedência, que chamamos de “Diagrama de Rede” ou também “PERT CPM”, isso tudo inserido dentro da tecnologia BIM sem a necessidade de se elaborar de maneira externa a concepção do projeto. Finalizando esse processo define-se então o prazo total da obra de forma coerente traçando o caminho crítico que a obra irá progredir diminuindo e até anulando a necessidade de aditivos contratuais.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Metodologia de pesquisa

De acordo com Gil (2008) o presente trabalho pode ser definido como uma pesquisa exploratória e um estudo de caso, visto que tem o objetivo de explanar e esclarecer como a utilização de novas tecnologias pode beneficiar o setor da engenharia civil e será baseado em um objeto de estudo de uma obra real a ser construída.

Primeiramente serão definidos detalhes técnicos e específicos da obra que deverão ser apresentados no projeto e então serão definidas as disposições de projeto por meio de desenhos e *croquis* a fim de se ter uma melhor visualização do conjunto arquitetônico. O *croqui* é parte fundamental do projeto, ele é quem dá o direcionamento para o engenheiro e/ou



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

31

arquiteto seguir. Será apresentado o posicionamento da edificação no lote bem como as disposições de paredes, janelas e vãos. Também foram definidos detalhes complementares como a altura do pé direito e o modelo de cobertura a ser utilizado.

Em seguida o projeto será modelado com a utilização de *software* Revit para um desenvolvimento mais detalhado da arquitetura baseado ao que foi anteriormente imaginado. Neste momento foram definidas características importantes como materiais e revestimentos que estarão presentes no projeto em um processo conhecido como parametrização das características construtivas.

Com estes passos concluídos foi realizada a extração de quantitativos de materiais e serviços que foram realizados no momento da execução da obra de maneira automatizada e por meio das planilhas do SINAPI da Caixa será feito o levantamento de horas necessária por equipe para execução dos serviços e os respectivos valores.

Este trabalho foi dividido em três etapas:

- Fundamentação teórica;
- Modelagem de parede, pisos e lajes e seus revestimentos em *software* BIM com extração de seus quantitativos e elaboração de orçamento por meio das planilhas do SINAPI da Caixa;
- Análise dos resultados;

3.1.1 Fundamentação teórica

Etapa onde se levantou diversas informações relacionadas a obras, BIM e cronograma de obras, por meio de revisão de literatura envolvendo normas técnicas, leis, estudos acadêmicos, artigos científicos, livros e revistas técnicas. Tal etapa faz-se importante para embasar tecnicamente e fornecer conhecimentos necessários para se ter uma análise consistente, conforme o objetivo do estudo.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

32

3.1.2 Modelagem da edificação em plataforma BIM e extração de quantitativos

Fez-se o levantamento de informações sobre a obra baseado nos projetos arquitetônicos e complementares fornecidos com a autorização do proprietário e dos autores dos projetos, buscando o desenvolvimento de um modelo BIM que represente fielmente todos os aspectos dos elementos a serem estudados. Finalizada a modelagem da edificação em plataforma BIM foi possível a extração automática de vários quantitativos que serão utilizados na etapa de análise dos resultados.

Para a modelagem 3D da edificação utilizou-se o *software* Revit© (AUTODESK, 2021).

3.1.3 Análise dos resultados

Baseado nos quantitativos extraídos da plataforma BIM da edificação, foi possível analisar as potencialidades da utilização dessa plataforma. Espera-se com essa etapa, observar os pontos relevantes sobre a aplicação de *softwares* BIM em obras.

3.2 Caracterização e delimitação

3.2.1 Caracterização do objeto em estudo

A edificação que será utilizada como objeto de estudo trata-se de uma residência particular, com construção prevista para ser iniciada no início de 2022. O edifício em questão possui área construída de 258,88 m² distribuídas em um pavimento tipo térreo e um tipo superior. A edificação será executada no condomínio Alphaville Palmas 1, Quadra B1, Rua 04 UA 24, na cidade de Palmas-TO.

Entre todas as características arquitetônicas da residência, pode-se destacar:

- A utilização de laje de cobertura em todos os ambientes



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

33

- Varanda na fachada principal com guarda-corpo em vidro temperado com 1,10 m de altura;
- Paredes internas e externas em blocos cerâmicos de 9 cm;
- Piso interno em porcelanato acetinado;
- Forro em gesso acartonado nos ambientes internos;
- Cobertura em telha termo acústica sobre estrutura metálica;
- Platibanda em alvenaria de blocos cerâmicos com 0,35 m de altura e pingadeiras;

Para as fundações foram adotadas sapatas isoladas com dimensões de 0,90 m x 0,90 m. Toda a estrutura da edificação foi construída em concreto armado, com lajes de cobertura e sem a previsão ou necessidade de juntas de dilatação.

Por se tratar de uma obra de uso residencial (figura 2 e 3) a edificação não conta com projetos de combate a incêndio e pânico, apenas os complementares, bem como um projeto de paisagismo. Todos os projetos foram fornecidos pelo proprietário da residência nos formatos PDF e DWG.

Figura 2 – Vista 1 – frontal.



Fonte: O próprio autor, 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

34

Figura 3 – Vista 2 – posterior.



Fonte: O próprio autor, 2021.

3.2.2 Delimitação de estudo

A modelagem BIM da edificação, assim como as análises referentes aos levantamentos e parametrização de quantitativos serão limitadas à modelagem das paredes, revestimentos de pisos e lajes e revestimentos das paredes da edificação, elaborada pelo autor deste trabalho para o estudo do mesmo.

Levando-se em consideração que os quantitativos referentes aos demais projetos complementares, como estruturas, instalações hidráulicas e elétricas, são geralmente obtidos de forma automática através dos *softwares* utilizados em seus dimensionamentos, adotou-se essa delimitação neste estudo como forma de não tornar este trabalho demasiado extenso.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

35

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo foi dividido em duas etapas onde na primeira foi abordado os procedimentos utilizados para a modelagem dos elementos e os resultados finais obtidos por meio destes e na segunda será analisado todos os resultados abordando a facilidade do uso do BIM para a extração desses quantitativos.

4.1 Modelagem e resultados

Com o intuito de beneficiar a compreensão de todo o processo de modelagem e extração de quantitativos dos muitos elementos estudados, preferiu-se por dividir essa etapa em três seções, de acordo com a divisão dos itens da EAP: Item 1 – Paredes e Vedações; Item 2 – Revestimentos de Pisos e Lajes; Item 3 – Revestimentos de Paredes.

4.1.1 Paredes e vedações

A priori realizou-se a modelagem dos elementos que serão utilizados nesse trabalho. Todos eles foram modelados com alto nível de desenvolvimento, pois todas as características geométricas foram extraídas com exatidão a partir do modelo, tendo sua localização e orientação ajustadas de acordo com os pontos de origem do projeto. Além das características geométricas, foram adicionadas informações referentes aos materiais de cada um dos elementos modelados.

Inicialmente modelaram-se as paredes externas a edificação. De acordo com os projetos fornecidos pelo proprietário, tais paredes devem ser de bloco cerâmico de 9 cm de largura e uma altura total igual a 8,45 m. Foram extraídos do *software* Revit dois dos cortes fornecidos no projeto arquitetônico (figuras 4 e 5):



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

36

Figura 4 – Corte transversal arquitetônico.



Fonte: O próprio autor, 2021.

Figura 5 – Corte longitudinal arquitetônico.



Fonte: O próprio autor, 2021.

Um dos benefícios da tecnologia BIM é também a facilidade em criar cortes e vistas a qualquer momento sem a necessidade de ficar imaginando como seria determinado ambiente naquele corte e sem preocupação de ter deixado algum detalhe de fora. Os cortes podem ser realizados por meio da ferramenta “Cortes” disponibilizada pelo *software* Revit.

Para essa modelagem realizou-se a ferramenta “Paredes” do *software* Revit, utilizada para representar paredes. Adotaram-se as mesmas características geométricas presentes nos projetos fornecidos pelo proprietário. Adotou-se como material utilizado nas paredes externas

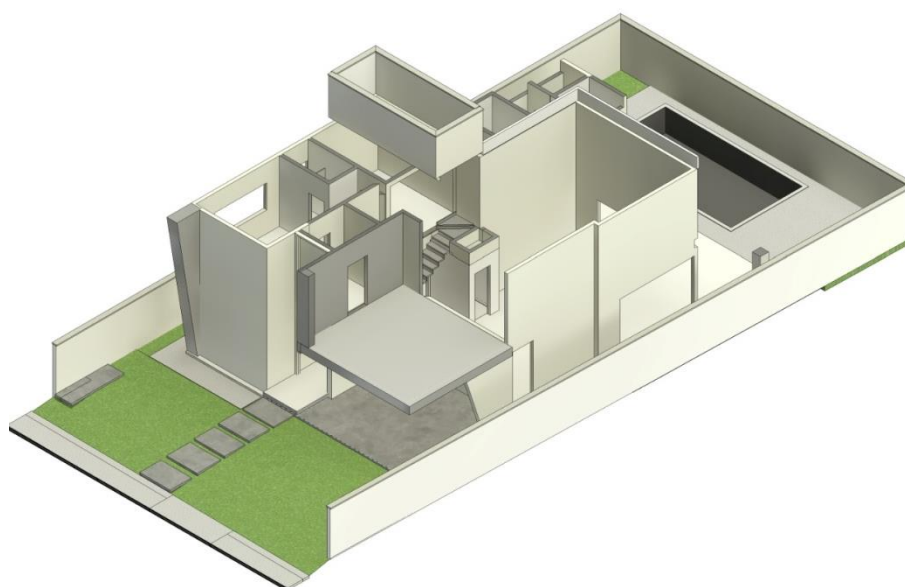


MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

37

“Bloco cerâmico de 9 cm”, (figura 6), assim como esquadrias, vergas e contra vergas tendo em vista que estes elementos influenciam diretamente nos quantitativos que serão extraídos:

Figura 6 – Paredes Externas – Vista 3D.



Fonte: O próprio autor, 2021.

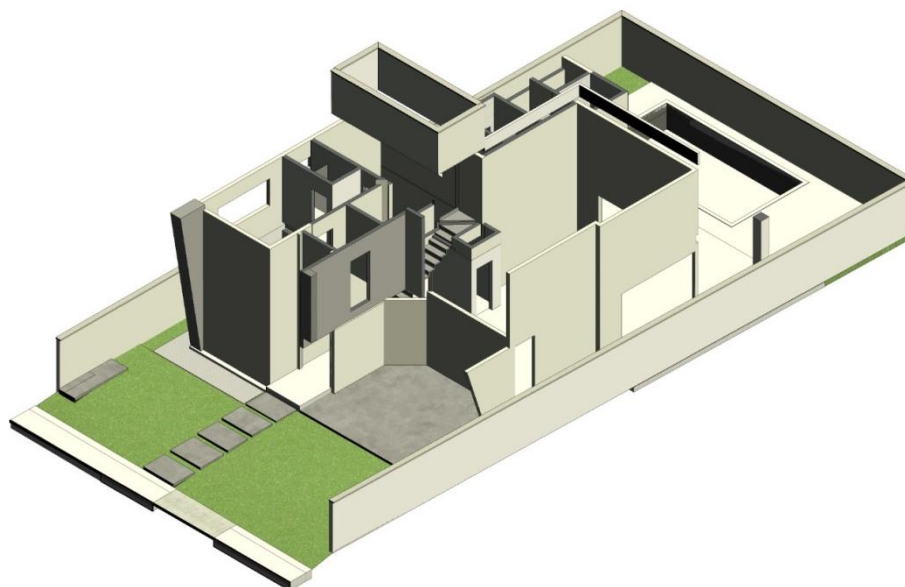
As paredes internas possuem altura total de 6,60 metros e são feitas exclusivamente de alvenaria de blocos cerâmicos. Todas foram modeladas com a ferramenta “Paredes” do Revit, respeitando as mesmas características geométricas definidas no projeto arquitetônico. Para melhor visualização da edificação, tiraram-se as lajes buscando evidenciar as paredes internas (figura 7):



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

38

Figura 7 – Paredes Internas – Vista 3D



Fonte: O próprio autor, 2021.

Finalizada a modelagem desses elementos referentes ao Item 1 (tabela 1) extraiu-se os quantitativos em área desses elementos de forma automatizada, uma das vantagens de se trabalhar com *softwares* que utilizam a tecnologia BIM. Além disso o software Revit realiza, também de forma automática, os descontos referentes as áreas das portas e janelas.

Tabela 1 – Quantitativos e valores do item 1 – Paredes e vedações.

ITEM	SERVIÇOS	QUANTITATIVOS EM M ² (VERGAS EM M)	VALORES EM R\$	
			VALOR UNITÁRIO - SINAPI	VALOR TOTAL MODELAGEM
1	PAREDES E VEDAÇÕES	MODELAGEM REVIT		
1.1	EXECUÇÃO DE ALVENARIA EM BLOCOS CERÂMICOS - SINAPI 89453	622	74,02	46.040,44



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

39

1.3	VERGAS E CONTRA VERGAS - SINAPI 93186	70,8	34,29	2.427,73
VALOR NECESSÁRIO TOTAL - ITEM 1				48.468,17

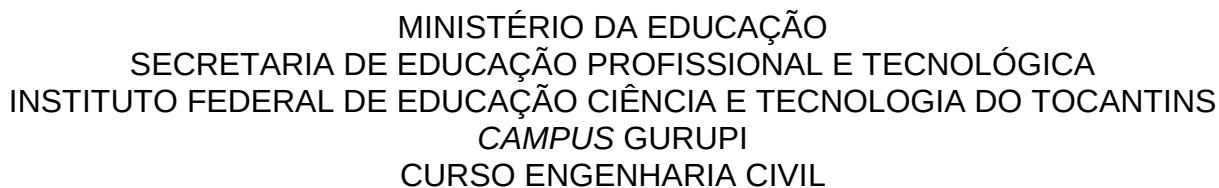
Fonte: O próprio autor, 2021.

Analisando os quantitativos (tabela 1) nota-se a facilidade e praticidade em se ter a quantidade real necessária de material para a execução da obra através da modelagem no Revit. Tal característica, além de impactar no orçamento final – visto que a quantidade levantada é precisa – pode impactar diretamente no cronograma de execução da obra otimizando o tempo.

Em se tratando do cronograma, realizou-se uma estimativa de horas necessárias para a execução dos trabalhos com base nos coeficientes de produtividade fornecidos pelas planilhas SINAPI da Caixa e considerando uma equipe de trabalho para cada uma das atividades. Para a estimativa de horas necessárias para a realização dos serviços listados no item 1 – Paredes e Vedações levou-se em consideração os quantitativos extraídos por meio da modelagem (tabela 2):

Tabela 2 – Horas de trabalho necessárias item 1.

Item	Serviço	Un.	Qtd. Modelada	Coeficiente de Produtividade - SINAPI		Horas necessárias por equipe
1	PAREDES E VEDAÇÕES					
1.1	EXECUÇÃO DE ALVENARIA EM BLOCOS CERÂMICOS - SINAPI 89453	m²	622	Pedreiro	Servente	304,78
				0.4900	0.3700	
1.2	VERGAS E CONTRA VERGAS - SINAPI 93186	m	70,8	Pedreiro	Servente	26,62
				0.3760	0.1880	



HORAS DE TRABALHO NECESSÁRIAS TOTAL - ITEM 1	331,4
---	--------------

Constatou-se que através do levantamento de quantitativos realizados pela modelagem em *software* BIM para o Item 1 que a extração automatizada de quantitativos através da modelagem em BIM se mostrou benéfica, podendo trazer além de maior transparência e precisão no planejamento, economia dos recursos e otimização do tempo de execução.

Para estudo dos serviços relacionados ao item 2 modelou-se os pisos e lajes conforme determinações do proprietário (figuras 8 e 9) identificando os ambientes e posteriormente os tipos de acabamentos para pisos e lajes conforme o projeto extraído pelo *software* Revit:

Fonte: O próprio autor, 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

41

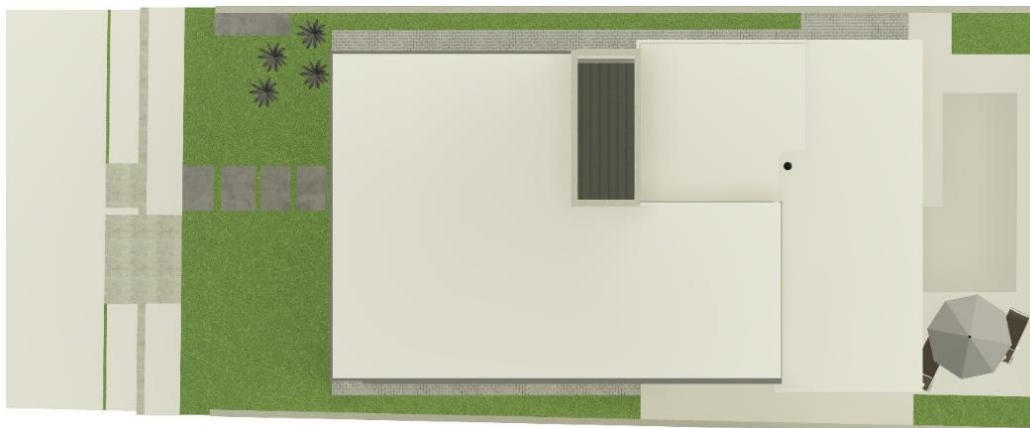
Figura 9 – Determinação dos ambientes com lajes.



Fonte: O próprio autor, 2021.

Para a modelagem dos elementos presentes nesse item, também foi possível extrair com precisão suas informações geométricas, assim como suas orientações e localizações em comum acordo com os pontos de origem do projeto. Para a modelagem desses elementos foi utilizada a ferramenta “Piso Arquitetônico” do Revit, utilizada para a modelagem pisos no pavimento térreo e a ferramenta “Piso Estrutural” para lajes no pavimento superior e cobertura da residência (figura 10).

Figura 10 – Vista laje de cobertura.



Fonte: O próprio autor, 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

42

Finalizada a modelagem desses elementos relacionadas ao Item 2, extraiu-se os seus quantitativos e valores de forma automatizada (tabela 3) juntamente com os valores unitários extraídos das planilhas SINAPI da Caixa:

Tabela 3 – Quantitativos e valores do item 2 – Revestimentos de pisos e lajes.

ITEM	SERVIÇOS	QUANTITATIVOS EM M²	VALORES EM R\$	
2	REVESTIMENTOS DE PISOS E LAJES	MODELAGEM REVIT	VALOR UNITÁRIO O - SINAPI	VALOR TOTAL MODELAGEM
2.1	PISO EM GRANITO APLICADA EM CALÇADAS OU PISOS EXTERNOS - SINAPI 101092 – BORDA PISCINA	4	355,8	1.423,2
2.2	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO COM BLOCO RETANGULAR 10X20CM COM ESPESSURA DE 10CM - SINAPI 92401	76	109,21	8.299,96
2.3	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5 M² E 10M² - SINAPI 87250 - WC	27	51,33	1.385,91
2.4	CONTRAPISO EM ARGAMASSA PRONTA PREPARO MANUAL, ESPESSURA 6CM, APLICADO EM AREAS SECAS SINAPI - 87704	236	127,22	30.023,92
2.5	LAJE PRÉ-MOLDADA	236	67,8	16.000,8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

43

	P/ FORRO, SOBRECARGA 100KG/M², VÃOS ATÉ 3,50M / E=8CM, - SINAPI 74202/001			
2.6	IMPERMEABILIZAÇÃ O DE PISO E=2CM - SINAPI 98560 - WC	27	38,22	1.031,94
2.7	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO TIPO PORCELANATO DIMENSÕES 60X60 APLICADA EM AMBIENTES ENTRE 5M² E 10M² - SINAPI 87259	236	127,41	30.068,76
VALOR NECESSÁRIO TOTAL - ITEM 2				88.234,49

Fonte: O próprio autor, 2021.

Durante a modelagem de tais parâmetros não se pôde identificar nenhuma inconsistência em relação aos projetos. Os ambientes onde são previstas as instalações de piso intertravado e onde há a previsão apenas de granito na borda da piscina estão definidos de forma clara no projeto arquitetônico.

Analisando os dados da Tabela 3, percebe-se que a modelagem em *software* BIM poderia proporcionar uma economia relativa a todos os serviços do Item 2 – Revestimentos de Pisos e Lajes visto que tal processo busca evidenciar a metragem real e materiais necessários para a orçamentação dessa residência e que as divergências nos quantitativos impactam significativamente os serviços quando analisados individualmente e feitos fora do contexto BIM.

Em relação ao cronograma, assim como no Item 1, realizou-se uma estimativa de horas necessárias para a execução dessas atividades baseado nos coeficientes de produtividade fornecidos pelas planilhas SINAPI da Caixa, considerando-se uma equipe de trabalho para



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

44

cada uma das atividades (tabela 4) listados no item 2 – Revestimentos de Pisos e Lajes, levando-se em consideração quantitativos extraídos através da modelagem em *software* BIM:

Tabela 4 – Horas de trabalho necessárias item 02.

Item	Serviço	Un.	Qtd. Modelada	Coeficiente de Produtividade - SINAPI		Horas necessárias por equipe
2	REVESTIMENTOS DE PISOS E LAJES					
2.1	PISO EM GRANITO APLICADA EM CALÇADAS OU PISOS EXTERNOS - SINAPI 101092 – BORDA PISCINA	m²	4	Graniteiro	Servente	5,6
				1,475	0,738	
2.2	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO COM BLOCO RETANGULAR 10X20CM COM ESPESSURA DE 10CM - SINAPI 92401	m²	76	Calceteiro	Servente	27,64
				0,3638	0,3638	
2.3	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRRE 5 M² E 10M2 - SINAPI 87250 - WC	m²	27	Ladrilheiro	Servente	13,23
				0,49	0,21	
2.4	CONTRAPISO EM ARGAMASSA PRONTA PREPARO MANUAL, ESPESSURA 6CM, APLICADO EM AREAS SECAS SINAPI - 87704	m²	236	Pedreiro	Servente	6,87
				0,299	0,149	
2.5	LAJE PRÉ-MOLDADA P/ FORRO, SOBRECARGA 100KG/M², VÃOS ATÉ 3,50M / E=8CM, - SINAPI 74202/001	m²	236	Pedreiro	Servente	37,76
				0,16	0.360	
2.6	IMPERMEABILIZAÇÃO	m²	27	Pedreiro	Servente	26,32



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

45

	DE PISO E=2CM - SINAPI 98560 - WC			0,975	0.197	
2.7	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO TIPO PORCELANATO DIMENSÕES 60X60 APLICADA EM AMBIENTES ENTRE 5M² E 10M² - SINAPI 87259	m²	236	Azulejista	Servente	143,96
				0,61	0.250	
HORAS DE TRABALHO NECESSÁRIAS TOTAL - ITEM 2						261,38

Fonte: O próprio autor, 2021.

Conclui-se para o Item 2 que a extração automatizada de quantitativos através da modelagem em BIM poderia trazer além de economia, a redução de chances de termos de aditivos de prazo, uma vez que as quantidades que poderiam ser fornecidas pelo proprietário, extraídos de forma manual, dão margens para que a empresa contratada entre com esse processo.

4.3.3 Revestimento de paredes

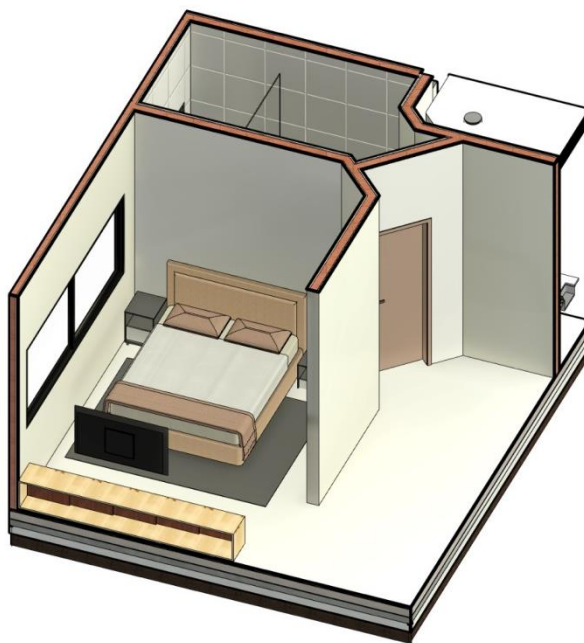
Para o estudo dos serviços correspondentes ao item 3, modelou-se os revestimentos para as paredes internas e externas utilizando a ferramenta “Paredes” do Revit. Os elementos podem ser classificados com nível de desenvolvimento eficiente, uma vez que as suas informações geométricas podem ser extraídas com precisão diretamente do modelo, sem a necessidade de linhas de chamada ou de cotas (figuras 11 e 12):



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

46

Figura 11 – Modelagem revestimentos paredes internas.



Fonte: O próprio autor, 2021.

Figura 12 – Modelagem revestimentos paredes externas.



Fonte: O próprio autor, 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

47

Para as paredes internas (figura 11) em blocos cerâmicos, foram consideradas aplicação de massa PVA, os revestimentos argamassados e pintura. Já nas paredes de banheiros, considerou-se apenas o revestimento argamassado, sem aplicação de pintura e massa PVA, pois nestas serão aplicadas revestimentos cerâmicos.

Nas paredes externas (figura 12) foi considerado a aplicação de revestimentos argamassados, fundo selador e pintura com textura acrílica.

Após a modelagem foi possível extrair de forma automatizada os quantitativos de cada um dos serviços do Item 3 e anexado os valores individuais de acordo com as tabelas do SINAPI (tabela 5):

Tabela 5 – Quantitativos e valores do item 3 –Revestimentos de paredes.

ITEM	SERVIÇOS	QUANTITATIVOS EM M ²	VALORES EM R\$	
3	REVESTIMENTOS DE PAREDES	MODELAGEM REVIT	VALOR UNITÁRIO - SINAPI	VALOR TOTAL MODELAGEM
3.1	PROJETOR PNEUMÁTICO DE AGAMASSA PARA CHAPISCO E REBOCO SINAPI 90669	656	3,65	2.062,25
3.2	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES UMA DEMÃO - SINAPI 88485	656	1,9	1.246,4
3.3	APLICAÇÃO MANUAL DE MASSA ACRÍLICA - SINAPI 96130 – PAREDES INTERNAS	522	16,49	8.607,78



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

48

3.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES UMA DEMÃO - SINAPI 88495	522	9,13	4.765,86
3.5	APLICAÇÃO MANUAL TINTA ACRÍLICA EM PAREDES EXTERNAS UMA DEMÃO - SINAPI 96130	134	16,49	2.209,66
3.6	APLICAÇÃO MANUAL TINTA ACRÍLICA PAREDES INTERNAS - SINAPI 88489	522	12,56	6.556,32
3.7	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDE TIPO PORCELANATO DIMENSÕES 60X60 APLICADA EM AMBIENTES ENTRE 5M ² E 10M ² - SINAPI 87259	97	127,41	12.358,77
VALOR NECESSÁRIO TOTAL - ITEM 3				37.806,76

Fonte: O próprio autor, 2021.

Durante a modelagem desses elementos não foram encontradas inconsistências nos projetos. Alterações nos quantitativos dessa grandeza tem impacto significativo tanto no orçamento quanto no cronograma de execução. Em relação ao cronograma, assim como nos itens anteriores, realizou-se uma estimativa de horas necessárias para a realização dos trabalhos com base nos coeficientes de produtividade fornecidos pelas planilhas SINAPI da Caixa e considerando uma equipe de trabalho para cada uma das atividades.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

49

A estimativa de horas necessárias para a realização dos serviços listados no Item 3, levando-se em consideração os quantitativos obtidos através da modelagem (tabela 6):

Tabela 6 – Horas de trabalho necessárias item 03.

Item	Serviço	Un.	Qtd. Extraída	Coeficiente de Produtividade - SINAPI		Horas necessárias por equipe
3	REVESTIMENTOS DE PAREDES					
3.1	PROJETOR PNEUMÁTICO DE AGAMASSA PARA CHAPISCO E REBOCO SINAPI 90669	m²	656	Pedreiro	Servente	45,92
				0,07	0,007	
3.2	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES UMA DEMÃO - SINAPI 88485	m²	656	Pedreiro	Servente	25,58
				0,039	0,014	
3.3	APLICAÇÃO MANUAL DE MASSA ACRÍLICA - SINAPI 96130 – PAREDES INTERNAS	m²	522	Pedreiro	Servente	223,93
				0,429	0,107	
3.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES UMA DEMÃO - SINAPI 88495	m²	522	Pedreiro	Servente	122,14
				0,234	0,086	
3.5	APLICAÇÃO MANUAL TINTA ACRÍLICA EM PAREDES EXTERNAS	m²	134	Pedreiro	Servente	57,48
				0,429	0,107	



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

50

	UMA DEMÃO - SINAPI 96130					
3.6	APLICAÇÃO MANUAL TINTA ACRÍLICA PAREDES INTERNAS - SINAPI 88489	m²	522	Pedreiro	Servente	97,61
				0,187	0,069	
3.7	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDESTIPO PORCELANATO DIMENSÕES 60X60 APLICADA EM AMBIENTES ENTRE 5M² E 10M² - SINAPI 87259	m²	97	Pedreiro	Servente	59,17
				0,61	0,25	
HORAS DE TRABALHO NECESSÁRIAS TOTAL - ITEM 3						631,83

Fonte: O próprio autor, 2021.

Pode-se concluir que para o item 3 os resultados obtidos constam que apresentar um levantamento errôneo de quantitativos acarretará danos para a edificação. Os percentuais elevados de possíveis diferenças têm impacto igualmente significativo tanto no orçamento quanto no cronograma de execução desses serviços. Diante desse pressuposto, pode-se considerar o uso do *software* BIM para a extração de quantitativos como uma ferramenta com potencial tanto para otimizar essa etapa do planejamento, trazendo mais transparência e precisão, quanto para a redução de margens para solicitações de termos de aditivos.

4.2 Análises

Ao se analisar o contexto atual da elaboração de projetos e levantamento de quantitativos pode-se perceber que não é incomum a ocorrência de erros no levantamento de



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

51

quantitativos em projetos de obras. A presença de tais erros pode ocasionar vários problemas, como por exemplo, atraso na execução da obra e o aumento do seu custo total previsto inicialmente, gerando gastos adicionais de execução e consequentemente convergindo para uma avaliação negativa sobre o planejamento em obras.

No presente estudo, com a utilização do *software* Revit para realizar a extração precisa dos quantitativos dos elementos modelados, percebeu-se que todos os itens estudados estão propícios a divergências, evidenciando como o processo de determinação de quantitativos feito de forma manual está sujeito a falhas.

A extração de forma manual dos quantitativos de revestimentos é uma atividade complexa e que exige a análise de diversas características de um projeto, sendo comum a percepção de erros nesse processo. Diante de tal cenário, a extração automatizada de quantitativos pelo uso de *softwares* BIM se mostra uma ferramenta fundamental com potencial para minimizar drasticamente esse tipo de erro, trazendo ao final desse processo mais transparência e maior precisão.

Em relação ao orçamento pode-se concluir que a utilização de *software* BIM para a extração de quantitativos se mostra eficiente se comparada a determinação de forma manual. Além de otimizar o processo como um todo, essa prática traz mais transparência e principalmente uma maior precisão nessa etapa de planejamento.

Em relação ao cronograma, as horas necessárias de trabalho são apenas índices simplificados para representar o tempo de execução das atividades e foram obtidos através de análises de quantitativos e dos coeficientes de produtividade fornecidos pelas tabelas SINAPI da Caixa Econômica Federal. Essas tabelas são usadas como referências para obras públicas no Brasil e como comparativo para o presente estudo.

Para se ter uma análise mais completa relacionado aos impactos que a alteração de quantitativos proporcionaria ao cronograma de obras, seria necessário abordar diversos aspectos que tornariam esse trabalho demasiado extenso, como tarefas precedentes, caminho



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

52

crítico, delimitação de equipes, coeficientes de produtividade, entre outros. Apesar dessa simplificação, percebe-se que esses resultados validam como o erro na determinação dos quantitativos durante a execução da planilha orçamentária influencia abruptamente nos índices de prazo e valores.

Dessa forma, pode-se concluir que a utilização de *software* BIM para a obtenção automatizada de quantitativos é um instrumento imprescindível podendo trazer grandes avanços no planejamento de obras, enriquecendo esse processo e contribuindo para a melhoria contínua do setor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo pode-se constatar comum a presença de muitos erros de levantamento de quantitativos durante a etapa de planejamento de obras e que tais erros podem influenciar de forma intrínseca no atual cenário de altos índices de termos de aditivos nos contratos dessas obras. Com isso, é importante salientar que, mesmo que haja um bom nível de detalhamento nos projetos fornecidos, se houver erros no levantamento de quantitativos, todo o planejamento realizado pela equipe gestora será comprometido devido as mudanças no cronograma e no orçamento final da obra.

No caso de obras públicas, outro fator que vale destacar é a falta de transparência sobre a determinação desses quantitativos, podendo favorecer a execução de obras superfaturadas ou com sobrepreço. Mediante um cenário em que apresentar memórias de cálculo nos editais de licitação é um ato incomum, a adoção de projetos modelados em plataformas BIM pode além de contribuir para a minoração da corrupção em obras públicas, coibir a prática de profissionais em adicionar itens para o encobrimento de erros.

Os resultados desse estudo mostraram que o levantamento incorreto de quantitativos tem impacto não somente no orçamento, mas principalmente no cronograma de execução da obra. Diante disso, pode-se concluir que a utilização de *softwares* com tecnologia BIM para a



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

53

extração de quantitativos pode ser uma prática com potencial para trazer diversos benefícios para o planejamento de obras de todos os setores (público e privado), tornando esse processo mais preciso, transparente, confiável e minorando as limites para solicitação de termos de aditivos por parte das empresas contratadas para a execução dos serviços.

5.1 Principais desafios

Assim como as vantagens da utilização do BIM para extrair suas potencialidades diante do cenário da construção civil, vale também destacar os principais desafios para a execução dessa atividade (tabela 7):

Tabela 7 – Benefícios e Desafios.

BENEFÍCIOS	DESAFIOS
Exatidão na extração de quantitativos	Modelagem e parametrização de elementos
Clareza na concepção de planilhas orçamentárias / Redução de corrupção	Mudança de paradigmas
Identificação e Correção de Incompatibilidades de Projetos	Custos de implementação (Aquisição de softwares e capacitação de equipes)
Redução de erro humano	Definições de normas paramétricas
Minoração de limites para Aditivos Contratuais	Definição de padrões de desenvolvimento para todos os elementos de uma edificação

Fonte: O próprio autor, 2021.

Todos os benefícios relacionados à utilização do BIM (tabela 7) foram abordados nesse estudo. Dentre eles, pode-se destacar em relação a modelagem em si, a necessidade de detalhamento individual para as paredes. Neste trabalho modelaram-se três diferentes tipos de paredes, sendo elas: paredes externas, internas e paredes internas de banheiros, todas em



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

54

blocos cerâmicos. Essa demanda se deu devido os diferentes tipos de materiais e acabamentos em cada uma delas. Além do mais fez-se necessário considerar esquadrias e rodapés que influenciam diretamente nos quantitativos alcançados.

No que se refere à implementação do BIM em obras as dificuldades são mais abrangentes e contemplam desde a alteração de padrões necessária para adoção de uma nova tecnologia até a escolha detalhada dos níveis de desenvolvimento necessários em cada elemento do projeto que será modelado.

Em um primeiro momento os desafios mais pertinentes a serem encarados estão relacionados a capacitação técnica da equipe responsável pela elaboração do projeto e a aquisição de softwares BIM. Os últimos desafios estão ligados a operacionalidade desse novo cenários, bem como a caracterização dos níveis de detalhamento para cada elemento projetado, de critérios para recebimento de projetos e de troca de informações, entre outros.

Mesmo com a presença desses desafios, a utilização do BIM em obras já é uma realidade em muitos países desenvolvidos como Estados Unidos, Reino Unido e Noruega, trazendo muitos benefícios para o setor. O Brasil já iniciou o processo de implementação desse sistema que está engatinhando timidamente para a efetivação desse objetivo.

5.2 Limitações da pesquisa

Com o intuito de não tornar esse trabalho demasiado extenso fez-se necessário determinar limites, como por exemplo, a modelagem de apenas uma fração dos elementos presentes na edificação. Durante a análise desses componentes também limitou-se a construção do cronograma de execução, não sendo construído um cronograma específico neste trabalho, em virtude de se abordar assuntos ligados a definição de equipes, atividades precedentes e o caminho crítico. Tal atividade torna-se complexa e exige uma abordagem mais profunda que trate exclusivamente sobre esse tema.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

55

5.3 Sugestões para os próximos trabalhos

Considerando o tempo para desenvolvimento deste trabalho, não foi possível extrair os quantitativos referentes a todos os serviços presentes nesta edificação. Buscando uma análise mais ampla, sugerem-se as seguintes ações sobre aplicação de softwares BIM no planejamento de obras, visando a melhoria do conteúdo.

- Abordar os impactos no orçamento e no cronograma de execução da obra por conta das alterações nos quantitativos;
- Dimensionamento das equipes, sequência de atividades e caminho crítico detalhando os itens abordados neste trabalho;
- Executar a extração de quantitativos de todos os materiais para intensificar as potencialidades do BIM.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

56

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Desempenho de Edificações Habitacionais**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013.

BRANDSTETTER, M. C. G. O., *et al.* **Análise do impacto financeiro e causas de aditivos contratuais em um caso de obra privada**. 16º ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo.

BRITO, Arthur Nobre. **Avaliação da modelagem BIM 5D no orçamento de obras públicas**. Monografia de projeto final (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, p.52. 2017

CABINET OFFICE, **Government Construction Strategy 2016-2020**, 2016. Disponível em <<https://www.gov.uk/government/publications/government-construction-strategy-2016-2020>> Acesso em: 17 de jul. de 2020.

COLPO, Iliane, *et al.* **Atrasos na execução de obras públicas: estudo em uma instituição federal de ensino superior**. Revista Produção Online. Florianópolis v.18, n. 4, p. 1334, 2018.

CTE, Centro de Tecnologia de Edificações. **CTE – Inteligência 360º**. 2020. Disponível em: <<https://cte.com.br/blog/qualidade-e-desempenho/construcao-civil-como-a-qualidade-pode-ajudar-a-retomar-o-crescimento/>>. Acesso em: 15 out. 2021.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey:John Wiley & Sons, 2008.

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

FREITAS, Laís de Andrade; CARVALHO, Michele Tereza Marques. **Levantamento de aumento do custo e do prazo de obras públicas de 2008 a 2015**. In: 1º SIMPOSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. Fortaleza, 2017.

HERNANDEZ, C. Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi. In: Design Studio, 27 (2006) 309-324: ELSEVIER. 2006. Disponível em <www.elsevier.com/locate/destud>



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

57

JERNIGAN, F. Big BIM little bim: the practical approach to Building Information Modeling integrated practice done the right way! Salisbury, 2nd ed. 2008.

MARINHO, Lúcio Mota Jr. **Utilização da Tecnologia BIM Aliada aos Conceitos do PMBOK No Desenvolvimento de Projetos Para a Construção Civil**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, p.31. 2019.

MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: PINI, 2010.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, pp. 79-98 maio de 2019. ISSN: 2448-0959

NBS, **National BIM Report 2018. Newcastle upon Tyne: relatório**, 2018. Disponível em: <<https://www.thenbs.com/knowledge/the-national-bim-report-2018>> Acesso em: 17 jul. 2020.

ONUMA, K. G. Twenty First Century Architect: Transformed by Process not Software. In: ONUMA White Papers, 2007. Disponível em < http://onuma.com/services/onuma_V4c.pdf > Acesso em 24 de agosto de 2021.

RUSSEL, P.; ELGER D. The Meaning of BIM: Towards a Bionic Building. IN; eCAADe 26, 2008.

SANTOS, H. P.; STARLING, C. M. D.; ANDERY, P. R. P. **Um estudo sobre as causas de aumentos de custos e de prazos em obras de edificações públicas municipais**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.15, n.4, p. 225-242, out/dez

SENNA, A. C.; SAUD, D. N.; CASTRO, I. P. **BIM 5D em obras públicas – Estudo de caso comparativo entre métodos de extração de quantitativos em edificação residencial**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/194>> Acesso em: 15 jul. 2020.

SIEMANN, E.; MUTTI, C. N.; JUNGLES, A. E.; ELY, D. M. **Causas do atraso na entrega de edifícios residenciais**. Anais, IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción. Santiago/Chile, 2011. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/31289375-Causas-do-atraso-na-entrega-de-edificios-residenciais.html> > Acesso em: 15 jul. 2020.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO ENGENHARIA CIVIL

58

STRODIOTTO, Júlia. **Processo BIM em projetos de licitações de obras públicas em obras do CRAS-SC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Unidade Acadêmica de Pesquisa e Pós-Graduação, São Leopoldo, p. 35, 2018.

TOBIN, J. Proto-Building: To BIM is to Build. AECbytes, 28 mai. 2008. Disponível em: < <http://www.aecbytes.com/buildingthefuture/2008/ProtoBuilding.html> > Acesso em: 3 set. 2020.