

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES E ESTRUTURAS

GUSTAVO BRUZARCA TAVARES

VANTAGENS NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DO BIM:
estudo de caso na construção civil

São Luís
2018

GUSTAVO BRUZARCA TAVARES

VANTAGENS NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DO BIM:

estudo de caso na construção civil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

São Luís

2018

T231v

Tavares, Gustavo Bruzarca

Vantagens na compatibilização de projetos com o uso do BIM: estudo de caso na construção civil / Gustavo Bruzarca Tavares. – São Luís, 2018.

56 f. il.; color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.
Inclui bibliografia e anexos.

Orientador: Prof. Me. Airton Egydio Petinelli.

1. *Building Information Modeling*. 2. Gerenciamento de projetos. 3. Compatibilização de Projetos. I. Título. II. Patinelli, Airton Egydio.

CDU: 624(812.1)

GUSTAVO BRUZARCA TAVARES

VANTAGENS NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DO BIM: um
estudo de caso

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Airton Egydio Petinelli (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Esp João Aureliano de Lima Filho

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Jorge Creso Cutrim Demétrio

Universidade Estadual do Maranhão

A Deus, minha família, amigos e todo que me desejam sucesso.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Airton Petinelli pela orientação, disponibilidade e paciência que foram imprescindíveis para a realização do presente trabalho.

Ao Engenheiro Civil, Arthur Mereb, por disponibilizar seu tempo com visitas técnicas e informações para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família pelo apoio emocional e financeiro, sem os quais não teria as ferramentas e os recursos necessário para realizar uma faculdade e uma monografia conforme as minhas expectativas e, sobretudo ao meu pai e minha mãe, por ter projetado uma figura profissional em que pude me identificar e espelhar.

À minha namorada, Ingrid, por todo o auxílio e apoio durante a realização das diversas etapas.

Aos grandes e eternos amigos que sempre farão parte da minha vida tanto profissional quanto pessoal.

“Suba o primeiro degrau com fé. Não é necessário que você veja toda a escada. Apenas dê o primeiro passo”

Martin Luther King

RESUMO

Atualmente na construção civil, devido à grande demanda de obras, a necessidade de atingir aos curtos prazos, além da terceirização de projetos complementares por conta da segmentação dos profissionais, é comum e recorrente a prática de alto índices de retrabalhos nos canteiros. Podemos atribuir este fator à escassez de profissionais especializados em compatibilização de projetos, e aos descuidos executados nos canteiros de obra. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar a importância da compatibilização de projetos enfatizando a metodologia e os benefícios *Building Information Modeling* (BIM) sendo composto por um processo fomentado por um modelo virtual tridimensional paramétrico, possuindo ferramentas CAD “inteligentes”, interoperabilidade e colaboração entre todos os profissionais envolvidos. Com a finalidade de alcançar os resultados almejados, o trabalho é composto por uma revisão bibliográfica, fundamentando os conceitos do processo de projeto e as vantagens e benefícios obtidos da sua aplicação na análise de conflitos em um projeto de uma edificação do prédio de Engenharia da Computação localizado na Universidade Estadual do Maranhão que ainda se encontra em construção na cidade de São Luís/MA. Além disso, é realizado um estudo sobre a Modelagem de Informação da Construção com o objetivo de exemplificar e demonstrar as vantagens da metodologia BIM, não apenas na compatibilização de projetos, mas com um todo, uma vez que projetos que se utilizam desta metodologia tendem a ter maior eficiência no processos construtivos. Portanto, o estudo de caso realizado, assim como a revisão dos conceitos acerca do assunto, reafirma que a utilização desta ferramenta evita, ou ao menos minimizam, as incompatibilidades encontradas na construção civil.

Palavras-chave: Building Information Modeling. Gerenciamento de projetos. Compatibilização de projetos.

ABSTRACT

Currently in construction, due to the great demand for works, the need to reach the short deadlines, besides the outsourcing of complementary projects due to the segmentation of professionals, it is common and recurrent to practice high rates of rework in the beds. We can attribute this factor to the shortage of professionals specialized in project compatibilization, and to the oversights carried out at construction sites. In this way, the present work aims to present the importance of the compatibility of projects emphasizing the methodology and benefits of Building Information Modeling (BIM). It consists of a process fostered by a parametric three-dimensional virtual model, with intelligent CAD tools, interoperability and collaboration among all the professionals involved. In order to achieve the desired results, the work is composed of a bibliographical review, basing the concepts of the design process and the advantages and benefits obtained from its application in the analysis of conflicts in an engineering project for the Computer Engineering Building located at the State University of Maranhao, which still under construction in the city São Luis/MA. In addition, a study on Building Information Modeling with the objective of exemplify and demonstrate the advantages of BIM methodology, not only in project compatibilization but also in the whole characteristics of the project, since projects that use this methodology tend to have greater efficiency in constructive processes. Therefore, this case study, as well as the review of the concept about this subject reaffirms that the use of this tool avoids, or at least minimizes incompatibilities found in the civil construction.

Keywords: Building Information Modeling. Project Management. Project Compatibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Interoperabilidade: Fluxograma do BIM.....	22
Figura 2 – Processo Tradicional x Processo BIM na confecção de projetos	23
Figura 3 – Fluxograma BIM	25
Figura 4 – Gestão da Informação BIM.....	26
Figura 5 – Projeto de Estrada realizado pela plataforma BIM	29
Figura 6 – Simulação do BIM	31
Figura 7 – Localização da Obra.....	35
Figura 8 – Quadro Geral primeiro pavimento	36
Figura 9 - Viga Intermediária – Projeto Estrutural.....	36
Figura 10 - Projeto elétrico – Segundo Pavimento	37
Figura 11 – Vista 3D peitoril da escada no Segundo Pavimento.....	38
Figura 12 – Marquises existentes.....	39
Figura 13 – Saída de Emergência	40
Figura 14 – Saída de Emergência.....	40
Figura 15 – Vista superior dos canos de água pluvial	41
Figura 16 - Vista dos Shafts já construídos	42
Figura 17 – Vista Projeto Estrutural 3D Viga 5	42
Figura 18 – Alvenaria que será demolida	43
Figura 19 – Posicionamento porta metálica.....	44
Figura 20 – Posicionamento Viga 31	44
Figura 21 – Posição dos sumidouros pelo projeto sanitário	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Influência sobre os custos do empreendimento.....	14
Gráfico 2 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fazes	17
Gráfico 3 – Investimento na fase de projeto x práticas convencionais	17
Gráfico 4 – Ciclo de vida do projeto de um produto em Engenharia sequencial e Engenharia simultânea.....	20
Gráfico 5 – Impacto da adoção do BIM nos usuários.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das incompatibilidades.....	47
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CE	<i>Concurrent Engineering</i>
CII	<i>Construction Industry Institute</i>
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações Iniciais	14
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo Geral	16
1.2.2 Objetivos Específicos	16
1.3 Justificativa	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 O significado e a importância do Projeto	17
2.2 Compatibilização de Projetos	19
2.3 Engenharia Simultânea	20
2.4 O que é BIM	22
2.5 Benefícios da aplicação do BIM na Construção Civil	24
2.6 O BIM no Brasil	28
2.7 Características do BIM	30
2.7.1 Objeto Paramétrico	30
2.7.2 Interoperabilidade.....	31
2.7.3 Interação dos programas BIM	32
2.7.4 <i>Industry Foundation Classes</i> (IFC).....	32
3 METODOLOGIA	34
3.1 Avaliação das Incompatibilidades	34
3.2 Quantificação de Preços	35
4 ESTUDO DE CASO	36
4.1 Incompatibilidades encontradas	36
4.2 Discussão dos Resultados	48
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
ANEXO A - Cálculo quantitativo <i>Shafts</i>	54
ANEXO B – Cálculo quantitativo Marquises	55
ANEXO C – Cálculo Quantitativo Escavação	56

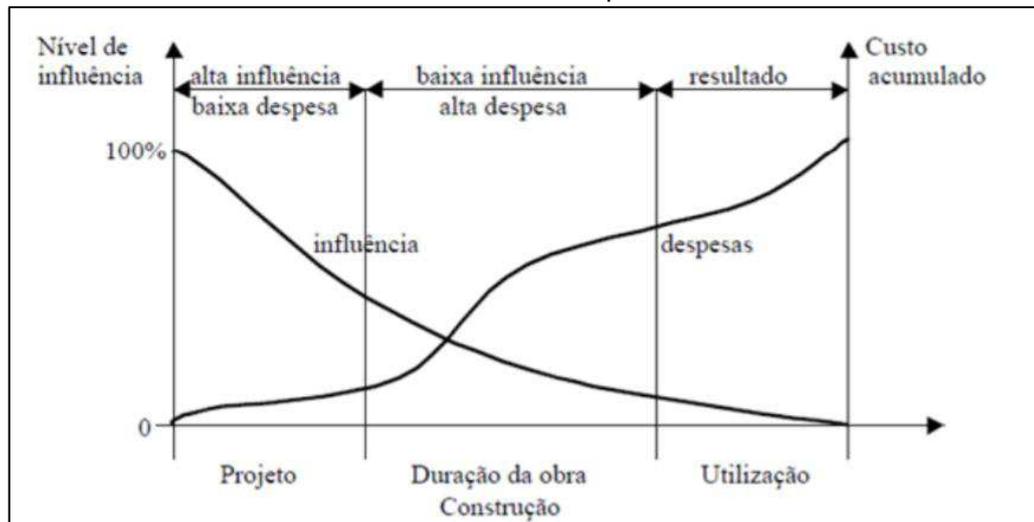
1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

A construção civil vem passando, nas últimas décadas, por processos importantes de transformação, devido às condições econômicas do país, a própria estrutura competitiva do setor, e a necessidade de tornar a produção industrial. Esta transformação vem acontecendo devido a quantidade de softwares, que utilizando metodologias modernas de elaboração de projetos conseguem acompanhar a demanda do mercado, assim como novas técnicas construtivas eficientes e ágeis, que vem buscando minimizar e reutilizar os resíduos e diminuir a quantidade de retrabalhos (ÁVILA, 2011).

Para Franco e Agopyan (1993), é durante a elaboração do projeto que são tomadas as decisões que trazem maior repercussão nos custos, velocidade e qualidade dos empreendimentos. Na carência de mudança do paradigma produtivo, a construção civil tem buscado novos métodos gerenciais para garantir um incremento real em produtividade, no qual se destaca a Modelagem da Informação da Construção (*Builiding Information Modeling*).

O Gráfico 1 demonstra a influência dos custos relativos ao empreendimento, nota-se a preponderância existente no que chamamos de fase de projeto sendo o mesmo responsável por ter uma importância sobre os custos iniciais e finais da edificação, devido ainda existir possibilidade de alternativas nesta etapa (TAVARES JUNIOR, 2001).

Gráfico 1 – Influência sobre os custos do empreendimento

Fonte: Tavares Júnior (2001)

Além disso, segundo Motteu e Cnudde (1989) quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos são entregues à obra repletos de erros e de lacunas, levando a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução, bem como ao prejuízo de determinadas características do produto que foram idealizadas antes de sua execução. Isso é comprovado pelo grande número de problemas patológicos dos edifícios atribuídos às falhas de projeto.

De acordo Sousa e Meiriño (2013) BIM é a abreviação de “*Building Information Modeling*”, ou seja, “Modelagem de Informações da Construção”. Segundo Florio (2007) os componentes BIM representam uma geração de ferramentas CAD inteligentes designadas ao objeto, que permitem o gerenciamento de todo o ciclo de vida do empreendimento, desde a concepção de projetos até a manutenção e reutilização.

O advento da tecnologia ocasiona significativas mudanças no setor da construção civil. Os processos de projeto e construção vão de uma representação bidimensional para uma representação tridimensional amplamente informatizada e inteligente. Toda via para que as alterações sejam implementadas com sucesso é imprescindível, além da maturidade organizacional, através da qualificação, técnicas e metodologias de trabalho, ferramentas adequadas, softwares apropriados, difusos à necessidade de cada empresa, e hardwares sofisticados que suportem o desenho da modelagem orientada ao objeto (FLORIO, 2007).

Desta forma, este trabalho pretende demonstrar os benefícios das compatibilização e projetos com o uso do BIM em uma obra de uma edificação, objeto

de estudo, na gestão do seu processo de desenvolvimento e na racionalização dos métodos construtivos afim de aprimorar sua construtibilidade.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Demonstrar a importância do processo de compatibilização de projetos na Engenharia Civil utilizando a ferramenta BIM.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Elencar as vantagens da compatibilização de projetos;
- b) Revisar conceitos baseados no uso da metodologia BIM;
- c) Realizar um estudo de caso avaliando e quantificando custos e atrasos gerados em uma obra de uma edificação localizada na cidade de São Luís-MA devido as incompatibilidades entre projetos.

1.3 Justificativa

No ramo da Construção Civil no Brasil, é evidente a falta de inovações tecnológicas tanto da área de planejamento quanto na fase de projetos comparada a situação mundial. Os softwares que utilizam BIM permitem que uma obra seja executada de forma mais rápida e eficiente. É devido a esses fatos que a engenharia civil perde qualidade e eficiência de produção.

Foi percebido por Engenheiros Cíveis e Arquitetos que a ferramenta BIM é capaz de acelerar e melhorar o dia a dia da compatibilização de projetos e aos poucos foram migrando suas atividades para a nova tecnologia (AYRES, 2013)

Segundo Ayres (2003, p. 12),

Hoje, utilizamos um processo linear de planejamento que nos permite verificar falhas só na execução da obra, gerando prejuízos. Com a tecnologia BIM, as empresas passam a experimentar um processo colaborativo e simultâneo que permite identificar os 'pontos cegos' do projeto, como colisões de tubulações, e minimizar erros e desperdícios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O significado e a importância do Projeto

De acordo com a norma brasileira NBR: 13.531:1995, a confecção de um projeto, que no caso trata-se de uma edificação, tem o intuito de prever a fabricação de um determinado objeto que será projetado, sendo respeitado todos os fundamentos e os conceitos técnicos existentes no âmbito da arquitetura e engenharia.

Na definição de Salgado e Duarte (2002), o projeto é uma ideia na qual para melhor aproveitamento e exatidão se deve agregar as tecnologias existentes nesse meio, de forma a sustentar. A definição de um projeto parte através de um plano, algo que é primeiramente criado com uma ideia inicial, depois é elaborado na fundamentação e demonstração de como será organizado e executado (VOORDT; WEGEN, 2013).

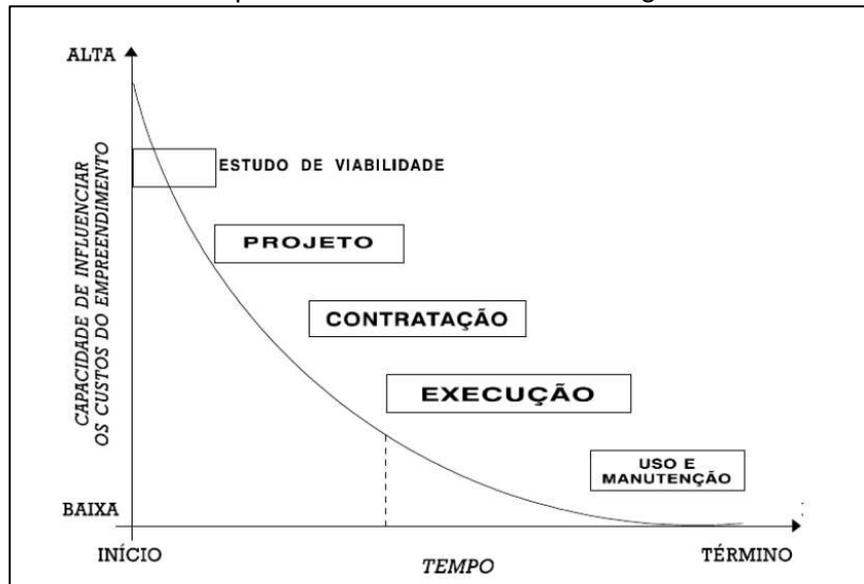
O projeto é caracterizado por um procedimento elaborado por vários ramos, como projetos estruturais, arquitetônicos de instalações prediais, combate a incêndio, entre outros (FÁBRÍCIO, 1998). Os processos seguem uma determinada hierarquia, onde os demais, normalmente devem se adequar ao projeto arquitetônico sendo dificilmente mudado por conta dos demais (MELHADO, 1997).

É de suma importância que o empreendedor da construção civil de atenção total a fase de projetos, pois o mesmo pode assumir a função de conciliar eficiência e qualidade ao produto se for incorporado ao processo construtivo adequadamente (MOURA 1998).

A definição de projeto como serviço em contraponto a produto muito pertinente, não importando apenas a entrega de um projeto como produto acabado e sim que ele auxilie durante todo o processo de produção da edificação e na fase de assistência técnica e embasamento de análises pós-ocupação (AMORIM, 1997).

É fundamental, para a obtenção da qualidade, que o empreendedor valorize a fase de projeto. Na defesa desse ponto de vista, pode-se citar as considerações feitas pelo grupo do *Construction Industry Institute* (CII) acerca da importância das fases iniciais do empreendimento: nestas primeiras fases, as decisões tomadas são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final, como representa o Gráfico 1.

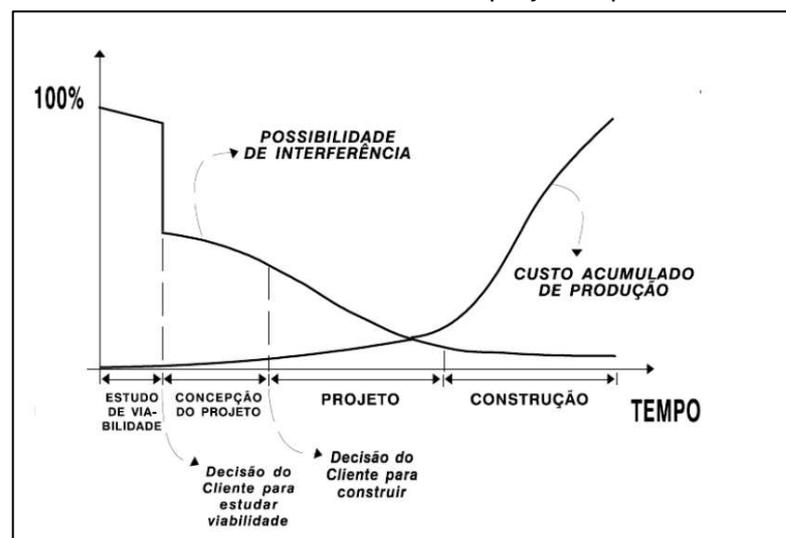
Gráfico 2 – Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases



Fonte: CII (1987)

Também, Hammarlund e Josephson (1992), defendem a ideia de que as decisões tomadas nas fases iniciais do empreendimento são importantes, atribuindo-lhes a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício é muito expressiva a importância atribuída pelos autores às fases iniciais do empreendimento, do estudo de viabilidade à conclusão do projeto, em que, apesar do baixo dispêndio de recursos.

Gráfico 3 – Investimento na fase de projeto x práticas convencionais



Fonte: Barros e Melhado (1993)

Na prática corrente, porém, muitas vezes o projeto de um edifício é entendido como um ônus que o empreendedor deve ter antes do início da obra, encarado portanto como uma despesa a ser minimizada o quanto for possível, já que não se tem inicialmente os recursos financeiros necessários e suficientes para executar o empreendimento, antes de aprovar o projeto junto aos órgãos competentes (BARROS; MELHADO, 1993).

Em relação às falhas dos projetos, problemas de compatibilização são comuns. É normal encontrarmos erros referentes a incompatibilidades entre os projetos de estruturas, instalações e arquitetura (PALHOTA, 2016).

2.2 Compatibilização de Projetos

Segundo Picchi (1993), a compatibilização de projetos é a atividade que cabe aos projetistas analisar os diversos projetos com o objetivo de reconhecer as interferências existentes.

A compatibilização de projetos é necessária para analisar os elementos dos sistemas ocupam espaços que conflitam e, dessa forma, assegurar que haja uma união entre os projetos existentes, assim assegurando o término do projeto de uma forma eficiente (GRAZIANO, 2003). A presença dos diversos projetistas envolvidos nas etapas de desenvolvimento, planejamento e execução de um empreendimento, resultará em uma maior assimilação e organização das etapas construtivas possibilitando aos projetistas diminuir as incertezas e os erros e aumentar a proximidade com a realidade (NOVAES, 1998).

De acordo com Rodriguez (2005), a compatibilização de projetos consiste em estudar, analisar, identificar e corrigir as interferências físicas existentes nos diferentes projetos que compõe uma edificação. Ainda, para Fabrício (2002), a compatibilização, ou sobreposição de projetos, diminui as interferências existentes. Fabrício (2002), a compatibilização minimiza as interferências entre projetos. Por consequência, a execução torna-se padronizada, planejada e racionalizada. Devido à complexidade e segmentação dos projetos, a compatibilização é uma atividade fundamental para suprir a falta de integração entre a equipe e as atividades

De acordo com Rodriguez (2005), a compatibilização de projetos pode ser definida como a análise, identificação e correção das interferências físicas entre as diferentes disciplinas de projetos de uma edificação. Desse modo, pode-se dizer que

a compatibilização é uma parte do trabalho de coordenação de projetos, pois apenas sobrepondo os projetos o compatibilizador irá identificar as falhas e conflitos entre os diferentes tipos de projetos.

Contudo, segundo Costa (2013), com o resultado da segmentação dos profissionais em áreas específicas e a terceirização de serviços os projetos começaram a apresentar incompatibilidades que só eram encontradas nas etapas de execução. Dessa forma, o custo final do empreendimento alavancava devido a retrabalho e atrasos no cronograma.

Para Fabrício (2002), a compatibilização minimiza as interferências entre projetos. Por consequência, a execução torna-se padronizada, planejada e racionalizada. Devido à complexidade e segmentação dos projetos, a compatibilização é uma atividade fundamental para suprir a falta de integração entre a equipe e as atividades

O sucesso do empreendimento fica ainda mais comprometido quando não há a compatibilização dos projetos, podendo ser evidenciados problemas de falta de qualidade, maior índice de retrabalhos, alongamento dos prazos de execução da obra e acréscimo do custo de construção (TAVARES JUNIOR *et al*, 2003).

Dessa maneira, a compatibilização é um modo de agrupar e integrar todas as disciplinas que abrangem um projeto, garantindo assim um produto final com maior qualidade. Este método é realizado após o término de cada parte que compõe o projeto, sendo possível investigar interferências e conflitos através da sobreposição de diferentes projetos (MELHADO, 2015).

2.3 Engenharia Simultânea

A Engenharia simultânea ou ES tem como principal fundamento oferecer para as fases iniciais do desenvolvimento do projeto a possibilidade da integração de todos os participantes do processo, levando em consideração as necessidades dos clientes externos (compradores e usuários) e internos (envolvidos no processo de produção) (ULRICH; SACOMANO, 1998).

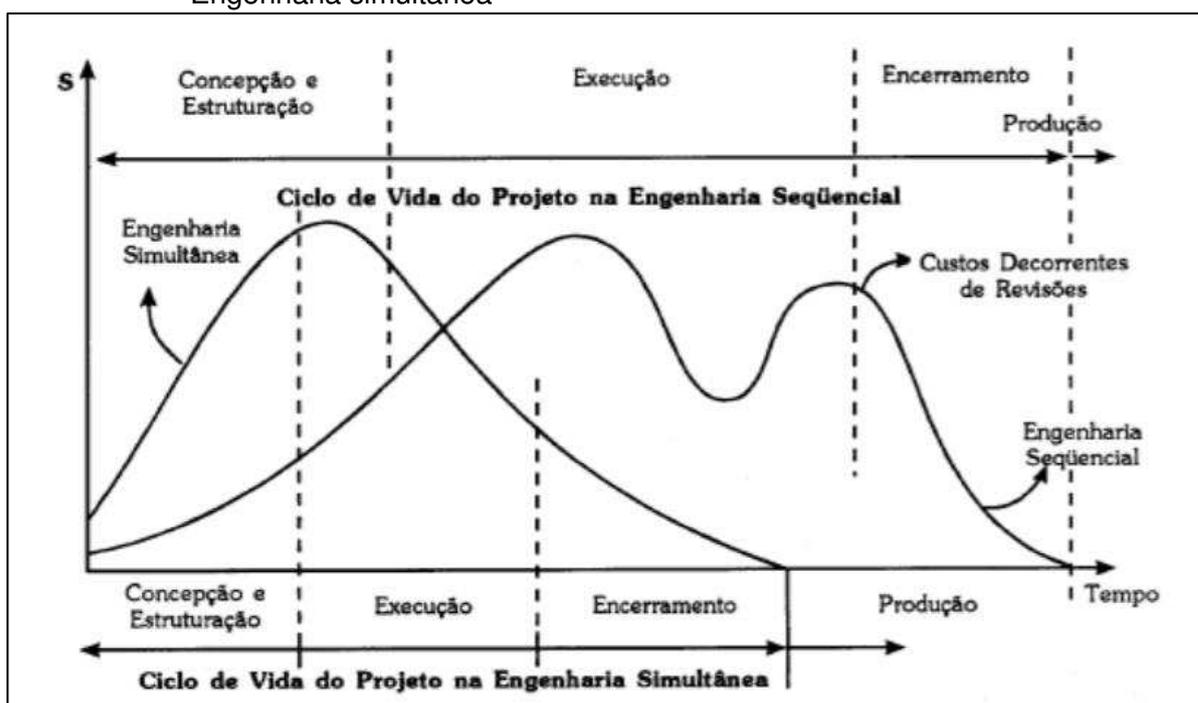
A expressão Engenharia Simultânea *Concurrent Engineering* (CE) surgiu na década de 90 englobando conceitos que tem como principal objetivo a diminuição do tempo de produção de um bem. O foco principal da ES é sugerir mudanças gerenciais que permitam a simultaneidade no trabalho dos profissionais envolvidos

em um determinado projeto, com o objetivo de diminuir o tempo de produção e utilizar dos recursos da Engenharia Simultânea. Além disso, na construção civil as ideias foram implementadas com o objetivo de melhorar o gerenciamento dos empreendimentos da construção que foi nomeado de Modelo de Informação da Construção (FERREIRA, 2011).

O conceito da Engenharia Simultânea abrange e caminha paralelamente com o conceito de construtibilidade, já que no processo de evolução dos projetos se concentra nos processos relativos à produção. Desta forma, é comum ser necessário o uso de um modelo computacional central.

O Gráfico 4 abaixo, mostra um comparativo do tempo do ciclo de vida do projeto de um produto entre a Engenharia Simultânea e a Engenharia Sequencial.

Gráfico 4 – Ciclo de vida do projeto de um produto em Engenharia sequencial e Engenharia simultânea



Fonte: Krugliankas (1993)

Para alavancar a essência da ES, conta-se hoje em dia, com a disponibilidade de tecnologias de informação, com destaque para a internet, que facilitam as atividades de colaboração e coordenação de projetos. Para isso são usados os ambientes chamados “extranets” que são sistemas de gerenciamento de projetos baseados na *web* (SANTOS; NASCIMENTO, 2002 *apud* MIKALDO; SCHEER, 2008), que tem por finalidade, melhorar a comunicação entre os demais

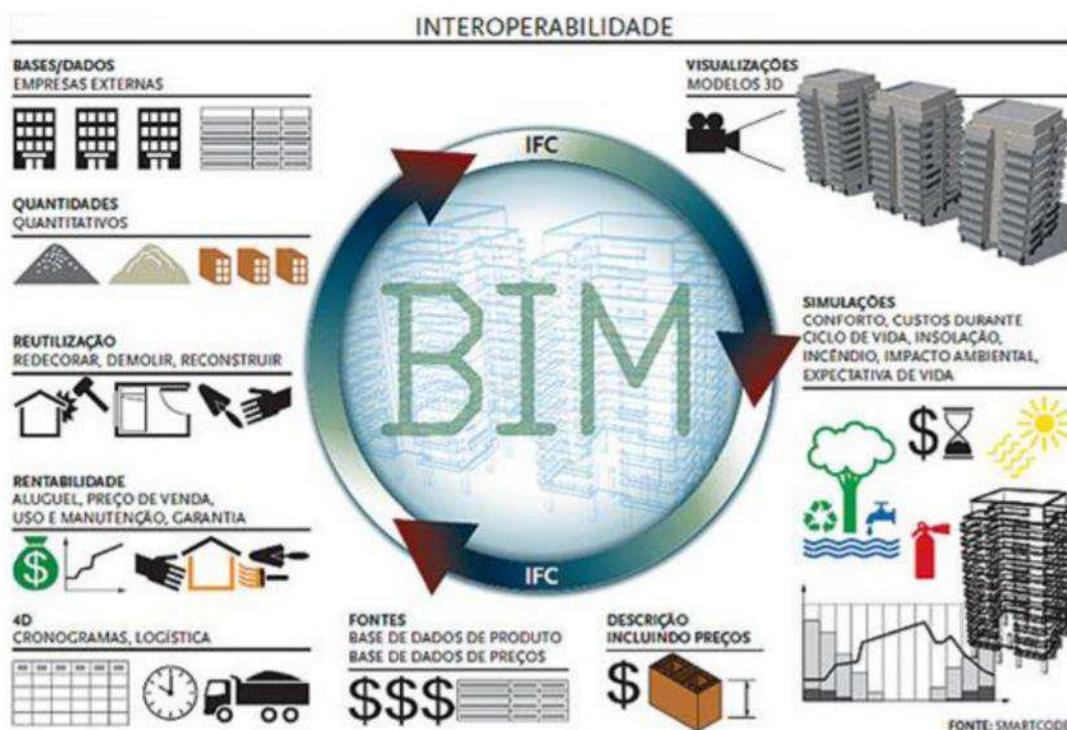
projetistas envolvidos no projeto. Então, simplificando, os benefícios estão relacionados à economia de tempo, recursos e custos, consequência da minimização de equívocos e retrabalhos no processo de projeto devido a uma integração entre projeto e projetista.

2.4 O que é BIM

Devido ao surgimento de novas tecnologias ocorreram melhoras no mercado de softwares como possibilidades de integração de projetos, informações, funções, layouts. Uma das tecnologias foi nomeada como “*Building Information Modeling – BIM*”. Amplamente conhecido como Modelagem da Informação da Construção ou Modelo Paramétrico da Construção Virtual, o BIM possibilita a visualização do espaço projetado, é uma espécie de maquete virtual que contém um banco de dados que unifica informações para 29 diversas finalidades, como racionalização de processos, aumento de produtividade, facilidade na compatibilização de projetos e a capacidade de visualização da construção final (CRESPO; RUSCHEL, 2007).

A Figura 1, representa o funcionamento da plataforma BIM. A interoperabilidade é vista como um atributo do BIM que integra todas as particularidades, possibilitando além da construção arquitetônica, planejar, compatibilizar, quantificar e coordenar o empreendimento. Também, segundo Rosso (2011) a plataforma possibilita testar alternativas de projetos, ensaiar o comportamento estrutural do modelo sob ação de cargas e verificar interferências.

Figura 1 – Interoperabilidade: Fluxograma do BIM



Fonte: Rosso (2011)

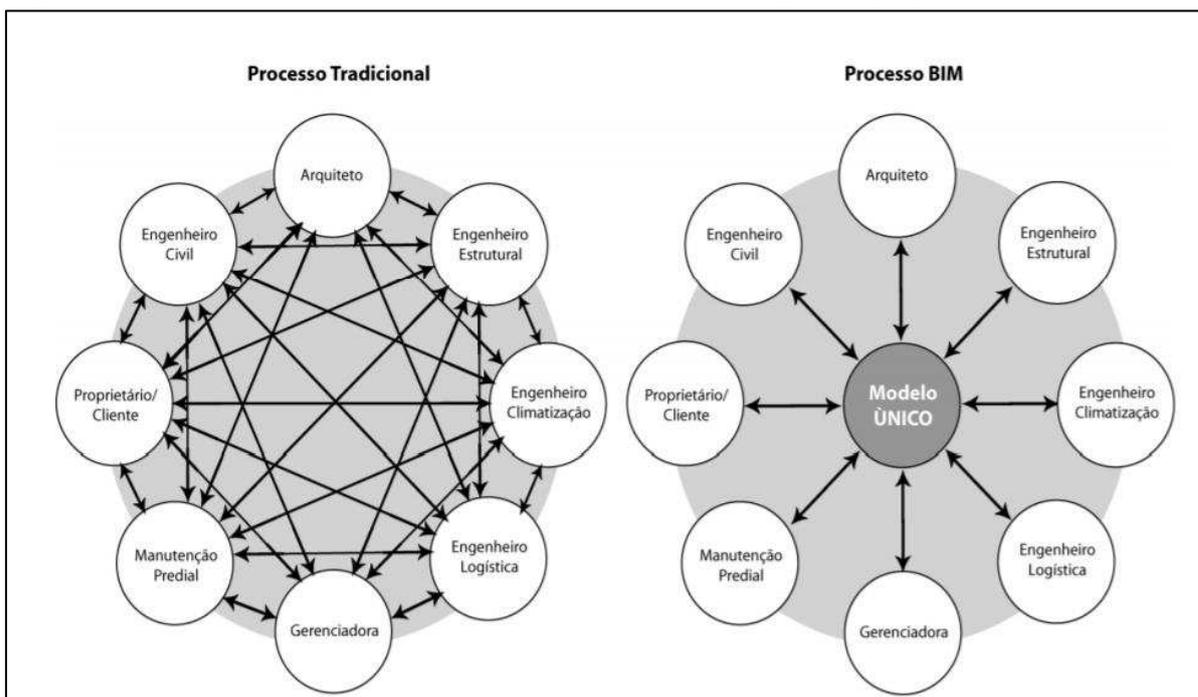
Segundo Souza (2010), o software que utiliza o BIM detém de objetos com características que possibilitam a criação de elementos construtivos, como pilares, coberturas, elementos que compõe instalações hidráulica e elétrica, esquadrias, entre outros. Cada um desses elementos construtivos carrega atributos, características e qualidades específicas. Por não trabalhar com elementos desconectados, mas sim com um modelo real, é possível beneficiar-se criando animações e cenas de realidade virtual, etapas construtivas, controle de custos e checar incompatibilidades existentes.

A evolução da modelagem BIM inovou os campos de engenharia e arquitetura possibilitando uma imagem mais clara e objetiva de projetos e desenhos. Iniciando com um modelo 3D, onde acontece a consolidação dos elementos do projeto em uma maquete virtual em três dimensões, é possível identificar incoerências entre os projetos, o que propicia a manutenção e as alterações por parte do projetista. Depois da implementação do modelo 4D, tornou-se possível ao gestor de projetos acompanhar os avanços físicos da construção, sendo possível o gestor acompanhar o avanço da construção.

Uma grande vantagem de um projeto feito no modelo tradicional para o feito em BIM é que o projetado em BIM é normalmente fundamentado em um único arquivo

que simula a construção real. A maquete virtual contém todas as informações essenciais, de onde pode se extrair, quantitativos, cortes, vistas e documentos sobre o projeto. Também podemos frisar, que o projeto BIM pode ser acessado de forma paralela pelos envolvidos no projeto, ao passo que no modelo habitual isto ocorre de forma lenta e burocrática (GOMES; SANTOS, 2011).

Figura 2 – Processo Tradicional x Processo BIM na confecção de projetos



Fonte: Gomes e Santos (2011)

2.5 Benefícios da aplicação do BIM na Construção Civil

Em uma pesquisa realizada pela Autodesk, as mudanças trazidas pela nova forma de projetar, de acordo com os usuários, foram benéficas relacionadas com o aumento do desempenho dos serviços e da qualidade dos projetos oferecidos aos clientes. Além disso, mais da metade desses usuários notaram um ganho de produtividade de mais de 50% e outro 17% dos usuários pesquisados apontaram um ganho de mais de 100%.

O principal relevância e benefício do modelo BIM é a possibilidade de existir apenas um único modelo digital integrado e consistente, que tem a capacidade de sustentar todas as particularidades no ciclo de vida do projeto na construção (CRESPO; RUSCHEL, 2007). Ainda, segundo Jacoski e Lamberts (2002), com a

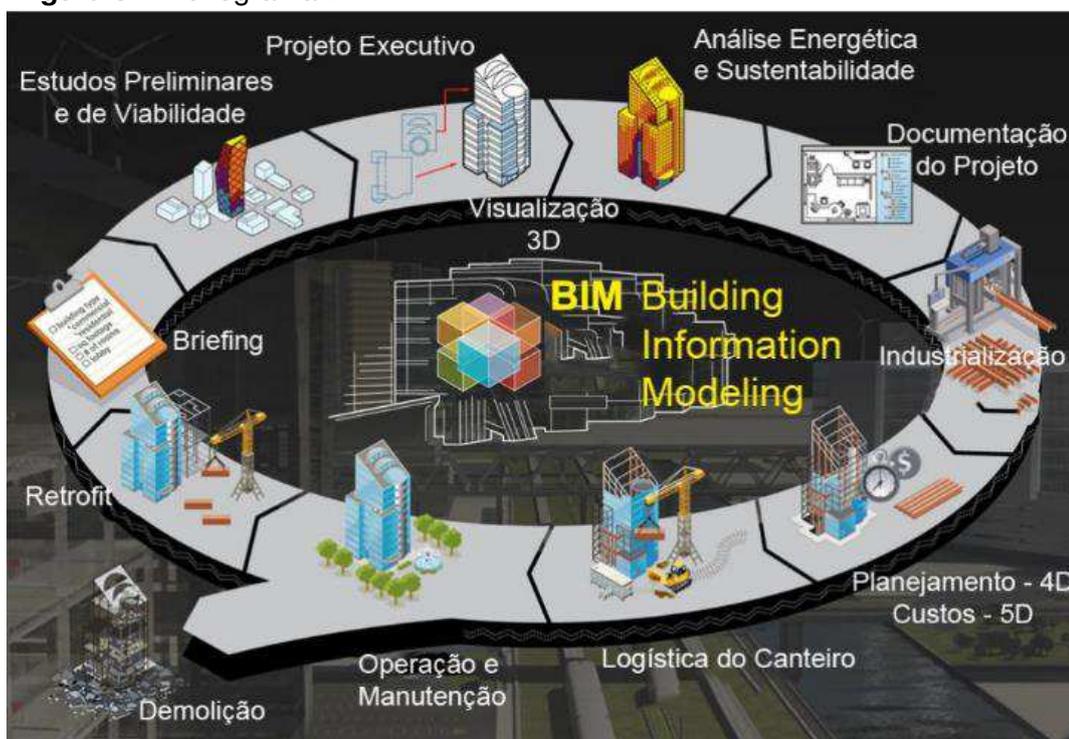
implementação do BIM, há a melhora e o aumento da intercomunicação e a diminuição de desentendimento entre informações, devido aos documentos serem acessíveis a todos os integrantes do processo. Essas particularidades ajudam para o controle da redução do tempo e das despesas para que seja possível mais eficiência na qualidade, agilidade e comunicação do trabalho.

Birx (2006), expõe alguns benefícios do BIM:

- a) Facilidade na administração dos projetos (através da compatibilização, é possível identificar as interferências);
- b) Maior nível de detalhamento e conseqüentemente aumento da qualidade do produto final;
- c) Aumento da gestão de projetos, em que o BIM se torna um arquivo de referências;
- d) Expansão da empresa no mercado de atuação;
- e) Educação aos jovens projetistas, a desenvolverem soluções construtivas do projeto;
- f) Maior facilidade na tomada de decisões.

Na fase pós-construção (operação), o modelo se torna uma poderosa ferramenta de manutenção e reformas, pois ele funciona como um registro de todos os elementos contidos na construção e suas informações associadas. Outras aplicações ligadas às análises de desempenho também são possíveis nesse estágio, desde que o modelo contenha informações suficientes para isso. Como já foi dito, são diversas as aplicações e benefícios do BIM para a construção civil que vão além da compatibilização de projetos, sendo impossível aprofundar todas. Esse tópico lista algumas aplicações que estão entre as mais importantes para a AEC.

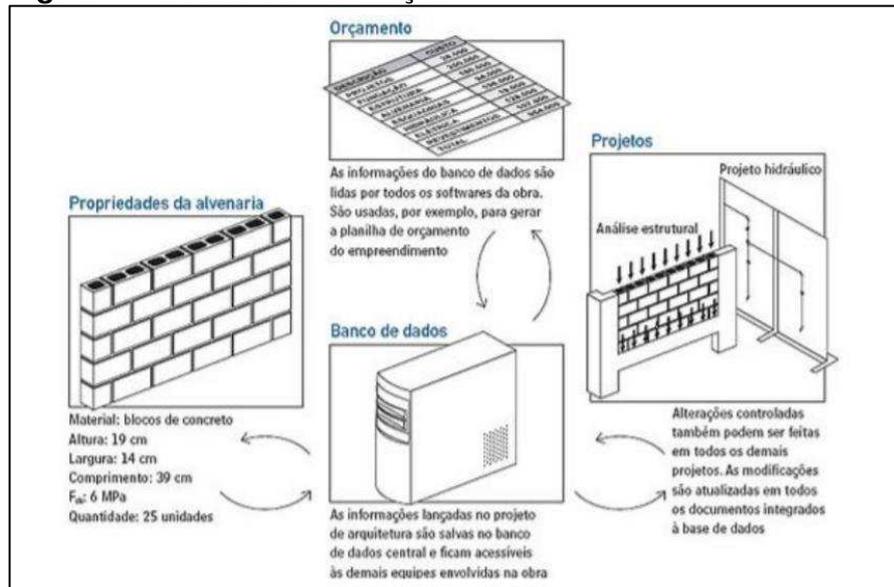
Figura 3 – Fluxograma BIM



Fonte: Autodesk Revit (2011)

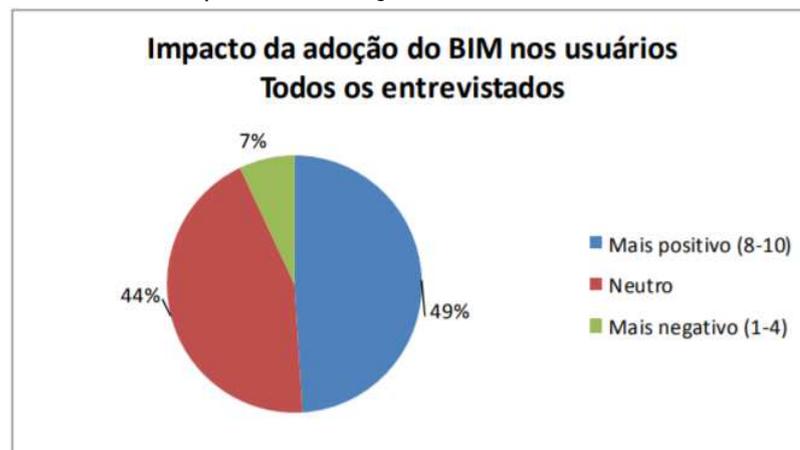
Já, os objetos ditos “inteligentes” por Antunes (2013), são explicados por Farias (2007), o qual traz a ideia de que ao desenhar a parede, o projetista deve atribuir-lhe propriedades - tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, fabricantes etc. -, que são salvas no banco de dados. A partir dele, é gerada automaticamente a legenda do desenho. Em outras fases da construção, porém, também é possível extrair informações em outros formatos, como tabelas de quantitativos de material para a equipe de orçamentistas.

Farias (2007) traz uma ilustração (Figura 4) a qual representa claramente o conceito trazido por Antunes (2013), onde é representada uma parede de alvenaria a qual parte de um banco de dados do projeto e gera planilhas e informações acessíveis a qualquer usuário.

Figura 4 – Gestão da Informação BIM

Fonte: Farias (2007)

Confirmados os dados, mostra-se que a plataforma BIM é realmente benéfica para a área da construção civil, por conseguir abranger distintas áreas de forma dinâmica e ainda por garantir facilidade na visualização 3D, possibilitando o conhecimento de erros e incompatibilidades que possivelmente não seriam identificadas em projetos padrões. Como Zhenzhong *et al* (2008) afirmavam, o BIM é utilizado para evitar a perda das informações de construção entre si, garantindo tal fator com a digitalização das mesmas. Em estudo feito por Young Júnior *et al* (2009), em abordagem com distintas empresas de construção e seus gerenciadores, aproximadamente 50% dos entrevistados consideraram positiva a adoção do BIM em suas empresas, como mostrado na figura abaixo:

Gráfico 5 – Impacto da adoção do BIM nos usuários

Fonte: Justi (2008)

A plataforma BIM, se tornará uma plataforma indispensável devido aos diversos benefícios e facilidades encontrados com a sua utilização, como:

- a) Redução de custos, retrabalhos e prazos de entregar de projeto;
- b) Economia de tempo;
- c) Trabalho de maior qualidade devido ao uso de apenas um modelo digital;
- d) Coordenação mais ordenada evitando erros de graficação;
- e) Trabalho de maior qualidade devido a integração entre equipes;
- f) Maior facilidade na tomada de decisões.

Assim, é possível concluir que projetos que utilizam da plataforma Revit possuem uma maior vantagem competitiva, pois, fornecem melhor coordenação, qualidade e ainda colaboram para uma maior interação entre engenheiros, arquitetos e os demais componentes da equipe (JUSTI, 2008).

2.6 O BIM no Brasil

A partir do ano 2000, o BIM ganhou um enorme destaque no cenário brasileiro. A implantação da tecnologia BIM no setor da construção civil enfrenta obstáculos na implementação definitiva dessa metodologia. Os principais problemas que dificultam a sua adesão são a insuficiência de base de dados dos elementos e a interoperabilidade dos aplicativos (MENEZES, 2011).

Devido a falta de acesso entre os diversos profissionais e a falta de consenso em aceitar esta cultura de projeto, os profissionais deverão sofrer um processo de qualificação em aspectos técnicos e operacionais. Isso insinua um alto valor de investimento, não somente com as licenças dos softwares, mas também, devido à imensa capacidade de armazenamento de informações, sendo necessário computadores mais sofisticados para suportar os softwares existentes. É unânime após a aplicação do software que utiliza a metodologia BIM a tendência da produtividade de uma equipe é diminuir, contudo, à medida que a equipe melhora e aperfeiçoa suas habilidades os benefícios são muitos (LOURENÇON, 2011).

Segundo Figuerola (2011), Cristiano Ceccato foi um dos pioneiros na utilização do BIM no Brasil, juntamente com o norte americano Frank Gehry, ajudou na fundamentação da empresa Gehry Technologies, em 2002. Este também, em

2011, na primeira edição do Seminário Internacional sobre Arquitetura Digital: BIM, Sustentabilidade e Inovação promovido pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA), declara que o BIM tornará item obrigatório no mercado da AEC, como o AUTOCAD é contemporaneamente, e compara com a transição prancheta/CAD, para o CAD/BIM, ainda afirma que a mudança será de forma mais rápida e eficaz, uma vez que no início do CAD bidimensional as interfaces eram desatualizadas, as máquinas lentas, e os projetistas mal sabiam operar o computador, diferentemente da atual situação.

Já Neiva Netto, Faria e Bizello (2014), ressaltam que os projetos que englobam a construção civil, tendem-se a sofisticarem, com foco na redução de custos e de olho nos impactos ambientais, sendo impulsionados pelo conceito e a metodologia BIM. O autor declara acreditar que a tecnologia terá seu espaço consolidado nos próximos anos, nos escritórios e construtoras brasileiras.

O BIM começou a ser uma exigência em licitações públicas pela Petrobrás em 2011 na construção da Unidade Operacional da Bacia de Santos, sede do pré-sal, em Santos.

Segundo Diniz (2012), o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) passou a exigir em edital que todos os projetos de engenharia deverão ser realizados na plataforma BIM (Figura 5) e serem georreferenciados eletronicamente, no fim de 2013. Isto trata-se de uma das principais modificações do governo federal para a contratação de obras pesadas, é responsabilidade do DNIT 55,6 mil km pavimentados de rodovias federais e seu orçamento gira em torno de R\$ 20 bilhões.

Sendo assim, os projetos virão com um maior número de informações e detalhes, o que terá como consequência a inexistência de problemas de revisão e aditivos. A medida trará mais transparência, o pagamento será pontual conforme o orçamento que foi embasado sob o projeto. Abaixo, é demonstrado uma imagem de um projeto realizado pela plataforma BIM

Figura 5 – Projeto de Estrada realizado pela plataforma BIM



Fonte: Diniz (2013)

2.7 Características do BIM

2.7.1 Objeto Paramétrico

Frequentemente, quando o projeto de um empreendimento vem sendo desenvolvido e elaborado são realizadas revisões e alterações em pontos específicos dos desenhos, que certamente modificará todo o processo, ocorrendo a necessidade de corrigir os desenhos que por vezes já se encontram finalizados, o famoso retrabalho. Com a finalidade de suprir este problema foi criado uma maquete computacional fundamentada em hierarquia e parâmetros, ou seja, variações paramétricas (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Um projeto que utiliza as variações possibilita criar uma diversidade de informações sobre o projeto, englobando singularidades construtivas, detalhes e especificações de materiais e quantidades, como por exemplo, a realização de uma parede em *software* paramétrico, difere-se dos modelos convencionais. Uma vez que as maquetes tridimensionais não são apenas representações de linhas, mas sim, um conjunto de informações embutidas carregadas com diversas características únicas como a cor da tinta a ser utilizada, dimensões de alvenaria, espessura de reboco, dentre outros fatores que enriquecem o projeto (FLORIO, 2007).

Sendo assim, os componentes construtivos têm atribuições e representações próprias. O sistema BIM reconhece os objetos como se fosse o elemento real e além disso, pode importar de outros programas e apontar possíveis incompatibilidades. Após gerado o desenho paramétrico, suas representações ortogonais (corte, vista, planta, perspectiva, etc.), com e as suas devidas características como material de acabamento. Além disso, qualquer material adicionado ou modificado, suas representações, em tabelas de quantitativos e orçamentação dentro do próprio programa também serão modificadas (COSTA, 2013).

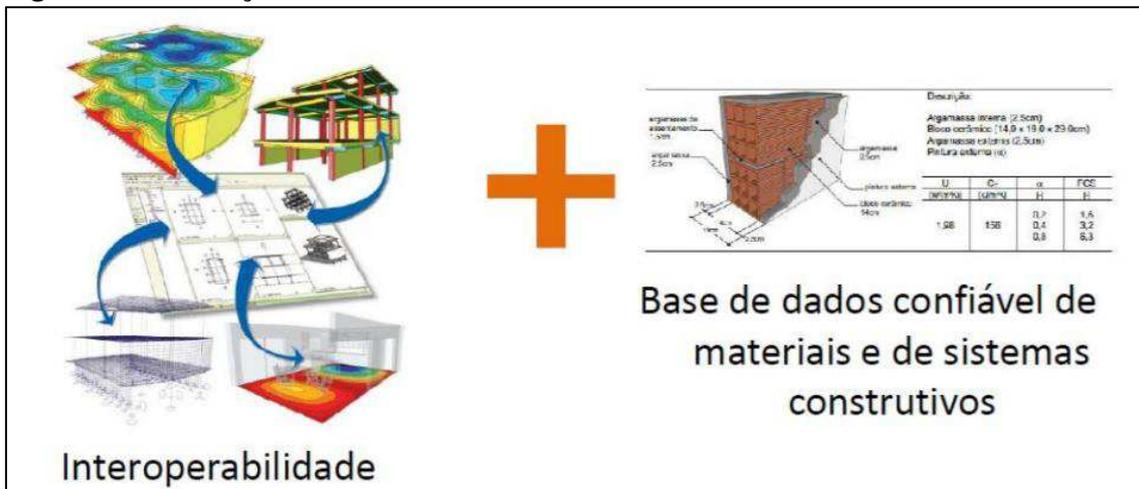
2.7.2 Interoperabilidade

A ausência de comunicação entre os envolvidos é o problema principal na idealização e construção de um empreendimento. É inevitável que um engenheiro civil, arquiteto, bombeiro ou eletricista, tenham diferentes metodologias, concepções, prioridades e preocupações no desenvolvimento de um projeto. Dessa maneira, existe a demanda por um modelo generalizado, possível de auxiliar todos os envolvidos (ALVES *et al*, 2012).

Uma das principais formalidades do BIM é a interoperabilidade, que é a capacidade de reconhecer e trocar dados e informações por meio de aplicativos, que são utilizados no decorrer do processo do projeto. Dessa forma, o *Building Information Modeling*, proporciona de maneira ágil e colaborativa os diversos profissionais de diferentes disciplinas, o intercâmbio de informações ao modelo (EASTMAN *et al*, 2008).

Para que seja possível a comunicação e troca de dados eficiente, é essencial a implementação de uma maneira regulamento de troca de informações entre os aplicativos computacionais no decorrer do processo do projeto. Os dois principais modelos de troca de dados do domínio público é o *Industry Foundation Classes* (IFC) que é um formato criada para especificações e troca de informações padronizadas para o BIM. Na Figura 6, é feita uma demonstração de como o BIM, utilizando a operabilidade, organiza o seu banco de dados (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

Figura 6 – Simulação do BIM



Fonte: GDP (2014)

2.7.3 Interação dos programas BIM

A inter-relação entre os modelos BIM deve conter informações relevantes, com caráter de advertência e explicativos, abrangendo todo o processo da construção, manutenção e operação, provendo o fácil acesso de forma integral a todos os envolvidos com o empreendimento (COSTA, 2013).

Para o desenvolvimento do BIM internacionalmente, várias empresas de diversas partes do mundo se filiam para promover a compatibilização das informações. As informações estabelecidas, preveem a elaboração de um dicionário universal, nomeado como *Industry Foundation Classes* (IFC).

2.7.4 Industry Foundation Classes (IFC)

O IFC é uma plataforma internacional utilizada para trocas de documentos e informações entre todos os *softwares* BIM, isto é, uma plataforma que tenta fazer a padronização mundial, exclusivamente para a troca de dados de produtos e compartilhamentos, que oferece a interoperacionalidade entre os diversos serviços da indústria da AEC (COSTA 2013).

Segundo Ayres Filho (2009), o IFC é desmembrado em quatro níveis básicos: *domain*, *interoperability*, *core* e *resource*. O *domain* trata dos dados descritos do modelo, desta forma é considerado o nível mais específico, o *interoperability*, admite a troca de informações dentro dos *domains*, o nível *core* é realizada a

descrição de dados comuns aos demais níveis, e por último, o *resource* que possui somente a caracterização dos conceitos independentes e básicos, que se utiliza nos níveis mais altos.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada para o desenvolvimento do trabalho é baseada em pesquisas bibliográficas, aprofundamento no conteúdo e coleta de dados para aplicação do estudo de caso. Este, referente à análise das vantagens da compatibilização de projetos com o uso do BIM em uma edificação na Universidade Estadual do Maranhão em São Luís – MA.

A análise das vantagens ocorre a partir da verificação das incompatibilidades existentes até o atual momento da construção da edificação, com o objetivo de quantificar o custo por conta de inconsistências no projeto e o tempo perdido nas incompatibilidades

Nessa perspectiva, a pesquisa bibliográfica e revisão de projetos se mostra substancial para a compreensão dos elementos teóricos, tais como o conceito *Building Information Modeling*, análises de projetos para demonstrar as incompatibilidades encontradas, composições e custos no SINAPI e posteriormente quantificação do tempo gasto.

Para demonstrar as vantagens da utilização do BIM que é o principal objetivo do estudo, primeiramente deve-se entender o projeto, aspectos construtivos. O estudo de caso foi realizado por meio de visitas periódicas na construção, onde foram especificadas e demonstradas inconsistências existentes de projeto e de execução, oriundas, principalmente da ausência do emprego de um agente compatibilizador de projetos. Nesse sentido, torna-se evidente os custos gerados com o retrabalho e o conseqüente desperdício de tempo.

3.1 Avaliação das Incompatibilidades

A partir dos projetos fornecidos e das visitas periódicas, foi feita a avaliação das incompatibilidades existentes nos diferentes projetos hidráulicos, elétricos, estruturais e arquitetônicos. Além disso, foi feita sobreposição dos projetos com o objetivo de encontrar novas incompatibilidades para evitar erros futuros.

3.2 Quantificação de Preços

Foram utilizadas planilhas orçamentárias de referência fornecidas pela empresa executora da obra, assim como, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), para auxiliar na quantificação das incompatibilidades encontradas, bem como preços, produtividade de trabalhadores e composições fornecidas pela empresa que executa a obra. Todos os índices e preços são de 2018.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma obra que ainda se encontra em execução. A edificação é constituída por dois pavimentos, totalizando uma área a ser construída de 2.062,64m². A edificação fica situada na Universidade Estadual do Maranhão no Campus Paulo VI, que se situa na Avenida Lourenço Vieira da Silva, no bairro do São Cristóvão em São Luís.

Figura 7 – Localização da Obra



Fonte: Google Maps (2018)

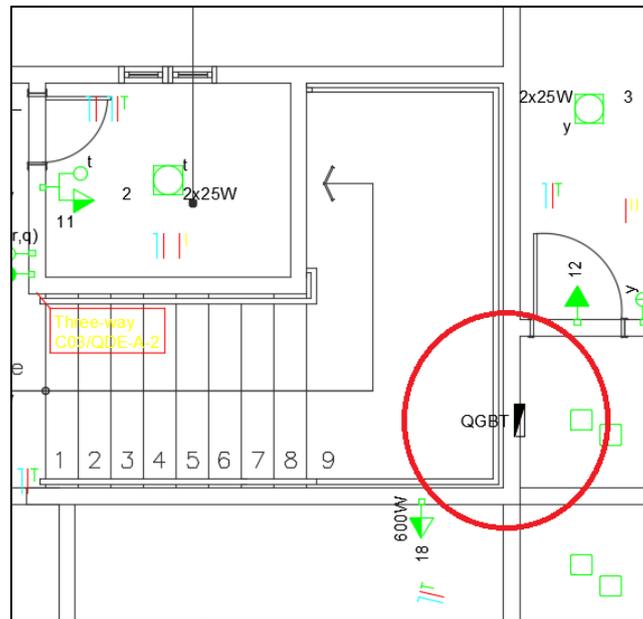
De acordo com o gráfico de Avanço Físico fornecido até o dia 20/05 a edificação encontra-se cerca de 38,82% dos serviços total já realizados, com expectativa de término em 23 de Outubro de 2018

4.1 Incompatibilidades encontradas

a) A falta de Compatibilização entre o projeto estrutural com o projeto elétrico acabou ocasionando uma inconsistência entre o quadro geral do primeiro pavimento com a viga intermediária da escada, pois os dois estavam ocupando o mesmo espaço e não seria correto quebrar a viga para posicionar o quadro. Na Figura

8, abaixo, é demonstrado, no projeto elétrico, o posicionamento dos quadros gerais no primeiro pavimento posicionados a 1,40 metros do piso

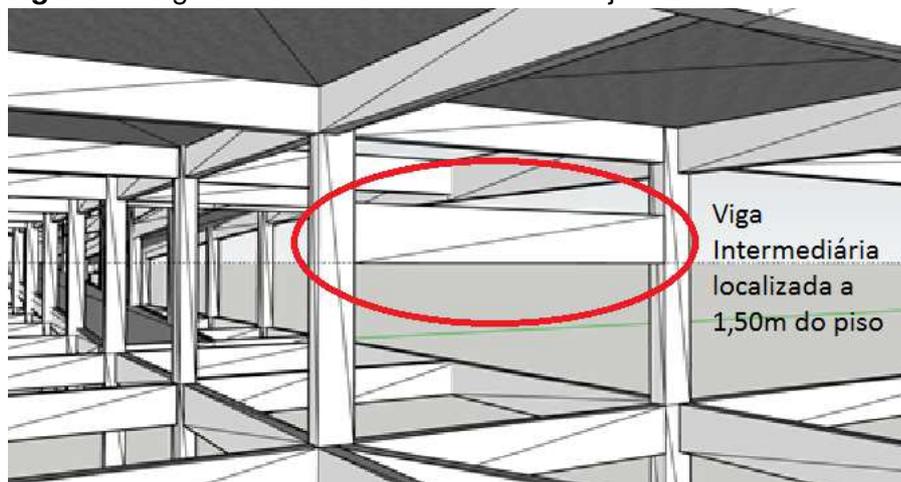
Figura 8 – Quadro Geral primeiro pavimento



Fonte: Projeto Elétrico da obra (2018)

Na Figura 9, é demonstrado o projeto estrutural, em 3D, modelado pelo *Sketchup*, um software que não utiliza a metodologias e das vantagens BIM. A viga intermediária da escada estava coincidindo com o quadro geral.

Figura 9 - Viga Intermediária da escada – Projeto Estrutural



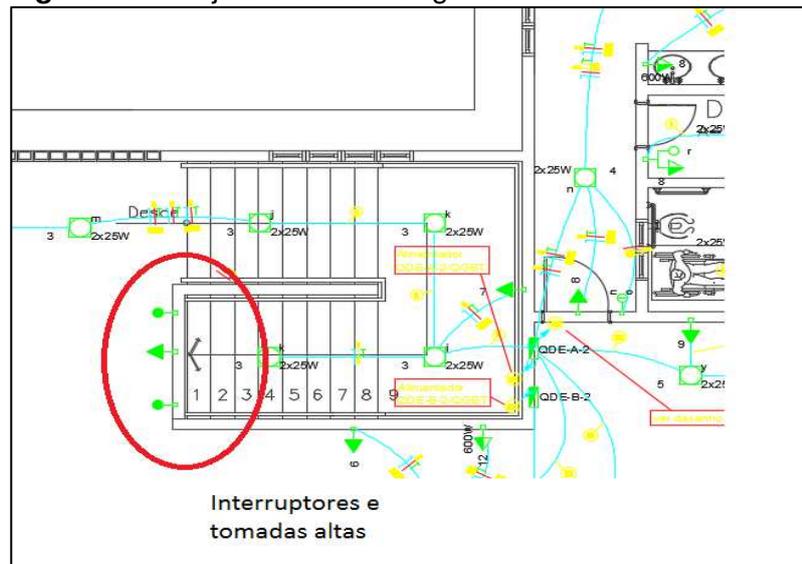
Fonte: Projeto Estrutural em 3D (2018)

Como solução, foi necessário mudar de posição do quadro geral, tanto do primeiro pavimento quanto do segundo pavimento já que os mesmos deveriam ser

interligados de acordo com o projeto elétrico. A incompatibilidade não gerou custos adicionais significativos, contudo o tempo gasto para decidir o novo posicionamento com a aprovação do fiscal acabou gerando novas decisões desnecessárias. O BIM por contar com a interoperabilidade e a capacidade de englobar em um único projeto todos os recursos necessários para a execução do mesmo, demonstraria a interferência que estaria ocorrendo entre a viga e o quadro elétrico, dessa forma, antes mesmo do projeto chegar em campo seria possível fazer as devidas alterações.

b) Outra inconsistência encontrada foi entre o projeto elétrico e o arquitetônico, de acordo com o projeto elétrico as alturas dos interruptores e das tomadas mostradas na Figura 10, abaixo, são respectivamente 1,80 metros e 1,40 metros.

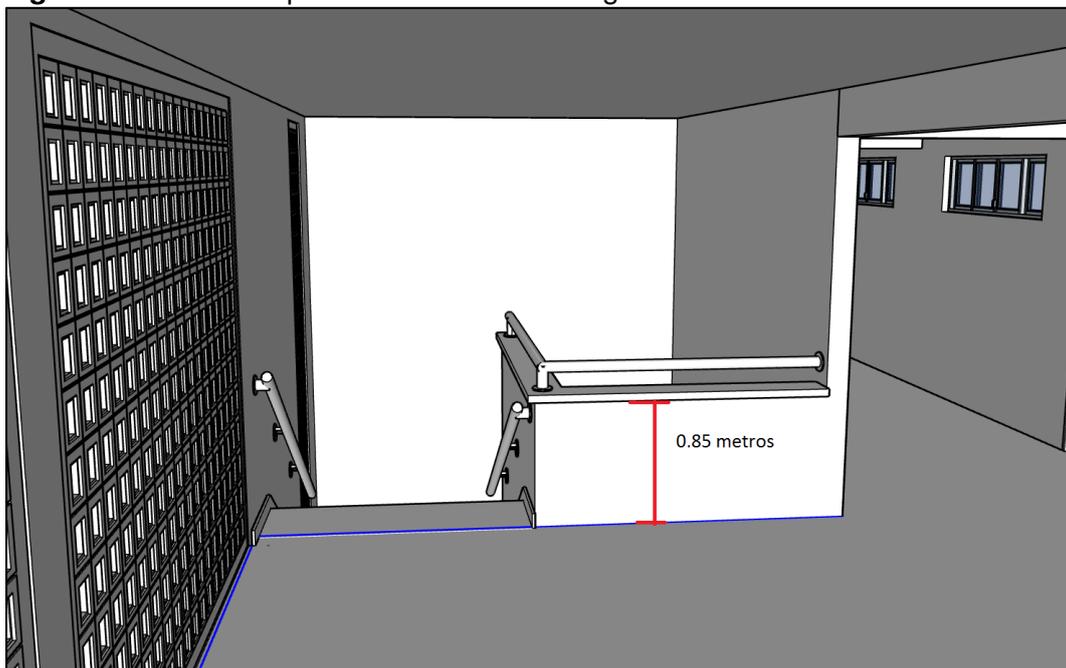
Figura 10 - Projeto elétrico – Segundo Pavimento



Fonte: Projeto Elétrico da obra (2018)

Já no projeto arquitetônico, em 3D, é possível ver que a altura do peitoril é apenas 85 centímetros, então seria impossível posicionar as tomadas de acordo com o projeto elétrico, em que ambos foram feitos por projetistas diferentes.

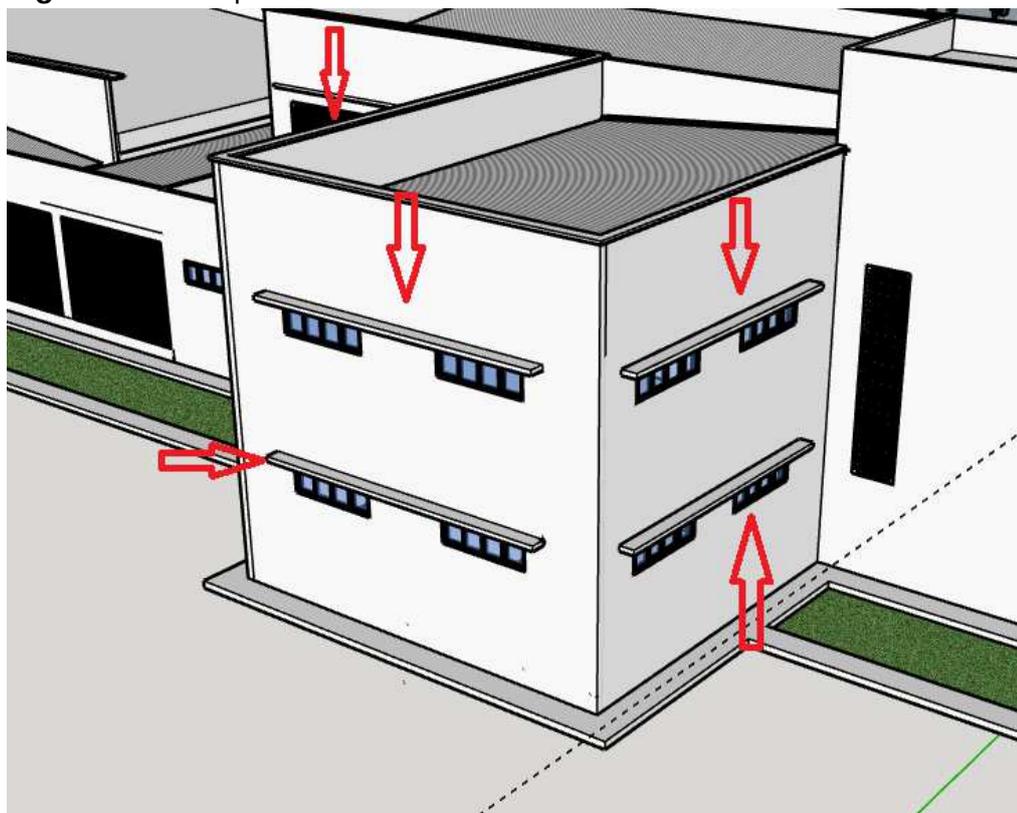
Figura 11 – Vista 3D peitoril da escada no Segundo Pavimento



Fonte: Projeto Arquitetônico 3D da Obra (2018)

Dessa forma, como era impossível posicionar as tomadas no local demonstrado pelo projeto elétrico, foi necessário realizar o reposicionamento das tomadas. O reposicionamento não gerou nenhum custo adicional significativo, contudo tempo foi perdido devido a dúvida dentro do campo, além da necessidade de aprovação de mudanças por parte dos engenheiros fiscais competentes da obra. Como solução o BIM, apontaria a existência de tomadas “flutuando” sendo possível reposiciona-las.

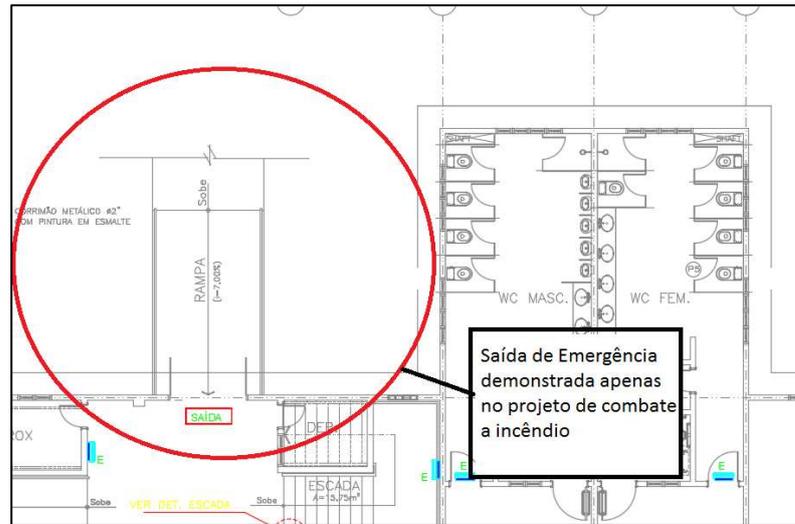
c) Outra incompatibilidade encontrada entre projeto arquitetônico em 3D e o projeto estrutural. A existência de 6 (seis) marquises na parte externa da edificação que tinha como função a proteção das janelas era claramente exposta na parte externa da edificação, enquanto no estrutural não mostrava, seu posicionamento na laje.

Figura 12 – Marquises existentes

Fonte: Projeto Arquitetônico 3D (2018)

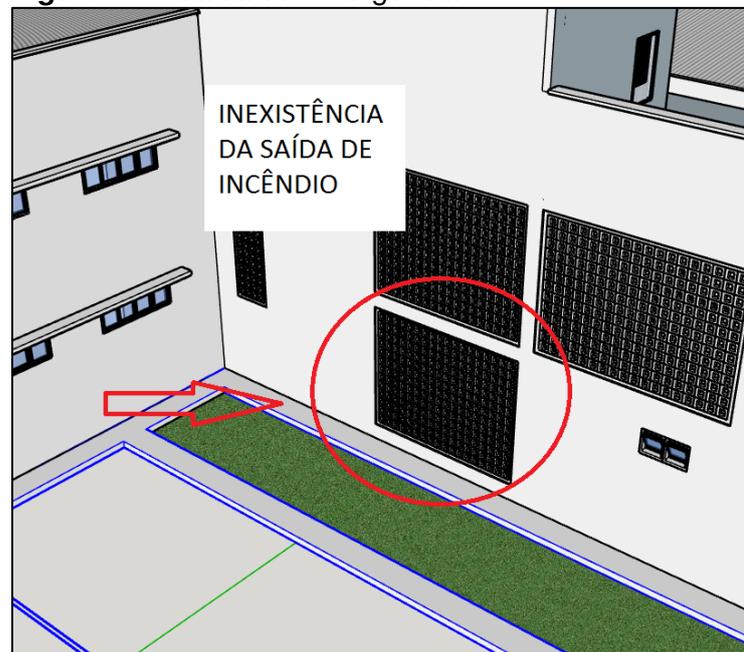
A concretagem da laje ainda não tinha sido executada, e o engenheiro de campo percebeu as inconsistências existentes. Como solução, as marquises foram calculadas pelo engenheiro que enviou ao projetista estrutural para a devida aprovação. Depois de aprovado, as marquises foram executadas e somaram um valor de R\$ 300,00 reais.

d) Outra incompatibilidade encontrada foi entre o projeto de combate a incêndio com o todos os demais projetos. Apenas no projeto de combate a incêndio era possível ver a existência de uma saída de emergência na parte posterior da edificação como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Saída de Emergência

Fonte: Projeto de Combate a incêndio (2018)

Já no projeto arquitetônico em 3D é possível ver a inexistência da porta de incêndio, como mostrado na Figura 14:

Figura 14 – Saída de Emergência

Fonte: Projeto Arquitetônico (2018)

Apesar desta incompatibilidade não ter gerado nenhum custo adicional, poderia ter causados erros e retrabalhos que adicionariam custos na obra. Uma das causas deste problema é a existência de vários projetos para uma única edificação, dando facilidade a erros básicos.

e) Outra inconsistência encontrada foi entre o projeto de rede de águas pluviais e o projeto arquitetônico. Na Figura 15, estão o posicionamento de alguns dos canos de águas pluviais.

Figura 15 – Vista superior dos canos de água pluvial



Fonte: Projeto de águas pluviais (2018)

Na Figura 16 é possível ver alguns dos canos de água pluvial no 2º pavimento seguindo o posicionamento do projeto. Além disso, 4 dos canos estavam passando em frente a janelas e elementos vazados, sendo necessário seu deslocamento que foi feito com a autorização dos fiscais competentes da obra. Também é possível ver a necessidade de construção de *Shafts* em alvenaria para esconder as tubulações. Na Figura 16 é demonstrada apenas as tubulações do 2º pavimento, também houve a necessidade da construção de *Shafts*, também, no 1º pavimento. Foram totalizados 28 *Shafts* e o custo estimado é de R\$ 4.000 reais, além da necessidade de deslocamento de equipes para a execução dos serviços que não estavam determinados, levando cerca de 8 dias para a execução de todos os *Shafts*. Além disso, 4 das tubulações estavam passando em frente a elementos vazados e janelas, sendo necessário o seu reposicionamento com a aprovação da fiscalização da obra.

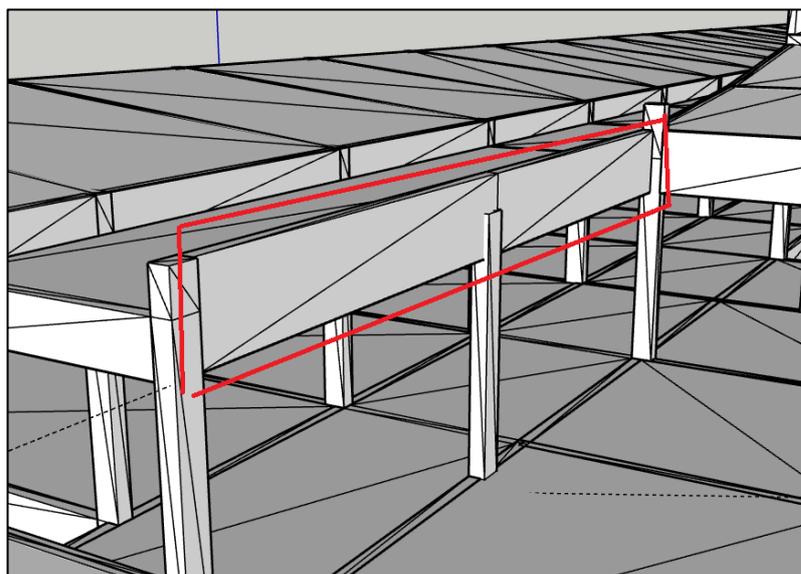
Figura 16 - Vista dos *Shafts* já construídos



Fonte: Autor (2018)

f) Falta de compatibilização entre o projeto estrutural e o arquitetônico. A Viga 5, localizada na cobertura, tem seção de 15x90 centímetros, conforme apresentado Figura 17:

Figura 17 – Vista Projeto Estrutural 3D Viga 5



Fonte: Projeto Estrutural em 3D (2018)

O arquitetônico, que já tinha sido executado corretamente na Figura 18, acabou acusando uma incompatibilidade com o estrutural. Era determinado uma altura do contrapiso definido de 1,80 metros para o início do nível dos elementos vazados que ficariam locados nos vãos mostrados abaixo, contudo, com a inconsistência com o projeto estrutural será preciso demolir a alvenaria já executada e rebaixar os elementos vazados cerca de 40 centímetros para que Viga 5 seja posicionada de acordo com o projeto. A falta de compatibilização não gerou custos adicionais, contudo será necessário efetuar a demolição das fiadas existentes, que vão gerar uma perda de pelo menos 4 dias e retrabalhos.

Figura 18 – Alvenaria que será demolida

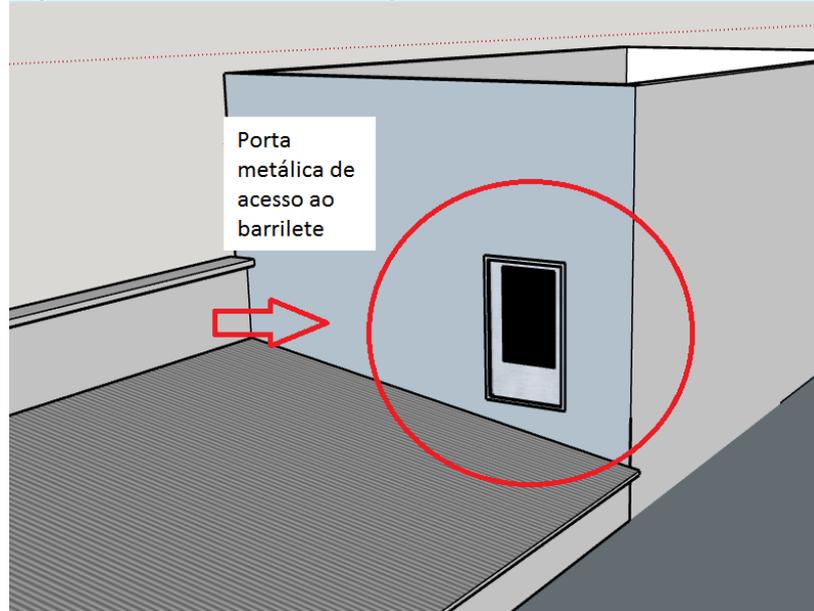


Fonte: Autor (2018)

g) Falta de compatibilização entre o projeto estrutural e o projeto arquitetônico. A porta metálica que dá acesso ao barrilete do reservatório não foi

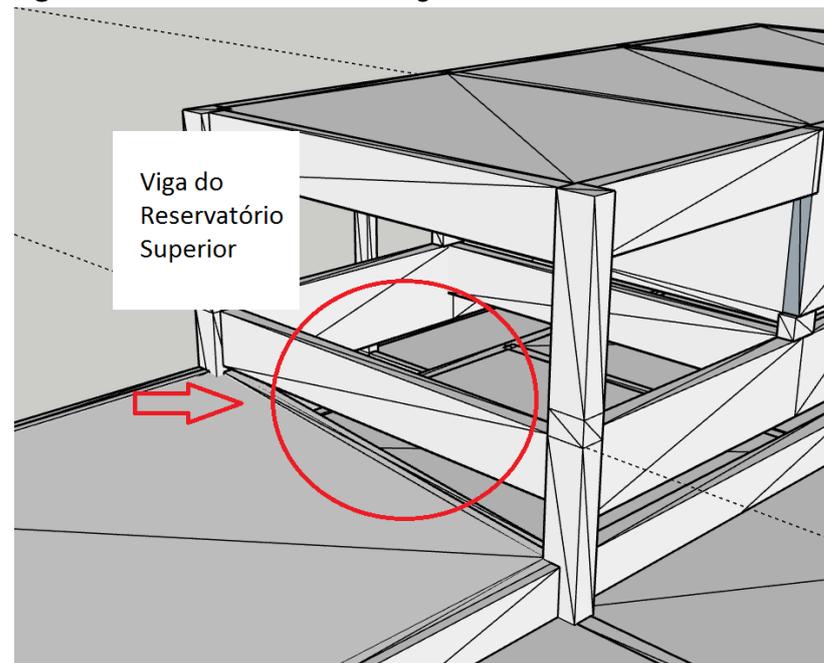
compatibilizada com o projeto estrutural das células e está coincidindo com a Viga 31, sendo necessário um novo posicionamento para a porta. Como esta incompatibilidade ainda não foi executada até o presente momento, medidas presentes podem ser feitas para evitar problemas futuros. Essas inconsistências são apresentadas nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 – Posicionamento porta metálica



Fonte: Projeto Arquitetônico em 3D (2018)

Figura 20 – Posicionamento Viga 31



Fonte: Projeto Estrutural em 3D (2018)

h) Falta de compatibilidade entre projeto geométrico e projeto sanitário. Os sumidouros definidos pelo projeto sanitário não foram executados, por não ser compatível com o nível necessário de profundidade do sumidouro. Neste caso foi necessária uma mudança de posição do sumidouro com o custo estimado de escavação manual de valas, reaterro com compactação no valor de 20 mil reais.

Figura 21 – Posição dos sumidouros pelo projeto sanitário



Fonte: Projeto Sanitário da obra (2018)

Na Tabela 1, mostra-se o resumo das incompatibilizadas, soluções e consequências apresentadas neste trabalho:

Tabela 1 - Resumo das Incompatibilidades

Tabela Resumo das Incompatibilidades				
Local	Projetos Envolvidos	Incompatibilidades Encontradas	Solução	Consequências
1º Pavimento - Próximo ao Banheiro	Projeto Elétrico x Estrutural	Quadro Geral coincidindo com viga intermediária da Escada	Mudança de posição do Quadro Geral	Mudança de posicionamento tanto do Quadro Geral do 1º e 2º Pavimento
2º Pavimento - Peitoril Escada	Projeto Elétrico x Arquitetônico	Altura dos Interruptores e Tomadas não compatibilizadas com peitoril	Mudança de Posição das Tomadas	Mudança de Posicionamento para parede lateral com a autorização dos responsáveis
Fachada Posterior	Arquitetônico 3D x Estrutural	Existência de 6 marquises na fachada posterior apenas demonstrados no Arquitetônico	Marquise calculado em obra e autorizado por projetista Estrutural	Aditivos gerados no valor de R\$ 300,00 - Necessidade de contato com o projetista
Saída de Emergência	Projeto de combate a incêndio x demais projetos	Existência de saída de combate a incêndio demonstrado apenas no projeto de combate a incêndio	Apenas verificado e executado da forma correta	Facilitava erros por parte dos envolvidos em campo
Toda Edificação	Projeto de águas pluviais x Arquitetônico	Tubulações de águas pluviais aparentes em toda a obra, além de alguns estarem passando em frente a janelas e elementos vazados	Construção de Shafts com o objetivo de esconder a tubulação, assim como deslocamentos horizontais para retirar-los de frente de janelas e elementos vazados	Possíveis custos gerados no valor de R\$ 4000,00 e 8 dias necessários para execução
Corredor 2º Pavimento	Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural	Projeto Arquitetônico demonstrava elementos vazados em uma determinada altura, contudo projeto estrutural mostrava uma viga de 90cm que tinha que suportar a calha	Demolir 3 fiadas de alvenaria que já estavam assentadas	Retrabalho e movimentações de equipes desnecessárias
Acesso ao Barrilete	Projeto Arquitetônico x Projeto Estrutural	Projeto Arquitetônico mostra porta metálica em uma determinada posição, porém existe uma Viga do reservatório na mesma posição	Reposicionamento da porta metálica para garantir o acesso ao barrilete	Incompatibilidade e encontrada antes da execução
Sumidouro	Projeto Sanitário x Projeto Geométrico	Pela posição do sumidouro no Projeto Sanitário não foi possível fazer um locação.	Reposicionamento dos sumidouros	Retrabalho e possíveis custos gerados no valor de R\$ 20.000

Fonte: Autor (2018)

4.2 Discussão dos Resultados

Não foram poucos os problemas encontrados em alguns meses de acompanhamento de execução da obra demonstrada. As inconsistências acabaram gerando dúvidas e tornaram ainda mais evidente a quantidade de retrabalhos gerados pela má compatibilização de projetos.

A partir dos resultados encontrados, é possível afirmar que não há somente desperdício de tempo, mas também houve um custo adicional significativo ao valor total da obra já executada. De acordo com o progresso físico acumulado do dia 20/05/2018 a obra encontra-se 38,28% já executado e o valor das incompatibilizações encontradas, somente com os dados que se fizeram possíveis levantar, somam quase R\$ 24.300,00 reais, englobando os valores de reconstrução, demolição, mobilização de equipes e retrabalho. As incompatibilizações não geraram um atraso significativo no planejamento da obra, contudo serviços adicionais podem levar deslocamento de equipes desnecessários, contratações complementares ou horas extras de trabalho que podem chegar até 10 dias de retrabalho.

Com estes resultados e das vantagens acerca da plataforma BIM, capaz de evitar, ou no mínimo, reduzir a quantidade de inconsistências devido à falta de compatibilização de projetos, bem como, minimizaria os custos de produção e o desperdício de tempo. Assim, a obra teria prazos de entrega mais confiáveis e maior respeito ao planejamento inicial efetuado.

5 CONCLUSÃO

A tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) não é algo novo. O que é novo é a inserção e adesão desta ferramenta pela construção civil brasileira. Contudo, esta metodologia vem sofrendo dificuldades na sua implantação devido ao alto custo dos investimentos em *softwares*, *hardwares* e principalmente, por ser necessário a requalificação da equipe.

É importante que ocorra uma mudança na forma de pensar dos profissionais do setor, pois muitas vezes é normal esperar o problema acontecer no decorrer da execução do empreendimento, para posteriormente adequar com uma solução mais eficiente, seja ela fixa ou temporária. Através da compatibilização de projetos de diferentes setores é possível identificar antecipadamente incompatibilidades que levariam ao possível erro na execução. Estas incompatibilidades induzem ao aumento de custo, tanto na mão de obra quanto de material, e geram atrasos no cronograma e conseqüentemente na entrega final da obra.

Quanto mais complexo e maior for um determinado empreendimento, maior será a probabilidade de serem encontradas inconsistências, essas que podem ser facilmente resolvidas na própria obra ou podem gerar custos imensuráveis ao projeto. Contudo, em obras de menores porte, as surpresas na execução são constantes. Desta forma, o BIM é uma peça fundamental na construção civil, seja qual for sua dimensão, finalidade ou necessidade.

Dessa forma, podemos concluir que a Modelagem de Informação para Construção não é apenas uma ferramenta essencial na compatibilização de projetos, como o mesmo pode envolver todo o ciclo de vida da edificação, englobando desde planejamento ao orçamento, assim como a concepção do projeto até a manutenção. Por isso, investir nas técnicas da metodologia BIM é uma prática importante para a obtenção de qualidade de construção, tanto pela otimização de recursos e quanto pela confiabilidade no cronograma, não podendo ser menosprezada como técnica.

Então, é imprescindível difundir e ampliar essa tendência de mercado, além de modernizar as técnicas de construção e facilitar a relação entre profissionais e clientes. Além da recomendação das Universidades Brasileira introduzirem e suas grades curriculares já que uso pode causar um grande impacto na forma de produzir e projetar na construção civil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. Building Information Modeling (BIM). In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O processo de projeto em arquitetura de teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 421-442.

ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil**: estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar. 2011. 84 f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

AYRES, Marcus. Tecnologia 3D promete agilizar projetos de construção e reduzir custos. **Gazeta do Povo**, set. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 13531/1995**. Elaboração de Projetos de edificações – Atividades Técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BERDEJA, Edgar Preto. **Análise de Conflitos num Projeto de Base BIM**. 2014. 118 f. Dissertação (Engenharia Civil) - Técnico Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/563345090412857/VersaoFinalTese-Corrigida.pdf>>. Acesso em:

COSTA, E. N. **Avaliação da Metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

DINIZ, A. Dnit exigirá nas licitações projetos entregues em BIM. **O Empreiteiro**, 2012.

FABRÍCIO, Márcio Minto; BAÍA, Josaphat Lopes; MELHADO, Silvio Burratino. Estudo da sequência de etapas do projeto na construção de edifícios: cenário e perspectivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1., 1998. **Anais...** Niterói, 1998.

FABRÍCIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350p. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FARIA, R. Construção Integrada. **Revista Técnica**, Editora Pini, 2007.

FERREIRA, Rita Cristina. Os diferentes conceitos adotados entre gerência, coordenação e compatibilização de projetos na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIO, 1., 2001. **Anais...** São Carlos, SP, 2001.

FLORIO, W. Contribuições do Building information modeling no processo de projeto em arquitetura. In: SEMINÁRIO TIC 2007 - TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10., 2007. Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: TIC, 2007.

GERENCIAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS. GDP. **BIM: Um Processo Integrado de Projeto**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. Disponível em: <<http://www.sindusconrio.com.br/Palestras/ApresBim051012.pdf>>. Acesso em:

GOES, Renata Heloisa; SANTOS, Eduardo Toledo. Compatibilização de projetos: comparação entre o BIM e o CAD 2D. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, 5., 2011. **Anais...** Salvador, 2011.

JACOSKI, C. A.; LAMBERTS, R. A. A interoperabilidade como fator de integração de projetos na construção civil. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002. **Anais...** Porto Alegre, 2002.

JUSTI, Alexander Rodrigues. Implantação da plataforma REVIT nos escritórios brasileiros: relato de uma experiência. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Universidade de São Paulo, São Paulo, v. 3, n. 1, maio 2008.

LOURENÇON, A. C. Quanto custa implementar o BIM. **AU - Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 208, p. 76-77, jul. 2011.

MELHADO, S. B. et al. **Coordenação de Projetos de Edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

MENESES, G. L. B. B. **8D BIM modelling tool for accident prevention through design**: a brief historical of the BIM platform implementation. [S.l]: [s.n], 2011. 20 p.

NOVAES, C. C. A modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO. 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFCS, 1998.

PALHOTA, Thais da Fonseca. **Gestão de prazos em obras de edificações considerando os paradigmas atuais da construção civil**. 2016. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PICCHI, F. A. **Sistema de qualidade: uso em empresas de construção**. 1993. 461p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio Arancibia. **Coordenação Técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão do processo de projeto de edificações**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

ROSSO, Silvana Maria. Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. **Revista AU**, v. 208, jul. 2011, p. 1-2. Disponível em: < <http://au17.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/bim-quem-e-quem-224333-1.aspx>>. Acesso em:

SALGADO, M. S.; DUARTE, T. M. P. O projeto executivo de arquitetura como ferramenta para o controle da qualidade na obra. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2002.

SOUSA, F. J. **Compatibilização de Projetos em Edifícios de Múltiplos Andares - Estudo de Caso.** 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia das Construções, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

TAVARES JÚNIOR, Wandemberg. et al. Um modelo de registro das tecnologias para uso na compatibilização de projetos 71 de edificações. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 1., 2003. **Anais...** São Carlos, SP: USP, 2003.

_____. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces entre especialidades do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.** 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001

ULRICH, Helen, SACOMANO, José Benedito. O processo de projeto na busca da qualidade e produtividade. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1. 1998. **Anais...** Recife, 1998.

VENDRAMINI, Roberta. Revit ou ArchiCAD: qual vencerá a batalha. **Plataforma BIM**, out. 2012.

VOORDT, T. J. M. V. D.; WEGEN, H. B. R. V. **Arquitetura sob o olhar do usuário.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Cálculo quantitativo Shafts

	Especificações	Unidade	Preço Unitário	Quantidade	Preço Total
1	Shafts em Alvenaria de Tijolos Cerâmicos	Unitário	R\$ 143,70	28	R\$ 4.023,63
	Insumos do serviço				
1.1	Alvenaria em bloco cerâmico furado 9 x 19 x 19cm assentados com argamassa de cimento e areia traço 1:4	m2	3,87	2,42	R\$ 9,37
1.2	Chapisco com argamassa de cimento e areia no traço 1:3	m2	2,56	2,42	R\$ 6,20
1.3	Reboco com Argamassa de cimento e areia no traço 1:5 em paredes internas, Esp = 2cm	m2	36,12	2,42	R\$ 87,41
			Preço Total		R\$ 102,97
2	Mão de Obra				
	Pedreiro + Servente	Unidade	Preço Unitário	Produção (m2/h)	Quantidade
2.1	Alvenaria	H	11,04	1,5	2,54
2.2	Chapisco Fino	H	11,04	2,5	2,54
2.3	Reboco E= 2cm	H	11,04		
				2,45	0,98
					R\$ 10,82
					R\$ 18,69
					R\$ 11,22

ANEXO B – Cálculo quantitativo Marquises

	Especificações	Quantidade	Volume de Concreto (m3)	Preço Concreto	Preço Total
1	Marquises para proteção da Janela	6			
	Insumos do serviço				
1.1	Volume de Concreto das Marquises	4	0,17	R\$ 360,47	R\$ 61,28
1.2	Volume de Concreto das Marquises	2	0,18	R\$ 360,47	R\$ 64,88
2	Armação	Unidade	Quantidade	Preço	Preço Total
2.1	Arame Recozido	kg	0,28	7,1	1,988
2.2	Aço CA 50 - 8mm	kg	28	2,72	76,16
3	Forma	Unidade	Quantidade	Preço	Preço Total
3.1	Peça de Madeira Nativa/Regional 7,5x7,5	M	24	3,84	92,16

ANEXO C – Cálculo Quantitativo Escavação

Planilha Fornecida pela empresa responsável da obra.					
	Especificações				
1	Sumidouro Cilíndrico em alvenaria de bloco cerâmico furado, espessura de 19cm, diâmetro interno 4,50m				
	Insumos do serviço	Unidade	Quantidade	Preço Unitário	Preço Total
1.1	Escavação Manual de Valas (Sumidouro)	m3	327,98	R\$ 49,90	R\$ 16.366,20
1.2	Reaterro de Vale com Compactação Manual	m3	82	R\$ 37,84	R\$ 3.102,88
1.3				Total	R\$ 19.469,08