

CENTRO UNIVERSITÁRIO
UNIDADE DE ENSINO SUPERIOR DOM BOSCO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

PEDRO MORAIS PADRE SILVA

**ENGENHARIA SEQUENCIAL, ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A
IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE
CONSTRUÇÃO CIVIL**

São Luís

2021

PEDRO MORAIS PADRE SILVA

**ENGENHARIA SEQUENCIAL, ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A IMPLANTAÇÃO
DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a. Esp. Aline Bianca Pinto Pinheiro

São Luís

2021

Silva, Pedro Morais Padre

Engenharia Sequencial, Engenharia Simultânea e a implantação da tecnologia BIM em empresas da área de Construção Civil / Pedro Morais Padre Silva. __ São Luís, 2021.

75f.

Orientador (a): Prof.^a Esp. Aline Bianca Pinto Pinheiro

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil - Unidade de Ensino Superior Dom Bosco, 2021.

1. Compatibilização de Projetos 2. Engenharia Sequencial 3. Engenharia Simultânea 4 BIM

I. Título

CDU

PEDRO MORAIS PADRE SILVA

**ENGENHARIA SEQUENCIAL, ENGENHARIA SIMULTÂNEA E A IMPLANTAÇÃO
DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unidade de Ensino Superior Dom Bosco como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ____/____/ 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Esp. Aline Bianca Pinto Pinheiro (Orientador)

Centro Universitário

Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Prof. Esp. Joel de C. Nogueira Diniz

Centro Universitário

Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Prof. Esp. Álvaro Meton Sousa Perdigão

Centro Universitário

Unidade de Ensino Superior Dom Bosco - UNDB

Dedico este trabalho primeiramente a Deus que me proporcionou mais esta conquista e aos meus pais: Rosalba Padre e Eliezer Ribamar, meus grandes incentivadores.

AGRADECIMENTOS

À Deus, meu Maior Mestre, a força que me impulsiona todos os dias a lutar pelas minhas conquistas.

Agradeço a minha mãe Rosalba Padre pelo amor incondicional, pela dedicação, cuidado, por tudo que ela significa na minha vida e pelo futuro que ela me ajuda todos os dias a traçar e pelas nossas lutas juntos, por me animar com os mais mínimos gestos de amor que torna minha caminhada mais leve a cada dia: meu muito obrigada, mãe, você é o melhor presente e o maior exemplo que Deus poderia me dar.

Agradeço ao meu pai Eliezer Ribamar pela amizade, companheirismo, apoio, conselhos.

Agradeço a minha irmã Julia Raquel e meus irmãos Paulo Victor e Victor Padre, que além de irmãos são meus amigos, companheiros de jornada nessa vida: nossos sorrisos juntos são como um bálsamo que aliviam o cansaço e me enchem de alegria.

Agradeço a esta Instituição, a todo o corpo docente e administrativo pelo acolhimento ao me receber, por todo o suporte disponibilizado, eivados na confiança, nos méritos e na ética que são a marca patente desta Instituição.

Agradeço de forma especial a minha Orientadora Prof.^a Esp. Aline Bianca Pinto Pinheiro pelo compromisso e paciência durante o processo de construção desse trabalho, pelas observações pontuais e necessárias, pela preocupação e cuidado, por toda sua dedicação, seriedade e ética que certamente serão o exemplo que será a base para construção da minha identidade profissional: meu muito obrigada, Prof.^a Aline pelo seu trabalho desenvolvido com excelência!

Agradeço a todos os professores durante este percurso na Instituição pelo conhecimento proporcionado, não somente racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, pelo que ensinaram e, principalmente, pelo que me fizeram aprender.

Meus agradecimentos aos colegas, amigos, companheiros de estudos, e a todos que fizeram parte de forma direta ou indireta, por cada momento que escrevemos parte da nossa história, juntos.

“Não podemos prever o futuro, mas podemos criá-lo.”

Peter Drucker

RESUMO

A sociedade vem passando por inúmeras transformações com as inovações tecnológicas em todas as esferas profissionais e não é diferente do setor de construção civil que também sofre todas as influências externas em busca de redução do tempo, qualidade, e estratégias que mantenham a competitividade no mercado. A Engenharia Sequencial ainda muito utilizada atua de forma segmentada no desenvolvimento de projetos, com falhas no compartilhamento de informações criando um bloqueio em todos os departamentos responsáveis pela obra e a Engenharia Simultânea atua de forma totalmente distinta interligando todos os envolvidos o que facilita todas as fases de elaboração, construção e finalização do projeto contando com as facilidades da tecnologia BIM, que tem ênfase neste estudo. Este trabalho tem o objetivo de compreender a importância da qualidade do projeto baseado nos princípios da engenharia sequencial e simultânea, utilizando a tecnologia BIM para a preservação da eficiência e qualidade no setor da construção civil e, para isso, busca descobrir os reais benefícios na aplicação da Engenharia Simultânea utilizando o BIM no desenvolvimento de projetos. A base deste estudo utilizou a metodologia de revisão de literatura do tipo qualitativa descritiva.

Palavras-Chave: Compatibilização de Projetos. Engenharia Sequencial. Engenharia Simultânea. BIM.

ABSTRACT

Society has been going through countless transformations with technological innovations in all professional spheres and is no different from the civil construction sector, which also suffers from all external influences in search of time reduction, quality, and strategies that maintain competitiveness in the market. Sequential Engineering, still widely used, acts in a segmented way in the development of projects, with failures in sharing information, creating a blockage in all departments responsible for the work and Simultaneous Engineering acts in a totally different way, interconnecting all involved, which facilitates all phases elaboration, construction, and completion of the project, relying on the facilities of BIM technology, which is emphasized in this study. This work aims to understand the importance of design quality based on the principles of sequential and simultaneous engineering, using BIM technology for the preservation of efficiency and quality in the civil construction sector and, for this, seeks to discover the real benefits in the application of Simultaneous Engineering using BIM in project development. The basis of this study used the descriptive qualitative literature review methodology.

Keywords: Project Compatibility. Sequential Engineering. Simultaneous Engineering. BIM

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos	Pag. 23
Figura 2	Gerenciamento do Projeto	Pag. 27
Figura 3	Fluxo simplificado de Engenharia Sequencial	Pag. 28
Figura 4	Fatores que caracterizam os conceitos de Engenharia Sequencial e Engenharia Simultânea	Pag. 35
Figura 5	Comparação entre um simples projeto de CAD e um Programa BIM	Pag. 41
Figura 6	Utilização do BIM ao longo do ciclo de vida de um empreendimento	Pag. 42
Figura 7	As dimensões do BIM	Pag. 44
Figura 8	Resposta das Empresas	Pag. 45
Figura 9	Esquema de funcionamento de um projeto e obra em BIM	Pag. 47
Figura 10	Simulação do BIM	Pag. 49
Figura 11	Protótipo do Lean Construction	Pag. 57
Figura 12	Interação entre diversos projetos	Pag. 58
Figura 13	Edificação com o BIM Lean Construction	Pag. 59
Figura 14	Simulação do processo da obra	Pag. 60
Figura 15	Pré-requisitos para o BIM	Pag. 61
Figura 16	Definição dos Padrões pela ISO	Pag. 62
Figura 17	Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto	Pag. 63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Falhas usuais de projetos identificados pelas construtoras

Pag. 22

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Atividades de Compatibilização de projetos	Pag. 24
Quadro 2	Dificuldades e responsabilidades para a Compatibilização de projetos	Pag. 25
Quadro 3	Softwares BIM	Pag. 53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CIS2	<i>CIMsteel Integration Version 2</i>
IDA	<i>Institute Defense Analysis</i>
IDM	Information Delivery Manual
IFC	<i>Industry Foudation Classes</i>
IFD	International Framewok of Dictionaries
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NFP	Nova Filosofia de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Problema	15
1.2	Hipóteses	16
1.3	Justificativa	16
1.4	Objetivos	16
1.4.1	Geral	16
1.4.2	Específicos	16
1.5	Estrutura e Organização do Trabalho	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	QUALIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.1.1	Produtividade na Construção Civil	20
2.1.2	Compatibilização de Projetos	21
2.1.3	Etapas do Projeto na Construção Civil	26
2.2	ENGENHARIA SEQUENCIAL	28
2.2.1	Definição e utilização	28
2.3	ENGENHARIA SIMULTÂNEA	29
2.3.1	Panorama histórico	30
2.3.2	Definição, objetivos e atuação	30
2.3.3	Engenharia Simultânea na Construção Civil	31
2.3.4	Desafios para Implantação e as novas tecnologias de apoio	32
2.3.5	Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea	34
2.4	IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL	38
2.4.1	Definição e panorama geral da implantação da tecnologia BIM	39
2.4.2	Gestão de Obras: obtenção de dados e Interoperabilidade	46
2.4.3	BIM: vantagens e desafios	51
2.4.4	O uso do BIM no Planejamento e Controle	56
2.4.5	BIM na Gestão de Obras	56
3	METODOLOGIA	64
3.1	TIPO DE PESQUISA	64
	CONCLUSÃO	65
	REFERENCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

Com a celeridade do avanço tecnológico, novas ferramentas têm surgido para auxiliar a área da Construção Civil a obter resultados mais consistentes que possibilitem otimizar o desempenho nas edificações, bem como maior eficiência e precisão na estruturação de projetos com qualidade satisfatória. Assim, as novas tecnologias representam potencial incremento a qualidade como fator preponderante para o seu desenvolvimento no mercado.

Neste contexto, é de grande valia a adesão aos princípios da engenharia simultânea como sistemática de projeto e de novas tecnologias que estruturam o modelo tridimensional da construção, considerando que o projeto simultâneo pode proporcionar muitos benefícios da integração entre projeto e execução da obra, assim possibilita aos agentes envolvidos uma maior interação desde as fases iniciais no conceito do empreendimento.

Seguindo esta perspectiva, a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) proporciona a verificação de falhas ao longo do processo de concepção do projeto com a devida simulação. Essa ferramenta da computação tem a finalidade de antecipar os possíveis problemas que podem surgir na fase de construção do projeto a partir de um modelo tridimensional que possibilita o planejamento coerente da obra, além de auxiliar toda a equipe da obra no estudo das interfaces entre as disciplinas envolvidas, e para a própria apresentação do projeto para os agentes.

Por conseguinte, a qualidade dos processos de projeto suportados pelas plataformas BIM pode ser aprimorada por meio da automatização de atividades repetitivas de projeto, simplificação da cooperação multidisciplinar e apoio nas tomadas de decisões técnicas de maior impacto para o empreendimento, facilitando aos profissionais direcionar seu maior foco nos processos de engenharia que nos processos de documentação.

1.1 Problema

Em grande parte das práticas no desenvolvimento de projetos na construção civil ainda falham na falta de sistematização, racionalização, na estruturação do projeto. Em consequência disso, a falta de uma estruturação no desenvolvimento do projeto bloqueia a inovação tecnológica e a racionalização do projeto em sua totalidade. Nesse contexto surge o questionamento: com a aplicação dos princípios da Engenharia Simultânea e utilização da tecnologia BIM, quais os reais benefícios no desenvolvimento do projeto na área da construção civil?

1.2 Hipóteses

- Processos que ao serem implantados visam otimização de qualidade nos prospectos relacionados à planejamento, operacionalização e sistematização de modelos atuais e arrojados na construção civil;
- Faz-se necessário que todos os envolvidos dessa implementação sejam integrados e colaborativos, pois é importante asseverar a dificuldade de qualificação nessa área, assim, precisa avaliação holística de pessoas, tecnologia e gestão;
- Devem ser avaliados as somas de problemáticas para que haja estabilidade baseado nas resoluções e diretrizes da implantação do projeto, observando a necessidade de adequação para elevar a qualidade do empreendimento.

1.3 Justificativa

Frente os incontestáveis benefícios que a revolução digital tem trazido a todos os setores do mercado no mundo, o BIM tem se mostrado uma das principais tecnologias aplicadas ao setor de construção civil sendo uma potencial ferramenta da trabalho. Assim, este estudo não guarda a pretensão de suprir todas as informações inerentes ao tema, mas busca prover a comunidade acadêmica ampliar e aprofundar os conhecimentos mais específicos do assunto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Compreender a importância da qualidade do projeto baseado tanto nos princípios da engenharia sequencial quanto na engenharia simultânea, utilizando a tecnologia BIM para a eficiência e qualidade no setor da construção civil.

1.4.2 Específicos

- Descrever os fatores que caracterizam as Concepções da Engenharia Sequencial e Simultânea
- Definir os desafios para implantação da Engenharia Simultânea

- Descrever os aspectos mais importantes para a implantação da tecnologia BIM em empresas da área de construção civil

1.5 Estrutura e Organização do Trabalho

Dessa forma, a estrutura deste trabalho será dividida em três capítulos, os quais apresentam o conteúdo, conforme segue: o capítulo 1 abordará a introdução e abrange: problema, hipóteses, justificativa, objetivos: geral e específicos; o capítulo 2 consiste no desenvolvimento do trabalho com o referencial teórico que abrange: a Qualidade nos Projetos de Construção Civil, Engenharia Sequencial, Engenharia Simultânea e a implantação da tecnologia BIM em empresas da área de construção civil; o capítulo 3 abordará a metodologia e o tipo de pesquisa utilizados para desenvolver o estudo. Por fim, segue a conclusão e as referências de autores que fundamentaram toda a pesquisa e elaboração do trabalho monográfico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 QUALIDADE DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O termo qualidade define de forma espontânea qualquer situação ou objeto, entretanto, sua observância às técnicas e métodos para analisar e definir devem ser apropriadas ao tipo de produto que está em análise. Quando o planejamento é realizado de forma ordenada, as etapas que constituem a realização da tarefa que envolve seu processo, matéria-prima, tarefas executadas e produtos gerados, proporciona a coleta de dados sintetizados que possibilita a identificação de pontos críticos, aprimoramento e, principalmente, as modificações e alterações que se devem a causas normais (inerentes à natureza do processo) e as que são acarretadas por causas anormais ou específicas (MARSHALL JUNIOR et al., 2014).

Abordando o tema mais especificamente relacionado ao setor de construção civil, Zanettini (1997 apud FABRICIO, 2003, p. 3) sugere o conceito de qualidade para a Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC): “Qualidade é a adequação à cultura, aos usos e costumes de uma dada época, ao ambiente no qual a obra se insere, à evolução científica, tecnológica e estética, à satisfação das necessidades econômicas, à razão e à evolução do homem.

De fato, a área da construção civil é complexa e traz uma concepção sobre qualidade atrelada a uma composição de diversos fatores adjacentes, uma vez seu entendimento que pode variar segundo o olhar de quem vê e aplica (Enfoque no Usuário, Enfoque no Produto, Enfoque na Fabricação, Enfoque no Valor, Enfoque Transcendental) (GARVIN, 1984). Neste sentido, no decorrer da construção e da vida útil de um edifício, são realizadas distintas análises e cada uma valoriza as características específicas que determinará a qualidade do empreendimento.

Se for tomado como exemplo um edifício residencial, na fase de lançamento e venda, os requisitos que propiciam determinar a qualidade do empreendimento podem ser considerados para aprovação do produto pelos consumidores em potencial para a rapidez na venda das unidades; porém, na fase de execução do empreendimento, a qualidade pode servir de base para os parâmetros de produtividade, segurança dos trabalhadores, limpeza da obra e observância das especificações do projeto.

Em relação aos consumidores, a qualidade de um empreendimento tem a tendência a ser avaliada basicamente em duas questões: em um primeiro momento, na compra, são analisados critérios de custo-benefício, localização, disposição dos ambientes, mas depois, no decorrer da utilização, vão sendo adicionados novos parâmetros para elencar os requisitos de qualidade que este produto deve ter; assim, como exemplo, a questão de manutenção do

edifício, pode não ser entendida como uma característica primordial na hora da compra, mas, na duração do bem. Por conseguinte, a qualidade pode ser entendida e interpretada de formas distintas para cada agente do processo em consonância com a função que o empreendimento tem em cada fase do seu ciclo de vida. A qualidade global pode ser entendida como a reunião de todos os requisitos com um olhar mais parcial, e grande parte destes fatores são passíveis de serem identificados e tratados ainda na fase do projeto, assegurando que a qualidade seja inerente ao empreendimento.

Diante de distintas interpretações, é pertinente ressaltar que o cerne de todo o processo deve ser o usuário final, pois é primordial para atender suas necessidades. O entendimento sobre os conceitos de qualidade demorou mais para serem assimilados e incorporados às empresas projetistas, entretanto, este contexto já vem sofrendo muitas transformações (MELHADO, 2001). Uma questão importante a ser apontada é que por meio de critérios normativos, governamentais e mercadológicos, a qualidade tem conquistado maior peso na hora da contratação de projetos, aumentando, ainda, a demanda.

Quando o tema é qualidade de projetos no setor AEC, se deve contemplar a subdivisão em dois conceitos, um respectivo ao projeto como um produto criado por meio de desenhos e documentos claros, objetivos e seguros para servir de base na execução da construção do edifício; outro, respectivo ao processo, no qual o projeto se diferencia como um serviço de organização e gestão de informações que devem ser transmitidas de forma adequada e compatibilizadas em cada empreendimento (NOVAES, 2001).

A qualidade do projeto-produto ainda pode ser definida de duas formas: a da solução do projeto e a da descrição do projeto. Em relação a solução do projeto, esta seria alcançada a partir de boas decisões técnicas de engenharia e arquitetura; em relação a descrição do projeto, poderia se expressar por meio da clareza e maior detalhamento que a solução da engenharia e arquitetura se apresenta na documentação do projeto (SOUZA et al., 1995).

Dessa forma, o projeto assume um caráter técnico quanto às soluções de engenharia e arquitetura apresentadas (detalhamento dos projetos); e gerencial, por se tratar de um processo que abrange muitos agentes trabalhando com uma interdependência complexa de atividades desempenhadas em várias etapas de amadurecimento de informações e cumprindo prazos e custos pré-determinados.

Entretanto, é importante pontuar que nos contextos mencionados o que pode dificultar a composição de projetos no próprio canteiro de obras (muitas vezes com decisões emergenciais) prejudicando a qualidade do empreendimento é a falta de integração com a produção das edificações que provoca a desconsideração dos requisitos produtivos e de

manutenção durante o desenvolvimento dos projetos, acarretando a falta de detalhamento suficiente na intersecção de diferentes disciplinas.

2.1.1 Produtividade na Construção Civil

Na economia contemporânea, os ativos mais proeminentes nas indústrias deixam de ser progressivamente as edificações e equipamentos e passam a ser essencialmente os bens intangíveis, como o capital humano e sua capacidade e habilidade de criar produtos e processos mais eficazes e eficientes. Nesta perspectiva, as vantagens competitivas de uma empresa no mercado dependem maiormente da capacitação de seus funcionários e da qualidade dos conhecimentos produzidos e transferidos ao sistema produtivo (DANTAS, 2011).

No setor da construção civil, a produtividade da força de trabalho é fator de grande importância, considerando que, para uma obra ser entregue dentro do prazo estabelecido no contrato, dependerá diretamente do rendimento dos funcionários durante a execução da obra; dito isto, é preciso que se analise seu desempenho para o devido cumprimento do prazo determinado. Assim, a produtividade da mão de obra, no aspecto físico, pode ser definida como eficiência (e até eficácia, se possível) quando transforma o esforço empregado pelos trabalhadores nos produtos de construção (obra). Abordando de forma mais analítica, essa produtividade pode ser considerada de forma global (edifício), ou de forma parcial (cada parte da obra), se trata de um item essencial na qualidade do processo de projeto e do empreendimento (PMI, 2017).

Desse modo, é possível que se analise a produtividade nos diversos serviços que constituem a transformação global; pois, além de observar a eficiência na produção da obra como um todo, se pode abordar a produtividade nos serviços de formas, armação, concretagem, assentamento de alvenaria, revestimento, execução de sistemas prediais etc. (SOUZA, 2006). Analiticamente, a definição de produtividade constrói uma ligação entre os resultados alcançados no processo produtivo e os recursos consumidos para a sua obtenção. Assim, a produtividade de um sistema organizacional decorre da eficiência e do rendimento da força de produção utilizada na execução da tarefa (DANTAS, 2011).

Por conseguinte, se a construção civil for concebida como um sistema produtivo, esta integra todos os requisitos necessários para contextualizar o tema da produtividade e as entradas podem ser caracterizadas pelos recursos físicos usados (materiais, mão de obra e equipamentos) e as saídas por uma obra ou serviços analisados como resultantes do processo (ARAÚJO, 2001).

No Brasil, as empresas da construção civil, especialmente no subsetor de edificações, atualmente enfrentam um processo intenso de competição e reestruturação. Neste contexto, aliar a produtividade à qualidade, é essencial para que as construtoras sobrevivam, demandando do setor a otimização nos seus índices de desempenho, bem como a racionalização na utilização de recursos físicos, financeiros e humanos (MARDER, 2001).

Por causa do progressivo aumento na incorporação de mão-de-obra terceirizada na indústria da construção, e abrangendo todos os seus segmentos de atuação, foram necessários estudos mais direcionados à produtividade neste âmbito da força de trabalho, pois, pela primordialidade em fomentar a crescente capacitação desses trabalhadores, aprimorando a qualidade da gestão dessas terceirizadas, considerando que estes fatores apoiam o crescimento da produtividade pela qualidade dos serviços prestados pela empresa contratante das terceirizadas (FLOR, 2010).

Outrossim, as soluções adotadas na fase do projeto têm forte influência em todo o processo da construção e na qualidade do produto final que será entregue ao cliente e é nesta etapa que surge a concepção e o desenvolvimento do produto, entretanto este deve ser fundamentado na identificação das necessidades dos clientes em relação ao desempenho, custos e condições de exposição a que será submetida à construção. Assim, a abordagem da qualidade do projeto abrange o seu desenvolvimento, a comunicação dos resultados (informações), assim como os aspectos técnicos relacionados com a solução adotada.

Para tanto, se torna essencial que seja incorporada a compatibilização no processo de projeto (NBR ISO:2000), para assegurar a qualidade desde o processo de projeto até o produto final, conforme será abordado no próximo item.

2.1.2 Compatibilização de Projetos

A Compatibilização de projetos pode ser entendida como um diagnóstico que analisa a conformidade dos distintos sistemas que coexistem em um edifício visando sua excelente harmonização. Pode, ainda, ser concebida como um estudo entre os conflitos físicos entre os projetos das distintas especialidades que fazem parte de um empreendimento e, do mesmo modo, pode ser compreendida como uma atividade de sobreposição de todos os projetos, tendo por finalidade identificar interferências, organizar reuniões entre os projetistas e coordenação de projetos para que seja possível resolver as possíveis inconformidades encontradas (SANTOS, 2014).

Assim, nessa etapa ocorre a equalização dos projetos já concebidos e passa como uma revisão minuciosa, onde possíveis erros podem ser encontrados e isso é imprescindível para que se evitem futuras inconformidades, pois a compatibilização de projetos possibilita uma coerência entre os subsistemas, com uma equipe de projetos que analisa as disparidades das soluções técnicas adotadas entre os subsistemas, ou seja, analisa, verifica e corrige as interferências físicas entre as distintas soluções de projeto em uma edificação, sendo que, muitas vezes, a falta de compatibilização entre projetos é a principal causa de problemas em obras (MANNESCHI, 2011; MÜLLER, SAFFARO, 2011).

De acordo com Formoso (1993, apud SANTOS, 2014) os seus estudos evidenciaram a incompatibilidade como falha mais usual identificada pelas construtoras, conforme segue a Tabela 1 como exemplo:

Tabela 1: Falhas usuais de projetos que são identificadas pelas construtoras

TIPO DE PROBLEMA	(%)
Incompatibilidade entre distintos projetos	53,0%
Erros ou diferenças de cotas, níveis, alturas	53,0%
Falta de detalhamento dos projetos	48,0%
Falta de discriminação dos materiais e componentes	47,0%
Detalhamento inadequado dos projetos	47,0%
Discriminação falha de materiais e componentes	26,0%

Fonte: Formoso (1993 apud SANTOS, 2014)

Em tese, segundo explica Silva (2004, p. 59), a compatibilização pode ser realizada de forma manual ou digital conforme segue:

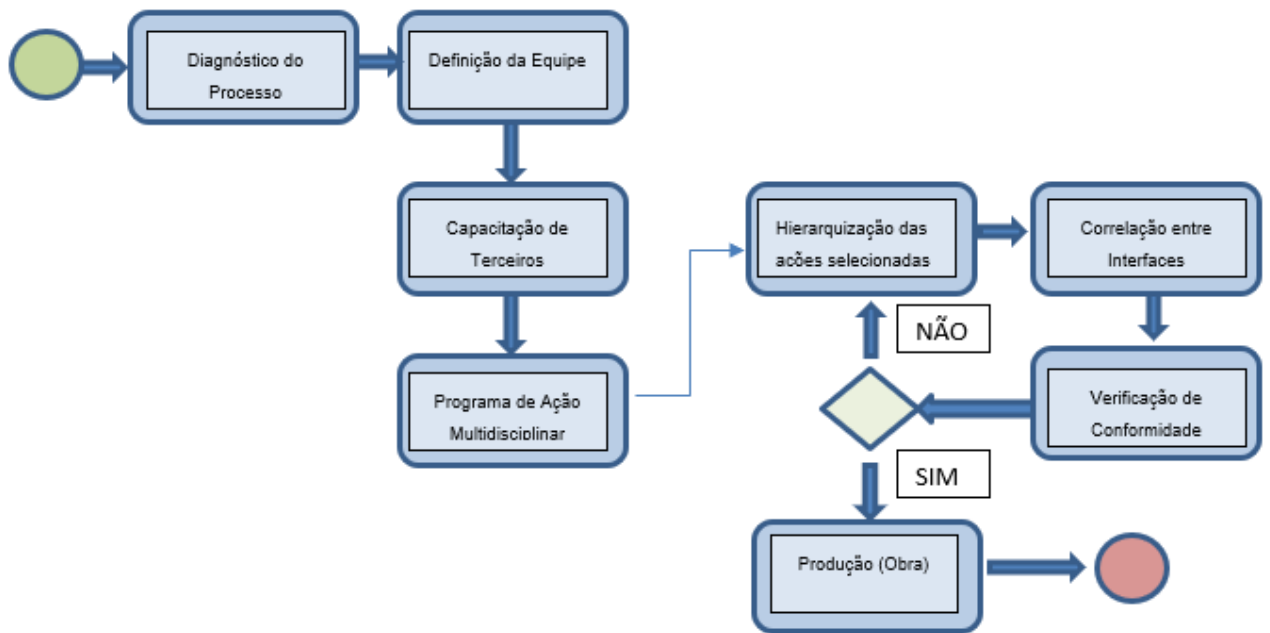
- Manual: por meio de plantas baixas impressas, ou usando sobreposição com papéis translúcidos nos projetos de cada disciplina, se identificam as incompatibilidades encontradas a caneta apontando as disciplinas responsáveis pela solução;

- Digital: são realizadas sobreposições dos projetos de todas as disciplinas por meio de ferramentas de computação com desenhos bidimensionais ou modelagens tridimensionais para identificar as incompatibilidades, apontando as disciplinas responsáveis pela solução.

Outra questão que é pertinente abordar, são as etapas necessárias para a compatibilização de projetos, nela o coordenador de projetos deve seguir cada etapa a partir do diagnóstico até a entrega definitiva.

A Figura 1 demonstra de forma adaptada dos autores Tavares Júnior, Possamai, Barros (2002, p. 3), o fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos com as etapas intermediárias onde a equipe é definida, a capacitação de terceiros e as demais ações que proporcionam ao coordenador uma visão mais abrangente sobre as incompatibilidades e as soluções que devem ser tomadas.

Figura 1: Fluxograma do desenvolvimento do modelo de compatibilização de projetos



Fonte: Autor, 2021 (Adaptado Tavares Júnior et al., 2002, p. 3).

A etapa de verificação obedecer a parâmetros que possibilitem um resultado eficiente, uma vez que nesta etapa que serão identificadas as possíveis inconsistências entre projetos, ou seja, a correção ou aprovação para que este projeto possa ser executado.

As atividades da coordenação se estendem além da superposição de projetos, pois vem cumprir a função de integrar as informações entre as disciplinas, projetistas, construtores, sistemas construtivos, escopos. Para melhor visualização, estas atividades podem ser elencadas conforme segue o Quadro 1:

Quadro 1: Atividades de Compatibilização de Projetos

Atividades na Compatibilização de Projetos
1. Análise das Alternativas Técnicas
2. Identificação dos Projetistas envolvidos
3. Verificar as possíveis intervenções futuras
4. Determinar como realizar a comunicação e documentação
5. Verificar as interfaces nos processos executivos
6. Analisar os problemas com multi empreiteiros
7. Checar os sistemas construtivos e seus escopos
8. Investir proatividade e analisar o futuro da construção

Fonte: Autor, 2021

No período entre os anos 80 e 90, antes da expansão mercadológica, os profissionais eram qualificados mediante comprovação acadêmica tanto a teoria quanto na prática. Entre os anos 90 e 2000, aumentou a necessidade de profissionais capacitados a controlar projetos (execuções e aquisições) e, atualmente existe uma maior procura em profissionais diferenciados, que tenham experiência em executar, gerenciar e projetar instalações.

Em suma, a compatibilização do projeto se define como um processo que vai incorporar os princípios das disciplinas do projeto, uma boa engenharia, informações de campo, questões legais e a equipe participante, possibilitando, assim, a conclusão e entrega do projeto estruturado. Nesse processo, os profissionais devem ter conhecimentos mais específicos sobre o projeto, tais como: a gestão, ou seja, o gerenciamento; o planejamento (a forma como é sequenciado); a logística de execução de todo o empreendimento projetado associando cada subsistema (especificação, contratação, aquisições, certificações, comissionamento). Entretanto, existem dificuldades nesse processo. Um estudo do *American Institute of Architects* apresentou como principais dificuldades: redução de profissionais com a devida qualificação, envolvimento em diversos projetos ao mesmo tempo, comunicação, problemas para identificar as necessidades do usuário e mudanças de ordem a pedido do cliente. O Quadro 2 visa demonstrar melhor visualização sobre as responsabilidades do cliente e do projetista, conforme segue:

Quadro 2: Dificuldades/ responsabilidades para Compatibilização de Projetos

Dificuldades na Compatibilização de Projetos	
Responsabilidade do Cliente	Responsabilidade do Projetista
Adiamento nas decisões	Desinteresse sobre outros projetos (fases e necessidades)
Fornecimento de informações incorretas ou incompletas	Falta de alinhamento na troca de informações entre os projetistas
Falta de competência para análises técnicas e tomadas de decisões	Pouco conhecimento técnico na execução da obra

Fonte: Autor, 2021

No BIM, não é indicado que a compatibilização de projetos seja feita apenas no projeto executivo. A ideia da metodologia, é que a compatibilização já seja iniciada desde os primeiros momentos do ciclo de vida do projeto.

Quanto a metodologia, Santos (2014) aponta que as mais utilizadas são a engenharia sequencial e simultânea:

- Engenharia Sequencial, tem por base o modelo de conversão definido por Koskela (1998) como a transformação de entradas em saídas de forma sequenciada (SANTOS, 2014);
- Engenharia Simultânea, descrita por Lugli & Naveiro (1996 *apud* SANTOS, 2014) como método de organização de tarefas que consiste, sempre que possível, em elaborar em paralelo ao invés de sequencialmente.

Neste contexto, por causa da maior necessidade de eficiência e velocidade na produção de edifícios, a Engenharia Sequencial é menos utilizada, ficando preterida em detrimento da Engenharia Simultânea, ambas serão abordadas de forma mais específica nos próximos capítulos (SANTOS, 2014). Assim mesmo, cada metodologia deve ser analisada para cada projeto, e, inclusive as duas podem ser utilizadas no decurso da elaboração.

A coordenação de projetos se mostra essencial desde os primeiros momentos do projeto que devem ter seu foco principal na compatibilização desde sua fase inicial (GOZZI; OLIVEIRA, 2001; RODRÍGUEZ; HEINECK, 2001). Contextualizando com as diversas dificuldades que podem se apresentar, conforme mencionado anteriormente, surge a tecnologia BIM como uma ferramenta 3D que auxilia no processo de Engenharia Simultânea, através de plataformas que favorecem o projeto colaborativo, com o uso de vários softwares de modelagem e análise com a finalidade de construir modelos virtuais de edificações, com as respectivas classificação e propriedades de sistemas da construção, possibilitando uma simulação digital da edificação (será abordada em capítulo posterior).

Dessa forma, é recomendável que seja definido desde o início da compatibilização os profissionais envolvidos, com a elaboração de um cronograma para execução devidamente validado por toda a equipe e, principalmente, com registro de todas as medidas a serem tomadas,

pois é no projeto executivo que ocorre o alinhamento do que será construído, principalmente porque demonstra mais especificamente a forma que será executada a obra (correspondência entre o projeto e a produção).

2.1.3 Etapas do Projeto na Construção Civil

O gerenciamento de uma obra possibilita uma correta análise acerca das etapas de execução, bem como descrição detalhada de todas as etapas e tarefas da obra atreladas a seus custos, verificando prazos de entrega, equipamentos e tecnologias empregadas, o fator de produtividade e, em cada fase, é avaliado os efeitos dos custos orçados, equilibrando os gastos, controlando-os (IBDA, 2021)

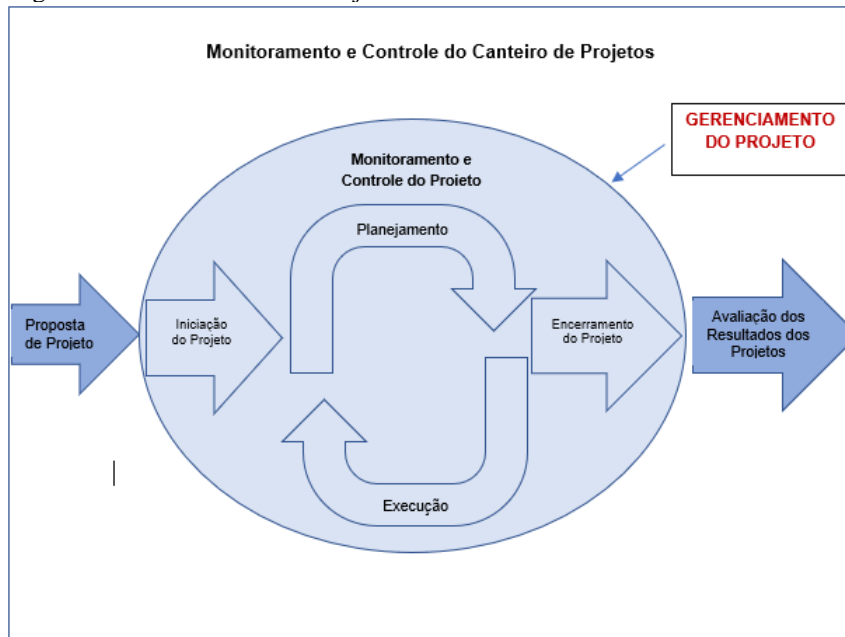
De acordo com Nakamura (2014, p. 01) integram o alvo principal do gerenciamento:

- Estruturação do planejamento físico e de custos da obra;
- Elaboração de um programa para compra de materiais e contratação de serviços obedecendo um cronograma de suprimentos;
- Plano operacional e logístico da obra (planejamento do canteiro de obras);
- Seguimento e controle das atividades implementadas (gestão operacional e segurança);
- Retroalimentação do planejamento físico-financeiro.

Da mesma forma, o gerenciamento de projetos deve, ainda, tratar de gerenciar portfólios e programas, considerando que um projeto começa com uma proposta que geralmente é feita por um stakeholder e vai requerer um planejamento prévio para analisar a viabilidade do local escolhido, o foco principal do projeto com a previsão de recursos demandados, abordagem dos projetos arquitetônicos e afins para serem compatibilizados gerando os cronogramas, o gerenciamento de etapas, prazos, mão de obra e custos gerais da obra.

Concluído o período de planejamento, se iniciará a execução do projeto com base nas fases definidas na etapa anterior, sendo necessário, ainda, o controle de produção e de equipes de trabalho (quanto mais estabelecidas no projeto, será menos complexa a execução do empreendimento). A seguir, a Figura 2 irá demonstrar como ocorre o Gerenciamento de Projetos:

Figura 2: Gerenciamento do Projeto



Fonte: Adaptado da Figura 3-1 PMBOK® Guide (PMI, 2017)

Depois da finalização da obra é necessário realizar, no processo de gestão da qualidade, auditorias onde serão debatidas as falhas de projetos, enumerando as que forem identificadas no projeto em específico para que sejam tomadas como exemplo para as gestões posteriores.

Por conseguinte, para que a sua utilização fique mais aplicável, é considerável utilizar a metodologia *roadmap* para descrever no decorrer do projeto a utilização do gerenciamento e integração entre os processos, do alinhamento e objetivos comuns. Como exemplo, tais processos podem ser associados aos “grupos de processos de gerenciamento de projetos”: Iniciação; Planejamento; Execução; Monitoramento e Controle; e Encerramento (XAVIER, 2016).

É pertinente observar que, quanto mais se investir no planejamento, são maiores as chances de êxito no projeto, pois a elaboração do projeto, detalhamento e planejamento devem ocupar mais tempo do que a execução, propriamente dita. Quanto aos custos, os valores investidos na fase de planejamento com uma boa gestão de projetos devem ultrapassar os investimentos de um projeto comum; isso ocorre em virtude de que passando por muitas etapas (conforme anteriormente mencionado) até a execução, todos os detalhes e dificuldades devem estar solucionadas exatamente para que não haja erros na implementação, isso evita desperdício de tempo e custos do empreendimento.

2.2 ENGENHARIA SEQUENCIAL

2.2.1 Definição e utilização

O modelo sequencial se define por uma abordagem de desenvolvimento do produto da área de construção civil e é também conhecida como *over the wall* (por cima do muro). Recebe esta designação por se tratar de um processo fragmentado, onde a próxima atividade só irá começar depois que a anterior for concluída, produzindo uma dependência entre os processos (PRETTI, 2013 *apud* PINHEIRO, 2018). Assim, uma das principais características desse método é que os projetos são transferidos de forma sequencial de um projetista para outro, onde cada etapa do processo é observada de forma isolada.

Este método sequencial (tradicional), já não é eficiente para responder em um tempo hábil, aos novos prazos de desenvolvimento fixado pelo mercado e os profissionais de engenharia tem uma tendência a valorização do trabalho individual, e isso acaba dificultando a comunicação limitando e dispersando o próprio conhecimento tecnológico do produto. Muitas empresas brasileiras desenvolvem seus produtos de forma prática, usando um sistema de informações deficiente, conseqüentemente repetindo os mesmos erros cometidos no projeto (KRUGLIANSKAS, 1992).

A Figura 3, abaixo, simplifica e demonstra de forma mais clara e compreensível o conceito da Engenharia Sequencial, conforme segue:

Figura 3: Fluxo simplificado da Engenharia Sequencial



Fonte: Autor, 2021

A forma de utilização dessa metodologia de projeto, acaba eximindo a possibilidade de discutir soluções para pequenas dificuldades de compatibilidade e, se durante a construção

de uma planta surgirem problemas de interferência de projetos. Assim, se as soluções já tivessem sido contempladas desde o início do projeto, preveniria futuras revisões de etapas já concluídas.

No procedimento sequencial não é claro no que se refere as funções e responsabilidades dos profissionais que nele trabalham e isso acaba gerando incompatibilidades, pois as propostas técnicas são complementos das decisões arquitetônicas tomadas antecipadamente. Outra questão se refere as dificuldades encontradas no modelo tradicional e sequencial de elaborar os projetos produzindo uma infinidade de retrabalho, produção de alto custo, desperdícios e baixa qualidade nos produtos (OKAMOTO, 2006; MENEZES et al., 2011).

Nessa perspectiva, a interpretação sequencial do processo de projeto contempla uma relação de hierarquia não somente nas práticas, mas em diversas técnicas que creditam ao projeto de arquitetura a responsabilidade pelas indicações a serem seguidas pelos projetos de estruturas e instalações.

Assim, o sentido cartesiano e sequencial do processo de projeto tem claras restrições em relação a integração entre os agentes quando não gera soluções técnicas coordenadas no decurso dos projetos dos empreendimentos (MELHADO, 1997; FABRÍCIO, MELHADO, 2003).

2.3 ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A engenharia simultânea desponta em empresas que lideram a utilização do desenvolvimento de produtos e os valores na capacidade e rapidez em projetar e suprir novas carências mercadológicas perpassa por este novo paradigma. Assim, este tipo de engenharia se destaca na valorização do projeto e das primeiras etapas desde a concepção do produto com fulcro na eficiência do processo produtivo e na qualidade.

Outro enfoque que tipifica os conceitos sobre a engenharia simultânea é a integração no projeto com diferentes perspectivas dos agentes partícipes do processo de produção, constituindo equipes multidisciplinares e multiempresariais com capacidade de equilibrar as exigências dos colaboradores internos e o desempenho do produto frente ao seu percurso no mercado. Assim, este item irá abordar de forma mais ampla para o melhor entendimento sobre esta temática, conforme segue.

2.3.1 Panorama histórico

A Engenharia Simultânea não foi uma metodologia desenvolvida especificamente para a indústria da construção civil, seu surgimento foi a partir da indústria manufatureira, sofrendo adaptações para que a área da construção possa utilizá-la. Seu marco inicial pode ser considerado que foi com a 2ª Guerra Mundial com todas as suas resultantes representando um marco no que se refere aos processos de gerenciamento de projetos (PINHEIRO, 2018).

Depois desse período, já no pós-guerra, foi desencadeado um potente desenvolvimento tecnológico originado a partir das necessidades no campo de guerra na produção de armas, acarretando o desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de projetos e engenharia de sistemas que, posteriormente, foram bem utilizados a indústria manufatureira (ANUMBA et al., 2007 *apud* PINHEIRO, 2018).

Entretanto, Manzione (2006), aponta seu início na indústria automobilística no começo dos anos oitenta e, segundo Fabricio (2002), na segunda metade dessa década, começou a ser utilizada por empresas ocidentais e foi nominada como “Concurrent Engineering”, ou Engenharia Simultânea (ES), com a técnica proposta pelo *Institute Defense Analysis (IDA)* do governo dos EUA. Porém, seus conceitos em sua origem, foram desenvolvidos para a produção em série, e diversas especificidades da ES podem ser utilizadas na Construção Civil, considerando que “[...] a problemática tem sido ampliar a eficiência produtiva e a qualidade dos produtos.” (PEDRINI, 2012).

2.3.2 Definição, objetivos e atuação

Pode ser definida como um método de desenvolvimento de produtos com uma proposta que integra os conhecimentos multidisciplinares orientando simultaneamente o projeto atendendo as necessidades dos clientes e da produção, ou, ainda, pode ser explicada como um método que tem a finalidade de constituir times que tem informações e decisões alinhadas em consenso que trabalham concomitantemente para a obtenção de resultados em prol da coletividade (PEREIRA et al., 2001; MANZIONE, 2013).

Na perspectiva da coordenação de projetos, se destaca o papel do coordenador para o êxito da equipe, uma vez que ele é o líder que se responsabiliza pelo comprometimento de sua equipe com o projeto ficando em objetivos comuns. Outrossim, as habilidades da equipe devem se complementar entre si com competências de planejamento, qualidade, compras, engenharia, pós-venda e suporte, considerando que o objetivo que é facilitar para que o produto

ou sistema seja construído com o melhor custo/benefício que consigam aliar as especificações técnicas e necessidades de manufatura” (PEREIRA et al., 2001).

Em relação as características, Monteiro (2007, p. 04) aponta conforme segue:

[...] são ênfases no momento da concepção do produto e valorização do projeto; realização em paralelo de várias atividades de desenvolvimento de produto; formação de equipes de projeto multidisciplinares e coordenadas; utilização das tecnologias de informação e comunicação e das novas tecnologias de telecomunicação no desenvolvimento do projeto e orientação para a satisfação dos clientes e usuários para o ciclo de vida de produtos e serviços.

Assim, dentre os principais objetivos da ES, Monteiro (2007, p. 04) destaca: “[...] redução do tempo de projeto; introdução de inovações; ampliação da qualidade ao longo da vida útil de produtos e serviços; ampliação da manufaturabilidade dos projetos e aumento de eficiência dos processos produtivos de bens e serviços”.

Pereira et al. (2001, p. 03) assevera que a operacionalização da ES ocorre por meio das etapas que seguem:

Definição dos objetivos, especificações técnicas e de projeto, desenvolvimento e implementação, onde cada etapa é planejada detalhadamente, dividindo o sistema em grupos de trabalho que estabelece seu próprio cronograma e estimativa de custos. Durante o processo de desenvolvimento as etapas devem estar interligadas e a partir das decisões tomadas nas etapas iniciais, o modelo se desenvolve com mais detalhes até alcançar um nível de desenvolvimento que possa ser implementado e operacionalizado.

Nessa perspectiva, Monteiro (2007, p. 09) explica que: “[...] a integração precoce dos agentes do empreendimento na concepção do projeto pode contribuir decisivamente para a ampliação da competitividade dos empreendimentos de construção”.

2.3.3 Engenharia Simultânea na Construção Civil

Na construção civil, existem peculiaridades quanto às lideranças e aos agentes intervenientes, pois a área trabalha de forma intensa com muitos agentes de distintas especialidades, interferindo em momentos específicos e necessários de acordo com cada situação e isso é notório. O projeto é construído com diversos outros: elétrico, hidráulico, estrutural etc. que são realizados por equipes e empresas distintas (FERREIRA, 2007).

O termo Engenharia Simultânea abrange várias definições que resguardam ações que conduzam à potencialização do tempo na indústria para produção de bens. No setor da construção civil, o termo não foi assimilado, porém os conceitos nele contidos começaram a

estar presentes em estudos acerca do gerenciamento dos empreendimentos de construção (PEDRINI, 2012).

Dessa forma, o processo para construção de projeto para edifícios pode ser melhorado e habilitado pela incorporação de novas práticas de gestão fundamentadas nos princípios da engenharia simultânea adaptadas ao ambiente do setor e às respectivas necessidades. Na construção civil, o processo de desenvolvimento do produto se caracteriza pela sua alta complexidade, em especial as características próprias do setor, do produto e dos distintos profissionais que dele fazem parte (FABRICIO, 2002).

O processo de desenvolvimento normalmente começa com o planejamento inadequado e as etapas seguintes são consolidadas por informações inúteis, resultado em perdas; sem contar que, muitas vezes, não existe um alinhamento entre o mercado, a estratégica e o produto de forma correta (PEDRINI, 2012). Assim, para que o projeto seja concluído eficientemente é imprescindível coordenação e colaboração entre todos os envolvidos e a colaboração durante a etapa do projeto é primordial para a coordenação das etapas subsequentes (FERREIRA, 2007).

2.3.4 Desafios para Implantação e as novas tecnologias de apoio

Existe diversos relatos acerca do êxito da implantação da engenharia simultânea, mas também dos exemplos de insucessos, principalmente por causa da inobservância quanto a aspectos referentes a conscientização, comprometimento, treinamento e apoio. A utilização da Engenharia Simultânea demanda permanente e vasta integração entre departamentos e especialidades, congregando as pessoas em grupos multidisciplinares e interdepartamentais, considerando que, para que se mobilize todos os departamentos é primordial que se ultrapasse as barreiras rígidas de hierarquia com a criação de organogramas matriciais ou funcionais interligados na constituição das equipes do projeto (BACK; OGLIARI, 2001; FABRICIO, 2002).

A etapa de desenvolvimento do projeto deve contar com a participação ativa dos projetistas e construtores para que o processo de execução seja concebido adequadamente e o devido acompanhamento dos projetistas na execução das obras é essencial para gerar soluções para projetos futuros e, para manter o controle dos fluxos de informações geradas no processo estimulando a interação na equipe multidisciplinar, este deve contar com um líder ou coordenador de projetos, uma referência que detenha a responsabilidade sobre o processo de desenvolvimento do produto (FABRICIO, 2002; REZENDE; ANDERY, 2009).

Antes de atentar para as tecnologias, é pertinente observar algumas premissas para a adequada aplicação da Engenharia Simultânea com vistas a obtenção de resultados propostos, nas quais se pode destacar as principais assinaladas por Back e Ogliari (2001, p. 15-19), conforme segue:

→ Gerentes médios não detém suficiente poder para implantar a ES de forma integral e, para que o projeto alcance destaque e não seja somente mais um projeto de engenharia, deve ter o acompanhamento de um representante da alta gerência que tenha total comprometimento, disponibilidade e vontade de trabalhar conjuntamente com sua equipe de trabalho;

→ Considerando a difícil tarefa de calcular o custo/benefício na implantação de um ambiente de ES, fica igualmente complicado determinar uma métrica com suficiente precisão para avaliar o progresso, considerando que o programa de implantação é contínuo;

→ Priorizar os objetivos é premente para a escolha do modelo de ES e devem ser explícitos e bem delineados, como também o tempo que demandarão;

→ Toda a equipe deve estar alinhada em relação a política e objetivos da empresa e sobre todos os benefícios que a ES pode contribuir para que estes objetivos sejam atingidos, pois a falta de esclarecimento sobre estas questões acabam acarretando prejuízos para a implantação da ES;

→ A equipe deve estar engajada e motivada por meio de uma gestão participativa que promova envolvimento e treinamento;

→ Deve ser observada a quantidade de integrantes da equipe para que não sejam muito extensas; isso evitará dificuldades de comunicação, baixa na produtividade e dispersões.

Isto posto, é necessária a utilização de ferramentas e inovações tecnológicas que promovam a facilidade de comunicação, intercâmbio de informações e integração da equipe de implantação de forma que os projetistas compreendam a importância do trabalho que está sendo desenvolvido e se sintam responsáveis por ele (PEDRINI, 2012).

Nessa perspectiva, a utilização de todos os tipos de ferramentas de TI tais como: os ambientes web, compartilhamento de dados, programas voltados a compatibilização de projetos, intranet; todos representam um importante auxílio para promover o êxito da implantação da ES para superar, muitas vezes, a distância que existe entre os membros da equipe que podem estar até mesmo fora do país. Assim, a própria ES induz a inovação tecnológica com modelos de gestão que igualmente produzam inovação em suas práticas gerenciais (FABRICIO, 2002).

Com a evolução tecnológica, das telecomunicações associadas à informática, é cada vez mais comum a estruturação de redes de trabalho estabelecidas entre profissionais geograficamente distantes utilizando as tecnologias complexas e poderosas como apoio ao trabalho que está sendo desenvolvido. Essa facilidade é essencial para consolidar projetos com colaboradores de distintos locais do Brasil e do mundo eliminando a fragmentação que tem dificultado muito a área da construção civil (FABRICIO, 2002).

2.3.5 Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea

O processo sequencial tem sido mais comumente utilizado na elaboração de produtos e projetos e a transição do processo sequencial para o processo integrado e multidisciplinar é um dos seus objetivos, com a finalidade de otimizar a abordagem tradicional, aprimorando o desenvolvimento dos projetos para, ao mesmo tempo, evitar alterações tardias (PINHEIRO, 2018, p. 32-33). Em razão do nível de complexidade na área da construção civil, a construção normalmente é utilizada de forma fragmentada e requer profissionais mais bem qualificados, sem contar na integração e comunicação que é essencial entre os envolvidos evitando divergências no fluxo de informações e na perda da possibilidade de discutir soluções para problemas menores em compatibilidade (PINHEIRO, 2018).

O maior destaque na Engenharia Simultânea é sua nova forma de abordar o projeto desde sua concepção até sua execução, uma vez que a busca pela qualidade, agilidade e eficiência aumentou a demanda no mercado competitivo, sem contar que o processo de construção deve se basear na correspondência de tarefas e integração dos participantes com a composição de equipes multidisciplinares (PINHEIRO, 2018, p. 24).

Em relação aos fatores que irão caracterizar as concepções entre Engenharia Sequencial e Simultânea, diversos estudos demonstram que 80% dos custos de manufatura são definidos no decurso do desenvolvimento do produto. Considerando a economia globalizada, a própria sobrevivência da empresa é determinada pelo mercado imposto por meio dos mecanismos de mudança (BEDWORTH et al., 1991; BOOTHROYD et al., 1993).

Segundo os estudos de Silva (1997, p. 5), diversos autores como, por exemplo: Kruglianskas (1992), Bedworth (1991), Boothoyd (1993), Lee (1992), Anon (1990), Sapoznik (1993), Wheelright e Clark (1992) apontam fatores agrupados em cinco grandes áreas inter-relacionadas, conforme demonstrado na Figura 4 que segue:

Figura 4: Fatores que caracterizam os conceitos de Engenharia Sequencial e Simultânea



Fonte: Silva (1997, p. 5)

A primeira área abordada é a comunicação que deve existir entre: cliente, marketing, fornecedores, desenvolvimento, produção, planejamento e manufatura. Trata-se de um fator imprescindível, considerando que dá informações que irão se basear as tomadas de decisões (se a comunicação não for assertiva, as decisões serão as piores ou adiadas), considerando que a discussão promovida entre as partes envolvidas traz outras perspectivas sobre o projeto e as distintas disciplinas que o projeto abrange fica condicionado ao seu próprio nível de complexidade definindo critérios de infraestrutura de comunicação.

A segunda área abordada é a organização, neste fator existem quatro estruturas que prevalecem, são elas (WHEELRIGHT; CLARK, 1992 *apud* SILVA, 1997):

→ Grupos Funcionais: se definem pela organização em departamentos onde as pessoas são reunidas por especialidades ou disciplinas orientadas por um gerente funcional que detém o poder de decisão e a responsabilidade por um projeto passa de forma sequencial de uma função para outra.

→ Times ou Equipe “Peso-leve”: as pessoas agregadas ao time permanecem fisicamente nas suas áreas funcionais, entretanto, cada função determina um integrante para representá-la frente ao grupo de coordenação do projeto. Os representantes trabalham conjuntamente com o gerente de projeto “peso-leve”, e este se responsabiliza por coordenar as atividades das distintas funções (o gerente de projeto “peso-leve” não tem autonomia sobre as pessoas e recursos reservados ao projeto, que permanece com os gerentes funcionais) (p. 6).

→ Times ou Equipes “Peso-pesado”: se refere a uma alteração na relevância dos gerentes funcionais para o coordenador do projeto. O gerente deste projeto “peso-pesado” acessa diretamente o trabalho de todos os componentes que trabalham no empreendimento; normalmente está em uma posição hierárquica mais alta e o grupo que ele lidera está totalmente dedicado. Tem como características de coordenação e integração que podem ser consideradas extensas, comparando com um gerente de projeto “peso-leve” que tem uma atuação mais restrita.

→ Times ou Equipes Autônomas: integrados por pessoas de distintas áreas funcionais que são dispostas junto ao time de projeto, permanecendo fisicamente próximas. Neste caso, o líder de projeto é “peso-pesado”, que tem controle total sobre todos os recursos destinados ao projeto, respondendo pelas contribuições dos membros do grupo. O time tem suficiente autonomia, e geralmente não exige que obedeça às práticas da organização (os membros fazem seus próprios procedimentos). Esse grupo de projeto requer de todos uma relativa capacidade de “auto-organização”, em consonância com a autonomia que lhe é dada (cabe a alta administração a provisão de recursos e infraestrutura, apoio e diretrizes gerais, mas é de competência do grupo estabelecer as estratégias que utilizará).

→ Registros: facilitam a comunicação e formalização do domínio tecnológico do desenvolvimento de produtos, uma vez que uma base de dados possibilita agilizar o processo de decisão, permitindo, assim, captar permanentemente as informações dos produtos durante: desenvolvimento, manufatura e serviços de campo, proporcionando um crescimento do processo de desenvolvimento de produtos com o tempo.

→ Atitudes: desenvolver uma perspectiva abrangente e uma postura aberta e consciente de que todos tem a capacidade de contribuição para que o projeto tenha bons resultados, aceitando críticas e sugestões, visando promover o envolvimento, confiança e comprometimento, pois tais fatores são essenciais para prover soluções que tragam pleno êxito ao projeto. Este tipo de postura deve ser apoiado pela alta administração.

→ Sobreposição de Atividades: corresponde a combinação de ações realizadas ao mesmo tempo, isto é, iniciar uma atividade antes de completar sua fase predecessora. Na maneira tradicional, os conhecimentos são desenvolvidos até que certo assunto esteja esgotado, só então se passa para o estágio seguinte. Esta estrutura possibilita começar mais cedo possível, conseqüentemente abre precedentes para pessoas que em um esquema sequencial, não podiam questionar e contribuir com o que lhes era fornecido, poderem fazê-lo; mas, a sobreposição de atividades atinge de forma significativa a forma como as informações são acumuladas.

→ Sistemática: se define como a forma que a empresa usa para desenvolver seus produtos. De acordo com a trilogia de Juran (1986 *apud* SILVA, 1997), existe um padrão para o sistema de desenvolvimento de produtos: planejamento, controle e melhoria. O planejamento se define como a atividade de criar metas de qualidade e desenvolver os produtos e processos que correspondam a estas metas; o controle se designa como o ato de avaliar o desempenho real, comparando seu desempenho com as metas, agindo na diferença encontrada. É pertinente que se observe o nível de controle requisitado depende mais da dimensão do projeto que o tamanho da empresa, uma vez que corrobora com a identificação prévia de problemas e consequente diminuição do retrabalho.

Nesta estrutura é importante lembrar que a forma de o conduzir pode ser prejudicial e o fator de melhoria visa majorar o desempenho no desenvolvimento dos produtos de forma inesperada, consistindo, ainda, em criar a infraestrutura que garanta e prime pela melhoria, identificando as necessidades específicas de melhoria e estabelecendo para cada projeto, uma equipe com responsabilidade para conduzi-lo a um êxito na provisão de recursos, motivação e treinamento necessários para que as equipes consigam diagnosticar as causas, assegurando seu efetivo bloqueio (JURAN, 1986 *apud* SILVA, 1997).

Dessa forma, o desenvolvimento do projeto na Engenharia Simultânea é realizado paralelamente com o desenvolvimento do produto; na Engenharia Sequencial, existe deficiência no intercâmbio de informações de cada etapa, faltando integração entre elas, sendo que a consequência destes fatores, será somado a retrabalhos que produzirão prejuízos no tempo e no custo da obra e no sistema de elaboração sequencial (utilizado tradicionalmente), cada um dos projetos é realizado isoladamente, por equipes de trabalho distintas, sem incorporar um ao outro, mesmo se tratando do mesmo empreendimento. No final da elaboração dos projetos, é necessária a criação de um processo de compatibilização para analisar e unir todos, com a finalidade de prover soluções de conflitos entre os sistemas projetados (PINHEIRO, 2018).

Outrossim, a elaboração do projeto de compatibilização requer muito tempo para seu desenvolvimento, e, muitas vezes, a solução dos conflitos demandam revisões nos projetos iniciais, requerendo mais tempo e a morosidade causada pelo processo vai reduzindo a qualidade e nível de detalhes, prejudicando o começo e/ou andamento das obras. Assim, o processo de desenvolvimento do produto final será o fator de diferenciação entre a Engenharia Simultânea e a Engenharia Sequencial (PINHEIRO, 2018).

2.4 IMPLANTAÇÃO DA TECNOLOGIA BIM EM EMPRESAS DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Com a globalização dos mercados, ficaram mais acirradas as pressões sobre as mudanças necessárias, assim, o conceito sobre modelagem do produto se destacou mais no final da década de 70 e, para encontrar a otimização dos processos, se tornou primordial uma abordagem integrada em relação às distintas dimensões associadas ao produto, com a finalidade de alcançar um mercado sempre mais rigoroso quanto a prazos, qualidade e custos. Isto posto, a modelagem surge como ferramenta salutar que auxilia na concepção, validação e construção do produto, assegurando a ampliação e a perpetuação dos negócios (AYRES, 2009).

As novas tecnologias têm adentrado o espaço dos canteiros para modernizar o desenvolvimento e planejamento de um empreendimento, e vem suprindo a necessidade de que os empreendimentos sejam sempre mais lucrativos e ambientalmente sustentáveis. Para tanto, um dos maiores desafios ainda é diminuir as perdas reduzindo o entulho gerado e a probabilidade de que o custo da obra seja mais alto do que o orçado.

Nesta perspectiva, os projetistas são essenciais para reduzir estas perdas, utilizando projetos bem detalhados o quanto seja possível, pois se trata de uma das maiores patologias para a edificação (ÁVILA, 2011). Assim, para reduzir as perdas consequentes de erros no projeto, como mencionado anteriormente, se deve ter uma ação integrada entre os projetos, amalhando o maior conhecimento dos projetistas acerca das normas vigentes, novas tecnologias e sobre o processo produtivo.

No setor de construção civil tem sido constante o aumento dos índices de retrabalho e uma das causas se deve a inexistência ou insuficiência de informações precisas para compatibilizar os projetos e o BIM vem trazer maior conhecimento a nível teórico-prático que amplia o conceito sobre organização e produtividade. Em razão de ser um sistema inovador que abrange evolução e superação das empresas, alcança notoriedade contribuindo para manter um potencial competitivo com as grandes concorrências e para toda a sociedade com melhoria de qualidade de vida. Assim, trata-se de um estudo relevante para a comunidade acadêmica, uma vez que por meio do BIM será possível compreender a evolução, superação e vantagens em se o utilizar.

Com o lançamento de novos softwares, com metodologias para elaborar projetos e novas técnicas construtivas mais rápidas que operam com eficiência, seu diferencial busca reduzir e reutilizar seus resíduos, atendendo sempre às melhores condições de segurança no trabalho,

fornecendo feedbacks da construtora no que concerne à qualidade, facilidade da implementação do projeto, quantidade das especificações e maiores detalhamentos.

A Modelagem da Informação da Construção (BIM) oferece uma plataforma bem versátil e integrada, permite às equipes alterações no escopo dos projetos, eliminando a etapa de compatibilização e evitando adequações posteriores, sem contar que, o acesso as informações ocorrem mais rapidamente e tem mais confiabilidade.

Os sistemas que tem por base a tecnologia denominada BIM (modelagem de informação da construção), buscam transformar esta situação, agregando uma infinidade de informações ao projeto que permitem detectar erros produzindo melhorias, minimizando-os consideravelmente para compatibiliza-los, embora algumas dificuldades não sejam detectadas ou algumas mudanças sejam requeridas durante a etapa de construção, são detectadas interferências preliminares onde o BIM oferece uma reação rápida à essa situação (EASTMAN et al., 2018).

Existem autores que não entendem o BIM como uma tecnologia, tendo como conceito a disponibilização de ferramentas para organização com o gerenciamento da informação, no decurso integral da existência da construção (HILGENBERG et al., 2012). É bem mais adequado como conceito, considerando que existe a demanda por uma mudança completa no sistema para tornar possível vincular a tecnologia de modelagem aos seus processos associados (EASTMAN et al., 2018).

Dessa forma, o BIM, ainda atua na metodologia e constante qualificação do fornecedor, aplicando melhor layout ao canteiro, padronizando os métodos de recebimento e armazenamento de insumos, garantindo maior transparência e segurança nas informações disponibilizadas.

No âmbito da construção civil, com a progressiva ampliação da complexidade dos processos, estimulando a premência em absorver uma mentalidade industrial, para conseguir aplicar soluções adotadas na indústria da manufatura. Assim, o entendimento acerca da modelagem de produto aplicada por outras indústrias originou o conceito BIM, que visa a integração completa dos processos que se relacionam com a construção do produto, conforme se poderá observar na abordagem neste item.

2.4.1 Definição e panorama geral da implantação da tecnologia BIM

A definição de BIM (*Building Information Modeling*) ou Modelagem da Informação na Construção reflete um novo arquétipo na indústria da arquitetura, engenharia e construção, e é constituído por um processo integrado por um modelo virtual tridimensional

paramétrico, com a disposição de ferramentas CAD “inteligentes”, interoperabilidade e cooperação entre os profissionais envolvidos, o que possibilita a elaboração e o gerenciamento das informações sobre a construção durante todo ciclo de vida do projeto (MELO, 2014).

A modelagem se define pela construção de representações de fenômenos ou sistema, e tem a finalidade de entender melhor seu caráter prevendo como se comporta. O BIM tem a capacidade de propor a construção de um modelo digital com diversas variáveis que podem ser submetidas a testes como: energia, estrutura, custo, forma etc., entretanto, o modelo não é constituído somente por imagens geométricas 3D, estas se complementam com informações transformando-o em um modelo nD (peso, resistência, preço, fabricante etc.); assim, por exemplo, o modelo de um edifício demonstra as especificidades físicas e funcionais dos elementos integrantes da edificação, representadas em ambiente multidimensional de forma que elas sejam testadas e otimizadas antes da construção. Assim, os sistemas que se baseiam na tecnologia BIM possibilitam a gestão da informação durante o ciclo de vida completo da edificação, por meio de um banco de dados respectivos a um projeto, que, por sua vez, é integrado à modelagem em três dimensões (COELHO, NOVAES, 2008; EASTMAN et al. 2018; AYRES, 2009).

A modelagem BIM é simplesmente uma representação digital de uma edificação que combina informações tridimensionais e não-geométricas que, estando associado com as durações das atividades ou estágios da construção resulta no modelo BIM 4D que pode ser usado para a projeção e planejamento de sistemas de produção de construções por meio da visualização do plano de execução da obra (BIOTTO et al., 2015). A imagem demonstrada de uma obra em BIM 4D mostra uma visualização da realidade sequencial de construção, que conecta e interliga profundamente particularidades temporais e espaciais.

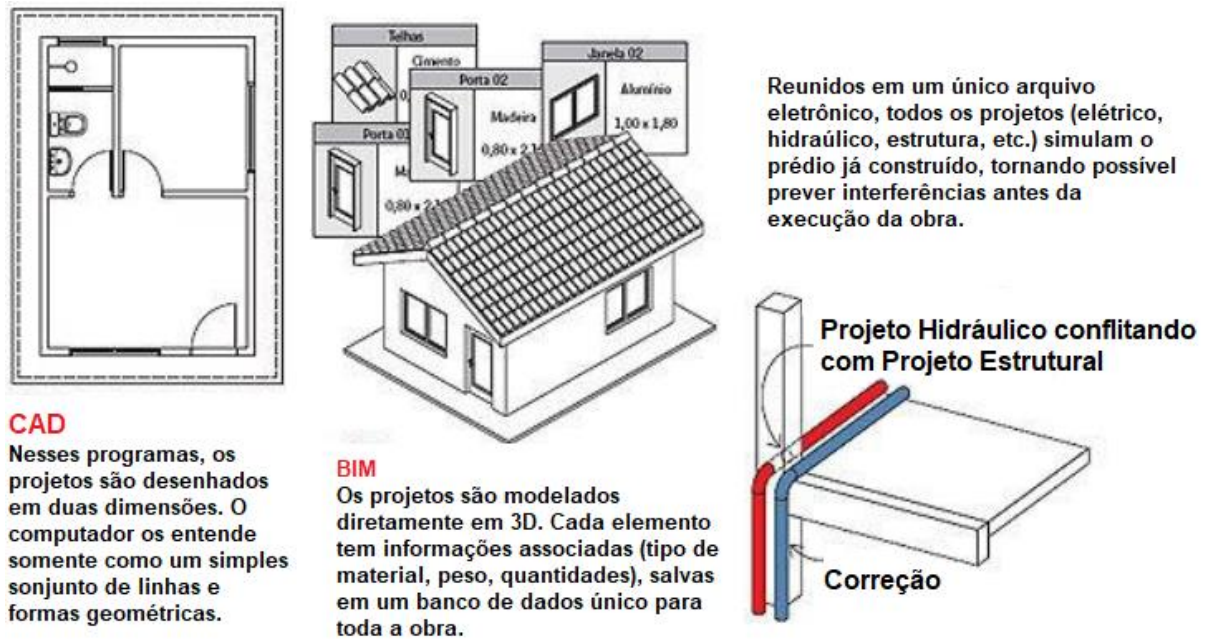
Outro benefício que o BIM possibilita é a integração de informações em projetos 3D, correspondentes ao calendário das atividades, característica de materiais, custos e análise de interferências no projeto e entre projetos, corroborando para a melhoria do desenvolvimento do projeto (BRITO; FERREIRA, 2013). Nesse sentido, os objetos que constituem o modelo, tais como: paredes, pilares, sapatas, lajes, vigas etc. tem características e propriedades específicas que são parametrizáveis.

No ambiente BIM, a parametrização representa a atribuição das relações de vizinhança aos diversos elementos que integram o modelo e, por meio da compatibilização das distintas disciplinas do projeto, é possível reconhecer previamente as incompatibilidades conduziram a possíveis erros na execução ampliando os custos de materiais e de mão de obra acarretando atrasos no cronograma alterando a entrega final da obra.

Nesta perspectiva, o BIM é essencial para a área da construção civil, independentemente da extensão ou finalidade (FREITAS, 2014; GONÇALVES, 2014; MELO, 2014).

Freitas (2014, p. 9) fez uma breve comparação entre projetos mais rudimentares no CAD e um projeto BIM que pode ser observado na Figura 5, conforme segue:

Figura 5: Comparação Entre um Simples Projeto de CAD e um Projeto de BIM



Fonte: Autor, 2021 (Adaptado Freitas, 2014, p. 9).

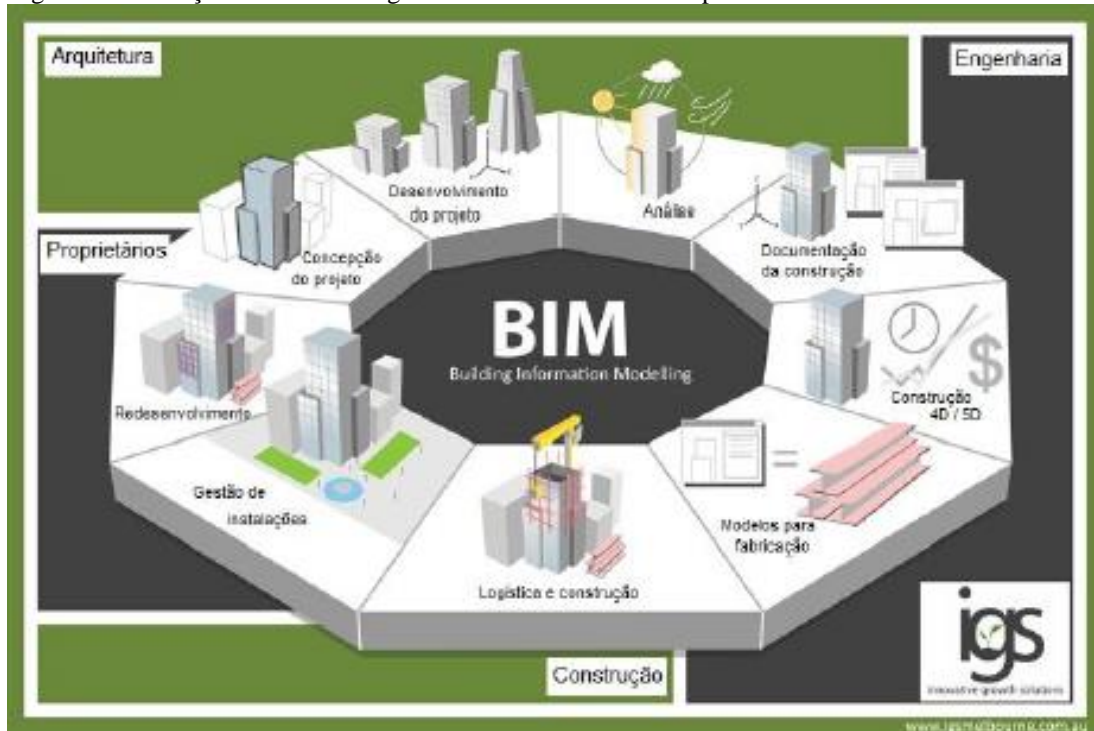
De acordo com o que foi verificado, a Figura 5 demonstra a quantidade de informações e especificidades que podem ser integradas em um projeto, bem como, da mesma forma, demonstra as possíveis incompatibilidades que podem ser verificadas ainda na fase de desenvolvimento do projeto, possibilitando uma readequação antes de seguir para a produção.

Segundo os estudos de Biotto (2015, p. 81) acerca da utilização da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção, foi verificado que as principais vantagens proporcionadas por esta tecnologia são: aumento da comunicação, que propicia uma integração de informações dentre os integrantes das equipes; entendimento sobre as inter-relações entre as decisões tomadas pela gestão da produção (especialmente no projeto do sistema de produção); possibilidade de simular diversas opções de cenários mais rapidamente.

O processo de desenvolvimento de projetos abrange diversos aperfeiçoamentos e uma gama de informações que devem ser interligadas a etapa subsequente (AYRES, 2009).

Considerando a quantidade de informações é primordial que sejam bem gerenciadas, conforme se pode verificar na Figura 6, adaptado de Goes et al. (2020, p. 112):

Figura 6: Utilização do Bim ao longo do ciclo de vida de um empreendimento.



Fonte: Goes et al., 2020.

A vertiginosa expansão da concepção de BIM está associada às capacidades da aplicação informática em diversos aspectos, os quais se se pode mencionar usabilidade, informática e qualidade; pois, com o progresso tecnológico, emergiu a necessidade de otimizar os processos de trabalho na construção civil e da competitividade do mercado nas empresas de informática, que também estimulou o desenvolvimento de diversas plataformas BIM.

Atualmente, existem diversas alternativas de aplicação do BIM, revelando cada vez mais o interesse do mercado nas suas funcionalidades, uma vez que ele é mais que uma simples ferramenta e é útil para aplicar os conceitos da engenharia simultânea. Em outras palavras, ele pode ser encarado como a consolidação da engenharia simultânea, considerando sua capacidade para incorporar a qualidade, pois gerencia a informação no ciclo de vida completo de um empreendimento por meio do seu banco de dados (FREITAS, 2014).

Outrossim, concomitantemente, produz integração e simultaneidade entre o processo e a equipe multidisciplinar, antecipando e testando as decisões tomadas por meio de simulações. A metodologia deste programa se traduz em uma mudança de padrão, onde o

conceito do projeto começa a ser construído em equipe, baseada em um modelo de informações alimentado por todos os seus intervenientes (PRETTI, 2013; GONÇALVES, 2014).

A utilidade multifacetada do BIM na indústria AEC é notória, especialmente pela sua capacidade de auxiliar na integração dos processos e projetos que elimina ineficiências e exorbitâncias, o que aumenta a colaboração e comunicação entre equipes, pela otimização de resultados e produtividade reduzindo os custos e o tempo de execução (CAMPBELL, 2007; EASTMAN et al., 2018).

O uso dos modelos 3D facilita e oferece maior acessibilidade aos envolvidos, não limitando outras pessoas que não tenham o conhecimento sobre as simbologias e representações de desenho, contribuindo para soluções mais niveladas às respectivas necessidades do projeto proposto (KYMMEL, 2008).

Sendo, ainda, esta uma tecnologia inovadora, o número de profissionais que a utilizam amplamente o BIM ainda é reduzido, razão pela qual permanecem isolados os investidores desta tecnologia o que acarreta a utilização insipiente das suas funcionalidades (CAMPBELL, 2007).

É pertinente destacar as questões legais ligadas ao BIM e é necessário que se encontrem as respectivas soluções para atribuir a quem pertence o modelo e a responsabilidade exata do conteúdo das informações, uma vez que a contínua atualização do modelo (ainda no decurso da obra e uso do edifício) faz necessária a elaboração de contratos que assegurem os direitos autorais dos respectivos projetistas, porém que possam permitir a incorporação de novas informações e o acesso ao modelo a todos os integrantes do processo (KYMMEL, 2008).

Entretanto, a visualização 3D disponibilizada pelos softwares do BIM e seus benefícios, também se torna um forte empecilho para quem elabora os projetos, pois a facilidade das visualizações também indica com clareza os impedimentos e incompatibilidades o que requer respostas de imediato (KYMMEL, 2008). Neste sentido, as ferramentas BIM ainda demandam um certo nível de conhecimento projetual, ou seja, a tecnologia da construção do usuário para a elaboração do modelo e, somado a isso, a “distância tecnológica” que existe entre o que é ensinado nas universidades e o mercado de projeto torna mais complexa a contratação de profissionais especializados.

Assim, maioria das atividades executadas pelas equipes do projeto durante a vida útil do empreendimento libera uma lacuna que facilita sua classificação em distintas camadas de informação representando o grau de informações e funcionalidades do modelo, e seu contexto de utilização todo o seu ciclo de vida. A literatura atual aponta as dimensões do BIM

do 3D ao 7D e demonstram, respectivamente: o tempo, o gerenciamento, a forma, a sustentabilidade, os custos das instalações, conforme se pode observar na Figura 7 que segue:

Figura 7: As dimensões do BIM.



Fonte: Biblus, 2018.

Além de diversos desenhos em 3D, o BIM proporciona uma gama de informações que são consideradas como dimensões. Segundo seu artigo publicado na internet, Neil Calvert (2021) explica que o BIM conta com variadas camadas de informações, definidas como dimensões, onde um modelo pode ser 4D, 5D, 6D, 7D de acordo com seu contexto da sua utilização. Assim, o mesmo autor classifica em 7 dimensões, conforme segue:

- 2D Gráfico: se refere as dimensões do plano representando graficamente as formas do empreendimento;

- 3D Modelo: possibilita a visualização dos objetos de forma dinâmica gerando uma dimensão espacial do plano. O modelo 3D pode ser utilizado para visualizar a perspectiva de um empreendimento, seja na pré-fabricação de peças, ou em simulações de iluminação, onde cada componente em 3D conta com atributos e parametrização capazes de caracterizá-los como parte de uma construção virtual real, não somente uma representação visual;

- 4D Planejamento: acrescenta a dimensão tempo ao modelo, apontando quando cada item será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza, ainda, a disposição do canteiro de obras, a preservação e mobilidade das equipes, os equipamentos utilizados e outras questões cronologicamente relacionadas;

- 5D Orçamento: acrescenta a dimensão de custos ao modelo, demonstrando o valor cobrado por cada parte da obra, com a alocação de recursos em cada etapa do projeto e como

irá impactar o orçamento e o controle de metas da obra em harmonia com os custos correspondentes;

- 6D Sustentabilidade: acrescenta a dimensão energia ao modelo, calculando e qualificando a energia usada na construção, a que será consumida no seu ciclo de vida com seu respectivo custo, paralelamente à 5ª dimensão (neste caso, a energia pode estar diretamente ligada ao impacto físico do projeto, no contexto em que está inserido);

- 7D Gestão de Instalações: acrescenta a dimensão de operação ao modelo, nela, o usuário final pode coletar informações do funcionamento total do empreendimento, suas especificidades e procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

No Brasil, a primeira vez que o BIM foi utilizado foi em 2002, com a utilização do escritório do arquiteto Luiz Augusto Contier e, a partir de então, a plataforma tem avançado lentamente, focando na etapa de projeto de edifícios do setor privado (RADÜNS; PRAVIA, 2013). Entretanto, a utilização do BIM nas obras de infraestrutura tem demonstrado participações mais reservadas, sendo, assim, geralmente lideradas por grandes contratantes do setor público, destacando empresas como: a Petrobras, a Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro (CEDURP) e o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) (estas empresas condicionam a utilização da plataforma como exigência nos processos de licitação).

Segundo uma pesquisa realizada por Barreto (2016, p. 05), foram entrevistadas 100 empresas do ramo de AEC, mas somente 39 destas informaram utilizar o BIM continuamente desde o início da implementação desta tecnologia; 31 empresas continuaram utilizando e dentre as demais empresas, o estudo informou que: 8 empresas argumentaram a utilização da plataforma somente no seu período de testes, mas 69 informaram não ter nenhuma experiência no desenvolvimento de projetos em BIM, conforme ele demonstrado na Figura 8, que segue:

Figura 8: Resposta das empresas à seguinte pergunta: Na sua opinião, o quanto você acha que o BIM está presente no mercado brasileiro?



Fonte: Barreto et al., 2016.

Dessa forma, segundo informado, a concepção destas empresas sobre o mercado brasileiro ainda indica uma preferência pelo uso de processos tradicionais em detrimento do uso do BIM, uma vez que 51 destas acham que somente um percentual mínimo de 20% dos projetos no país utilizam esta tecnologia. Para Barreto et al. (2016) o principal fator limitante para a implementação e difusão do BIM é a forma como o ensino sobre esta tecnologia é desenvolvido nas universidades do país.

De acordo com Ruschel, Andrade e Morais (2013 *apud* Barreto et.al, 2016), estudos sobre modelagem da informação ainda é muito rudimentar, básico e limitado e as experiências de ensino direcionadas para ferramentas de gerenciamento e simulação são pouco exploradas, o que impossibilita uma abordagem mais abrangente sobre o ciclo de vida da edificação.

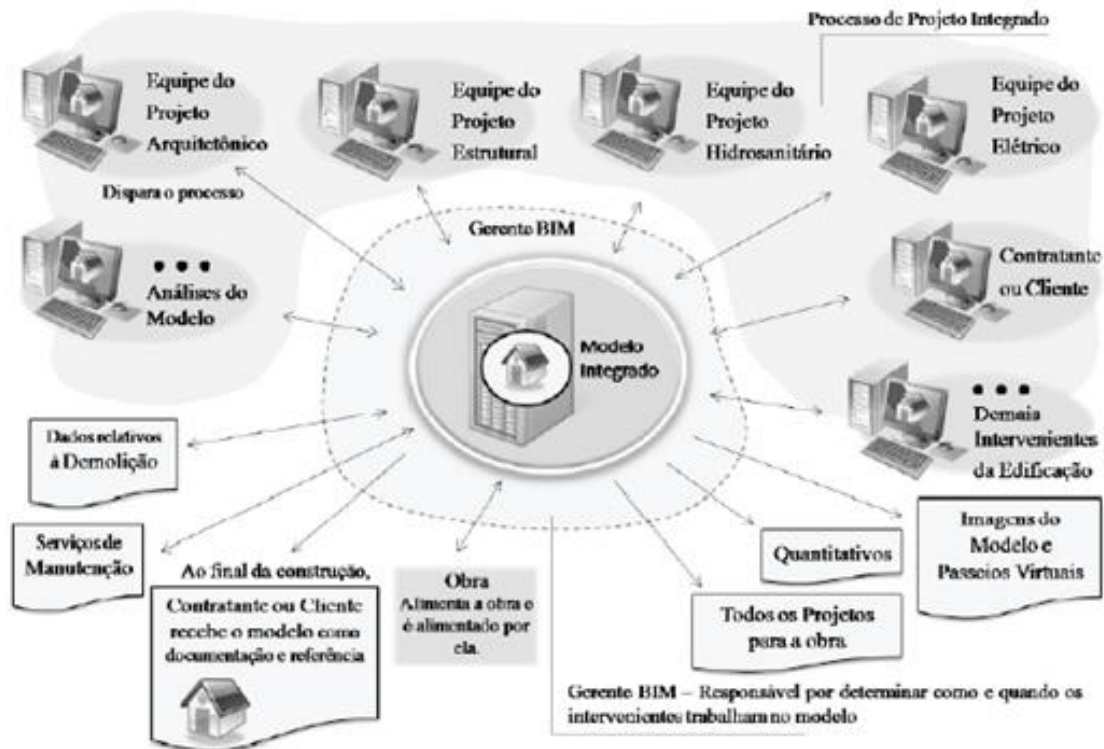
Dessa forma, fica evidente que a indústria da construção só poderá contar com uma evolução efetiva do BIM quando for critério do contratante ou mesmo quando, pela concorrência do mercado, construtores e projetistas o utilizem para se manterem competitivos no mercado (KYMMEL, 2008). Outrossim, apenas a integração de novos softwares não conseguirá provocar mudanças efetivas nos processos deste setor, para tanto, é necessária a colaboração dos integrantes seja no planejamento, projeto, construção e fornecimento, para que todos fiquem mais nivelados para aproveitarem as inúmeras possibilidades no uso do BIM (KYMMEL, 2008).

2.4.2 Gestão de Obras: obtenção de dados e Interoperabilidade

Uma das maiores potencialidades na utilização correta dos softwares BIM é a mudança do cronograma de obras, principalmente porque o arquivo BIM trata de um protótipo que gera plantas, cortes e elevações, economizando um tempo que seria para executar os desenhos e eliminar as inconsistências existentes entre estes, uma vez que se trata de desenhos gerados com base em um modelo.

O BIM causa diretamente um enorme impacto na obra e em todas as etapas de implementação, enquanto na plataforma CAD é observável que o anteprojeto é construído rapidamente e o projeto executivo e obra são mais lentos, porém quando se utiliza o BIM, é perceptível que a fase do anteprojeto se estende principalmente porque a maior parte das decisões são tomadas nessa etapa. Segue a visualização sobre o funcionamento de um projeto e obra em BIM, segue o exemplo adaptado de Hippert e Araújo (2009, p. 5) na Figura 9:

Figura 9: Esquema de funcionamento de um projeto e obra em BIM



Fonte: Hippert e Araújo (2009).

Assim, as etapas da obra são guardadas para a execução propriamente dita, distintamente dos projetos que são executados em CAD, e que, na maior parte das vezes, os problemas são solucionados apenas na obra, seguramente com soluções que seriam mais salutares se descobertas ainda na etapa do planejamento.

Segundo explica Baroni (2011, p. 2): “o processo de implantação do BIM no mercado de edificação residencial e comercial está em desenvolvimento e precisa de melhorias para que possa de fato propiciar avanços à construção civil brasileira”. Isso ocorre porque, enquanto os fatores tecnológicos e de interesses comerciais exigem a interação integral da cadeia produtiva com a fundação de bibliotecas que aproximem as informações virtuais à realidade apresentada e, para tanto, é imprescindível que se use todo o potencial disponibilizado pela ferramenta.

Quanto ao funcionamento em si, todo conteúdo é incluído em um banco de dados de um modelo virtual, tridimensional e parametrizado que integrando através da interoperabilidade e auxílio das demais disciplinas do processo do projeto, permitindo a compatibilização entre estas, identificando boa parte das falhas que somente seriam encontradas já na execução. Depois que os erros são eliminados, são reduzidas as possibilidades de fatos inusitados e improvisos e, ainda, a simulação virtual das fases construtivas, possibilita um planejamento eficaz e ampla de toda a logística do projeto de forma interativa com todo o

canteiro, reduzindo significativamente o prazo de execução e os custos finais do empreendimento (ROCHA, 2011).

Dessa forma, é compreensível que a tecnologia BIM, por meio do 3D digital gerado, integra uma robusta e confiável base de dados, que propicia um suporte à tomada de decisões no decurso de todo ciclo de vida da edificação, começando pelo seu conceito indo até sua demolição (se ocorrer), possibilitando que se planeje, teste, coordene, quantifique, verifique interferências e se possa recuperar informações virtuais em qualquer fase de existência do empreendimento se transforma em um banco de dados para acesso a todas as equipes envolvidas, ao longo de todas as fases da construção (ADDOR et al., 2010; DELATORRE, 2011).

De acordo com Eastman et al. (2018), a definição do BIM não se relaciona com um tipo software, uma vez que um só software com aplicativos para o atendimento de todo o ciclo de vida de uma edificação seriam muito complexos. Assim, a criação de modelos BIM acontece em um sistema constituído por diversos tipos de aplicações, com distintas finalidades (IBRAHIM et al., 2004).

As principais características que diferenciam o BIM dos sistemas tradicionais de CAD são a modelagem paramétrica e a interoperabilidade, principalmente por causa da gama de informações compartilhadas no processo de desenvolvimento do produto, onde é necessária a expansão desta interoperabilidade, otimizando o intercâmbio de dados entre os sistemas com conhecimento de linguagem e formato (EASTMAN et al., 2008).

Segundo Ayres (2009, p. 65) desde que o computador começou a ser utilizado na construção civil foi gerada a necessidade de integrar os dados de distintos aplicativos. Em 1994, a Autodesk associou um grupo de empresas americanas que se denominaram como *Industry Alliance for Interoperability* com a finalidade de desenvolver aplicativos integrados. Tempo depois esta reunião se reconstituiu como uma organização sem fins lucrativos para desenvolver padrões independentes, ou neutros, para a interoperabilidade dos softwares usados na construção civil e alteraram sua nomenclatura para *International Alliance for Interoperability* e seu modelo de dados neutro é conhecido como *Industry Foundation Classes* (IFC) (EASTMAN et al, 2018).

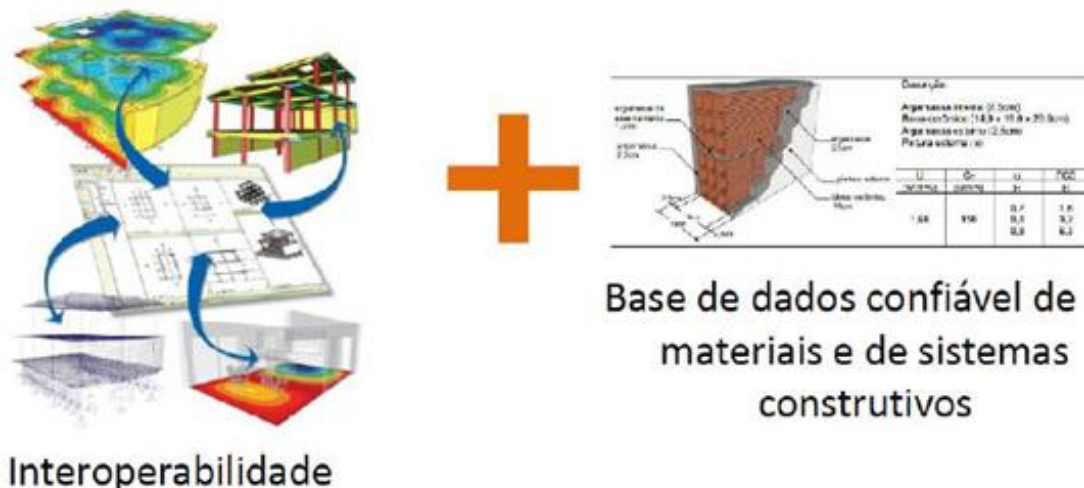
Assim, ao longo do tempo, a Interoperabilidade foi se definindo como a capacidade de intercambiar dados entre aplicações, amenizando os fluxos de trabalho e, muitas vezes facilitando a sua automatização, onde cada aplicativo conta com uma linguagem própria, contanto que a alteração de dados do produto seja liberada, independente de fabricantes (a

interoperabilidade não necessita copiar os dados gerados de forma manual em outra aplicação) (EASTMAN et al, 2018).

Para que possa existir uma boa interoperabilidade, é fundamental que seja implementado um protocolo para trocas de informações entre os aplicativos durante todo o processo. Os dois principais modelos de trocas de dados do domínio público neste setor são o *CIMsteel Integration Version 2 (CIS/2)* e o *Industry Foundation Classes (IFC)*, onde o CIS/2 é um formato para ser usado em projetos e na fabricação de estruturas em aço e o IFC é um formato neutro, com especificações padronizadas para o BIM (ANDRADE; RUSCHEL, 2011).

A Figura 1 mostra uma simulação BIM, a interoperabilidade entre diferentes disciplinas quando conciliada com o banco de dados, conforme segue:

Figura 10: Simulação do BIM



Fonte: GDP (2012).

A interoperabilidade se define como o intercâmbio de informações e dados entre aplicativos no decurso do projeto, nem como a devida capacidade de identificação. Dessa forma, a interoperabilidade ocorre quando dois ou mais sistemas são capazes de proceder o intercâmbio de dados entre si, sendo que, depois pode utilizar normalmente a informação recebida (EASTMAN et al., 2018; MARTINS; MONTEIRO, 2010). Esta troca possibilita aos profissionais envolvidos conseguirem acesso e realizar alterações de dados do protótipo em consonância com as especificações projetadas de forma eficiente e cooperativa.

Para que se identifique e consiga trocar estas informações são usados arquivos de dados de produtos que tenham protocolos específicos, a saber o Industry Foundation Classes (IFC), por exemplo; a definição do BIM não está vinculada com nenhum tipo de software, somente o que tivesse aplicativos que atendessem o ciclo de vida completo da edificação, mas

estes poderiam ser “complexos e rígidos demais”, pois a elaboração de modelos BIM só pode ocorrer partindo de um sistema constituído por muitos tipos de aplicações que tenham distintas finalidades (IBRAHIM et al., 2004; RUSCHEL, ANDERY, 2010; EASTMAN et al., 2018).

Nesta perspectiva, após a explicação anterior, este termo define que além da troca de dados entre aplicações, é capaz de suavizar os fluxos de trabalho e, podendo, inclusive, facilitar a sua automatização. Assim, cada aplicativo tem sua própria linguagem, desde que seja livre o intercâmbio de dados, independentemente dos fabricantes, uma vez que a interoperabilidade supera a demanda em fazer a cópia de dados que já foram gerados de forma manual em outra aplicação (EASTMAN et al, 2018).

A interoperabilidade pode ser explicada como um processo que abrange muitas etapas, com distintos participantes, e que precisam do intercâmbio de informações ao longo de todo ciclo de existência do projeto. Entretanto, apresenta fatores restritivos no uso do BIM durante sua projeção, que é exatamente os baixos níveis do intercâmbio de informações (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Assim, é imprescindível que, para alcançar o bom desenvolvimento, os intercâmbios de informações devem estar funcionando completamente, isso facilitará muito sua implementação.

Outrossim, a interoperabilidade proporciona que os modelos BIM consigam exportar o modelo geométrico, quantitativos e produz a efetividade da comunicação, propiciando que todas as informações sejam veiculadas em todas as distintas partes do edifício, suprimindo as respectivas necessidades de cada profissional envolvido (KRYGIEL; NIES, 2008). Nesse sentido, para que exista uma boa interoperabilidade, é primordial que seja implementado um protocolo específico que promova este intercâmbio entre os aplicativos durante o processo integral do projeto.

Dessa forma, entenda-se que a falta ou dificuldade de comunicação entre os participantes envolvidos é um dos principais problemas na projeção e construção de uma obra, uma vez que todos os profissionais envolvidos, sejam arquitetos, engenheiros civis, eletricitas certamente tenham diferentes concepções e preocupações durante todo o projeto. Por esta razão que é imprescindível que o modelo seja geral e agregue todos os profissionais que integram o projeto como um todo (ALVES et al., 2012). Trata-se, inclusive, de um dos próprios critérios do sistema BIM no reconhecimento e troca de informações através de aplicativos que devem estar presentes ao longo de todo o processo de construção.

A escolha pela implantação da plataforma BIM na empresa de projeto presume que a pessoa que o está dirigindo tenha presente de que esta decisão abrange mudança de cultura, treinamentos, investimentos em infraestrutura, bem como revisões nos processos de trabalho.

Para que se obtenha êxito, todos devem estar envolvidos no processo desde a alta gerência até o restante de toda a equipe integrante, de forma especial se for uma equipe heterogênea, com distintos níveis de experiências profissionais e aptidões para as novas tecnologias (BIM AsBEA, 2013, p. 7).

Assim, para que exista uma boa interoperabilidade, é primordial que seja implementado um protocolo para estes intercâmbios, uma vez que, apesar das potencialidades do BIM, se deve encontrar a flexibilidade no modelo por meio do equilíbrio sem, contudo, prejudicar o fluxo do trabalho.

Conforme se pode observar, juntando todas as informações vinculadas a um único modelo, isso acaba por reduzir os erros no processo e possibilita um maior intercâmbio de informações entre todas as áreas de forma integrada (DELATORRE, 2011).

2.4.3 BIM: vantagens e desafios

Dentre as inúmeras possibilidades da tecnologia BIM, esta é capaz de permitir que se identifiquem possíveis conflitos de forma automática informando exatamente a parte que precisa de maiores detalhes. Assim, é factível que a detecção de interferências pode ser utilizada em quaisquer níveis de detalhamento e número de disciplinas (arquitetura com estrutura ou instalações) (EASTMAN et al., 2018).

Ao longo da construção, o BIM é um instrumento essencial para que falhas sejam evitadas bem como desperdício de tempo e materiais, retrabalho, uma vez que os erros e conflitos a esta altura já devem ter sido superados desde o começo do projeto. Tudo isso somado aos métodos de construção que foram determinados, planejamento em todos os períodos da obra obedecendo um cronograma financeiro, o que proporciona o melhor custo-benefício (EASTMAN et al., 2018). Outrossim, em todas as etapas, pode ser bem complexa a escolha e definição do software com a interface de modelação, pois, embora o BIM ofereça múltiplas possibilidades, cada empresa tem sua forma de implantá-lo, uma vez que é necessário que seja delimitado o objetivo da respectiva área de atuação, que pode ser de concepção de projeto, orçamentária ou de gestão da obra.

De acordo com os níveis de informações disponibilizadas no modelo, pode ser gerada uma atualização automática dos projetos complementares diminuindo o tempo de serviço das equipes de projetos e possíveis falhas, aumentando o controle sobre as mudanças do projeto (PARREIRA, 2013).

Por exemplo, quando observado o modelo 3D, verifica-se que ele também facilita a visualização do produto, especialmente para pessoas leigas que normalmente não tem o hábito de ler projetos. Assim, com uma apresentação mais clara do produto final, fica mais simples validar as especificações finais de acabamentos, de forma a evitar a alteração de revestimentos depois de sua colocação por este não corresponder às expectativas do cliente (KYMMEL, 2008, *apud* SOUZA et al., 2009).

Com o acréscimo de informações sobre custos no modelo, se pode explorar diversas alternativas de projetos mais vantajosos com maior rapidez e praticidade. Em qualquer etapa do projeto, o BIM possibilita de forma precisa, estabelecer as quantidades e espaços que podem ser utilizados para auxiliar na estimativa de custos.

Nas etapas primárias de um projeto, os pressupostos de custos tem por base fórmulas que são inseridas como quantidades de projetos significativas (o número de áreas de escritórios diversos, lugares de estacionamento, ou custos unitários por metro quadrado). De acordo com a progressão do desenho, as quantidades mais específicas ficam disponíveis e podem ser utilizadas para obtenção de maiores estimativas de custos, com maior previsão e detalhes.

Todas as partes podem permanecer cientes das implicações de custos vinculados a um projeto específico antes que ele avance para níveis que demandam mais detalhes; já na etapa final do desenho, é possível estruturar uma estimativa com precisão de custos finais (baseados nas quantidades e informações já contidas no modelo) (EASTMAN et al., 2018).

A compatibilização que parte de um modelo 3D tem mais vantagem do que o processo em 2D e com os respectivos softwares é possível sobrepor distintos projetos como instalações elétricas, hidráulicas e estruturais de forma automática, onde o programa demonstra as incompatibilidades do projeto com seus respectivos pontos conflitantes. Com este tipo de previsão ainda na etapa de planejamento é possível antecipar falhas para evitar custos desnecessários (MIKALDO; SCHEER, 2007).

Os modelos BIM, ultrapassam as representações tridimensionais do espaço euclidiano, e é caracterizado como “nD”, sendo esta uma extensão sua, que integra diversas questões de projeto de informações produzidas e necessárias durante a vida do empreendimento, como por exemplo: a acessibilidade, sustentabilidade, economia de energia, conforto térmico e acústico, custos, dentre outros. O BIM progrediu muito para extensões com 4D, 5D, 6D e 7D, partindo do seu modelo tridimensional (FU et al., 2006).

A dimensão 4D é abordada na etapa de planejamento e integra o tempo investido estabelecendo o processo de vinculação das atividades construtivas em horários e datas

predeterminadas, contendo simulações gráficas sobre o andamento da construção em tempo real. Assim, tanto os participantes do projeto quanto o empreiteiro que administra a obra, podem visualizar, verificar e interferir efetivamente sem se preocupar com o tempo.

Existem algumas ferramentas BIM disponíveis para diversos profissionais do setor AEC para que utilizem as ferramentas e insights corretos no planejamento, projeto, construção e gerenciamento da construção de edifícios e infraestruturas com mais eficiência trabalhando, assim, de forma integrada e simultânea nos seus projetos. Assim, se pode mencionar alguns, dos três principais softwares são o *Revit da Autodesk*, o *ArchiCAD da Graphisoft* e o *Bentley Architecture, da Bentley*. Para orçamento (de forma exclusiva) e planejamento, se tem o *Affinity da Trelligence* e o *DProfiler da Beck* (BARINSON; SANTOS, 2011).

Segue o Quadro 3 que visa exemplificar alguns softwares que possuem a interface BIM:

Quadro 3: Softwares BIM

Disciplinas do Projeto	Ferramentas BIM
ARQUITETURA	<ul style="list-style-type: none"> • REVIT ARCHITECTURE • ARCHICAD • VECTORWORKS • BENTLEY ARCHITECTURE • ALLPLAN • DDS-CAD ARCHITECT
ESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> • TEKLA STRUCTURAS • REVIT STRUCTURE • CAD/TQS • BENTLEY STRUCTURAL
ELÉTRICA	<ul style="list-style-type: none"> • REVIT MEP • BENTLEY BUILDING ELECTRICAL SYSTEMS • DDS- CAD ELECTRICAL
HIDRAÚLICA/HVAC	<ul style="list-style-type: none"> • REVIT MEP • BENTLEY MECHANICAL SYSTEMS • DDS - HVAC
GERENCIAMENTO DE PROJETOS	<ul style="list-style-type: none"> • NAVISWORKS • SYNCHRO • SOLIBRI
GERENCIAMENTO DE ORÇAMENTO DE OBRAS	<ul style="list-style-type: none"> • VICO SOFTWARE • VOLARE / TCPO • PRIMAVERA • MS PROJECT • TRON-ORC • ORCA PLUS

Fonte: Barinson, Santos (2011).

Depois que se define a prioridade da empresa, é pertinente que se adote um ou diversos softwares, pois, enquanto se despende esforço e tempo para conhecer e manejar a ferramenta, também se aplica um investimento que propicia a economia de tempo e custo-benefício, bem como a construção completa (ANTUNES, 2013).

O maior obstáculo ainda é encontrar profissionais qualificados e isso força as empresas a empreenderem treinamentos específicos aos seus colaboradores, porém isso demanda tempo e altos investimentos. Outrossim, ainda é necessário que seja enfrentada alguma resistência de alguns profissionais para substituir as ferramentas computacionais já utilizadas pelo sistema BIM, uma vez que este requer da equipe de projeto uma integração distinta dos moldes tradicionais de projeto (KYMMEL, 2008).

Como vantagem, se pode mencionar a habilidade de partilhar um único modelo digital integrado e consolidado do modelo BIM, pois este é capaz de sustentar todas as informações sobre o ciclo de vida do projeto na construção (CRESPO; RUSCHEL, 2007). Esta facilidade no compartilhamento de informações, ideias e ações das equipes de profissionais envolvidos no projeto divulgando o conhecimento permite uma otimização nas inter-relações profissionais sobre os objetivos do empreendimento (BLANCO, 2011).

Nesse sentido, o BIM integra muito valor no planejamento e fiscalização, quando rapidamente se identificam possíveis erros, produzindo respostas instantâneas, o que possibilita que sejam corrigidos previamente ou durante a construção da obra (MEIRIÑO; SOUSA, 2013). Uma das formas mais eficazes é o planejamento 4D, que possibilita que seja visualizado as etapas de execução em tempo real, através de um programa de visualização gráfica com o acompanhamento do cronograma; esta ferramenta facilita os melhores meios de execução da obra, assim como as possibilidades refletidas ao seu redor, com o respectivo corte de custos na sua execução, onde, com uma ação prévia se pode antecipar aos problemas incontornáveis (atrasos na entrega, dificuldades de comunicação, falta e resposta no cumprimento das atividades fiscalizadas, aumento de custos, etc) com o respectivo planejamento do processo de construção (LUKE et al., 2014).

Segundo Mienttinen e Paavola (2014, p. 85), algumas vantagens podem ser conseguidas através da implantação da tecnologia, e apontam quatro componentes que denominam como “BIM utopia”, que são: a) os dados para elaboração e construção do projeto de determinado empreendimento estarão incluídos em um único modelo BIM, com a possibilidade de serem acessados em bancos de dados distribuídos pelas ferramentas do sistema; b) operação integrada de dados oriundos de diversas plataformas, proporcionando formas de trabalho integradas; c) o BIM será conservado e usado no decurso de toda a vida útil

do projeto (edificação); d) se pode presumir que o BIM elevará muito sua eficiência e a produtividade do setor construção.

Dessa forma, considerando os elementos supramencionados, se pode concluir que são evidentes os potenciais para implementação do BIM, contudo, para desenvolver e implementar terá que ser a longo prazo, pois deve ser considerado que tudo decorre de um processo histórico, razão pela qual devem ser analisadas todas as possibilidades (MIENTTINEN; PAAVOLA, 2014, p. 85).

Existem muitas dificuldades para adotar o BIM, tanto no Brasil quanto em outros países, porém em escalas e níveis distintos. Uma das que se pode mencionar é a barreira cultural, é um potencial desafio para implementar o uso do BIM, dentre as quais, se aponta, Catelani (2017):

- a) Desvalorização da etapa de planejamento nos empreendimentos construtivos;
- b) Não existem profissionais que estejam capacitados o bastante para sua implementação;
- c) Maior interesse por soluções que sejam mais rápidas e com menor custo possível;
- d) O modelo mais utilizado para contratação de projetistas no Brasil. Normalmente os mais beneficiados com o BIM são os contratantes, pois estes se responsabilizam pelo produto final construído diante dos clientes, porém o BIM ainda deve ser usado na fase de implementação dos projetos.

Outro fator se refere a questão de que o BIM apresenta fortes alterações ao longo do processo de concepção e é perfeitamente compreensível que existe certa resistência no processo de implementação do projeto. Por exemplo, a cultura do uso de softwares tradicionais como “Autocad” representa um empecilho para a incorporação dos novos “softwares”, considerando que esta mudança exige alterações nas rotinas laborais (configurações e personalizações para sua utilização) e um fator importante de se mencionar se refere ao investimento financeiro para sua implantação que significa forte entrave, pois os softwares ainda são muito caros e os arquivos que são gerados ainda são muito grandes e seu processamento correto requer a compra de “hardware” de alto desempenho (JUSTI, 2008; SOUZA, 2009).

Ainda existem outros fatores que são pertinentes de serem abordados: um é em relação ao investimento para a capacitação da equipe, uma vez que requer disponibilidade de tempo da equipe para administrar os projetos atuais e aprender a manejar novos “softwares”, sem contar que ainda faltam profissionais preparados para ministrar os treinamentos específicos, considerando que a utilização do “software” ainda é recente no país; o outro fator

é que depois da utilização do BIM, foram registradas alguns problemas para trocar os arquivos em virtude do seu tamanho, sem contar que a falta de softwares adaptados aos padrões nacionais torna sua utilização bem mais complexa (JUSTI, 2008; SOUZA et al., 2009; BOTTEGA, 2012).

Dessa forma, é pertinente que se entenda que para muitos profissionais, o critério de uso do BIM representa investimento, capacitação e, além disso, uma ampliação considerável nas responsabilidades adjacentes, entretanto, sem que seja factível a resposta financeira apropriada que justifique a utilização da nova tecnologia.

2.4.4 O uso do BIM no Planejamento e Controle

Conforme amplamente mencionado neste estudo, os sistemas BIM somam potencial valor às áreas de planejamento e fiscalização na implementação do projeto, na identificação de erros eventuais, com a apresentação de soluções imediatas, possibilitando a devida correção de forma prévia ou mesmo no decurso da obra através da demonstração de situações reais (MEIRIÑO; SOUSA, 2013).

A partir disto, surge o planejamento 4D com auxílio para visualizar todas as fases de execução da obra em tempo real com o uso de um programa de visualização gráfica dando seguimento ao cronograma, estabelecendo formas otimizadas para com reflexos na sua cercania, eliminando custos de implementação, evitando situações insolúveis. Para tanto, conta com o planejamento e a previsão se refere a possíveis adiamentos na entrega, incremento dos custos, aumento dos riscos, dificuldades de comunicação na equipe integrante e incumprimento na fiscalização (BAIA et al., 2014).

O uso do BIM para o controle e planejamento apresenta detalhadamente a quantidade de insumos a serem usados, bem como os custos com os profissionais e o tempo de execução e tudo isso é possível por causa das próprias características da modelagem do projeto. Assim, o BIM torna possível a construção de listagens por critérios usados em orçamentos e planejamentos (MONTEIRO; MARTINS, 2011).

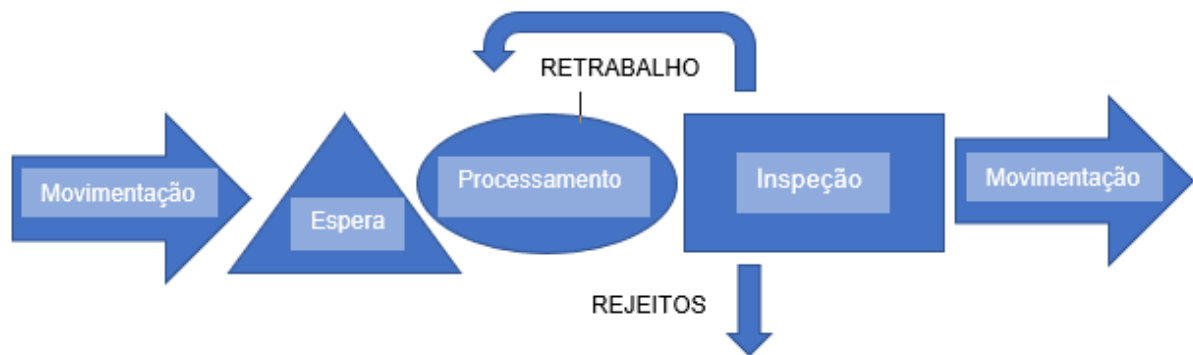
2.4.5 BIM na Gestão de Obras

A Lean Construction, é também conhecido como Construção Enxuta, se define como uma filosofia que está direcionada para empresas de construção civil, que começa a integrar o cotidiano dessas empresas e profissionais do setor, com estes conceitos fundamentais se originou o trabalho de Koskela (1992) que apontava alternativas para otimizar processos de

construção através da adaptação de conceitos de fluxo e geração de valor (REZENDE et al., 2012).

Nesse sentido, a base da concepção de Koskela (1992) estava fundamentada no sistema de produção da indústria automobilística, que pode ser observado na Figura 11 conforme segue:

Figura 11: Protótipo de Lean Construction



Fonte: Koskela (1992, p. 15)

O processo que foi mostrado na Figura 3, acima, faz parte de Nova Filosofia de Produção (NFP) (adaptado para este setor), este processo se constitui de um fluxo de materiais, iniciando pela matéria-prima indo até o produto final e o mesmo é constituído de atividades de movimentação, espera, processamento e inspeção, segundo o que foi mostrado, mas que não acrescentam valor ao produto final, são nomeadas como atividades de fluxo.

No caso da atividade de processamento, esta pode entendida como atividade de conversão, que agregará valor ao produto final. Em suma, o funcionamento ocorre segundo os princípios para a gestão do novo processo de construção enxuta, definido por Koskela (1992, p. 16) da forma como segue:

- Reduzir a participação de atividades que não acrescentam valor.
- Aumentar o valor da produção através da consideração dos requisitos do cliente.
- Diminuir a variabilidade.
- Diminuir o tempo de ciclo.
- Simplifique, minimizando o número de etapas, peças e ligações.
- Aumente a flexibilidade de produção.
- Aumente a transparência do processo.
- Concentre o controle no processo completo.
- Construir melhoria contínua no processo.

- Equilibre a otimização do fluxo com a melhoria da conversão.
- Referência.

Dessa forma, a concepção sobre o “enxuto” se traduz como um meio de disponibilizar aos consumidores o que eles, de fato, desejam adquirir com o menor custo possível, recursos humanos reduzidos, ferramentas reduzidas, menor tempo em um menor espaço físico (SARCINELLI, 2008).

Nos anos 70, no Japão, foi incorporado o método *Just in Time* pela *Toyota Motor Company*, com a finalidade de coordenar a produção de distintos tipos de veículos com atraso reduzido e hoje este método já integra o sistema Lean Construction (GONÇALVES, 2009). Assim, o uso deste sistema no setor da construção é bem distinto da sua utilização na indústria automobilística, principalmente por causa da complexidade da construção, da ausência de padronização, alto número de envolvidos e fatores de interdependência.

Fica comprovado que a associação do Lean Construction com o modelo BIM 3D produziu benefícios como redução do tempo e eficiência do trabalho no percentual de 15 a 30%, resultando no aprimoramento da construção e uso de peças pré-fabricadas e pré-moldadas (CLEMENTE, 2012).

A Figura 12 a seguir demonstra a interação entre distintos projetos ao mesmo tempo, conforme se pode visualizar:

Figura 12: Interação entre Diversos Projetos



Fonte: BSI, Building Smart (2011).

Nesta perspectiva, o “*Lean Construction*” é conseguido quando existe uma plena coordenação entre o empreendedor (“*owner*”) e os subcontratados (prestadores de serviços e fornecedores de insumos e materiais à obra), garantindo que a quantidade exata de materiais e profissionais especializados estejam disponíveis no tempo adequado, no local da construção. Assim, os aplicativos BIM possibilitam um nível potencializado que, somados aos detalhes e precisão do molde 3D, acaba viabilizando a constituição de uma base de dados sólida para definir a exata demanda de insumos e de profissionais para cada etapa da construção (RIBEIRO, 2009, p. 60).

A Figura 4 exemplifica sobre a produção enxuta na construção de uma fábrica de automóveis, entre os anos de 2014 e 2015 e utilizou um misto de metodologias Lean Construction e BIM, conforme segue:

Figura 13: Edificação com o BIM-Lean Construction



Fonte: Nakamura (2014).

Foi usada a modelagem 4D para realizar uma verificação sobre possíveis dificuldades na construção, o BIM 4D teve sua utilidade também para dar seguimento a produção dos pré-fabricados, essenciais para a execução da obra, através da representação gráfica, foi possível verificar se o elemento estrutural estava em produtivo, ou pronto para a montagem, disponibilizando as informações logísticas necessárias para as próximas etapas, usando um aplicativo em um tablet por meio do qual era atualizado o status e o cronograma de forma remota (NAKAMURA, 2014).

A utilização da modelagem BIM 4D proporcionou uma ampliação significativa da comunicação e entendimento sobre as tomadas de decisões aos envolvidos, ajudando a compreender as inter-relações entre as decisões da gestão de produção (simulando diversos contextos possíveis rapidamente), porém, também foram observadas restrições para visualizar

alterações de fluxo de trabalho e diferenças entre prazos de execução. Dessa forma, é pertinente entender a existência de restrições na utilização desta tecnologia para estabelecer ritmos de produção e promover o fluxo constante e ininterrupto nas tarefas das equipes, que ainda demandam auxílio de outros sistemas (BIOTTO et al., 2015).

A Figura 14 a seguir, mostra o processamento virtual da obra, na listagem que fica abaixo da imagem se observa que existe um cronograma dos trabalhos com previsão de datas.

Figura 14: Simulação do prosseguimento da obra



Fonte: Mattos (2019).

Estes softwares BIM 4D, propiciam ao cronograma uma junção a elementos gráficos, conforme mostra a figura, tornando possível o acompanhamento do progresso da construção e, ainda, quando se movimentava o cursor sobre o cronograma, é observável a obra e sua evolução gradativa.

Dessa forma, conforme abordado com ênfase, a inter-relação entre os modelos BIM integram informações importantes, de natureza explicativa e com advertências, contendo todo o processo para construção, manutenção e operação, proporcionando o acesso descomplicado e completo a todos os integrantes da equipe do empreendimento (COSTA, 2013).

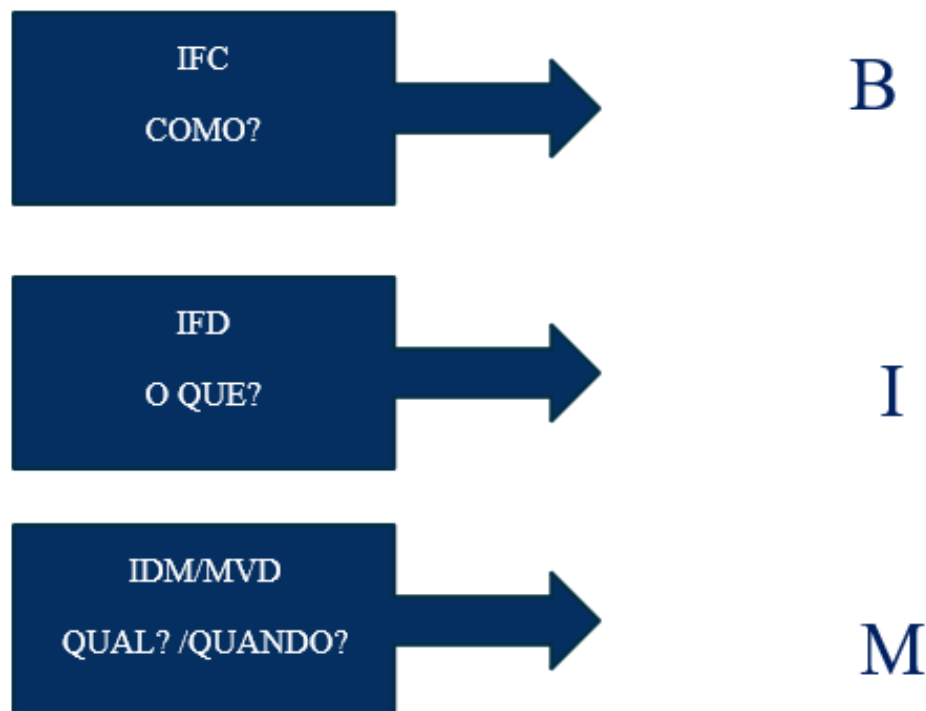
Nesta perspectiva, caso se trate do desenvolvimento de um empreendimento internacional, diversas empresas oriundas do mundo inteiro se conectam criando normas profissionais, de forma a propiciar a devida compatibilização de informações. Se trata de padrões pré-determinados que se antecipam a construção de um dicionário universal que é denominado como IFD (*Internacional Framework Dictionary*) que tem uma sincronia integral com o IFC (*Industry Foudation Classes*).

Assim, segundo Maria (2008, p. 26), o compartilhamento de dados depende de três critérios específicos, conforme segue:

1. Um **FORMATO** de intercâmbio ou troca, determinando **COMO** realizar o compartilhamento das informações; a IFC é essa especificação (padrão ISO, ainda em desenvolvimento) - **HOW**;
2. Uma **BIBLIOTECA** de referência, para estabelecer **O QUE** será compartilhado. A biblioteca IFD (uma implementação da ISO 12006-3) tem essa finalidade - **WHAT**;
3. Critérios da informação, definindo **QUAL** informação a ser compartilhada **QUANDO**. O foco do IDM/MVD (também uma ISO em desenvolvimento) forma esta especificação - **WHICH / WHEN**.

Estas especificações serão demonstradas na Figura15 para melhor visualização:

Figura 15: Pré-requisitos para o BIM

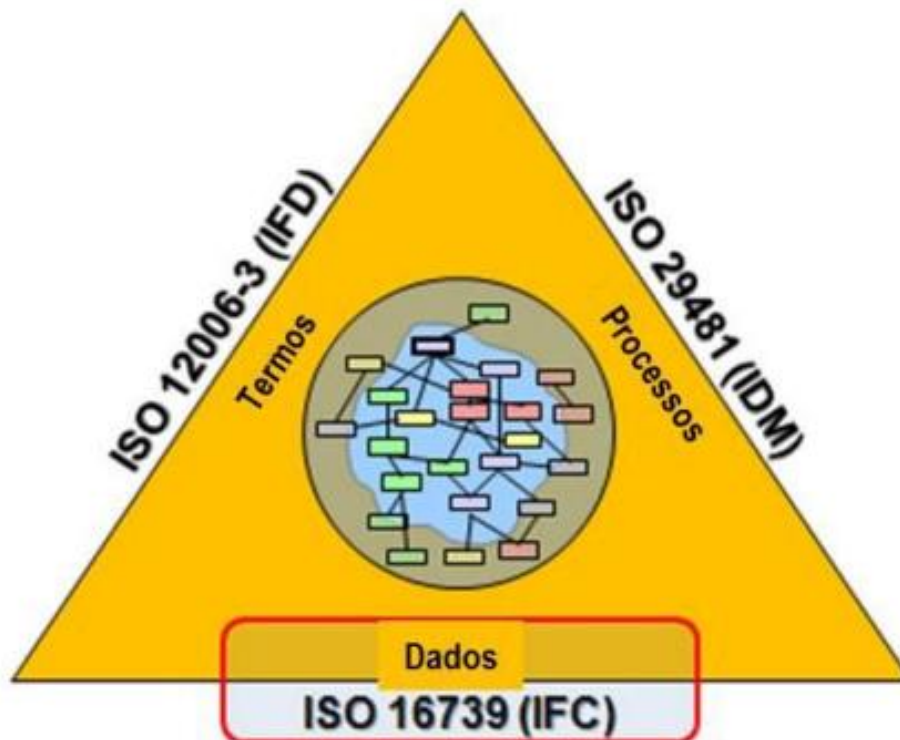


Fonte: Adaptado de Maria (2008, p. 26)

Em Genebra a ISO (*International Standards Organization*) iniciou um subcomitê responde pela criação de um padrão específico para exportar dados dos produtos, denominada como ISO 10303 (EASTMAN et al., 2018).

Dessa forma, se pode observar na Figura 16 os padrões do BIM, o *Industry Foundation Classes* – IFC (dados), o *International Framework of Dictionaries* – IFD (termos) e o *Information Delivery Manual* – IDM (processos).

Figura 16: Definições dos padrões pela ISO

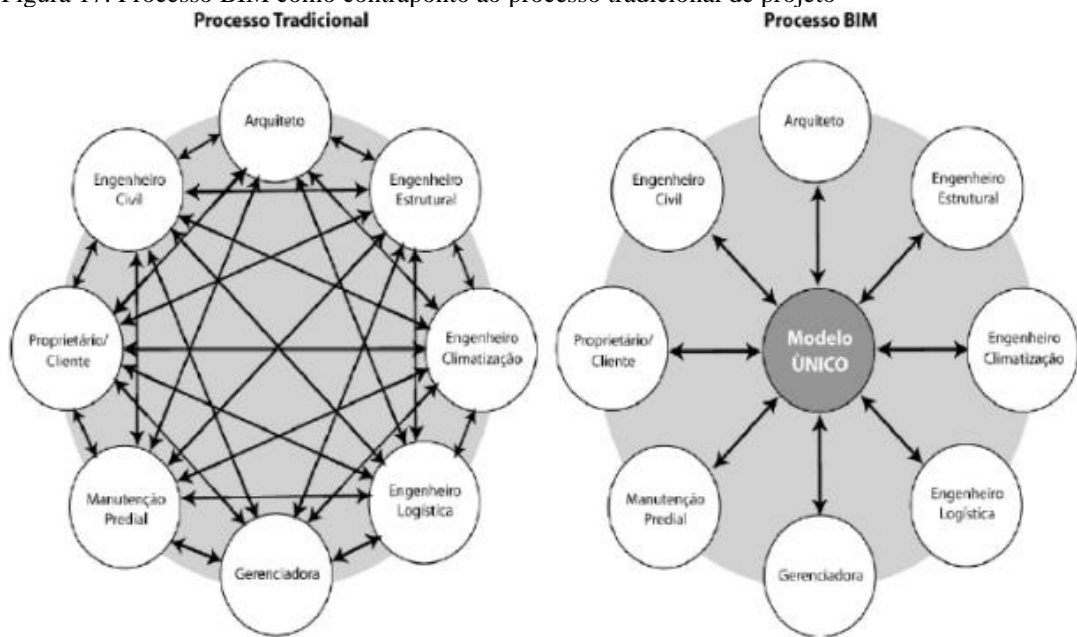


Fonte: BSI, Building Smart (2011)

Percebe-se o quanto a tecnologia BIM pode agregar à sustentabilidade do projeto, com diversas formas de aplicações e no sistema funcional do edifício, como por exemplo, a adequada orientação solar, simulações de ventilação (natural ou artificial), de energia (captação de energia solar/ telhados verdes), de iluminação, com a devida captação e reutilização da chuva e lavatório, utilização de materiais ecológicos e recursos renováveis (EASTMAN et al., 2018).

Conforme se pode observar, as possibilidades são ilimitadas para esse sistema BIM e se refere a adotar novos fluxos de trabalho abrangendo o ambiente colaborativo e de planejamento nas etapas iniciais do projeto. Assim, a Figura 17 pretende demonstrar os dois formatos para que se possa nesta visualização comparar o processo tradicional e o processo BIM, conforme segue:

Figura 17: Processo BIM como contraponto ao processo tradicional de projeto



Fonte: Goes e Santos (2011)

A Figura 17 mostra a exata diferença entre um projeto executado em BIM para o que é realizado nos moldes tradicionais, onde, o modelo BIM é constituído de um único arquivo, com recursos avançados de visualização, somados à transferência contínua de conhecimento entre os diversos integrantes do processo de projeto (projetistas, construtores, contratantes, consultores, etc.) e é simulada a construção real, contendo todas as informações pertinentes, de onde se pode visualizar todos os cortes e documentos acerca do projeto. Ainda é possível que o modelo BIM possa ser alimentado simultaneamente por toda a equipe do projeto, enquanto o modelo tradicional é feito de forma complexa, burocrática e lenta, passando de um projetista para o outro (COELHO, 2008).

3 METODOLOGIA

Este capítulo define a forma que este estudo foi desenvolvido, indicando métodos e técnicas utilizados para alcançar o objetivo deste trabalho.

Dessa forma, a metodologia utilizada foi de abordagem qualitativa, de caráter exploratório, realizada a partir do procedimento técnico de pesquisa bibliográfica.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho será desenvolvido por meio da pesquisa bibliográfica de material doutrinário, registrando os posicionamentos dos autores na temática da legislação vigente. A busca será realizada em livros, artigos, dissertações de mestrado, buscando uma maior riqueza de informações pertinentes ao tema deste estudo utilizando metodologia baseada em pesquisa de revisão de literatura do tipo descritiva qualitativa.

O estudo bibliográfico se desenvolve a partir de um material anteriormente construído e é descritivo quando expõe de forma detalhada as características de determinado fenômeno (GIL, 2017).

Dito isto, esta pesquisa pretendeu analisar a importância da qualidade do projeto baseado tanto nos princípios da engenharia sequencial quanto simultânea, utilizando a tecnologia BIM para a eficiência e qualidade no setor da construção civil.

CONCLUSÃO

O processo tradicional dos projetos de construção civil na perspectiva da Engenharia Sequencial não evidencia de forma clara as funções e responsabilidades da equipe de trabalho e acarreta incompatibilidades nas informações gerando retrabalho, altos custos, desperdícios, atrasos e baixa qualidade da obra. Já a Engenharia Simultânea, apesar de ainda não estar dentro dos ideais de desenvolvimento de produto, são muito significativas as potencialidades desta metodologia de geração de inovações que proporcionam sempre novas configurações de equipes de projetos; assim, o conceito de projeto simultâneo é capaz de agregar os métodos e experiências que possam suprir o setor e seus processos de projeto incrementando a qualidade na produção e a utilização dos edifícios, despontando em empresas suprindo novas carências mercadológicas.

Dessa forma, este estudo trouxe o entendimento de que o desenvolvimento do projeto na Engenharia Simultânea ocorre de forma paralela ao desenvolvimento do produto, e a Engenharia Sequencial é deficiente na troca de informações sobre cada fase do projeto, e a falta de integração acarreta prejuízos de diversas ordens entre custos e retrabalho das equipes, uma vez que cada um dos projetos é feito de forma isolada por equipes diferentes.

As novas tecnologias tem sido incorporadas e entraram nos canteiros modernizando e suprindo lacunas no desenvolvimento e planejamento de um empreendimento, tornando-os mais lucrativos e sustentáveis. Nesse contexto, o BIM veio proporcionar uma melhor compatibilização de projetos com informações precisas e maior conhecimento teórico e prático ampliando o conceito acerca da organização e produtividade. Sendo este um sistema inovador que agrega tanto a evolução quanto a superação, conquista notoriedade, uma vez que contribui para preservar o potencial competitivo das empresas, ao mesmo tempo que, proporciona qualidade de vida a toda sociedade com o resultado final; assim, o BIM atua por meio de uma metodologia com uma qualificação constante do fornecedor, utilizando um layout otimizado, com padrões e métodos de recebimento e armazenamento de insumos, o que proporciona mais segurança e transparência nas informações intercambiadas.

Entretanto, ainda existem outros fatores que devem ser observados, pois em virtude de se tratar de uma tecnologia inovadora, os investimentos para seu funcionamento ainda são altos e, ainda, precisa de uma equipe com qualificação específica para manejá-lo, considerando que a mesma deverá ser capacitada, porém, isso requer disponibilidade de tempo da equipe para administrar os projetos atuais e aprender a manejar novos “softwares”, somado a isso, ainda necessita de profissionais especializados para ministrar os treinamentos específicos,

considerando que a utilização do “software” ainda é recente. Outra questão que foi abordada neste estudo e deve ser observada é que depois da utilização do BIM, foram identificados alguns problemas para troca de arquivos, pois o tamanho destes são grandes, faltando, inclusive softwares adaptados aos padrões nacionais, o que torna sua utilização bem mais complicada.

Não se pode negar os inúmeros benefícios do sistema BIM, mesmo somados as dificuldades para seu pleno funcionamento no país e as diferenças existentes comparando-se ao modelo tradicional são inúmeras, conforme ficou bem demonstrado, inclusive por meio de figuras ao longo do trabalho.

Dessa forma, este estudo respondeu à pergunta do problema levantado elencando os benefícios trazidos pela tecnologia BIM com seus reais benefícios no desenvolvimento do Projeto de construção civil e cumpriu com o objetivo principal que foi trazer o entendimento sobre a importância da qualidade do projeto dentro dos princípios da engenharia sequencial e simultânea com a tecnologia BIM.

Este trabalho não teve a pretensão de encerrar os estudos e aprofundamentos no tema, mas buscou somente ampliar as perspectivas de forma a contribuir com a comunidade acadêmica e estimular mais trabalhos e pesquisas sobre a atualização do assunto aqui estudado.

REFERÊNCIAS

ADDOR, M. et al. **Colocando o “i” no BIM**. Revista Arq. Urb., São Paulo, n. 4, p. 104-115, 2010. Disponível em: http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf. Acesso em: 25 abr 2021.

ALVES, C. M. F. et al. **O que são os BIM?** 2012. 16 p. Mestrado Integrado em Engenharia Civil. Universidade do Porto - FEUP, 2012. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF Acesso em: 25 mai 2021.

ANDRADE, Max Lira Veras X.; RUSCHEL, Regina Coeli. **Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC**. Gestão & tecnologia de projetos, v. 4, n. 2, p. 76-111, São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50960> Acesso em: 25 abr 2021.

ANTUNES, D. A. E. **Integração de modelos BIM com redes de sensores num edifício**, 2013. 102 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2013. Disponível em: https://run.unl.pt/bitstream/10362/10398/1/Antunes_2013.pdf Acesso em: 25 abr 2021.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao Modelo Integrado do Edifício**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores / L.O.C. de Araújo, U.E.L. de Souza**. São Paulo: EPUSP, 2001. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00269.pdf Acesso em: 01 abr 2021.

ASBEA, GT BIM–Grupo Técnico. **Guia Asbea Boas Práticas em BIM: Fascículo 1**. 2013. São Paulo. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/a607fdeb79ab9ee636cd938e0243b012.pdf> Acesso em: 25 mai 2021.

AVILA, H. **A construção civil e o novo coronavírus**. 2020. Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/depeso/326528/a-construcao-civil-e-o-novocoronavirus> Acesso em: 25 abr 2021.

BACK, N.; OGLIARI, A. **Desenvolvimento do produto: engenharia simultânea**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Florianópolis. Florianópolis, 2001. Disponível em: http://alvarestech.com/temp/PDP2011/emc6605.ogliari.prof.ufsc.br/Restrito/DES_PRO_ES_TEXTO_GDP.pdf. Acesso em: 25 abr 2021.

BLANCO, Mirian. **Vantagens de negócio: saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais**. PINIWeb: Revista Construção Mercado - negócios de incorporação e construção. Ed. 115, fevereiro de 2011. Disponível em <http://construcaoemercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo283862-1.aspx>. Acesso em: 25 abr 2021.

BARONI, Larissa L. **Os desafios para implementação do BIM no Brasil**. v. 115. Revista Construção Mercado. São Paulo: Pini, 2011. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/C&M-2011a.pdf Acesso em: 25 abr 2021.

BARRETO, Bruna Vieira et al. **O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro**. Construindo, v. 8, n. 2, 2016. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/construindo/article/view/4811/2442> Acesso em: 25 mai 2021.

BARINSON, M. B.; SANTOS, E. T. **Atual cenário da implementação de BIM no mercado da construção civil da cidade de São Paulo e demanda por especialistas**. Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção. Anais... Salvador, 2011. Disponível em: http://www.uel.br/pessoal/barison/Artigos_Tese/TIC2011a.pdf Acesso em: 25 out 2020

BEDWORTH D.D., Henderson M.R.; Wolfe P.M. **Computer-Integrated Design and Manufacturing**. McGraw-Hill Inc, USA, 1991.

BIBLUS. **BIM dimensions: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D BIM explained**, 2018. Disponível em: <http://biblus.accasoftware.com/en/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained/> Acesso em: 10 mai 2021.

BIOTTO, Clarissa Notariano; FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luis. **Uso de modelagem 4D e Building Information Modeling na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção**. Ambiente Construído, v. 15, n. 2, p. 79-96, 2015.

BRITO, D. M. DE; FERREIRA, E. A. M. **Modelagem 4D aplicada ao planejamento e controle de obras**. In: Inovação, Produtividade e Empreendedorismo na Engenharia Civil, 2013. São Paulo. Anais Prêmio OAS/EP-UFBA, 2014, p. 27-44. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15003161>. Acesso em: 21 abr 2021.

BOOTHROYD G. **Product Design for Manufacture and Assembly**. The Second International Manufacturing Lecture. The Institution of Electrical Engineers, Savoy Place, London, 16th March 1993.

BOTTEGA, Bruna Sara. **Avaliação dos efeitos do uso da tecnologia BIM sobre a coordenação de projetistas**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63160/000861220.pdf?sequence=1> Acesso em: 10 mai 2021.

BSI. **International home of open BIM**. Building SMART, 2011. Disponível em: <http://www.buildingsmart-tech.org/>. Acesso em: 25 abr 2021.

CALVERT, Neil. **Why we care about BIM**. Disponível em: <https://www.directionsmag.com/article/1486>. Acesso em: 10 mai 2021.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: the Web 3D application for AEC**. In: Proceedings of the Twelfth international Conference on 3D Web Technology (Perugia, Italy, April 15 - 18, 2007). Web3D '07. ACM, New York, NY, 173-176. Disponível em <http://doi.acm.org/10.1145/1229390.1229422>. Acessado em: 25 mai 2021.

CATELANI, Wilton. **Barreiras culturais para a adoção do BIM no Brasil. 2017.** Disponível em: <http://www.makebim.com/2017/10/06/barreiras-culturais-para-adocao-bim-no-brasil/>. Acesso em: 25 mai 2021.

CLEMENTE, José Manuel Dourado. **Sinergias BIM-Lean na redução dos tempos de interrupção de exploração em obras de manutenção de infraestruturas de elevada utilização—um caso de estudo.** Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Lisboa, 2012. Disponível em: <https://run.unl.pt/handle/10362/7980> Acesso em: 25 out 2020.

COELHO, Sérgio Salles; NOVAES, Celso Carlos. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.** In: Anais do VIII Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, São Paulo. 2008.

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

CRESPO, Cláudia Campos; RUSCHEL, Regina Coeli. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto.** In: Anais do III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre, 2007.

DANTAS, José Diego Formiga. **Produtividade da Mão de obra – Estudo de caso: métodos e tempos na indústria da construção civil no subsetor de edificações na cidade de João Pessoa, PB.** Tese de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba, PB, 2011. Disponível em: <http://www.ct.ufpb.br/coordenacoes/ccgec/images/stories/2011-pdf> Acesso em: 02 abr 2021.

DELATORRE, Joyce. **BIM na prática: como uma empresa construtora pode fazer uso da tecnologia BIM.** Autodesk University, 2011. Disponível em: http://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil2014/documents/materialapoio/2011/AU_BR_74BIM%20na%20pr%C3%A1tica%20Como%20uma%20empresa%20construtora%20pode%20fazer%20uso%20da%20tecnologia%20BIM.pdf. Acesso em: 25 abr 2021.

DIGITAL INC. **BIM Services on Demand: Modelling and Coordinating,** 2017. Disponível em: <https://digitalinc.net/bim-cad-services/> Acesso em: 22 abr 2021.

EASTMAN, Chuck et al. **A guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** 3ª ed. Editora: Wiley, 2018.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo: uma abordagem colaborativa para o processo de projeto.** São Paulo: EPUSP, 2003. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00347.pdf Acesso em: 01 abr 2021.

FABRICIO, Márcio Minto; MELHADO, Silvio Burratino. **Fatores de competitividade e a Engenharia Simultânea na Construção de Edifícios.** In: IV Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produtos. Gramado, RS, Brasil. 2003.

FERREIRA, S. L. **Da engenharia simultânea ao modelo de informações de construção (BIM): contribuição das ferramentas ao processo de projeto e produção e vice-versa.** In: VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2007, Curitiba: UFPR. Disponível em: <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-44.pdf>. Acesso em: 25 abr 2021.

FLOR, Ricardo. R. V. **Estudo comparativo da produtividade entre a mão de obra terceirizada e a mão de obra fixa: Um estudo de caso numa empresa na indústria da construção civil.** Universidade Estadual de Feira de Santana. Engenharia Civil. 2010. Disponível em: <http://civil.uefs.br/DOCUMENTOS/RICARDO%20RODRIGUES%20VILA%20FLOR.pdf> Acesso em: 01 abr 2021.

FREITAS, J. G. A. **Metodologia BIM – uma nova abordagem, uma nova esperança.** Dissertação – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Madeira. Funchal (Portugal), 2014. Disponível em: <http://repositorio.uma.pt/bitstream/10400.13/745/1/MestradoGon%C3%A7aloFreitas.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

FU, Changfeng et al. **IFC model viewer to support nD model application.** Automation in Construction, v. 15, n. 2, p. 178-185, 2006.

GARVIN, D. A. **What does “product quality” really mean?** MIT Sloan Management Review, v.26, n.1, p.25-41, 1984. Disponível em: http://www.oqrm.org/English/What_does_product_quality_really_means.pdf Acesso em: 01 abr 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOES, R. H. D. T. E. B. D.; SANTOS, E. T. **Compatibilização de Projetos: Comparação entre o BIM e CAD 2D.** In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, V, 2011, Salvador, Bahia. Anais...Salvador, 2011

GOES, Mateus et al. **Benefícios da Implementação do Método Bim no Planejamento e Gerenciamento de Obras.** Rev. Lat.-Am. Inov. Eng. Prod. Curitiba: Paraná, 2020. *Apud* FOX, Ben. What is Bim? Innovative growth solutions. Disponível em: <http://www.igsmelbourne.com.au/tech-explained/what-is-bim>. Acesso em: 10 abr 2021.

GONÇALVES; Wilma Karina Fernandes. **Utilização de Técnicas Lean e Just in Time na Gestão de Empreendimentos e Obras.** Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa. 2009. Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:wgW4rqbF4EcJ:https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395138970511/Disserta%25C3%25A7%25C3%25A3o.pdf+%&cd=1&hl=ptBR&ct=clnk&gl=br&google_abuse=GOOGLE_ABUSE_EXEMPTION%3DID%3Dc5b8ae2d5004654c:TM%3D1603836866:C%3Dr:IP%3D2804:431:cfce:9812:185d:fb2a:d47a:2820:S%3DAPGng0thQ1vy1LyakijBMCxc2UyTWA0EPg%3B+path%3D/%3B+domain%3Dgoogle.com%3B+expires%3DWed,+28-Oct-2020+01:14:26+GMT Acesso em: 26 mai 2021.

GONÇALVES, I. F. DO V. **Aplicação do BIM ao projeto de estruturas :abordagem de programação ao processo de pormenorização de vigas de betão armado.** Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Construções Cíveis, Instituto Politécnico de Viana do Castelo. Viana do castelo (Portugal), 2014. Disponível em: http://repositorio.ipv.pt/bitstream/123456789/1308/1/Ismael_Goncalves.pdf. Acesso em: 20 abr 2021.

GOZZI, S.; OLIVEIRA, O. J. **Sistema de gestão da qualidade em empresas de construção: Um estudo de caso.** In: V SEMEAD - Seminário de Administração, 5., 2001, São Paulo. Anais do V SEMEAD. Seminário de Administração, v. 1. p. 1-15, 2001.

HILGENBERG, Fabíola Brenner; ALMEIDA, Beatriz Lemos de; SCHEER, Sérgio; AYRES FILHO, Cervantes. **Uso de BIM Pelos Profissionais de Arquitetura em Curitiba.** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 7, n. 1, p. 62-72, 2012.

HIPPERT, Maria Aparecida Steinherz; ARAÚJO, Thiago Thielmann. **A contribuição do BIM para a representação do ambiente construído.** I ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO, v. 1, p. 2-5, 2010. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/173/173-739-1-SP.pdf> Acesso em: 25 mai 2021.

IBDA. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura. Fórum da Construção. **Gerenciamento de Obras: 9 boas práticas que você deve adotar para o gerenciamento de obras.** 2021. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=12&Cod=2181> Acesso em: 05 abr 2021.

IBRAHIM, M.; KRAWCZYK, R.; SCHIPPORIT, G. **Two Approaches to BIM: A Comparative Study.** ECAADe Conference, 2004. Disponível em: <http://www.iit.edu/~krawczyk/miecad04.pdf>. Acesso em: 10 mai 2021.

JUSTI, A. R. **Implantação da plataforma Revit nos escritórios brasileiros.** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 3, n. 1, p. 140-152, 2008.

KRYGIEL, Eddy; NIES, Bradley. **Green BIM: successful sustainable design with Building Information Modelling.** Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008.

KYMMEL, W. **Building Information Modeling.** Planning and managing construction project with 4D and simulations. McGraw-Hill, 2008.

KOSKELA; Lauri. **Application of the new production philosophy to construction.** CIFE Technical Report. Stanford. EUA, 1992.

KRUGLIANSKAS, Isak. **Engenharia Simultânea: Organização e Implantação em Empresas Brasileiras.** Trabalho apresentado no XVII Simpósio Nacional de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo, 1992.

LUKE, Washington Gutemberg et al. **Uso de ferramentas BIM para o melhor planejamento de obras da Construção Civil.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/270049803_USO_DE_FERRAMENTAS_BIM_PARA_O_MELHOR_PLANEJAMENTO_DE_OBRAS_DA_CONSTRUCAO_CIVIL_TOOLS_USE_BIM_FOR_BETTER_PLANNING_OF_CIVIL_CONSTRUCTION_WORKS Acesso em: 26 mai 2021.

MANNESCHI, Karen. **Escopo de projeto para produção de vedações verticais e revestimentos de fachada**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-03042012-083157/publico/Dissertacao_Karen_Manneschi.pdf Acesso em: 01 abr 2021.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MARDER, Tiago. S. **A produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, RS, 2001. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wpcontent/uploads/2010-pdf> Acesso em: 01 abr 2021.

MARIA, M. M. **Tecnologia BIM na Arquitetura**. Dissertação de Mestrado. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2008.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da qualidade e processos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2014.

MARTINS, João Poças; MONTEIRO, André. **Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação**. Covilhã, Portugal. Internacional Conference on Engineering UBI2011. University of Beira Interior. 2011. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/69849/2/60875.pdf> Acesso em: 25 abr 2021.

MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obra**. 3ª ed. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2019.

MEIRIÑO, Jasmin Marcelo; SOUSA, Otávio Knaipp. **Aspectos da Implantação de Ferramentas BIM em Empresas de Projetos Relacionados à Construção Civil**. Rio de Janeiro. Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/2875285-Aspectos-da-implantacao-de-ferramentas-bim-em-empresas-de-projetos-relacionados-a-construcao-civil.html> Acesso em: 25 abr 2021.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Tese (Livre-Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: EPUSP, 2001.

MELHADO, S. B. **O processo de projeto no contexto da busca de competitividade**. In: **Anais do Seminário Internacional - Gestão e Tecnologia na Produção de Edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1997.

MELO, R. G. DE. **Building Information Modeling (BIM) como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil**. Trabalho de conclusão de curso –

Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga. Formiga, 2014. Disponível em: <http://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/jspui/handle/123456789/269>. Acesso em: 21 abr 2021.

MENEZES, Alexandre Monteiro et al. **O BIM e os projetos de edificações: adequações e inadequações**. In: Congresso da Sociedade Iberoamericana de Gráfica Digital, 15., 2011, Santa Fé, Argentina. Anais. Santa Fé: FADU/UNL, 2011. 1 CD-ROM.

MIETTINEN, Reijo; PAAVOLA, Sami. **Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling**. Automation in construction, v. 43, p. 84-91, 2014.

MIKALDO JR, Jorge.; SCHEER, Sergio. **Compatibilização de Projetos em 3D como Indicativo de Redução de Custo em Edificações**. Artigo Científico, UFPR, Curitiba, 2007.

MONTEIRO, Patrícia dos Santos A. **Engenharia Simultânea como otimizadora do projeto do produto nas construções com estruturas metálicas**. Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção, 2007. Disponível em: https://www.ufjf.br/engenhariadeproducao/files/2014/09/2007_3_Patricia.pdf Acesso em: 10 mai 2021.

MÜLLER, A. L.; SAFFARO, F. A. **A prototipagem virtual para o detalhamento de projetos na construção civil**. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 105-121, jan./mar, 2011. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/16409/11251> Acesso em: 01 abr 2021.

NAKAMURA, Juliana. **Como fazer o gerenciamento de obras**. Revista Online AU PINE. Ed. 245. Ago-2014. Disponível em: <http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/245/como-fazer-o-gerenciamento-de-obras-324017-1.aspx>. Acesso em: 01 abr 2021.

NOVAES, Celso Carlos. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. In: Workshop Nacional Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 1., 2001, São Carlos. Anais. São Carlos: EESC/USP, 2001.

OKAMOTO, Patrícia Seiko. **Teoria e prática da coordenação de projetos de edificações residenciais na cidade de São Paulo**. Monografia (MBA em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2006.

PARREIRA, João Pedro de Castro. **Implementação BIM nos processos organizacionais em empresas de construção: um caso de estudo**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de ciência e tecnologia e Universidade Nova de Lisboa, 2013.

PEDRINI, Manuela Kautscher. **Engenharia simultânea: planejamento e controle integrado do processo de produção/projeto na construção civil**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2012. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/3931/1/tese_3898_Manuela%20Kautscher%20Pedrini.pdf Acesso em: 07 mai 2021.

PEREIRA, É. C. O. et al. **Engenharia simultânea: um estudo de caso em uma empresa têxtil**. Revista Produção Online, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 0–7, out. 2001. Disponível em: <http://producaoonline.org.br/rpo/article/view/590/633>. Acesso em: 25 abr 2021.

PRETTI, S. M. **Engenharia Simultânea em construtoras- incorporadoras: uma análise de maturidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

PINHEIRO, Aline Bianca Pinto. **Engenharia Simultânea X Engenharia Sequencial: Estudo de caso de residência unifamiliar em São Luís Utilizando a plataforma BIM na compatibilização de projetos**. Monografia (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2018.

PMI. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBok®. 6ª ed. EUA: Project Management Institute, 2017.

RADÜNS, Caroline; PRAVIA, Z. **BIM: o BIM da infraestrutura**. Infraestrutura Urbana: Projetos, Custos e Construção, set. 2013. Disponível em: <http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/30/biim-o-bim-para-obras-de-infraestrutura-os-beneficios-294311-1.aspx> Acesso em: 01 abr 2021.

ROCHA, A. P. **Por dentro do BIM: em fase de teste em toda a cadeia da construção civil, conceito de modelagem da informação já mostra quais são os seus benefícios imediatos, mas também quanto trabalho há pela frente**. Técnica, São Paulo, n. 168, mar. 2011. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/168/por-dentro-do-bim-em-fase-de-teste-em-287822-1.aspx>. Acesso em: 25 out 2020.

RODRÍGUEZ, Marco Antonio; HEINECK, Luiz Fernando Mahlmann. **Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2., 2001, Fortaleza. **Anais.**, Fortaleza: Bristol, 2001.

REZENDE, P. E.; ANDERY, P. R. P. **A utilização de princípios da engenharia simultânea no processo de projeto de pontes e viadutos**. Revista Gestão & Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 53–87, 2009. Disponível em: www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50952. Acesso em: 25 abr 2021.

RUSCHEL, R. C. et al. **Building Information Modeling para projetistas**. In: FABRICIO, M.M.; ORNSTEIN, S.W. (org.). Qualidade no projeto de edifícios. São Carlos: Rima Editora, ANTAC, 2010. p. 1-22.

SANTOS, Guilherme Souza. **Como a compatibilização de projetos pode diminuir custos, gastos e retrabalhos na Construção Civil**. Revista Online IPOG Especialize, Goiânia, v. 1, n. 9, 2014. Disponível em: <http://www.ipoggo.com.br/revista-ipog/download/como-a-compatibilizacaode-projetos-pode-diminuir-custos-gastos-eretrabalhos-na-construcao-civil>. Acesso em: 01 abr 2021.

SARCINELLI, Wanessa T. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) -Universidade

Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008. Disponível em: <https://silo.tips/download/wanessa-tatiany-sarcinelli-construcao-enxuta-atraves-da-padronizacao-de-tarefas-e> Acesso em: 25 abr 2021.

SILVA, Carlos Eduardo Sanches da. **Evolução do Desenvolvimento de Produtos-Proposta dos Fatores que Caracterizam as Concepções da Engenharia Seqüencial e Simultânea.** ENEGEP, Gramado. Anais do XVII ENEGEP, 1997. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1997_t2305.pdf Acesso em: 18 abr 2021.

SILVA, MARIA Vitória Marim Ferraz Pinto. **As atividades de coordenação e a gestão do conhecimento nos projetos de edificações.** São Carlos: Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/4675/DissMVMFPS.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 01 abr 2021.

SOUZA, Livia Laubmeyer Alves de. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de Arquitetura.** 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

SOUZA, Livia Laubmeyer Alves et al. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: oportunidades no mercado imobiliário.** Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 2, p. 26-53, 2009.

SOUZA, R. et al. **Sistema de Gestão da Qualidade para empresas construtoras.** São Paulo: Editora PINI, CTE, SEBRAE/SP, SINDUSCON/SP, 1995.

SOUZA, Ubiraci. E. L. de. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: Manual de gestão da produtividade na construção civil.** São Paulo: Pini, 2006.

TAVARES JÚNIOR, Wandemberg et al. **Um modelo de compatibilização de projetos de edificações baseado na engenharia simultânea e FMEA.** In: Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 2002.

XAVIER, Carlos Magno da Silva. **Qual a diferença entre Padrões e Metodologias de Gerenciamento de Projetos?** Artigo publicado na internet, 2016. Disponível em: https://beware.com.br/Padroes_e_Metodologias_de_GP.pdf Acesso em: 01 abr 2021.