

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Curso de Especialização: Sustentabilidade e Gestão do**  
**Ambiente Construído**

**Camila Cavalcanti Bignoto**

**A REALIDADE VIRTUAL NO PLANO DE**  
**IMPLEMENTAÇÃO BIM**

**Belo Horizonte**

**2019**

**CAMILA CAVALCANTI BIGNOTO**

**A REALIDADE VIRTUAL NO PLANO DE  
IMPLEMENTAÇÃO BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização: Sustentabilidade e Gestão do Ambiente Construído do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista.

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes**

**Belo Horizonte**

**2019**

B593r

Bignoto, Camila Cavalcanti.

A realidade virtual no plano de implementação BIM  
[recurso eletrônico] / Camila Cavalcanti Bignoto. – 2019.  
1 recurso online (48 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Eduardo Marques Arantes.

"Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Produção e Gestão do Ambiente Construído da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais"

Bibliografia: f. 45-48.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Construção civil. 2. Realidade virtual. 3. Modelagem de informação  
da construção. 4. Projetos de engenharia. I. Arantes, Eduardo Marques.  
II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III.  
Título.

CDU: 69



## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

ALUNO: CAMILA CAVALCANTI BIGNOTO

MATRÍCULA: 2017666704

### RESULTADO

Aos 04 dias do mês de abril de 2019 realizou-se a defesa da MONOGRAFIA de autoria do aluno acima mencionado sob o título:

“A REALIDADE VIRTUAL NO PLANO DE IMPLEMENTAÇÃO BIM”

Após análise, concluiu-se pela alternativa assinalada abaixo:

APROVADO

APROVADO COM CORREÇÕES

REPROVADO

NOTA: 80

CONCEITO: B

### BANCA EXAMINADORA:

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Eduardo Marques Arantes

Nome

Assinatura

Prof. Dr. Sidnea Eliane Campos Ribeiro

O candidato faz jus ao grau de "ESPECIALISTA NA ÁREA DE "SUSTENTABILIDADE E GESTÃO DO AMBIENTE CONSTRUIDO"

Belo Horizonte, 04 de abril de 2019

Coordenador do Curso  
Prof. Antonio Neves  
de Carvalho Júnior  
Coordenador do Curso

## **DEDICATÓRIA**

Primeiramente, dedico esse trabalho a Deus, por toda força e sabedoria concedidas. A minha família e amigos por todo apoio e incentivo. Também dedico a todos aqueles profissionais e estudiosos que se empenham em contribuir para o avanço tecnológico no setor da Construção Civil no Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Eduardo Marques Arantes, por toda ajuda, orientação e incentivo nas aulas e especialmente nesse trabalho.

Aos demais Professores do Programa de Pós-graduação em Construção Civil e colaboradores da Escola de Engenharia da UFMG, especialmente ao Professor Dr. Paulo Roberto Pereira Andery pela sua disposição em ajudar e pelos ensinamentos, ao Professor Silvio Motta, pela parceria e incentivo e a Professora Paula Bamberg pela disponibilidade e atenção.

A todos colegas de turma pela troca de experiência e informações que contribuíram muito para discussões valiosas dentro e fora de sala de aula.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais  
voltará ao seu tamanho original.”

*Albert Einstein*

## RESUMO

A quarta revolução industrial tem proporcionado diversos avanços tecnológicos como a inteligência artificial, a realidade virtual, a robótica, a internet das coisas, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, armazenamento de energia entre outros. O setor da construção civil, um dos principais setores de renda mundial, também sofre o impacto da tecnologia no que diz respeito não somente ao produto final, mas a totalidade da cadeia produtiva. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os requisitos para implantação da tecnologia de Realidade Virtual no Plano de Implantação do *Building Information Modeling* (BIM), sabendo-se que essa ferramenta contribui bastante com o processo de projeto na construção de edifícios. O método adotado para essa pesquisa define-se como qualitativo exploratório. Procurou-se apresentar as principais contribuições da Realidade Virtual para o setor da Construção Civil e analisar os requisitos para implantação dessa tecnologia nas etapas do Plano de Implementação BIM (BIP). Pode-se concluir que não existe um modelo de configuração para a experiência de realidade virtual que pode ser adotado como padrão para todas as empresas. Essa escolha dependerá da preferência pessoal, de como será utilizada a tecnologia, da etapa de implantação, do nível de desenvolvimento BIM, do processo do projeto, do orçamento disponível, das plataformas escolhidas e do espaço físico disponível. Além disso, para um melhor aproveitamento da tecnologia, deve-se apresentar essa demanda desde a primeira etapa do plano de implementação BIM.

Palavras-chave: Realidade virtual. BIM. Processo de projeto.

## **ABSTRACT**

The fourth industrial revolution has provided several technological advances such as artificial intelligence, virtual reality, robotics, the internet of things, autonomous vehicles, 3D printing, nanotechnology, energy storage and others. The construction sector, one of the main world income sectors, is also impacted by technology with regard not only to the final product, but to the entire production chain. This paper aims to present the requirements for the implementation of Virtual Reality technology in the Building Information Modeling (BIM) Implementation Plan, knowing that this tool contributes greatly to the design process in the construction of buildings. The method adopted for this research is defined as exploratory qualitative. We sought to present the main contributions of Virtual Reality to the Construction sector and to analyze the requirements for implementation of this technology in the stages of the BIM Implementation Plan (BIP). It can be concluded that there is no configuration model for the virtual reality experience that can be adopted as a standard for all companies. This choice will depend on several parameters such as: the personal preference, the deployment stage, the BIM development level, the project process, the available budget, the platforms chosen, the available physical space and the form that technology will be used. In addition, for a better use of technology, this demand must be presented from the first step of the BIM Implementation Plan.

Keywords: Virtual reality. BIM. Design process.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios .....	15
Figura 2 – Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea .....	16
Figura 3 – Esquema das interações entre os principais participantes de uma equipe multidisciplinar genérica de ES.....	17
Figura 4 – Uso da tecnologia RV no modelo Desktop VR .....	31
Figura 5 – Uso da tecnologia RV no modelo Mobile VR .....	32
Figura 6 – Modelos de smartphones e headsets compatíveis para o uso do Mobile VR .....	32
Figura 7 – Exemplo da junção de imagens no aplicativo de realidade virtual ..	33
Figura 8 – Compartilhamento do dispositivo RV com uma televisão.....	34
Figura 9 – Headsets – HTC Vive e Óculos Rift .....	35
Figura 10 – Experiência RV em escala 1:1 .....	35
Figura 11 – Espaço 1 para imersão utilizando HTC – Vive .....	36
Figura 12 – Espaço 2 para imersão utilizando HTC – Vive .....	36
Figura 13 – Espaço 3 para imersão utilizando HTC – Vive .....	37
Figura 14 – Espaço portátil para imersão utilizando os óculos Rift + Laptop + Mochila.....	37
Figura 15 – Colaboração Multiplayer.....	38

## SUMÁRIO

1. INTODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Definições de projeto .....	4
2.2 O processo de concepção .....	7
2.3 Problemas no processo de projeto .....	7
2.4 A qualidade no projeto .....	12
2.5 Engenharia Simultânea .....	15
2.6 A Coordenação .....	19
2.7 <i>Building Information Modeling</i> .....	20
2.7.1 Modelagem Paramétrica .....	24
2.7.2 Interoperabilidade .....	26
2.8 A Realidade Virtual .....	26
3. Requisitos para implementação da Realidade Virtual .....	30
4. Realidade Virtual no BIM <i>Implementation Plan</i> .....	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	45

## 1. INTODUÇÃO

Desde a virada do século, vivencia-se as mudanças que a quarta revolução industrial tem proporcionado com os diversos avanços tecnológicos, como a inteligência artificial, a realidade virtual, a robótica, a internet das coisas, veículos autônomos, impressão 3D, nanotecnologia, armazenamento de energia entre outras coisas. É um caminho sem volta em que impacta diretamente a sociedade não somente no estilo de vida da população como também em toda cadeia produtiva.

O setor da construção civil, um dos principais setores geradores de renda mundial, também participa das consequências dessa evolução. Com um mercado cada vez mais competitivo e exigente, em que a qualidade e produtividade são tidos como diferenciais estratégicos na prosperidade das empresas, essas voltam-se para a melhoria de suas práticas internas, buscando o controle e o aperfeiçoamento de seus processos. (FABRÍCIO; MELHADO; SILVA, 1999).

Para as empresas da construção civil que estão acompanhando a evolução do mercado é inevitável falar do BIM. A Modelagem de Informação da Construção (BIM) é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem gerando uma metodologia de gerenciamento do fluxo das informações de todas as fases do ciclo de vida de uma edificação: arquitetura, engenharia, construção, operação e manutenção (SUCCAR, 2009).

A base de um sistema BIM é o banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade (FLORIO, 2007).

Com a evolução da tecnologia, das ferramentas e dos processos é possível usufruir de uma representação gráfica muito mais rica, proporcionando uma melhor compreensão do projeto. As ferramentas digitais atuais atendem de forma satisfatória a representação gráfica, dessa maneira viabiliza a criação e a análise de uma

variedade maior de alternativas de soluções de projeto em um espaço de tempo menor, conseqüentemente o tempo que anteriormente era gasto com atividades exaustivas de representação, podendo até mesmo ter um resultado falho, agora é direcionado a atividades de caráter intelectual em que se pensa mais sobre o problema (TOBIM, 2008; OWEN et al., 2010; MANZIONE et al., 2011; CRESPO; RUSCHEL, 2007 apud PAES, 2015).

Uma dessas novas ferramentas é a tecnologia de realidade virtual (RV). Essa por sua vez, se mostra bastante eficiente nas etapas de concepção do projeto, nas tomadas de decisões e no acompanhamento da obra. Segundo Sampaio, Henriques e Martins (2010), a realidade virtual (VR) pode ser aplicada como um complemento para a modelagem 3D, contribuindo para uma melhor comunicação entre as partes interessadas no processo, seja em um treinamento, na educação ou na prática profissional.

Nesse contexto, esta pesquisa se restringe ao estudo da realidade virtual como uma ferramenta no processo de projeto BIM. Ocupa-se em investigar quais são os requisitos para implantar a Realidade Virtual em uma empresa de projeto e como esses requisitos influenciam o plano de implementação BIM.

#### JUSTIFICATIVA:

Os avanços tecnológicos proporcionados pela quarta revolução industrial, bem como as mudanças de interação homem/máquina que se tornam cada vez mais interativas, interferem nos aspectos cognitivos das novas gerações. Conseqüentemente, irá impactar várias áreas de trabalho que já existem como também abre oportunidades para profissões ainda inexistentes.

Atualmente, mesmo com vários aspectos ainda a serem evoluídos, o *Building Information Modeling* (BIM) já está mais conhecido na construção civil e devido a “internet das coisas”, o processo de projeto tem se tornado cada vez mais interativo. Dessa maneira vê-se a necessidade de um estudo a respeito dos requisitos para implantação da tecnologia de Realidade Virtual no Plano de Implementação BIM, de

forma que a mesma possa contribuir tanto para a qualidade do projeto quanto para uma melhor comunicação entre as partes interessadas.

### OBJETIVOS:

Em relação aos objetivos, procura-se apresentar os principais usos da tecnologia de Realidade Virtual Imersiva na construção civil, definir os requisitos para implementação dessa tecnologia em uma empresa e analisar como a RVI influenciará nas etapas do Plano de Implementação BIM.

### HIPÓTESE:

- 1) Apresenta-se como hipótese de requisitos para implantação das tecnologias de Realidades Virtual, o conteúdo, o software/aplicativo, os equipamentos e a capacitação técnica.
- 2) Apresenta-se como hipótese que o desejo pela implantação da realidade virtual deverá se fazer presente desde a primeira etapa do plano de implementação BIM.

### DELIMITAÇÃO DO TEMA:

Essa pesquisa se limita a pesquisar os requisitos para a implantação da Realidade Virtual no Plano de Implementação BIM (BIP)

### ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Essa monografia está subdivida em tópicos com o objetivo de organizar e facilitar a leitura da mesma. Na sequência desse capítulo introdutório, encontram-se nessa ordem: a revisão bibliográfica, levantamento dos requisitos, a análise da realidade virtual no plano de implementação BIM e a conclusão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Definições de projeto

A palavra projeto pode representar diferentes significados dependendo do contexto e do grupo de pessoas a qual é usada, podendo-se referir ao produto final ou ao processo (LAWSON, 1980).

Alguns desses conceitos e definições colocam o projeto com um enfoque de criação, mas também encontramos nas bibliografias um serie de definições de projeto com um ponto de vista mais voltado aos resultados do mesmo, esboçando seu propósito individual, social, político ou cultural (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

Grey et al. (1994) apud Tzortzopolous (1999, p. 9) definem o projeto como “uma forma de expressão pessoal e também uma forma de arte.” Os autores enfocam o projeto como uma resposta aos requisitos do cliente, que necessita de criatividade e originalidade para seu desenrolar no processo. Sendo assim, o projeto é visto como uma solução criativa e eficiente para um problema.

Segundo Kowaltowski et al (2011), projeto é um produto que é resultado de uma ação criativa, com a formulação de hipóteses, um acúmulo de informações e de experiências com notação própria, envolvendo partes interessadas. Os autores ainda afirmam que o processo que envolve o mesmo, enfrenta desafios complexos que abrangem, além da definição precisa das atividades, também implicações sociais e psicológicas (KOWALTOWSKI et al, 2011).

Para Stemmer (1988) apud Melhado e Agopyan (1995 p. 2), o projeto é “uma atividade criativa, intelectual, baseada em conhecimentos (...) mas também em experiência (...) um processo de otimização. ”

O projeto também é visto como "... a ação de intervir ordenadamente, mediante atos antecipatórios, no meio ambiente. A ação pode manifestar-se em produtos, edifícios,

sinais, avisos publicitários, sistemas, organizações, tanto em estruturas físicas como em estruturas não físicas" (BONSIEPE apud MELHADO; AGOPYAN, 1995, p. 2).

Para Thomaz (2001, p 93), projeto é definido como:

“Conjunto de desenhos; cálculos; modelagens; memoriais de construção; quantificações; fluxogramas das atividades; cronogramas; especificações de materiais; equipamentos e processos necessários à perfeita construção da obra e sua manutenção preventiva ao longo da vida útil que lhe foi prevista. ”

Considerando processo como uma série de ações que são realizados por pessoas e que geram um resultado. Nesse sentido, podemos dizer que os projetos são compostos por dois tipos de processos que interagem entre si e se sobrepõem durante todo o tempo. Normalmente os processos de projeto se enquadram em uma das duas categorias: Os **processos orientados ao produto**, que se relacionam com a especificação e a criação do produto do projeto e os **processos do gerenciamento de projetos**, associados a descrição e a organização do trabalho do projeto (PMI, 2000).

Já Fabricio e Melhado (1988) apresentam dois enfoques conceituais – Projeto do Produto e Projeto da Produção, que “ antes de conflitantes, devem ser entendidos como conceitos distintos e complementares que podem, se aplicados e desenvolvidos nas empresas de construção, contribuir para a ampliação da eficiência produtiva da empresa e das suas obras. ”

Ainda segundo os autores, p. 736:

“Enquanto o Projeto da Produção objetiva o aprimoramento do sistema de produção da empresa - foco na tecnologia de produção -, refletindo-se em cada uma de suas obras, o Projeto para Produção enfatiza o desenvolvimento dos processos críticos de cada obra, simultaneamente com a geração das soluções de produto – foco na sustentabilidade dos projetos e na otimização da obra. ”

Melhado (1994) p. 196, definiu Projeto para Produção como:

“Conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e sequência de atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e

evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora”.

Ainda segundo o autor o Projeto para Produção deve conter informações que tenham a finalidade de auxiliar a execução do empreendimento. De acordo com Fabricio e Melhado (1988), p. 734, são requisitos para a realização de um Projeto da Produção:

“ Uma política de produção que defina como se dará a organização do trabalho, os índices de produtividade, o padrão de qualidade, os critérios para subcontratação de serviços, a quantidade de treinamento e a rotatividade de mão-de-obra própria, bem como os investimentos que se deseja realizar. ”

De uma perspectiva mais abrangente, Juran (1992) apud Fabricio e Melhado (1998), apresenta o Projeto do Processo como “a atividade de definir os meios específicos a serem usados pelas forças operacionais para alcançar as metas do produto”. Esse projeto deve especificar, segundo o autor:

- Quais equipamentos a serem utilizados;
- O “software” - que utilizará como procedimentos e técnicas;
- Informações sobre operação e manutenção de equipamentos.

O mesmo autor ainda afirma que para se chegar a tais definições é necessário conhecer as metas de produtividade e qualidade definidas pela empresa, ter o conhecimento do que é necessário para a operação dos processos, além da lucidez no que se refere a capacidade de processos alternativos que se espera projetar.

Diante desses conceitos, considera-se que quando se tratar de projetos de edifícios, é recomendável que se extrapole a visão do produto ou da sua função, sendo também visto sob a ótica do processo da atividade de construir. Dessa maneira o projeto deve ser encarado como informação, podendo ser de natureza tecnológica (detalhes construtivos ou locação de equipamentos) ou de cunho gerencial (MELHADO; AGOPYAN, 1995).

## **2.2 O processo de concepção**

O projeto é resultado de várias interações sociais, sendo definido pela atuação de cada projetista e da influência mútua com os clientes e usuários. O projeto se caracteriza como informações criadas e tratadas por várias estratégias mentais e metodológicas que envolvem os sentidos, abstrações, representações, bricolagens abstratas, esquemas, algoritmos, métodos e conhecimentos. Sabendo-se isso, o projeto de edifício pode ser definido como um processo cognitivo capaz de transformar e criar informações, pelo conhecimento e por determinadas técnicas projetais, sendo orientado à concepção de objetos e a formulação de forma que antecipe o produto a sua obra. (KOWALTOWSKI et al, 2011).

De acordo com Florio (2011), os estudos sobre cognição ocorreram paralelamente com o desenvolvimento do computador e da inteligência artificial, sendo a cognição entendida como computação, em outras palavras um processamento de informações. Pesquisas realizadas por Newell e Simon (1972) citados por Florio (2011) indicaram que o pensamento criativo era o mesmo pensamento ligado as soluções de problemas simples, do dia a dia, porém usado de forma diferente. Para Florio (2011), cognição é definida como processo ou faculdade de adquirir conhecimento, que implica processar informações através da percepção e do raciocínio.

Como declarado pelo linguista Noam Chomsky apud Kowaltowski et al. (2011) quando estamos diante de um problema, pode ser que não se saiba a solução, mas se têm hipóteses e um conhecimento crescente sobre o assunto e têm-se alguma ideia do que se procura, ao contrário do que é dito como mistério, em que não se tem ideia de como explicar o fenômeno ou assunto.

## **2.3 Problemas no processo de projeto**

O projeto vem sendo apontado como o principal responsável pela origem de patologias nas construções (PICCHI, 1993; HELENE, 1988 apud TZORTZOPOULOS,

1999). Segundo Motteu e Cnudde (1989) apud Melhado (1994), 46% dos problemas patológicos dos edifícios, são atribuídos a falhas de projeto.

Na construção, ao contrário da indústria seriada, quase sempre para cada produto final precisa-se de um projeto de produto diferente, mesmo que se mantenha certas características tipológicas em conformidade com o “padrão de obra” de cada construtora, gera-se uma dificuldade na padronização do produto e do processo. Um processo produtivo padronizado e controlado, favorece a identificação de problemas em termos de qualidade e produtividade nos processos o que torna análise e proposição de soluções para tais “gargalos” mais fáceis (AMORIM, 1996; FABRICIO; MELHADO, 1998).

De acordo com Cross (1994), mesmo com um problema bastante preciso não se tem nenhuma indicação de como uma solução deve ser. É essa incerteza que torna projeto uma atividade bastante desafiadora. Ainda segundo o autor, os tipos de problemas que os projetistas enfrentam são considerados problemas mal definidos ou mal estruturados. Os problemas mal definidos de projeto possuem as seguintes características em comum:

- a) Não há formulação definitiva do problema;
- b) Qualquer formulação de problema pode ter inconsistências;
- c) As formulações do problema são dependentes de sua solução;
- d) Propor soluções é um meio de entender o problema;
- e) Não há solução definitiva para o problema

Um problema comum que ocorre em um processo de projeto é relacionado ao nível de especificação necessário a cada atividade, pois o que é considerado um “detalhe” para os arquitetos, pode por exemplo, ser um ponto muito importante para projetistas de interiores ou projetistas industriais (LAWSON, 1980).

Não existe um profissional capaz de dominar todo conhecimento e ciência envolvidos no processo de construir, portanto é muito relevante para o sucesso na produção de um empreendimento, a troca de conhecimento e experiências por especialistas das diversas áreas envolvidas. Conseqüentemente quando muitas pessoas, com diferentes pontos de

vista, pensamentos, conhecimentos e opiniões trabalham juntas, torna-se necessário além de um mediador, o estabelecimento de diretrizes, procedimentos sistematizados, e um eficiente sistema de gerenciamento de dados e informações, para que se consiga o desenvolvimento das atividades de projeto (MELHADO, 1994; SILVA E NOVAES, 2008).

“A solução de projeto adotada tem também um forte impacto no processo de produção da obra, pois define partidos, detalhes construtivos e especificações que permitem uma maior ou menor facilidade de construir e afetam os custos de construção” (SOUZA ET AL. ,1995 apud SOUZA,1997 p. 16).

O projeto deveria ser capaz de fornecer ao canteiro de obras informações de alto nível que auxiliassem as atividades de produção que não podem ser geradas no ambiente de obra. Um bom projeto proporciona a elaboração de um planejamento e uma programação eficientes, além de contribuir com um bom programa de controle de qualidade para materiais e execução. A tecnologia construtiva também deveria ser detalhada na etapa de projeto, pois é nessa fase que se torna necessário a formulação de alternativas e estudos de técnicas de construção racionalizadas no processo de criação, antecipando a otimização no ato de construir. (MELHADO, 1994).

Conforme Jo et all (1993) apud Romano (2003), o projeto do produto pode influenciar todas as áreas da organização, gerando o “efeito onda”. De acordo com os mesmos:

- O projeto contabiliza 5% do custo total, sendo que o mesmo influencia 70% dos custos.
- Em torno de 40% dos problemas relacionados a qualidade, são associados a projetos deficientes.
- No estágio de projeto pode-se determinar de 70% a 80% da produtividade da manufatura.
- Durante a fase de projeto determina-se de 80% a 90% do custo do ciclo de vida

De acordo com Vargas (2000) citado por Romano (2003) grande parte de não se atingir o resultado esperado ou falhar em um projeto decorre de falhas gerenciais, que poderiam ser evitadas. Segundo o autor (p.24-25), as falhas no projeto acontecem quando:

- Há pouca compreensão da atividade do projeto.
- O projeto inclui muitas atividades e muito pouco tempo para realizá-las.
- As estimativas financeiras são pobres e incompletas.
- O projeto é baseado em dados insuficientes, ou inadequados.
- O sistema de controle é inadequado.
- O projeto não teve um gerente de projeto, ou teve vários.
- Criou-se muita dependência no uso de softwares de gestão de projetos.
- O treinamento e a capacitação foram inadequados.
- Não foi destinado tempo para as estimativas e o planejamento.
- Não se conheciam as necessidades de pessoal, de equipamentos e materiais.
- Fracassou a integração dos elementos-chave do escopo do projeto.
- Cliente e projeto tinham expectativas distintas e, muitas vezes, opostas.
- As pessoas não estavam trabalhando nos mesmos padrões, ou os padrões de trabalho não foram estabelecidos.

O processo de projetos dos edifícios é pontuado por uma série de indefinições, seja elas relacionadas as características do produto (projeto do produto “incompleto” ou com informações conflitantes) ou as atividades produtivas (ausência de definições de procedimentos de execução e de um projeto balizador para a produção). Conseqüentemente, acentua-se a improvisação de soluções em obra que poderiam ter sido melhores estudadas e elaboradas durante a fase do projeto do empreendimento (FABRICIO; MELHADO, 1998).

O caráter pouco formal do processo produtivo na construção de edifícios é reflexo da escassez de domínio técnico e tecnológico que as empresas do subsetor detêm sobre as suas atividades produtivas e também dos serviços de projeto, que são subcontratados na maioria das vezes, que são poucos orientados à consuntibilidade das obras e falhas em relação a caracterização do produto. Devido a isso, se vê a necessidade de se projetar de forma conjunta tanto os produtos quanto os processos da produção dos mesmos, para se buscar uma maior integração do Projeto do Produto (FABRICIO; MELHADO, 1998).

A complexidade do processo de projeto é proveniente também de questões relacionadas à troca de informações e ao planejamento do projeto, que muitas vezes é desenvolvido de forma insuficiente e/ou inadequada. Sheat et al. (1996) apud Tzortzopoulos (1999), a fragmentação da indústria também contribui para essa complexidade. No processo de projeto, a troca de informações deve ser intensa, mas essas são espalhadas sem qualquer estrutura ou classificação, ocasionando muitos problemas entre as partes envolvidas. A troca constante de fornecedores, as relações dinâmicas entre os e os diferentes interesses de cada participante do processo, são fatores que dificultam a flexibilização do processo e contribuem também para a dificuldade na troca de informações. (AOUAD ET AL., 1994 APUD TZORTZOPOULOS,1999; TZORTZOPOULOS,1999).

As diferentes formações dos profissionais que desenvolvem projetos de edificações é outro fator que gera problemas de comunicação. Cada profissional ou grupo de profissionais desenvolvem diferentes percepções com relação à nomenclatura e ao conteúdo das atividades de projeto e normalmente estes profissionais encontram-se, em locais fisicamente distantes o que dificulta a clareza com relação às funções e responsabilidades de cada um dos envolvidos. Qualquer tentativa de modelagem do problema real de projeto que ocorre isoladamente da interpretação daqueles que desenvolvem o mesmo está fadada ao fracasso, por isso é importante o envolvimento dos intervenientes do processo na definição do mesmo (GREEN E SIMSTER, 1996 APUD TZORTZOPOULOS,1999; TZORTZOPOULOS,1999).

A característica mais importante da modelagem está relacionada à visão sistêmica do processo, que demonstra que qualquer faceta do trabalho deve ser vista e analisada em relação ao todo. A sistematização do desenvolvimento das atividades de projeto, bem como das informações necessárias em cada fase, são fatores essenciais para a melhoria do processo como um todo. Todas as atividades envolvidas podem ser mais facilmente controladas e relatadas enquanto uma estratégia coerente pode ser mantida através de todo o processo (RIBA, 1980 APUD TZORTZOPOULOS,1999; TZORTZOPOULOS,1999).

## 2.4 A qualidade no projeto

Existem vários conceitos referentes a qualidade que podem variar conforme o interesse do grupo que a emprega. De acordo com Garvin (1984), existem cinco abordagens principais para a definição de qualidade que são identificadas a seguir:

- a) A abordagem transcendental da filosofia: a qualidade é sinônimo de excelência inata, é a absoluta e universalmente reconhecível, uma marca de padrões de grande realização;
- b) A abordagem baseada no produto: a qualidade é vista como a quantidade de atributos que um produto contém. É precisa e mensurável, podendo ser avaliada objetivamente e pensada para satisfazer o gosto do cliente;
- c) A abordagem baseada no usuário: para ter qualidade, além de estar em conformidade com o projeto existe também uma preocupação com o atendimento a expectativa e a satisfação do consumidor;
- d) A abordagem baseada em manufatura: a definição de qualidade concentra-se no lado da oferta relacionando-se da prática da engenharia e da fabricação. É vista como sinônimo de conformidade do produto com o projeto.
- e) A abordagem baseada em valor: a qualidade se define em termos de custo e preço. De acordo com essa visão, um produto de qualidade é aquele que oferece desempenho a um preço aceitável.

Segundo Fabrício (2004) citado por Bicalho (2009, p. 25), “cada interpretação dada para a qualidade reflete uma preocupação mais ou menos parcial frente a um dado problema.” O autor ainda afirma que o melhor seria que os processos de projeto e de execução, na construção civil, contemplassem todas as interpretações e aspirações da qualidade.

Souza e Abiko (1997) afirmam que alguns conceitos da qualidade existentes nas bibliografias, sejam nacionais ou internacionais, são sofisticados e não adequam muito bem a realidade das empresas de construção civil. Os mesmos, visando facilitar o diálogo entre as várias partes interessadas e agentes envolvidos na cadeia

produtiva, conceituam qualidade para a construção civil como a “satisfação total dos clientes externos e internos da empresa”.

Vicent e Joel (1995) apud Bowen, já exploram um conceito mais abrangente de qualidade, nomeada de qualidade total. O gerenciamento desta última, segundo os autores é definido como: “... A integração de todas as funções e processos dentro de uma organização para alcançar a melhoria contínua da qualidade dos produtos e serviços. O objetivo é a satisfação do cliente. ”

Quando olhamos para indústria seriada, vemos uma “inteligência” na gestão do processo de projeto e no trabalho em equipe, o que proporciona uma maior qualidade no produto final e também uma melhor fluidez no processo de produção. Uma das grandes dificuldades que existe na construção civil, além da sinergia entre os agentes e as partes interessadas, é a baixa remuneração dos projetistas, o que resulta num processo de projeto fragmentado, projetos incompletos e conseqüentemente mais falhas e menor qualidade no produto final.

Segundo Fabricio e Melhado (1998):

“(...) o estabelecimento de procedimentos de produção, se acompanhado de um monitoramento adequado (visando a retroalimentação dos procedimentos) sobre os resultados alcançados em obra e de uma política de melhoria contínua, pode apontar para a introdução de novas técnicas e tecnologias construtivas que melhorem a qualidade do processo e do produto.”

Segundo Motteu e Cnudde (1989) apud Melhado (1994), a qualidade na construção civil não é apenas resultado de cuidados referentes a insumos utilizados no processo de produção, mas também está ligada a valorização do projeto, pois de acordo com os autores, quando a atividade de projeto é pouco valorizada, os projetos entregues a obra são incompletos e contém falhas, o que leva a grandes perdas de eficiência nas atividades de execução e ao prejuízo de algumas características do produto que foram idealizadas antes da execução.

Costa e Abrantes (1996) apud Tzortzopoulos (1999, p.1) descrevem que “uma importante parte do nível de qualidade obtido por uma edificação é função das decisões de projeto. ”

A qualidade do produto resultante do processo dependerá da eficiência na elaboração do projeto, sendo assim a adoção de metodologias nos procedimentos que orientará a simultânea atuação dos vários profissionais se torna necessária além do estabelecimento de um adequado fluxo de informação entre eles (MELHADO, 1994).

Segundo Souza (1997), a qualidade da solução do projeto determinará a qualidade do produto e conseqüentemente afetará o nível de satisfação dos usuários finais, ou seja, as soluções adotadas na etapa de projeto influenciam diretamente todo o processo da construção como também na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente. O mesmo ainda afirma que na etapa de projeto, onde acontece a concepção e o desenvolvimento do produto, deve ser identificado as necessidades dos clientes em termos de desempenho e custos, além das condições de exposição a que o edifício estará submetido durante o uso.

Ainda de acordo com o autor:

“Para assegurar a qualidade da solução de projeto e a qualidade da descrição do mesmo, é necessário controlar a qualidade do seu processo de elaboração. Para tal, é necessário que a empresa contratante do projeto estabeleça diretrizes para o desenvolvimento do projeto, garanta a coordenação e integração entre os vários projetos, exerça a análise crítica dos mesmos e controle a qualidade quando do recebimento do projeto” (SOUZA, 1997, p. 16).

Além disso, Bowen (2002) afirma que para se ter uma gestão de qualidade de projeto bem-sucedida, três pilares devem ser gerenciados, sendo eles:

- A Integração da equipe do projeto de forma a ter um único objetivo e uma cultura comum;
- O foco do cliente para a equipe, facilitando assim o fornecimento de produtos e serviços que atenderão às necessidades dos clientes;
- Um processo de melhoria contínua na gestão do projeto de construção.

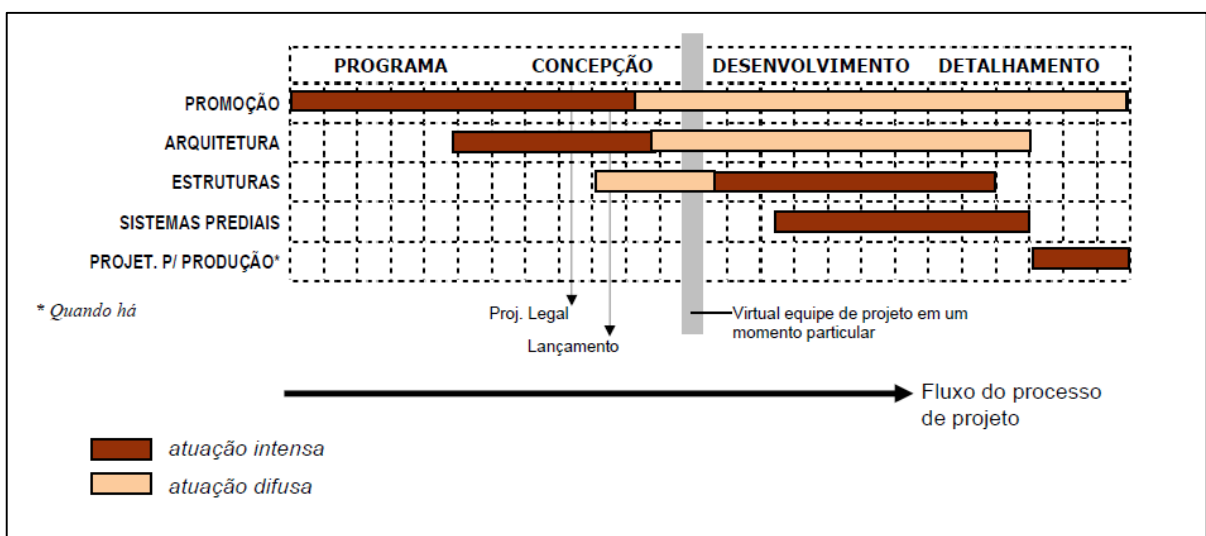
Ainda segundo o autor, quando existir uma integração de sucesso entre esses três componentes, o projeto alcançará melhorias significativas, mensuráveis e observáveis no atendimento dos objetivos dos clientes.

Portanto, a indústria da construção civil para garantir essa evolução de acordo com os preceitos da qualidade, deverá promover transformações significativas, que implicam em alterações estruturais nas organizações e introdução de novos objetivos e métodos para muitas atividades envolvidas no processo da construção, desde a formulação dos empreendimentos até a pós ocupação com a assistência técnica ao comprador (MELHADO, 1994).

## 2.5 Engenharia Simultânea

Os problemas de qualidade que surgem na fase de uso juntamente com o aumento das exigências dos clientes, das pressões de custo e da necessidade de inovação, induzem a necessidade de uma implantação de práticas diferenciadas da organização dos projetos, já que os empreendimentos de construção tradicionais são caracterizados pelo caráter sequencial das intervenções para cada um dos seus participantes, conforme a figura abaixo (MELHADO, 1999):

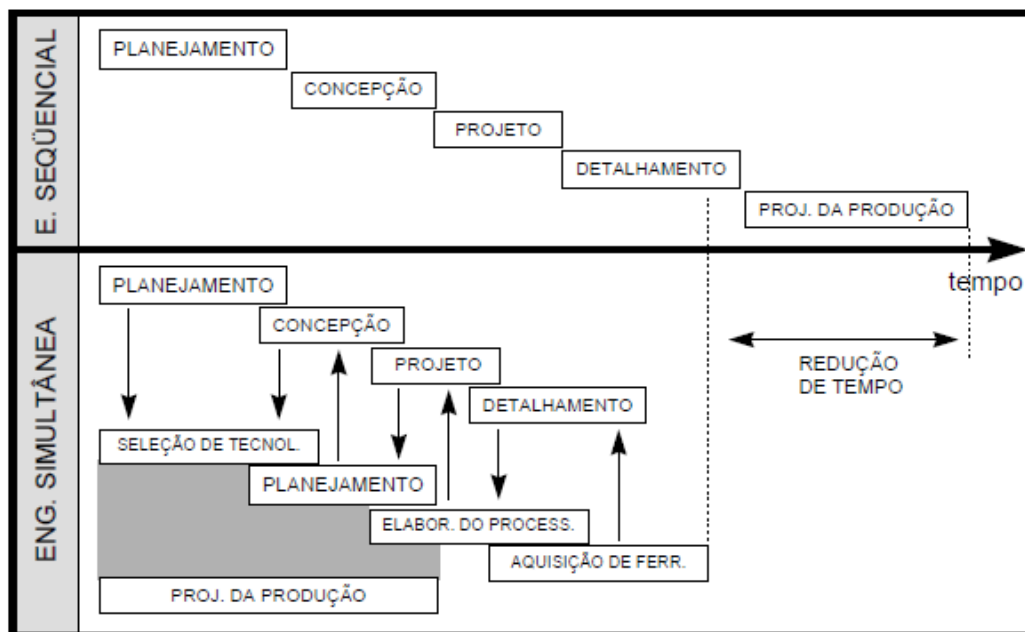
**Figura 1:** Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios – participação dos agentes.



Fonte: Fabricio e Melhado, 2001.

A mudança mais significativa que vêm sendo implementada para romper com o paradigma clássico de modelo sequencial de desenvolvimento do produto e estimular uma visão mais ampla e integrada a respeito do conceito binário projeto/produção, é a utilização da filosofia de trabalho da Engenharia Simultânea, que se mostra como uma alternativa para o desenvolvimento de produtos e processos, trabalhando um paralelismo de atividades de projeto e conseqüentemente reduzindo prazos e custos além de aumentar a qualidade e a satisfação de todas as partes interessadas (ROMANO, 2003).

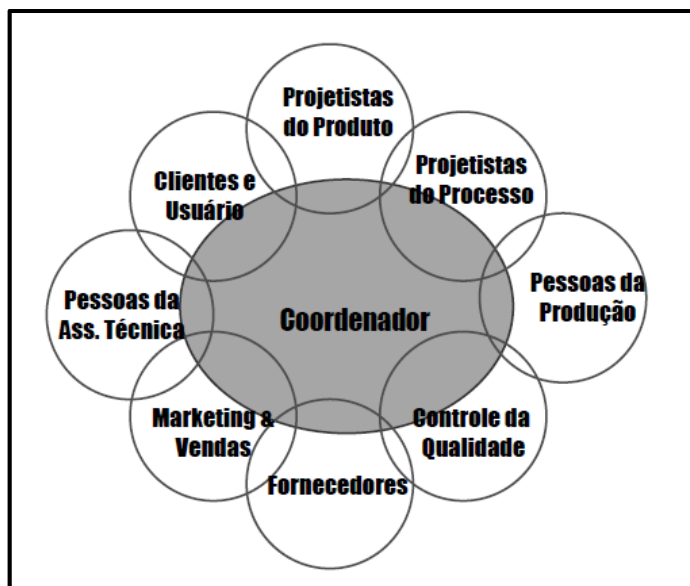
**Figura 2:** Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea



**Fonte:** Adaptado de Weck et al. (1991) apud Fabricio (2002)

Um ponto central nas definições de Engenharia Simultânea é a integração no projeto das visões dos diferentes agentes do processo de produção de maneira que se forme equipes de projeto multidisciplinares e multidepartamentais, capazes de considerar as demandas dos clientes internos do processo de produção e o desempenho do produto ao longo do ciclo de vida do mesmo. (FABRICIO, 2002).

**Figura 3:** Esquema das interações entre os principais participantes de uma equipe multidisciplinar genérica de ES.



**Fonte:** Fabricio (2002)

De acordo com Peralta (2002), a Engenharia Simultânea (ES) surge da necessidade de competição entre as Indústrias Automobilística e Eletroeletrônica norte americanas com seus concorrentes, entre eles os japoneses que apresentavam um grande crescimento na exportação de produtos.

No final da década de 80, Kruglianskas (1993) citado por Peralta (2002) p.38, afirma que:

“ O *Institute for Defense Analysis* (IDA) apresentou um relatório *The Role of Concurrent Engineering in Weapons Acquisition*, no qual foi proposta uma sistemática para a integração de um projeto simultâneo, relacionando processos, produção e assistência, de forma que os responsáveis pelo desenvolvimento do projeto considerem todos os elementos do ciclo de vida do produto, desde a concepção até a venda, incluindo qualidade, custo, prazo e necessidade dos usuários. Esta nova sistemática foi denominada de “Concurrent Engineering” ou Engenharia Simultânea. ”

Apesar dessa proposta inicial, muitas das principais características de desenvolvimento de projetos que utilizam a ES, são encontradas na indústria japonesa em um período anterior, contribuindo parcialmente para o sucesso referente a exportação de seus produtos na década de setenta e oitenta, além de torna-se

referência para a indústria ocidental no que diz respeito as práticas de desenvolvimento de projetos (FABRICIO; MELHADO, 1998).

“ A indústria de construção e a natureza do empreendimento de edifícios apresentam uma série de características próprias que condicionam as lógicas das empresas do setor e a aplicação de novas técnicas produtivas e de projeto”, sendo listadas a seguir, as principais interferências na aplicação de métodos da ES no que diz respeito ao desenvolvimento dos empreendimentos (FABRICIO; MELHADO, 1999, p. 5):

**Tabela 1:** Peculiaridades da construção que interferem na aplicação da engenharia simultânea.

<b>Natureza do empreendimento de construção</b>	Na construção, o planejamento e programação do empreendimento, concepção e projeto, e produção são muito mais pulverizados (a cargo de diferentes agentes) que na manufatura; O negócio da construção de edifícios envolve aspectos imobiliários que condicionam o sucesso do edifício à capacidade de incorporar terrenos, deslocando parte os requisitos de sucesso do empreendimento da esfera produtiva para área imobiliária.
<b>Tipo e características do produto</b>	A complexidade do edifício envolvendo uma forte interação com as dinâmicas urbanas coloca um fator de difícil controle e previsão para ser tratado. O longo ciclo de vida faz com que seja precária as condições de planejamento de todas as transformações e solicitações que o edifício sofrerá durante sua existência.
<b>Cultura e aspectos relacionais</b>	As relações entre agentes são muito mais sazonais e contratuais pautadas pelo ciclo de empreendimentos não repetitivos; Ao contrário da manufatura, na construção, os clientes costumam interferir significativamente na gestão interna do empreendimento e na sua produção
<b>Fornecedores</b>	Predomina no setor uma forte fragmentação e heterogeneidade entre os tipos de fornecedores (indústrias, subempreiteiros, projetistas, etc.) que participam do empreendimento; Por diversas razões geográficas e de mercado, a manutenção dos mesmos fornecedores, em diferentes empreendimentos, é bastante dificultada; Dados os diferentes portes das empresas envolvidas, o poder de negociação com os fornecedores é mais restrito e variado conforme o tipo de fornecedor;
<b>Escala de produção</b>	A construção costuma trabalhar com pequenas escalas - o que reduz, relativamente, a possibilidade de amortização dos custo do projeto.
<b>Limitações do canteiro</b>	Na construção o local de produção (canteiro) é muito mais sujeito a variações e intempéries.

**Fonte:** Fabricio; Melhado (1999)

A projeção simultânea de produto e processo traz embutida a necessidade de uma maior integração e consistência entre os projetos do produto, sendo, portanto, importante a coordenação de projetos, pois uma condição básica para a realização do projeto para a produção é a eliminação de eventuais incoerências nas características e especificações adotadas para o produto de forma que o mesmo cumpra sua missão de ajudar no bom andamento da obra (FABRICIO; MELHADO, 1998).

A realização simultânea dos projetos, além de identificar e corrigir incompatibilidades, deve estabelecer práticas de intercâmbio entre profissionais das diversas áreas de conhecimentos tais como arquitetura, estrutura, instalações, produção, etc. Esse intercâmbio facilita a ampliação da construtibilidade dos projetos pois ao invés de se ter visões separadas em relação ao empreendimento, tem-se uma visão em conjunto, com diversos pontos de vista (FABRICIO; MELHADO, 1998).

A realização simultânea de projetos, além de contribuir para a melhoria da construtibilidade nos processos, pode também facilitar a introdução de inovações tecnológicas de produto e de processo, pois tais inovações podem ser discutidas, analisadas e planejadas segundo seus impactos nas várias etapas do empreendimento.

## **2.6 A Coordenação**

O processo de projeto na construção civil, atravessa todo o processo construtivo de uma edificação, tendo início na etapa de planejamento, transpassa a elaboração dos projetos do produto e de produção, alcança a preparação para execução, a execução em si, estendendo-se até o uso (ROMANO, 2006). “ Quanto mais complexo o projeto, maior tende a ser a fragmentação, e quanto maior a fragmentação, mais complexo o processo” (TZORTZOPOULOS, 2009, p. 28).

São vários agentes envolvidos no processo de concepção, no desenvolvimento do projeto e na execução da obra, cada um com interesses e expectativas particulares.

Para conciliar a atuação dos mesmos e promover máxima integração entre os intervenientes desse processo heterogêneo, é necessária uma coordenação, que buscará atender às estratégias e diretrizes do empreendimento. Assim, edifícios mais complexos e com qualidade poderão ser produzidos, ao despor de uma eficiente coordenação para atingir os objetivos almejados. (SILVA; NOVAES, 2008).

O coordenador de projeto precisa ser um profissional que sabe conversar com as diversas áreas envolvidas no processo, para que saiba definir as prioridades no planejamento e tome decisões mais assertivas.

Segundo Thomaz (2001) citado por Paes (2015), p. 31:

“ A coordenação pressupõe o fluxo de informações, a uniformização da linguagem e dos objetivos dos projetistas, sua profunda interação com a produção e a devida consideração de todos os parâmetros que norteiam a implantação de um empreendimento. Para isso, o coordenador de projetos deve possuir o inteiro domínio das condições de execução da obra (...) e reunir conhecimentos e experiências suficientes no tipo de empreendimento que será executado. ”

## **2.7 Building Information Modeling**

O conceito de modelagem do produto se fortificou no final da década de 70, frente a muitas mudanças econômicas, com a globalização dos mercados e um aumento das pressões sobre as empresas. Buscava-se a melhoria dos processos tornando a abordagem integrada dos diferentes aspectos do produto algo essencial, de modo que se atendesse um mercado cuja a exigência em relação a prazos, qualidade e custos aumentava. Como uma resposta a essa demanda, a modelagem do produto surge como uma importante ferramenta que auxilia na concepção, na validação e na construção do produto, contribuindo ainda para o aumento da produtividade e para a sobrevivência dos negócios (AYRES, 2009 apud SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

No cenário da construção civil, vê-se a cada dia um aumento da complexidade dos processos, tornando-se necessário a adoção de uma mentalidade industrial visando

a aplicação de soluções adotadas na indústria da manufatura. Assim, a noção de modelagem do produto adquirida por outras indústrias deu origem ao conceito BIM (SOUZA; AMORIM; LYRIO, 2009).

O termo BIM, conhecido como abreviação de Modelagem da Informação da Construção, tradução do termo em inglês *Building Information Modeling*, é definido por Eastman et al. (2008) p. 13 como “ uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”. Um modelo de construção feito por uma ferramenta BIM pode oferecer múltiplas vistas diferentes dos dados contidos dentro de um conjunto de desenho, sendo eles 2D e 3D.

Ainda segundo os autores, os modelos de construção são caracterizados por:

- Componentes de construção, representados graficamente por objetos inteligentes que podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas.
- Componentes que incluem dados que descrevem seus comportamentos de acordo com o que é necessário para análises e processos de trabalho, tal qual, quantificação, especificação e análise energética.
- Dados consistentes e não redundantes de maneira que todas as modificações de dados referente aos componentes sejam representados em todas as visualizações as quais os mesmos se encontram.
- Dados coordenados em que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

Segundo Crespo e Ruschel (2007) o principal benefício do modelo BIM origina-se da habilidade de partilhar um único modelo digital integrado, com consistência e capacidade para suportar todos os aspectos no ciclo de vida do projeto da construção.

Sacks (2012) apud Manzione (2013) apresenta o BIM como um exercício social cuja o foco principal é a colaboração e a cooperação entre as pessoas e não necessariamente um exercício técnico. De acordo com o autor, só se pode ter edifícios

inteligentes se existirem pessoas inteligentes, pois não é a tecnologia do BIM que tomará as decisões e sim os profissionais através do uso que fazem da tecnologia.

Eastman et al. (2008) caracterizam o benefício do uso do BIM em cada fase do ciclo de vida da seguinte forma:

- **Fase de concepção de projeto (Pré-construção):** Estudos de conceitos, viabilidade, aumento da qualidade e do desempenho na construção
- **Projeto:** Visualização antecipada e mais precisa, correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto, geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto, colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas, verificação facilitada das intenções de projeto, extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto e incrementação da eficiência energética e da sustentabilidade.
- **Execução:** Sincronização de projeto e planejamento, descobertas de erros de projeto e omissões antes da construção (detectando interferências), reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro, uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados, melhor implementação e técnicas de construção enxuta e sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção.
- **Operação (Pós-construção):** Melhor gerenciamento e operação das edificações e integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades.

Succar (2009) apud Manzione (2013) apresenta a classificação para os usos do BIM nas fases de projeto, construção e operação conforme a tabela a seguir:

**Tabela 2:** Usos do BIM

<b>Projeto</b>	Visualização	Projetos com visualização em 3D Controle de ciclos de revisões Documentação e detalhamento Escaneamento de edifícios com raio <i>laser</i> Fotogrametria Representação realística Realidade virtual Realidade aumentada
	Análise	Verificações de requisitos de normas Estimativas de custo Análises estruturais por elementos finitos Simulação de fogo e fumaça Análises de luminotecnica Levantamentos quantitativos Análises de implantação no terreno Estudos de radiação solar Coordenação espacial e análise de interferências Análise estrutural Análises de sustentabilidade Análises energéticas Análises térmicas Estudos do impacto do vento
<b>Construção</b>	Execução	Construtibilidade Construção virtual Segurança do trabalho Especificações da construção Projeto de sistemas construtivos Tecnologias móveis para uso no canteiro Planejamento e controle da produção Licitações e contratações

	Pré-fabricação	Estruturas metálicas Estruturas em concreto pré-moldado
	Aquisição	Coordenação dos suprimentos preparação de pacotes de compras
<b>Operação</b>	Gerenciamento	Rastreamento dos ativos Manutenção dos ativos Monitoramento de ativos por GPS Gerenciamento dos espaços Gerenciamento de reformas
	Simulação	Gestão dos sistemas Planejamento para situações de emergência Análises do consumo energético Rastreamento da ocupação
<b>Otimização de processos</b>		<i>Lean construction</i> Gestão da cadeia de suprimentos Gestão do conhecimento Análises de valor Melhoria do processo de comunicação

**Fonte:** Succar (2009) apud Manzione (2013)

Segundo Eastman et. al (2008), dois principais pontos presentes no BIM o diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais, que são: a modelagem paramétrica e a interoperabilidade.

### 2.7.1 Modelagem Paramétrica

O entendimento do conceito de objetos paramétricos é fundamental para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D tradicionais. Os objetos paramétricos não possuem geometria e propriedades fixas, são representados por

parâmetros e regras que estabelecem a geometria como também as propriedades não geométricas e demais características. Esses parâmetros e regras permitem a atualização automática dos objetos de acordo com comandos enviados pelo usuário e com mudanças no contexto. Os parâmetros podem ser entendidos como características utilizadas para determinação do comportamento de um objeto e definição das relações entre os componentes do modelo (EASTMAN ET. AL., 2011; MANZIONE, 2013).

Eastman et al. (2008) define objetos paramétricos da seguinte maneira:

- São associações de definições geométricas, dados e regras.
- A geometria é integrada de tal forma que não permite inconsistências nem redundâncias.
- As regras paramétricas para os objetos, quando inseridas em um modelo de construção ou quando objetos associados sofrem alguma alteração, as geometrias associadas modificam-se automaticamente.
- Objetos podem ser definidos em diferentes níveis de agregação.
- As regras dos objetos são capazes de identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto em relação a tamanho, construtibilidade, etc.
- Os objetos são capazes de vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjunto de atributos.

Conforme destaca Andrade e Ruschel (2009) p. 603, os “modelos de construção baseados em objetos paramétricos possibilitam a extração de relatórios, checagem de inconsistências de relações entre objetos e incorporação de conhecimentos de projeto, a partir dos modelos”. De acordo com os autores, a modelagem paramétrica permite ao projetista explorar diferentes alternativas e soluções de projeto de forma rápida e segura, além de facilitar a manipulação de objetos com formas geométricas complexas, o que antes era mais complicado.

A estrutura de um modelo paramétrico é composta por “famílias” de objetos incluindo atributos de forma, atributos que não são de forma e relações. Dessa maneira, pode-

se gerar uma grande variedade de objetos devido as diferentes instâncias de um tipo (ANDRADE; RUSCHEL ,2009)

### **2.7.2 Interoperabilidade**

A interoperabilidade representa a capacidade de passar dados entre aplicações, de forma que permita a contribuição de múltiplos especialistas e aplicações que contribuam para o trabalho. Tradicionalmente baseia-se em um intercâmbio de formatos de arquivos, como o DXF (*Drawing eXchange Format*) e o IGES, que é somente ligado a geometria. Os padrões de modelos de dados foram desenvolvidos pela organização ISO e por esforços da indústria usando a mesma tecnologia de linguagem de dados conhecida por EXPRESS. Essa por sua vez, é legível por máquina e possui múltiplas implementações como um formato compacto de arquivo de texto, implementações de bancos de dados de objetos e SQL e também implementações em XML. A interoperabilidade é condicionante para o desenvolvimento de uma prática integrada. O uso de uma prática integrada com times de colaboração é devido a integração da informação entre aplicativos computacionais, utilizados por diferentes profissionais de projeto. Os dois principais modelos de dados de produtos de construção são o *Industry Foundation Classes*, também conhecido pela sigla IFC, par ao planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edificações e o *CIMsteel Integration Satandard Version 2*, também conhecido pela sigla (CIS/2), usado para engenharia e fabricação de aço estrutural. Os dois podem ser estendidos com base na necessidade do usuário (ANDRADE; RUSCHEL ,2009; EASTMAN ET AL, 2008).

### **2.8 A Realidade Virtual**

A maioria das informações recebidas pelo ser humano tem a forma de imagens visuais que são interpretadas por um computador extremamente eficiente: o cérebro. Os computadores digitais também podem interpretar informações desde que estas sejam fornecidas através de algum dispositivo. Com a Realidade Virtual, computadores e mente humana entram numa esfera onde ambos podem atuar num nível cada vez mais íntimo (MACHADO, 1995).

O conceito de Realidade Virtual (RV) lançado na década de 1990 por Jaron Lanier, fez com que os ambientes digitais passassem a ser o foco de interesse de diversos centros de pesquisas computacionais (BALTAZAR, CABRAL, 2006 APUD PAES, 2015).

Apesar de se falar da tecnologia RV a bastante tempo, o custo a implantação da tecnologia permaneceu alto por muitos anos. Com o avanço tecnológico e o crescimento da indústria de computadores, essa tecnologia deixou de ser inviável para diversas empresas. (MACHADO, 1995)

Pimentel (1995) citado por Machado (1995) p. 5, define realidade virtual como “o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade (...), é um lugar onde humanos e computadores fazem contato.”

Bertol (1997) define realidade virtual é um mundo gerado por computador que envolve um ou mais sentidos humanos, gerando em tempo real pelas ações dos participantes. Essa capacidade de resposta em tempo real, distingue a RV de outros tipos de simulações e o participante torna-se observador e criador ao mesmo tempo. Segundo o autor, um fator essencial em um mundo virtual é sensação de imersão, que muitas vezes é o fator determinante da experiência, onde o usuário é cercado por um ambiente tridimensional. Esse ambiente imersivo atua como um substituto do ambiente físico real e o sucesso dessa experiência depende diretamente da sensação de presença do participante. Com o uso de dispositivos interativos os movimentos do corpo do participante criam ativamente as imagens e os sons que são percebidas em tempo real. A visualização estereoscópica que reproduz o processo de visão binocular é essencial nos ambientes de imersão. Para Faas et al. (2014), o mundo virtual, a imersão, a resposta sensorial e a interatividade são elementos-chave da experiência de realidade virtual.

A presença e a tendência imersiva estão sendo bastante estudadas no campo da realidade virtual, sendo que a primeira é o maior fator que influencia diretamente a qualidade e o sucesso de uma implementação do ambiente virtual. Uma pesquisa apresentada por Samana et. al citada por Faas et. al (2014) determinaram que traços da personalidade, como a empatia por exemplo, se correlacionavam com a

experiência de presença. Muitos estudos mostraram que a presença tende a aumentar de acordo com os aumentos da fidelidade de reprodução ou da simulação do mundo físico e isso pode ser feito com displays de alta resolução, simulação física, som localizado entre outras medidas. De acordo os autores, alguns fatores são determinantes para aumentar o senso de imersão, tais como: isolamento do ambiente físico, senso de presença, naturalidade na interação e no controle e percepção do movimento próprio (FAAS ET AL, 2014).

A tendência imersiva é considerada uma característica e se relaciona com a tendência de um comportamento lúdico envolvido em um fluxo contínuo de estímulos. Existem outros tipos imersão vivenciada por outros meios como sentido por algumas pessoas que experimentam altos níveis de envolvimento com outros tipos de mídia como filmes, livros e vídeo games e se sentem como parte do meio ambiente ou se identificam fortemente com um personagem do meio. Durante a imersão essas pessoas, se sentem como se estivessem no lugar do personagem e sentem as experiências dos mesmos. Um outro exemplo de um alto nível de imersão é o sonho. Witmer et al. citado por Faas et. al (2014) acredita que envolvimento e imersão são necessários para a experiência de presença (FAAS ET AL, 2014).

A psicologia cognitiva sugere que os humanos podem experimentar variados graus de presença a qualquer tempo e em qualquer espaço físico. Isso dependerá muito de quantidade de atenção que é dividida entre o mundo físico e o mundo mental (por exemplo, memórias, devaneios e atividades planejadas). A dimensão do envolvimento da pessoa em qualquer ambiente e a quanto de presença se relata depende de quanto está focalizada sua atenção na tarefa (FAAS ET AL, 2014).

O ambiente virtual é uma hiper-realidade independente de seu simulacro físico. Não necessariamente, a realidade virtual imita a realidade conhecida, o que permite novos experimentos e complementa o processo de criação e desenvolvimento. Essa tecnologia faz com que os obstáculos, da interface bidimensional com a tela, sejam eliminados, aproximando a relação entre o usuário e seu ambiente de criação. Dessa maneira a experimentação e a exploração não são comprometidas, existindo uma

transposição mental na ilusão de sentir o ambiente (ECO, 2000 APUD FRANCAROLI 2016; NOËL, 1996 APUD FRANCAROLI, 2016).

Wellings e Levine (2010) apud Goldin et al. (2014) observaram que o uso do alto nível de tecnologias de jogos virtuais em esquemas educacionais emergentes, já se tornaram parte indispensável da vida das próximas gerações humanas. Os autores sugeriram transformar as lições existentes baseadas em texto, em plataformas de aprendizagem baseadas em problemas, nas quais o treinamento ocorre por meio da colaboração para o desenvolvimento de soluções para problemas do mundo real. Eles argumentaram que isso seria possível apenas com o uso de ambientes imersivos de visualização e simulação incorporados em jogos e interfaces interativas para aumentar o engajamento de estagiários e treinadores.

De um ponto de vista semelhante, Thai et al. (2009) apud Goldin et al. (2014) argumentou que os jogos digitais educacionais podem oferecer uma oportunidade para fortalecer o engajamento dos participantes, ajudando a transformar o ensino e o aprendizado levando-os a um novo nível.

A ACS (2009) Goldin et al. (2014) resumiu os benefícios da tecnologia imersiva interativa baseada em jogos, da seguinte maneira:

- 1) Explora o conhecimento clicando em objetos com informações;
- 2) Fortalece a educação, fornecendo um repositório de ajudas, ferramentas, etc associados a objetos virtuais
- 3) Oferecem espaços de trabalho colaborativos, como os fóruns de discussões informais;
- 4) A educação tradicional tem por base um instrutor através de um método de entrega à distância;
- 5) A aprendizagem é simulada, modelando um processo ou interação, que se aproxima do mundo real em relação aos resultados.

No que diz respeito à indústria da construção, Su et al. (2013) apud Goldin et al. (2014) defendem o uso de RV em ambiente de jogo para apoiar o treinamento de operação de equipamentos de construção que além de facilitar a prática, também previne os riscos de danos pessoais e dos equipamentos, além de eliminar os custos referente ao deslocamento até o local, e a atribuição dos instrutores para treinamento.

Na construção civil, a RV em ambientes de jogos, permite a interação no mundo virtual entre os participantes, o que auxilia a comunicação na tomada de decisão.

Dentro do simulador do espaço de um empreendimento, os participantes são profissionais de construção, como os gerentes de projeto, gerentes de construção, arquitetos, designers, comerciais, fornecedores, fabricantes, etc. que aprendem a lidar com os possíveis problemas e imprevisto que poderão ter na obra real, antes dela ser executada. Para Goldin et al. (2014) neste contexto, a aprendizagem ocorre através do seguinte:

- 1) Autonomia do participante para tomar todas as decisões;
- 2) Interatividade pois ambiente fornece o feedback dos participantes sobre as decisões a serem tomadas e suas implicações no projeto global (custo, tempo, recursos, saúde e segurança, etc);
- 3) Reflexão - os usuários podem embasar as decisões sobre o feedback fornecido e são capazes de identificar formas para evitar possíveis problemas no futuro.

### **3. Requisitos para implementação da Realidade Virtual**

Sam Al-Mutawa, que trabalha em uma empresa norte-americana especializada em realidade virtual para projetos da construção civil, em uma palestra dada outubro de 2017, explicou as diferentes configurações que atualmente se pode ter em um escritório para o uso do RV. Podemos classificar a tecnologia RV em dois grupos de configurações para a realidade virtual, sendo eles: *Desktop VR* ou *Mobile VR*. Uma

das diferenças que existe é em relação ao próprio equipamento físico, exemplificado nas figuras 4 e 5. Na primeira configuração, o participante possui o equipamento vinculado por um cabo a um *laptop* ou *desktop*, com um *headset* com phones de ouvido e um par de controladores. Os equipamentos mais conhecidos dessa categoria são o HTC VIVE e o Óculos RIFT. Já na segunda configuração para se ter a experiência de realidade virtual, é necessário um *smartphone* compatível com essa tecnologia e um *headset* adaptado para o dispositivo.

### MOBILE VR

Existem alguns componentes dentro do smartphone essenciais para a criação desta experiência RV. É necessário que se tenha instalado no smartphone um aplicativo próprio para RV e o celular precisa ter dois sensores, o giroscópio e o acelerômetro, que irão permitir ao dispositivo a leitura da movimentação corporal. É importante ressaltar que antes de escolher o smartphone e o headset que serão utilizados para a experiência, é necessário conferir a compatibilidade dos dispositivos. Atualmente temos vários dispositivos ofertados, na figura 6, podemos ver o exemplo de alguns deles e suas compatibilidades. Devido a esses requisitos de compatibilidade, é importante que se tenha especificado quais modelos e marcas são utilizados pela empresa, para que as partes interessadas possam usufruir desse recurso.

**Figura 4** : Uso da Tecnologia RV no modelo *Desktop VR*.



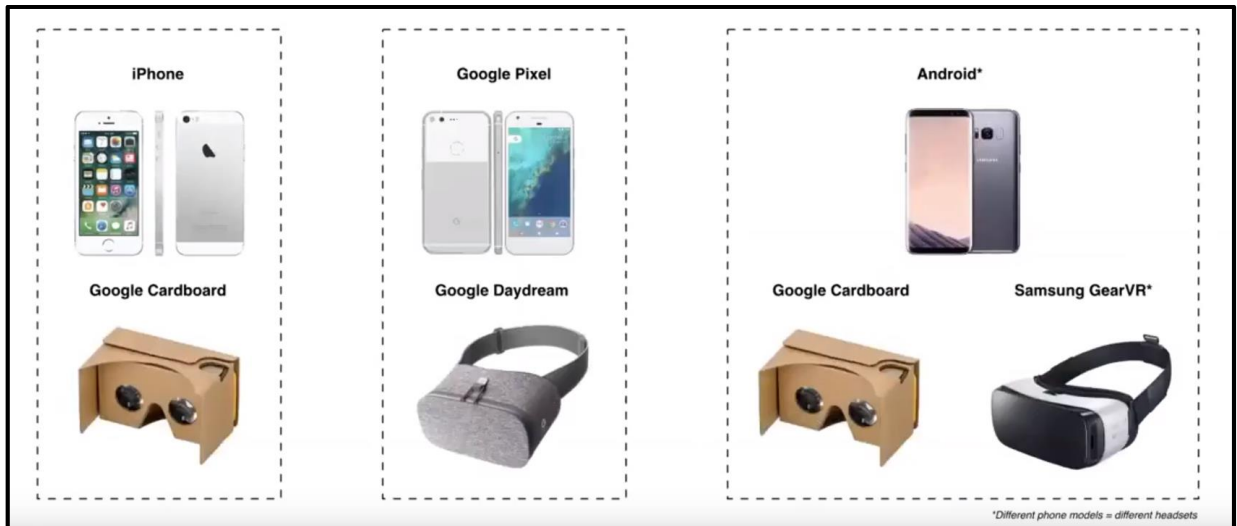
**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 5** : Uso da Tecnologia RV no modelo *Mobile VR*.



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 6** : Modelos de smartphones e headsets compatíveis para o uso do *Mobile VR*.



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

Para se criar o conteúdo para o *Mobile VR*, gera-se uma imagem estática e panorâmica de 360 graus, que pode ser criado pelos serviços BIM como no Revit da Autodesk, utilizando o Autodesk 360 e no Archicad, da Graphisoft, utilizando o BIMx,

entre outros. Outra coisa interessante é que algumas plataformas BIM permitem a geração de um link para acesso a essa imagem ou mesmo a criação de um QR code que pode ser inserido na própria prancha de projeto.

Outro ponto a ser previsto no processo de projeto BIM, é a quantidade de tempo disponível para a etapa, pois pode-se gerar imagens com fotorrealismo, porém o tempo para a geração das mesmas é maior. Essas imagens são pontos fixos, não permitindo que se tenha a experiência de navegação no modelo, porém pode-se olhar ao redor de 360°. O aplicativo que gera essa experiência de realidade virtual, basicamente faz a junção das imagens e remonta uma imagem para cada olho (Figura 7), o que aumenta sensação de profundidade e imersão. Quando o *smartphone* é colocado no *headset*, as duas imagens geradas pelo aplicativo são vistas como uma única imagem combinada e perfeita.

**Figura 7** : Exemplo da junção de imagens no aplicativo de realidade virtual.



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

Uma outra maneira de usar o *Mobile VR* nas apresentações é compartilhando com todos os participantes da reunião através de uma televisão ou monitor, o que está sendo visto pelo participante da experiência de realidade virtual através de seu *headset* (Figura 8). Pode-se fazer isso através do pareamento dos dispositivos com um monitor ou uma televisão, e dependerá do tipo de sistema operacional que tem o *smartphone*. Se o modelo do *smartphone* utilizar o sistema *Android*, a melhor maneira é utilizando o Chromecast para conseguir um pouco mais de *hardware*. Basta conectá-

lo a TV, parear com o telefone e em seguida, iniciar o aplicativo. Para o Iphone, é preciso que se tenha a *Apple TV* para parear os dispositivos.

**Figura 8** : Corpartilhamento do dispositivo RV com uma televisão.



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

Basicamente o que é necessário para utilizar a tecnologia *Mobile VR* é um *headset*, próprio para *smartphones*, um aplicativo para RV instalado no celular e o conteúdo que é a imagem panorâmica.

### DESKTOP VR

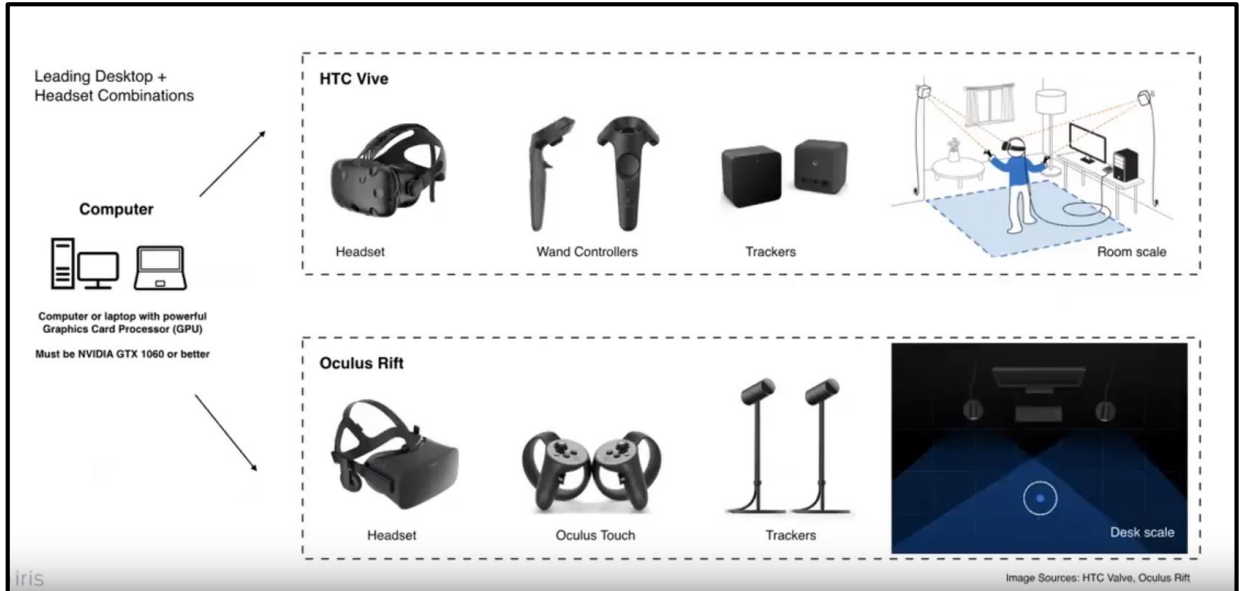
Como citado anteriormente, os equipamentos mais conhecidos no mercado atual usado nessa categoria são o HTC VIVE, e o Óculus RIFT. Ambos vem equipados com dois controladores e um par de sensores de movimento.

Esses *headsets* (Figura 9) são movidos por um computador potente e utiliza os sensores de movimentação externos para o rastreamento do movimento do corpo, conseqüentemente é preciso ter um pouco mais de espaço e um computador que seja capaz de executar tanto o *software* quanto o *hardware* VR.

Pode-se fazer a experiência de imersão em um modelo BIM localmente, através de plug-ins que são instalados nas plataformas que permitem a visualização em realidade virtual do modelo, em um ponto de vista externo ou através de um comando enviado

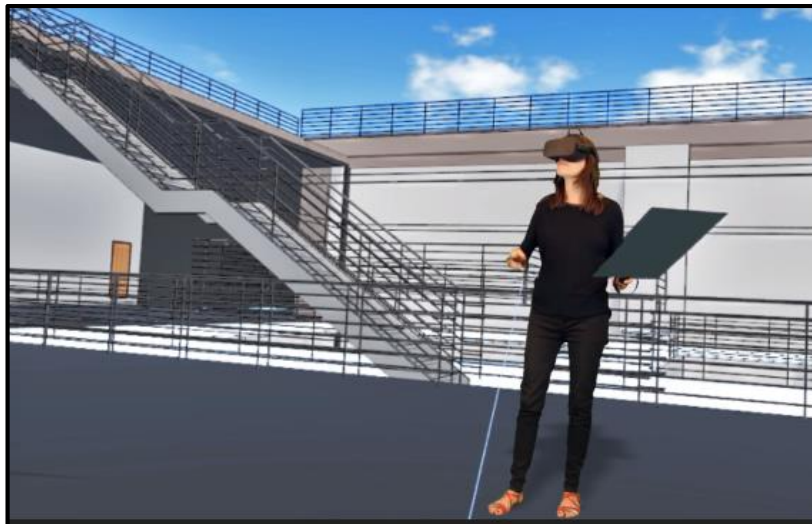
pelo controlador, é possível se teletransportar para dentro do modelo, de forma que a escala fique 1:1. (Figura 10)

**Figura 9** : Headsets – HTC Vive e Óculus Rift



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 10** : Experiência RV em escala 1:1

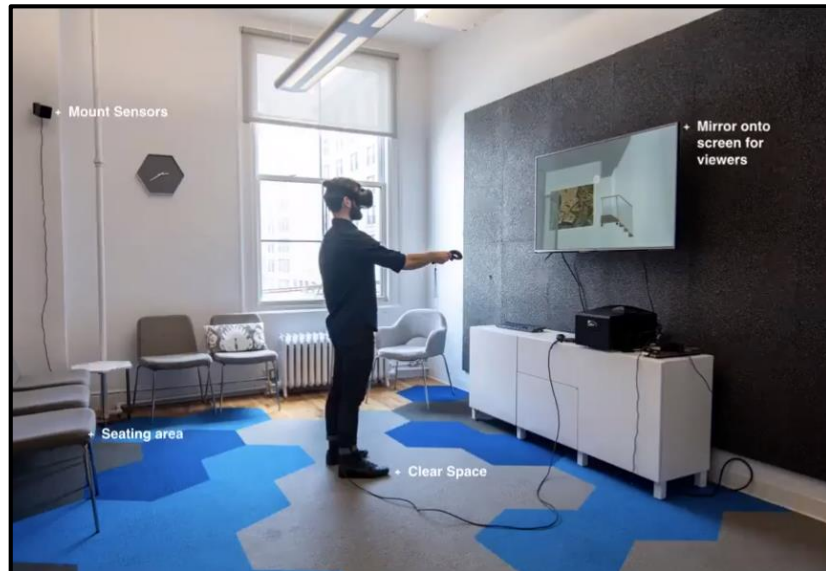


**Fonte** : [www.iresvr.com](http://www.iresvr.com)

Existem várias possibilidades de configuração do espaço destinado a experiência de imersão. A dimensão do mesmo além de influenciar no conforto para movimentação

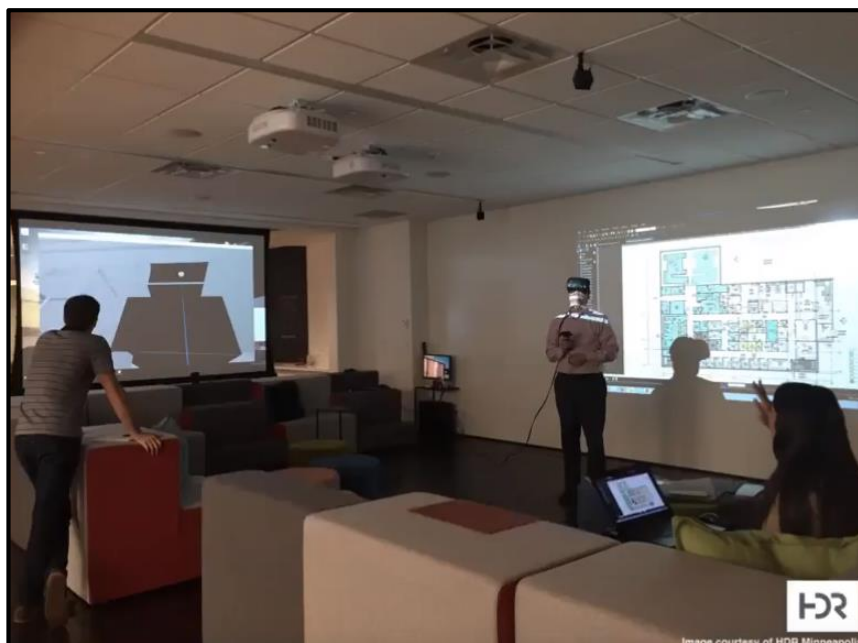
e interação com o ambiente virtual, também deverá ser configurada de acordo com a quantidade de participantes e da dimensão de espaço necessário para a experiência. As figuras 11, 12, 13 e 14 exemplificam alguns modelos:

**Figura 11** : Espaço 1 para imersão utilizand HTC - Vive



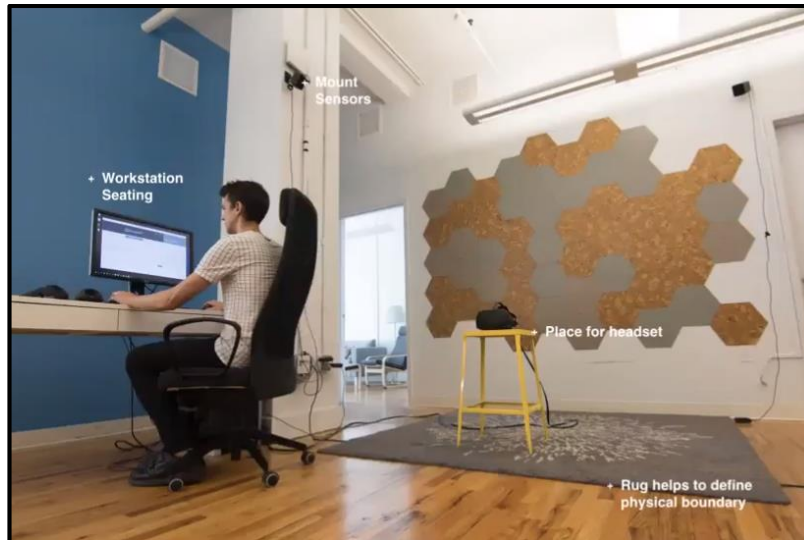
**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 12** : Espaço 2 para imersão utilizand HTC - Vive



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 13** : Espaço 3 para imersão utilizand HTC - Vive



**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

**Figura 14** : Espaço portátil para imersão utilizando os Óculus Rift + Laptop + Mochila

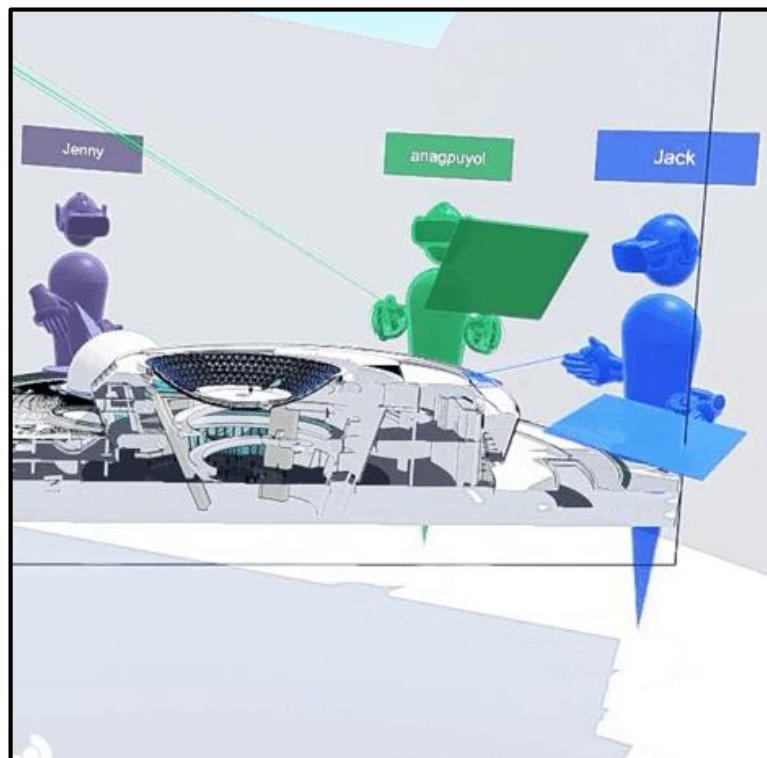


**Fonte** : AL-MUTAWA (2017)

## REALIDADE VIRTUAL EM PLATAFORMAS DE JOGOS:

Existem várias empresas terceirizadas que fornecem o serviço de um espaço virtual para colaboração *multiplayer* (para vários usuários no espaço virtual ao mesmo tempo). Envia-se um modelo BIM para a nuvem e os colaboradores fazem a imersão no espaço virtual, visualizando os outros participantes em forma de “avatar” (Figura 15). Aos mesmos, é permitido a interação, a autonomia e a comunicação o que ajuda no processo da tomada de decisão do projeto. Além disso, por não ter um limitador físico para as reuniões virtuais, não necessita do deslocamento o que amplia a colaboração no mercado profissional, podendo-se projetar com profissionais de diversos países.

**Figura 15 :** Colaboração Multiplayer



Fonte : [www.iresvr.com](http://www.iresvr.com)

#### 4. Realidade Virtual no BIM *Implementation Plan*

Em relação a implementação da Realidade Virtual em um processo BIM dentro de uma empresa, é importante que desde a primeira etapa seja visado o uso desse recurso, pois influenciará várias das decisões da implementação

Segundo ARANTES (2018) – anotações da aula - o plano de Implementação BIM ou, *BIM Implementation Plan* (BIP), em uma empresa é feito em dez etapas explicadas a seguir:

- 1) **Diagnóstico Organizacional:** Esse primeiro passo têm o objetivo principal de determinar as lacunas entre o desempenho atual e o desejado. Estabelece-se o que a empresa quer ou precisa melhorar com metas de curto, médio e longo prazo, relacionando-as com os usos do BIM. Entrevistas, questionários, o levantamento da infraestrutura de informática, que será um dos pontos mais importantes para o uso da tecnologia RV e uma auditoria de modelo, no caso da empresa já utilizar a modelagem BIM, são alguns dos mecanismos de coleta de dados que são usados para definir o que se deve implementar. Uma forma prática de mapear dados do diagnóstico é utilizando a análise SWOT.
- 2) **Formação Conceitual BIM:** Essa etapa visa a fixação dos conceitos necessários ao correto entendimento dos processos BIM, para que o cliente seja preparado para entender e desenvolver os conjuntos de competências BIM. Nessa etapa, também é importante apresentar as possibilidades de uso da ferramenta de realidade virtual, que ainda não é tão bem conhecida.
- 3) **Elaboração de plano:** Para cada empresa existe um plano BIM específico que é elaborado em função do diagnóstico. O plano inicial mostra os objetivos, o orçamento e cronograma da implementação. Para essa etapa é importante definir com os envolvidos até qual nível de desenvolvimento se deseja chegar, pois isso além de influenciar todo projeto do processo, também irá influenciar o modo que a tecnologia de realidade virtual poderá contribuir com o processo.

De acordo com Hardin (2009) apud Arantes (2018) – anotações da aula, nessa etapa são elaboradas as diretrizes básicas do plano BIM, descritas a seguir:

- a) Identificar um gerente BIM: O gerente será fundamental para a facilitação de todo processo, coordenando as informações. Tendo em vista a importância do amplo conhecimento e da facilidade de conversa entre as áreas, requisitos que a coordenação de projeto deve ter, é fundamental que a mesma, para a implantação da realidade virtual, tenha um conhecimento ao mesmo básico sobre a tecnologia;
- b) Desenvolver uma estimativa de custo e tempo para implementar BIM: Elabora-se um plano de aquisição de equipamentos, de acordo com o trabalho a ser desenvolvido e de contratação/treinamento de pessoal. Para a implantação da RV, as máquinas e acessórios deverão atender os requisitos conforme o tipo de experiência que será implantado;
- c) Desenvolver um plano de integração: Será desenvolvido um cronograma de desenvolvimento das atividades de modelagem e destas com a coordenação de projetos/obras. Deve constar as etapas em que se utilizará a tecnologia RV;
- d) Começar pequeno: Um grupo pequeno deverá começar com a produção do trabalho, logo após o treinamento e progredir sistematicamente de forma que a implementação ocorra paulatinamente;
- e) Manter o gerente treinado: O gerente BIM deve ter treinamento em todas as plataformas BIM utilizadas, bem como na tecnologia RV escolhida, não para ser especialista mas para compreender as competências e limitações das plataformas;

- f) Apoiar o gerente criando um departamento: É criado um departamento para servir de polo integrador das informações da empresa, que também deve ter conhecimento a respeito da tecnologia RV.
- g) Manter-se focado no plano, mas ser flexível: O processo de implementação da tecnologia BIM é longo e contínuo, por isso é importante que o mesmo se mantenha com foco, porém apresente uma certa flexibilidade para os ajustes necessários.
- h) Criar recursos de aprendizado: Desenvolve-se tutoriais, manuais e guias para se criar referências internas. A própria realidade virtual poderá ser utilizada como um treinamento e capacitação para a equipe em algumas etapas do processo.
- i) Analisar o processo de implementação: Identifica-se os pontos fortes e fracos da implementação, buscando não culpar as pessoas para não causar inibição no ambiente de trabalho colaborativo.
- j) Monitorar as tendências da indústria e os novos recursos: A tecnologia se desenvolve constantemente e ainda mais rápido com a chegada da quarta revolução industrial. É importante que se observe as tendências de mercado, pesquisas e as novas possibilidades, ainda mais em relação a realidade virtual que se tem previsão de seu grande crescimento no mercado nos próximos anos.

Nessa fase, também se elabora um quadro geral das competências necessárias para o BIM na empresa, separando as categorias e caracterizando cada uma em relação ao nível atual, o nível de maturidade desejado e as competências necessárias. Além disso, é definido as fases em um cronograma de implementação e analisa-se o retorno do investimento (análise do ROI).

- 4) **Processos BIM:** O bom detalhamento dos processos BIM contribui muito para o sucesso da implementação BIM. São feitas plataformas para elaboração de fluxo de processo. Os processos BIM dependem da inter-relação entre a gestão do processo de projeto (BPEPs) e a gestão da modelagem da informação (BIP). Nessa etapa se elabora também os Manuais BIM contendo o descritivo do nível de informações dos objetos no Design, a escolha dos objetos que serão modelados, a sequência de modelagem dos objetos, a elaboração de *Templates* e Objetos, sendo que a primeira de suma importância para a velocidade do processo. É imprescindível que se faça a gestão do conhecimento da informação através da elaboração de um Guia BIM onde se define os procedimentos nas empresas em adequação com o BIM através da definição dos papéis e responsabilidades dos agentes, os procedimentos de colaboração, a definição das plataformas BIM, os requisitos de modelagem, as entregas digitais, a padronização da documentação, a estrutura de dados e a orientação sobre o processo de gestão do projeto.
- 5) **Escolhas das Plataformas:** As escolhas das plataformas muitas vezes ocorrem da forma equivocada nas empresas, muitas vezes por serem colocadas equivocadamente como primeiro passo no plano de implementação BIM. Para a escolha dos modeladores é importante que se tenha a comunicação adequada entre os mesmos. As plataformas BIM serão avaliadas levando-se em consideração o custo benefício, a interoperabilidade, a facilidade de operação da plataforma, o tempo de treinamento necessário, a curva de aprendizagem para cada aplicativo e as políticas de licenciamento e formas de pagamento. Para a realidade virtual, é necessário que se tenha definido o tipo de experiência que será adotado pela empresa para que seja avaliado qual a compatibilidade das plataformas com os plug-ins existentes no mercado e se as mesmas permitem o desenvolvimento de plug-ins, caso ainda não exista. As capacidades desejáveis das ferramentas BIM são:

- a) A escalabilidade: serão avaliadas a habilidade de lidar com projetos de grande escala e com a modelagem de alto nível de detalhes, a habilidade de resposta do sistema em função do número de objetos utilizados e as questões sobre sistema operacional e o desempenho da placa gráfica.
  - b) Ambiente multiusuário: que dará o suporte a colaboração entre integrantes de uma equipe de projetos.
  - c) Modelagem de superfícies curvas complexas: que irá permitir mais liberdade de criação.
- 6) **Treinamento das Equipes:** O treinamento das equipes além da aprendizagem das plataformas também envolve o treinamento em processos e softwares. Durante o treinamento é feito um controle documental com o acompanhamento das novas funções e das atribuições de cada uma delas. O treinamento da RV também é feito, para que se tenha domínio necessário para que a experiência flua com facilidade e assim contribua para o aumento do nível de imersão.
- 7) **Projeto Piloto:** O projeto piloto não visa retorno imediato, é feito para se aprender com as falhas e assim aperfeiçoar o processo. Ele tem o objetivo de verificar a capacidade das empresas de realizar o BIM e de serem capazes de atender às atividades do BPEP.

Após a implementação BIM é feito uma avaliação do processo para que se tenha um olhar crítico em relação aos ganhos, dificuldades encontradas e as possíveis futuras melhorias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentado nessa pesquisa a natureza fragmentada da indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção (AEC) e as consequências que essa engenharia sequencial gera, principalmente em relação a problemas ligados as falhas de comunicação e ao processamento de informação. Essas falhas contribuem para um aumento da proliferação de relações contraditórias entre as diferentes partes envolvidas em um projeto e que também afetam a veracidade das informações do mesmo.

Como visto, o BIM pode contribuir com toda a indústria de AEC, aumentando a colaboração de equipe, melhorando integração dos projetos, melhorando o fluxo da informação, ajudando na documentação, contribuindo para as análises de projeto de forma que se reduza os custos da obra e da manutenção e fornecendo simulação da construção para o planejamento do trabalho em equipe e para uma melhor comunicação na tomada de decisão.

Em relação a comunicação, é visto que em essência, a natureza e complexidade da mesma dentro dos projetos da AEC mudou significativamente nos últimos anos, especialmente com os avanços tecnológicos e com o aumento da contribuição de tecnologias de colaboração de projetos baseadas na nuvem. O sucesso dos projetos de AEC dependente bastante do nível e da qualidade do intercâmbio da comunicação entre as várias disciplinas envolvidas desde a fases de concepção até a execução.

Desta maneira esse trabalho procurou mostrar as contribuições da realidade virtual para o setor da AEC, principalmente em relação a comunicação das partes interessadas. Conclui-se que não existe um modelo padrão de configuração para a experiência de RV que pode ser adotado por todas as empresas. Essa escolha dependerá não somente da preferência pessoal, mas também da utilização que se dará, da etapa do projeto que se deseja implantar, do nível de desenvolvimento BIM, do processo do projeto, do orçamento, das plataformas que são utilizadas e do espaço disponível. Além disso, deverá ser previsto a intenção de implementação dessa tecnologia desde a primeira etapa do BIP, pois a mesma terá influência em várias decisões a serem tomadas durante a implantação do plano.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Sérgio L. Inovações tecnológicas nas edificações: papéis diferenciados para construtores e fornecedores. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 3, n. 3, p. 262-273, dez. 1996.

ANDRADE, Max L.; RUSCHEL, Regina. **BIM: Conceitos, Cenário das Pesquisas Publicadas no Brasil e Tendências**. 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/269149277\\_BIM\\_Conceitos\\_Cenario\\_das\\_Pesquisas\\_Publicadas\\_no\\_Brasil\\_e\\_Tendencias](https://www.researchgate.net/publication/269149277_BIM_Conceitos_Cenario_das_Pesquisas_Publicadas_no_Brasil_e_Tendencias). Acesso em: 28 jan. 2019

BERTOL, D. **Designing Digital Space: An Architect's Guide to Virtual Reality**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

BOWEN, P.A., HALL, K.A., EDWARDS, P.J., PEARL, R.G. and CATTELL, K.S. **Perceptions of Time, Cost and Quality Management on Building Projects**. The Australian Journal of Construction Economics and Building, Austrália, v. 2, n. 2, p. 48-56, 2002.

BICALHO, Felipe C. **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras de pequeno porte**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CRESPO, Cláudia C; RUSCHEL, Regina C. Ferramentas BIM: Um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. 2007. Disponível em: <http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/tic2007/artigos/A1085.pdf>. Acesso em: 30 dez 2018.

EASTMAN, Chuck et al. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. 2.ed. United States of America: Hoboken, 2011.

FABRÍCIO, Márcio; MELHADO, Silvio. **Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. Disponível em: [http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/desafios\\_para\\_integracao\\_do\\_processo\\_d\\_e\\_projeto.pdf](http://www.lem.ep.usp.br/gpse/es23/anais/desafios_para_integracao_do_processo_d_e_projeto.pdf). Acesso em: 14 nov. 2018

FABRÍCIO, Márcio; MELHADO, Silvio. **Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos**. 1998. Disponível em: <https://ecivilufes.files.wordpress.com/2011/04/projetos-para-produc3a7c3a3o-na-construc3a7c3a3o-de-edifc3adcios.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.

FABRÍCIO, Márcio; MELHADO, Silvio; SILVA, Fred. **Parcerias e estratégias de produção na construção de edifícios**. 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Silvio\\_Melhado/publication/237829933\\_PARCELIAS\\_E ESTRATEGIAS\\_DE\\_PRODUCAO\\_NA\\_CONSTRUCAO\\_DE\\_EDIFICIOS/links/00b7d5274e9405cfdd000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvio_Melhado/publication/237829933_PARCELIAS_E ESTRATEGIAS_DE_PRODUCAO_NA_CONSTRUCAO_DE_EDIFICIOS/links/00b7d5274e9405cfdd000000.pdf). Acesso em: 14 set. 2018

FAAS, Daniela; BAO, Qifang; FREY, Daniel D.; YANG, Maria C. The influence of immersion and presence in early stage engineering designing and building. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 28, n. 2, p. 139-151, maio, 2014.

FLORIO, Wilson. Análise do processo de projeto sob a teoria cognitiva: sete dificuldades no atelier. **Arquiteturarevista**, São Leopoldo, v. 7, n. 2, p. 161 – 171, jul/dez. 2011

FLORIO, Wilson. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. 2007. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/268377365\\_CONTRIBUICOES\\_DO\\_BUILDING\\_INFORMATION\\_MODELING\\_NO\\_PROCESSO\\_DE\\_PROJETO\\_EM\\_ARQUITETURA](https://www.researchgate.net/publication/268377365_CONTRIBUICOES_DO_BUILDING_INFORMATION_MODELING_NO_PROCESSO_DE_PROJETO_EM_ARQUITETURA). Acesso em: 14 set. 2018

FRANCAROLI, Fernando. **Um estudo de percepção em um ambiente simulado com realidade virtual exploratória**. 127f. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

GARVIN, David A. What does “product quality” really mean? **Sloan Management Review**. USA, v.26, n.1, 1984.

GOULDING, Jack S., RAHIMIAN, Farzad P, WANG, Xiangyu. Virtual reality-based cloud BIM platform for integrated AEC projects. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 19, p. 308-325, set. 2014.

KOWALTOWSKI et al, **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LAWSON, B. **How Designers Think: The design process demystified**. London: The Architectural Press, 1980.

MACHADO, Liliane dos S. **Conceitos básicos da realidade virtual**. Disponível em: [http://www.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/1995\\_rt.pdf](http://www.di.ufpb.br/liliane/publicacoes/1995_rt.pdf). Acesso em: 31 nov. 2018.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 343 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MELHADO, Silvio. **Qualidade do Projeto na Construção de Edifícios: Aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. 311 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MELHADO, Silvio. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios**. 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/228801073\\_O\\_plano\\_da\\_qualidade\\_dos\\_e\\_mpreendimentos\\_ea\\_engenharia\\_simultanea\\_na\\_construcao\\_de\\_edificios](https://www.researchgate.net/publication/228801073_O_plano_da_qualidade_dos_e_mpreendimentos_ea_engenharia_simultanea_na_construcao_de_edificios). Acesso em: 25 jan. 2019.

MELHADO, Silvio B.; AGOPYAN, Vahan. **O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle**. 1995. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/278676297\\_O\\_conceito\\_de\\_projeto\\_na\\_construcao\\_de\\_edificios\\_diretrizes\\_para\\_sua\\_elaboracao\\_e\\_controle](https://www.researchgate.net/publication/278676297_O_conceito_de_projeto_na_construcao_de_edificios_diretrizes_para_sua_elaboracao_e_controle). Acesso em: 22 jan. 2019.

PAES, Daniel. **Análise de um ambiente de imersão como ferramenta de auxílio à percepção do espaço virtual**. 182f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PERALTA, Antonio C. **Um modelo do processo de projeto de edificações, baseado na engenharia simultânea, em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos do Gerenciamento de Projetos** (PMBOK Guide). Pennsylvania: Project Management Institute, 2000.

ROMANO, Fabiane V. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50891/54973>. Acesso em: 11 out. 2018.

SAMPAIO, A.Z; HENRIQUES, P.G; MARTINS O.P. **Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education**. 2010. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/1fde/0d1db7f145c3c949688da9d9fa11efce3e9b.pdf>. Acesso em: 14 set. 2018

SILVA, Maria V.F.P; NOVAES, Celso C. **A coordenação de projetos de edificações: Estudo de caso**. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50927>. Acesso em: 23 jan 2019.

SOUZA, Livia L.A. de; AMORIM, Sérgio R.L.; LYRIO, Arnaldo de M. **Impactos do uso do BIM em escritórios de arquitetura: Oportunidades no mercado Imobiliário**. 2009. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50958/55043>. Acesso em: 28 dez. 2018

SOUZA, Roberto de; ABIKO, Alex. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. 52 f. Boletim Técnico (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1997.

SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Australia, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TZORTZOPOULOS, Patrícia. **Contribuições para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras incorporadoras de pequeno porte**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.