Gestão Computacional do Processo de Projeto Colaborativo em BIM

São Carlos
2020

Fernanda Ap. Marino Ferrari
IAU_USP

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

FERNANDA APARECIDA MARINO FERRARI

Gestão Computacional do Processo de Projeto
Colaborativo em BIM

SÃO CARLOS
2020

FERNANDA APARECIDA MARINO FERRARI

Gestão Computacional do Processo de Projeto Colaborativo em BIM:

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia

Orientadora: Profa. Dra. Anja Pratschke

VERSÃO CORRIGIDA

SÃO CARLOS

2020

AUTORIZO A REPRODUCAO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRONICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Fg Ferrari, Fernanda
 Gestão Computacional do Processo de Projeto
 Colaborativo em BIM / Fernanda Ferrari; orientador
 Anja Pratschke. -- São Carlos, 2020.
 159 p.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação
 em Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e
 Tecnologia -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo,
 Universidade de São Paulo, 2020.

 1. Arquitetura. 2. Processo de Projeto
 Colaborativo. 3. BIM. 4. Cibernética. 5. Sistemas
 Complexos. I. Pratschke, Anja , orient. II. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação da publicação de acordo com a AACR2
Brianda de Oliveira Ordonho Sígolo - CRB - 8/8229

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Fernanda Aparecida Marino Ferrari**

Título da dissertação: **"Gestão computacional do processo de projeto colaborativo em BIM"**

Data da defesa: **21/05/2020**

Orientador: Profa. Dra. Anja Pratschke

Comissão Julgadora:

Resultado:

Profa. Dra. Anja Pratschke
(IAU/USP)

Não votante

Prof. Dr. Marcio Minto Fabricio
(IAU/USP)

Aprovado

Profa. Dra. Ana Paula Carvalho Pereira
(UNIFACS)

Aprovado

Profa. Dra. Elza Luli Miyasaka
(UFSCar)

Aprovado

Coordenador e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: **Prof. Dr. Tomás Antonio Moreira.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, um imenso agradecimento à minha orientadora Profa. Dra. Anja Pratschke, que ao longo dos últimos anos, com início em 2015, sempre com toda a atenção me orientando e ensinando a relevância da pesquisa e pesquisadores neste país. O amparo e o apoio psicológico também foram relevantes nos momentos mais difíceis passados por mim ao longo do desenvolvimento desse trabalho, que se tornou possível graças, também, à toda sua dedicação e orientação.

Agradeço ao Nomads.USP e todos seus membros por toda a amizade dedicada e pela ajuda com as correções e reflexões deste trabalho. Em especial ao Professor Dr. Marcelo Tramontano, o qual me deu a oportunidade de ingressar no grupo e compartilhar diversos momentos do seu conhecimento conosco.

Agradeço ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU/USP- São Carlos), pela viabilização e concessões para o andamento do meu mestrado.

Agradeço ao meu esposo Daniel Ferrari e ao meu filho Daniel Fernando M. Ferrari, pelo imenso apoio ao longo da minha jornada na pesquisa e elaboração desta dissertação.

Em memória ao meu irmão, Fabiano Ap. Marino que, como aluno desta instituição, me fez acreditar que eu também poderia ser, me motivando sempre, o que me deu coragem e forças para ingressar no mestrado.

Agradeço a CAPES e CNPQ pelo apoio financeiro a esta pesquisa, por meio da concessão de bolsa de estudos, fundamental para o desenvolvimento do trabalho. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e CNPQ - Código de financiamento 131330/2018-7

“Man is always aiming to achieve some goal and he is always looking for new goals.” —Gordon Pask

RESUMO

FERRARI, Fernanda Aparecida Marino. **Gestão Computacional do Processo de Projeto Colaborativo em BIM**: 2020. 160 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

O processo de projeto em arquitetura encontra-se em uma profunda mudança. As tecnologias digitais estão cada vez mais presentes, não apenas no programa do projeto, mas também no seu processo, sejam como meios, ferramentas, instrumentos e/ou software, influenciando e transformando a forma de trabalho do arquiteto. A integração e a colaboração estão sendo focos no contexto do processo de projeto. Como isso ocorre pode ser um desafio maior do que se imagina; no entanto, em função de tecnologias como o BIM (Building Information Modeling), o caminho para tal integração mostra-se bastante efetivo. Neste contexto, o presente trabalho busca discutir a colaboração em ambientes ciberfísicos apoiada por BIM em três relevantes momentos: na conformação de equipes, abordando-se a colaboração como modelo de processo de projeto; como conceito, para tratar as tecnologias e também, por fim, na gestão, olhada a partir do BIM. Todos os tópicos foram analisados a partir da compreensão do processo de projeto como um sistema complexo, resultando em uma dissertação cuja bibliografia está relacionada a sistemas e interações e à gestão.

Palavras-chave: Arquitetura, Processo de Projeto Colaborativo, BIM, Ciberfísico, Sistemas Complexos.

.

.

ABSTRACT

FERRARI, Fernanda Aparecida Marino. **Computational Management of the Collaborative Project Process in BIM**: 2020. 160 p. Dissertação (Mestrado). Institute of Architecture and Urbanism. University of São Paulo, São Carlos, 2020.

The architectural design process is undergoing a profound change. As digital technologies are increasingly present, not only in the project program, but also in the process, as means, tools, instruments and / or software, influence and transform an architect's way of working. Integration and collaboration are being focused in the context of the design process. How this happens can be a bigger challenge than you think; however, in functions of technologies such as BIM (Building Information Modeling), the path to integration show us that can be most effective. In this context, the present work seeks to discuss collaboration in cyber-physical environments supported by BIM in three important moments: in the formation of teams, approaching collaboration as a model of the project process; as a concept, to deal with technologies and also, finally, in management, analyzed from BIM. All topics were analyzed from the understanding of the design process as a complex system, resulting in a dissertation whose bibliography is available for systems and interactions and management.

Key words: Architecture, Collaborative Process Project, BIM, Cybernetics, Cyber-Phisic, Complex Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa conceitual da Cibernética	21
Figura 2: Equipe Cooperativa	34
Figura 3. Escada da Participação Cidadã	36
Figura 4: Crianças participando da montagem das maquetes.....	38
Figura 5: Futuros moradores cooperando na edificação de suas casas.....	39
Figura 6: Equipe em Processo de Projeto Colaborativo	41
Figura 7: O processo e projeto colaborativo.	45
Figura 8: Princípios da organização. Diferenças entre a era industrial e da informação.....	47
Figura 9: Relações processuais. Consistência versus engajamento dinâmico	48
Figura 10: Diferenças entre os processos de projetos clássicos e o Co-design.	49
Figura 11: Os mecanismos da Cibernética de Primeira Ordem e de Segunda Ordem.....	51
Figura 12: Diferenças entre processos reducionistas e os embasados em sistemas.....	54
Figura 13: Esquema de um processo de conversação, segundo Pask, adaptado por Dubberly e Pangaro.	57
Figura 14: Modelando produtos.	58
Figura 15: Conversação para Colaboração.....	59
Figura 16: Relações dos Sistemas Ciberfísicos, Internet e Internet das Coisas.....	70
Figura 17: Relações de troca de dados e informações entre equipe, modelo e ambiente	75
Figura 18: Visualização da Informação e Visualização do conhecimento	78
Figura 19: Imagem que representa a modelagem com o uso do Dynamo, simulando, através dos dados dos nós, a dimensão das aberturas que aparecem no modelo à esquerda, visualizado na interface do Revit.	81
Figura 20: Fachada visualizada na Interface do Revit com as simulações de aberturas possíveis	81
Figura 21: Interface do Revit apresentando planta 2D, janela esquerda e volumetria na janela direita	84
Figura 22: Imagem render de projeto	85
Figura 23: Imagem que Representa o uso da Realidade Aumentada em Processos de Projeto	86
Figura 24: Dispositivos de Realidade Virtual	88
Figura 25: Dispositivos de Realidade Virtual e Aumentada	89
Figura 26: Convergência 2.0	91
Figura 27: Tabela CBIC sobre as fabricantes e seus software disponíveis para as etapas de projeto discriminadas na tabela.....	94
Figura 28: Interface do Revit 2017	95
Figura 29: ícones da janela "Colaborar" do software REVIT 2017	96
Figura 30: Imagem comercial BIM 360 no site da Autodesk.....	96
Figura 31: Interface do software Archicad	97
Figura 32: Imagem comercial da Plataforma BIM Cloud da Graphisoft.....	98
Figura 33: Plataforma BIM Cloud da Graphisoft	98
Figura 34: Imagem comercial da Vectorworks para sua plataforma BIM.....	99
Figura 35: Imagem comercial da All Plan sobre sua plataforma BIM	100
Figura 36: A relação de troca de dados entre os membros da equipe sem uso de padrões IFC (esquerda) e com o uso do IFC (direita).	104

Figura 37: Imagem dos modelos 3D impressos e adicionados códigos de barras	105
Figura 38: Descrição das fases do processo de projeto em arquitetura do Asbea,	118
Figura 39: Processo de Looping de Análise, Síntese e Avaliação que Ocorre no Processo de Projeto	119
Figura 40: Fases do Ciclo de vida do projeto	122
Figura 41: Estágio 3 do BIM no processo de projeto	123
Figura 42: Os três campos de interação na atividade BIM.....	124
Figura 43: Campos de sobreposição do BIM.	126
Figura 44: Interações BIM.	127
Figura 45: Estágios de modelagem BIM	129
Figura 46: Descrição dos três estágios de modelagem BIM.....	130
Figura 47: Tabela descritiva de LODs	132
Figura 48: Fluxograma para BIM de estudo de viabilidade Asbea	139
Figura 49: Fluxograma BIM para Anteprojeto elaborado pelo Asbea	140
Figura 50: Modelo de fluxo de trabalho em CAD	143
Figura 51: Parte de um modelo de Fluxo de Trabalho em BIM	144
Figura 52: Fluxograma de estudo preliminar em BIM proposto pela ABDI	145
Figura 53: Mapa conceitual relacionando cibernética e design.....	151

LISTA DE SIGLAS

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
AECO	Arquitetura Engenharia, Construção e Operação
AEC	Arquitetura Engenharia e Construção
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNC	Comando numérico computadorizado
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IoT	Internet of Things
LoD	Level of Development
MEP	<i>Mechanical, Electrical and Plumbing</i>

Sumário

RESUMO	6
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE SIGLAS.....	10
INTRODUÇÃO.....	16
OBJETIVOS	23
METODOLOGIA	24
1 .COLABORAÇÃO E SISTEMAS.....	31
INTRODUÇÃO.....	31
1.1 A Inserção de Múltiplos Atores no Processo de Projeto.....	32
1.2 Do Objeto ao Processo	46
1.3 Os Sistemas no Processo Colaborativo	53
CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	60
2 . COLABORAÇÃO NO AMBIENTE CIBERFÍSICO.....	66
INTRODUÇÃO.....	66
2.1 INTERNET DAS COISAS (IoT)	68
2.2 A AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO.	76
2.3 VISUALIZAÇÃO PARA COMUNICAÇÃO	82
2.3.1 Definição	82
2.3.2 Modelagem 2D, 3D e ND. Aplicação e Tecnologias.....	83
2.3.3 Realidade Aumentada	85
2.3.4 Realidade Virtual e dispositivos	87
2.4 AS PLATAFORMAS VIRTUAIS COMO APOIO EM PROCESSOS COLABORATIVOS EM BIM. 89	
2.4.1 Definição.....	89
2.4.2 A Aplicação em arquitetura e tecnologias. Plataformas e software BIM.	92
2.5 EXTENSÕES E INTEROPERABILIDADE.....	101
2.5.2 Aplicação e tecnologias. Formatos Proprietários e IFC.....	101
2.5.2.1 IFC	102
2.6 OS MODELOS FÍSICOS NO PROCESSO E A COMUNICAÇÃO COM O DIGITAL.	104
2.6.1 Prototipagem Rápida e Fabricação Digital	106
CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	107
3. A GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO EM BIM.....	113

INTRODUÇÃO.....	113
3.1 PROCESSO DE PROJETO DO SEQUENCIAL AO BIM.....	114
3.2 INSTRUMENTOS QUE GARANTEM E APOIAM A COLABORAÇÃO NO PROCESSO COLABORATIVO EM BIM.....	128
3.2.1 BIP BIM IMPLEMENTATION PLAN	131
3.2.2 LOD (Level of Development)	132
3.2.3 BIM BEP (BIM EXECUTION PLAN)	133
3.2.4 BIM PEP (BIM Project Execution Plan)	135
3.2.5 Grau de maturidade	136
3.2.6 Coordenadores BIM	136
3.3 PROTOCOLOS E MODELOS DE GESTÃO NO BRASIL.	137
3.3.1 Modelos de fluxo de gestão Asbea para BIM 2013 a 2015	138
3.3.2 Coletânea: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.....	141
3.3.3 Guias ABDI	144
CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO	146
CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
BIBLIOGRAFIA	153

INTRODUÇÃO

Em 2011, ao ingressar no primeiro estágio durante a graduação em arquitetura, ocorreu o contato com o conceito BIM (Building Information Modeling, em inglês). Naquela época muito se falava sobre o assunto no campo da construção civil, no entanto, o entendimento sobre BIM se limitava a relacioná-lo com um software; o REVIT, desenvolvido pela Autodesk e o ArchCad pela Graphisoft eram os mais comentados na maioria das discussões.

O interesse pelo conceito, fez com que parte da equipe da qual fazia parte procurasse mais pelo assunto e o contexto que envolvia inovação ao ponto de apresentar à construtora a qual estagiávamos, todos os benefícios que o conceito propiciava. Desde então houve o interesse por parte dos proprietários em implementar o BIM nos processos de projeto e planejamento do escritório. Assim, a construtora formou uma equipe, da qual era uma das integrantes, e incumbiu-nos a missão de implementar o BIM na empresa. Resumidamente, o processo de implementação não obteve sucesso na época, principalmente porque os funcionários mais antigos da parte de engenharia e desenho técnico, rejeitaram totalmente a migração para a nova plataforma. Houve rejeições até mesmo da empresa em mudar a representação gráfica dos projetos.

Hoje, após concluir a pesquisa de mestrado, entendo que começamos pelo aspecto errado; focando na época no aprendizado de um software que está dentro do contexto BIM, porém, nem os proprietários da empresa, nem os funcionários, estavam preparados para o BIM e nem ao menos à processos colaborativos. Assim, a busca por essas respostas, algumas das quais só surgem agora ao final da pesquisa, motivou-me o ingresso na academia e ao tema e estrutura deste trabalho.

A organização da pesquisa acerca dos processos de projetos estruturados por um fluxo colaborativo apoiado por BIM¹ em um ambiente Ciberfísico se estrutura a partir de três premissas: Colaboração como processo de conversação, Tecnologias de visualização e organização de informação e comunicação, por fim, Gestão como controle de processo.

Designers, engenheiros e arquitetos dedicam-se ao estudo do processo de projeto e à sua estruturação de forma sistêmica e eficiente, tendo como um dos

objetivos construir um roteiro visível das tomadas de decisões e do processo de criação, com o intuito de comportar todas as variáveis que compõem o fluxo.

O arquiteto austríaco Christopher Alexander² (1936) conhecido por relacionar arquitetura com teoria geral de sistemas, já afirmava, em seu livro *Notes on the Synthesis of Form* (1964), que a complexidade tende a aumentar em torno dos processos de projeto e a incoerência de soluções por parte do projetista também, porque os desafios aumentam:

Hoje os problemas funcionais estão se tornando menos simples o tempo todo. Mas os designers raramente confessam sua incapacidade de resolvê-los. Em vez disso, quando um designer não entende um problema com clareza suficiente para encontrar a ordem realmente solicitada, ele recorre a alguma ordem formal arbitrariamente escolhida. O problema, devido à sua complexidade, permanece sem solução³ (ALEXANDER, 1964, p. 1, Tradução nossa).

Segundo o autor, apenas o trabalho do *designer* não consegue resolver todos os requisitos e complexidades que passam a nortear o desenvolvimento de um produto. Os projetistas, por sua vez, apenas consultam os campos específicos sobre os assuntos que não conseguem resolver, e por fim decidem o direcionamento em função de suas próprias razões (ALEXANDER, 1964, p. 4). O autor defende a integração e a colaboração de especialistas nos processos que até então eram compostos apenas por um único profissional, o *designer*.

Com os avanços tecnológicos e dos meios digitais dos últimos anos, a organização da informação e da comunicação torna-se mais complexa, sobretudo com a passagem do analógico ao digital, trazendo ainda mais fatores e elementos a este processo. (ALEXANDER, 1964; JONES, 1970).

Alguns direcionamentos no sentido da colaboração e integração do processo de projeto foram tomando forma, assim como no campo de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) o *Building Information Modeling* (BIM) vem sendo foco nas últimas duas décadas de estudos e aplicações para o processo de projeto (MANZIONE, 2013). O BIM é visto como uma inovação (SUCCAR, 2013; EASTMAN et al, 2014) para área, por possibilitar um processo de projeto colaborativo e integrado na gestão em tempo real e no gerenciamento de projetos e construções. Também podem ser entendidos como sistemas, favorecendo a agilidade na atualização e organização de informação através de um único modelo.

Segundo o especialista em BIM, o norte americano Charles Eastman “*parametrização é intrínseca ao BIM e favorece a estrutura do processo sistêmico*”, (2014, p. 29) uma vez que todos os parâmetros sofrem alterações de ações entre eles, “gerando movimentos de entradas e saídas de informações durante todo o ciclo da atividade” (IDEM).

Com os avanços desta tecnologia, os processos tornam-se mais complexos, o que leva a necessidade de agregar mais integrantes, mais software e mais parâmetros a serem considerados e integrados, gerando um aumento no volume de resultados e informações extraídas e/ou produzidas.

Se a colaboração no processo de projeto pode acarretar melhorias no produto e também ao processo, o BIM pode facilitar essa integração e aplicação. Já à cibernética, construir e conduzir, através da ótica de sua análise e do seu desenho, a gestão deste fluxo. Esta pesquisa acredita que a somatória dessa tríade pode acrescentar resultados relevantes ao processo de projeto em arquitetura e ao seu produto final.

A discussão sobre a colaboração no processo de projeto em arquitetura iniciou-se como oposição ao exclusivismo do arquiteto como único autor e detentor das ideias e do processo de projeto arquitetônico e, por arquitetos que defendem como fundamental a participação dos usuários no processo de projeto, como por exemplo, o arquiteto belga Lucien Kroll (PRATSCHKE *et al*, 2005).

O discurso atual aborda um contexto diferente. Faz-se necessário para a qualidade do projeto e do processo um desenvolvimento colaborativo, já que há uma extensa demanda de conhecimento multidisciplinar no processo de projeto e execução, acarretando a necessidade do envolvimento de diversos profissionais. A realidade de uma rede de serviços advindo do benefício da internet, também é responsável por essa mudança no processo de projeto e, por consequência, dos projetos desenvolvidos. A internet facilita essa rede de operação permitindo a troca remota de informação em tempo real, e, por conseguinte, *software* e plataformas que propiciam tais operações.

A infraestrutura disponível (*software*, hardware, rede e especialistas) para operar colaborativamente em plataformas *BIM*, não garante a qualidade do processo

de projeto (LU *et al*, 2013). A complexidade na implementação do *BIM* deverá ser elaborada e desenvolvida na metodologia de gestão do projeto, planejamento e operação.

Aprofundando o conceito de complexidade, o filósofo francês Edgar Morin (1921, p. 35) contextualiza:

Complexidade não se restringe apenas a um grande número e quantidade de interações em um sistema auto organizado, como também, compreende incertezas e fenômenos aleatórios, tendo de certa forma relação com um acaso, numa incerteza organizada (Morin 1921, p. 35).

Complexidade não deve ser confundida como complicado. Como consequência, o contexto de um processo de projeto colaborativo sofre iterações ao longo de seu processo, levando a um resultado final não premeditado pelo projetista inicial, mas que foi submetido a inúmeros processos de iteração ao longo de sua concepção.

Em pesquisa desenvolvida no Núcleo de pesquisa Nomads.usp (IAU-USP), realizada pelo Professor Doutor Marcelo Tramontano e a aluna Flávia Dias em 2016, sobre a atuação de renomados escritórios de arquitetura de São Paulo em plataformas *BIM*, foi constatada uma grande dificuldade de operar na mesma linguagem em relação ao uso de *software*, principalmente com outros setores que estão envolvidos nas tomadas de decisão no processo de projeto, assim como engenharia e fornecedores (DIAS;TRAMONTANO, 2016).

A eficiência da organização das informações e comunicação encontra o método na Cibernética, que é uma das teorias presentes no escopo dos sistemas complexos. Seus conceitos são aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento. O processo cibernético do fluxo de informação e comunicação impulsionou o desenvolvimento de métodos e metodologias para o aprimoramento do controle e da eficiência em processos complexos. O teórico de gestão cibernética Anthony Stafford Beer (1981) define cibernética como a “ciência da organização efetiva” e se dedicou à teoria e à aplicação dos estudos de sistemas de gerenciamento, colocando a Cibernética em prática na análise de gestões e organizações públicas e privadas.

No campo da Arquitetura, podemos citar o arquiteto Usman Haque e o artista e teórico Roy Ascott, além de arquitetos e pensadores da década de 1960 como Gordon Pask, Cedric Price, Yona Friedman e o grupo *Archigram*, que adotaram e/ou adotam pensamentos de ordem sistêmica e a cibernética em seus projetos (Pratschke, A. 2015). O especialista em *BIM*, Bilal Succar não faz nenhuma menção à cibernética, no entanto, com a forma que analisa e apresenta o *BIM*, suas relações, campo de interações e com o uso de termos *inputs* e *outputs* em seus artigos, é possível identificar estratégias sistêmicas e cibernéticas nos procedimentos propostos por ele.

A cibernética é uma ciência que pode ser aliada a várias áreas, favorecendo o fluxo da informação e o controle (Beer, 1992). Este último não no sentido de restringir e/ou impor, mas sim de gerenciar e conduzir. O Filósofo e ciberneticista, Ernest von Glasersfeld (1917-2010), descreve sua visão sobre a cibernética em relação a compreensão da atuação desta ciência na organização e gestão: “Cibernética é a arte de criar equilíbrio em um mundo de possibilidades e restrições.” (PANGARO; DUBBERLY, 2015, p. 74). Como mostra a figura 1, a cibernética possui um grande campo de conexão.

Figura 1: Mapa conceitual da Cibernética

Fonte: Autor do diagrama Peter Solderitsch

Wiener (1970), declara que o propósito da cibernética é "[...] desenvolver linguagem e técnicas que nos permitam abordar o problema do controle e a comunicação em geral" (p.67). Com isso, o entendimento da cibernética sobre o fluxo de informação e comunicação está inserido em um contexto de processos complexos, contribuindo para o desenvolvimento de métodos e metodologias para diversas áreas, principalmente coordenação, comunicação e organização (figura 1).

No entanto, nem o *BIM* nem a cibernética são auto organizados. É necessária a compreensão, gestão e organização desenvolvidas e elaboradas pelo arquiteto e/ou pela equipe, para melhor aproveitamento e para que todos os processos ocorram de forma efetiva.

Com isso, chega-se à necessidade da revisão do processo de projeto, pois este não condiz com o contexto atual e ainda, propõe-se que esta revisão seja feita

de forma que vislumbre um futuro, ainda que imediato, haja vista que estamos falando sobre espaços edificados, quando falamos em projeto arquitetônico, com vida útil, em sua maioria das vezes, mais longa do que de determinados produtos e/ou objetos.

Os métodos de pesquisa utilizados, foram além das atividades acadêmicas relacionadas ao tema das quais a pesquisadora participou, assim como, também a pesquisa bibliográfica, através da análise e leitura e discussão com pesquisadores sobre o assunto e estado da arte do tema. Além também dos livros consultados, artigos de relevantes e sérias plataformas como a Elsevier, Emerald, Cumincad dentre outras, bases das quais buscou-se material para compor a discussão deste trabalho.

A dissertação é organizada em três capítulos, os quais permeiam pelos campos de conformação de equipes e processo de projeto:

O capítulo 1: Colaboração e Sistemas; aborda as características de equipes colaborativas, fazendo distinções entre as três formas de conformação mais usadas em processos de equipes: Cooperativos; Participativos e por fim Colaborativos.

A pesquisa buscou entender e apresentar suas características, similaridade e distinções, haja vista que tais nomenclaturas foram sempre um questionamento da pesquisadora, sendo os termos muitas vezes confundidos ao longo da pesquisa. Este capítulo aborda também a relevância de se adotar processos colaborativos em processo de projeto e o entendimento da complexidade de equipes colaborativas.

Principais autores: Edgar Morin, Ludwig von Bertalanffy, Allena Leonard, Stafford Beer, Lucien Kroll, Maaïke Kleinsmann, Jeremy Roschelle, Elizabeth Sanders e Pieter Jan Stappers,

O capítulo 2: Colaboração no Ambiente Ciberfísico; trata de conceitos BIM e suas tecnologias, relacionando-os ao contexto da colaboração conformando processos e ambientes ciberfísicos, levantando as tecnologias disponíveis para processos virtuais colaborativos. Também, busca-se dialogar com as questões

sistêmicas e complexas de interações desses processos utilizando a ótica da cibernética para a leitura e compreensão destes.

Principais autores: Hugh Dubberly, Paul Pangaro, Bilal Succar, e Randy Deutsch.

O Capítulo 3: A Gestão do Processo de Projeto em Bim; O terceiro capítulo, discorre sobre o processo de projeto e o que muda para o BIM. São abordados os instrumentos e legislações que envolvem processos colaborativos digitais e BIM, assim como nomenclaturas, tentando apresentar um cenário mais próximo e real do ambiente deste tipo de pesquisa no Brasil, com foco na gestão e no processo de projeto. Também apresenta perspectivas e os esforços dos órgãos nacionais para que se aplique o BIM de forma efetiva no território nacional brasileiro.

Principais autores: Bilal Succar, Mohamed Kassem, Henry Deutsch, Hugh Dubberly e Paul Pangaro.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo da pesquisa é investigar metodologias sistêmicas de processo colaborativo de projeto em plataformas digitais e aplicação, contribuindo para a ampliação de compreensões sobre o papel dos processos colaborativos de projeto em Arquitetura baseado no conceito BIM.

Objetivos Específicos

- ❖ Compreender processos colaborativos a partir da cibernética
- ❖ Compreender o papel da colaboração no processo de projeto computacional.
- ❖ Compreender o papel da colaboração nos conceitos BIM.
- ❖ Sobre posicionar as diferentes compreensões de colaboração para auxiliar na gestão do processo de projeto arquitetônico.

METODOLOGIA

Faz-se uso da pesquisa bibliográfica, com caráter exploratório e qualitativo apoiando-se em estudos e conteúdo teórico que envolvem conceitos como colaboração, processos sistêmicos e complexos de processo de projeto, para tanto se divide em três partes:

(1) Consulta a fontes secundárias: pesquisa bibliográfica, consulta a sites de internet, periódicos acadêmicos, entre outros; Levantamentos de material para estabelecer os conceitos cibernéticos e modelos colaborativos.

(2) Sistematização e análise: sistematização dos materiais pesquisados nas etapas de consulta a fontes secundárias e análise das informações contidas nessa sistematização, por meio de indicação de características para comparações e do estabelecimento de analogias. Esse processo se deu por meio de discussões com demais pesquisadores e disciplinas cursadas para o amadurecimento do entendimento sobre o assunto.

(3) Análise, síntese e avaliações finais: a análise e síntese das informações adquiridas por meio das etapas de consulta a fontes secundárias resultaram em reflexões por meio da construção da síntese e análise do material. As avaliações finais representam o crescimento da proposta ao longo dos levantamentos e através do exame da banca de qualificação com pesquisadores externos e internos do Instituto de Arquitetura e Urbanismo.

Geodésica de Buckminster Fuller

“na estrutura, trabalham colaborativamente as forças de tensão e compressão para que esta aconteça” (BEER, 1994. P.12)

Capítulo 1 Colaboração e Sistemas

1 .COLABORAÇÃO E SISTEMAS

INTRODUÇÃO

O capítulo 1 discorre sobre as questões colaborativas na conformação de equipes no processo de projeto e os conceitos sobre o que se entende como colaboração e suas diferenças em relação a outras formações e atuações de equipes. Ainda, aborda sobre a mudança de paradigma que envolve o pensamento dos processos colaborativos e suas vantagens e benefícios que atingem não apenas o produto final, mas também todos os envolvidos.

Por fim, buscamos identificar quais mecanismos e sistemas estão envolvidos neste contexto que envolve a relação humano-humano e humano-máquinas, assim como a conversação e comunicação, esta última de grande relevância para processos colaborativos:

Behymer e Flach também observam que a qualidade da comunicação entre os atores determina a qualidade da percepção e controle de todo o sistema - com uma comunicação “rica”, o todo pode ser mais eficaz do que qualquer uma das partes¹. (Dubberly e Pangaro, 2016. P.116. Tradução nossa)

O subcapítulo **1.1 A Inserção de Múltiplos Atores no Processo de Projeto**, discorre sobre três formas de composição de equipes e de processos: Cooperação, Participação e Colaboração. O intuito é levantar as características de cada conformação a fim de compreender suas diferenças e suas qualidades, visando também definir um processo colaborativo referente a conformação de equipes e estado de processos abordados pela pesquisa.

O subcapítulo **1.2 Do Objeto ao Processo**, aborda as questões dos pensamentos inovadores que conduziram a direção das mudanças no pensamento de conformação de equipes e nos processos, onde o objeto passa de foco no pensamento do design para mais um parâmetro dos processos de projeto, não o mais importante como antes. Assim, nesta seção, iremos discorrer sobre essas

¹ Original do inglês: Behymer and Flach also note that the quality of the communication between the actors determines the quality of perception and control of the entire system—with “rich” communication, the whole can be more effective than any of the parts.

mudanças de paradigmas e apresentar as diferenças e semelhanças ao longo do tempo no campo do processo de projeto.

Por fim, o subcapítulo **1.3 Os Sistemas no Processo Colaborativo**, discorre sobre a abordagem sistêmica dos processos colaborativos. Também discute, a partir da teoria de sistemas e sistemas complexos, os conceitos e mecanismos que ocorrem no âmbito da comunicação (a conversação, loopings e feedbacks).

1.1 A INSERÇÃO DE MÚLTIPLOS ATORES NO PROCESSO DE PROJETO

Primeiramente foi realizada uma pesquisa bibliográfica dos termos que serão discutidos nesse subcapítulo e uma coleta de exemplos de aplicações. Encontramos definições conflitantes e outras que se afirmam e se completam. No entanto, a seleção de referências operou com recortes e escolhas que colaborassem para a construção do estado da arte sobre o tema. Deve-se ressaltar também que a pesquisa das referências privilegiou o foco em processos colaborativos e, portanto, ainda que cada definição tenha suas peculiaridades, o aprofundamento do tema se deu dentro deste campo.

Em processos de projeto de arquitetura, o uso de termos como participativo, cooperativo e colaborativo é constantemente presente. O processo de projeto em arquitetura é baseado nas interações, onde o projetista não é o único a participar de todas as etapas que envolvem o projeto até sua execução devido ao envolvimento de várias áreas para a concepção de um projeto até a execução:

[...] em arquitetura o projeto de um edifício envolve o conhecimento da área de Engenharia Estrutural, Mecânica, Elétrica, Hidráulica e dos confortos térmico, acústico, funcional e luminoso. E ainda há o envolvimento da estética em fatores como volume, forma, material e cor. (GRAÇA, KOWALTOWSKI e PETRECHE, 2011, p. 152)

As mudanças nos processos de projeto e da produção sofreram grandes mudanças nas últimas décadas, além de suas funções na relação com os indivíduos e usuários. Pode-se notar as mudanças em relação as formações de equipes que seguem em direção à integração de pessoas, equipes e processos. No entanto, as formas e modos de compor tais equipes surgem como uma incógnita nesta

pesquisa. Sendo assim, há a necessidade de levantar e diferenciar três das mais citadas formas de composição de equipes e modos de operar:

1.1.1 Processos cooperativos

Na década de 1980, no campo da arquitetura, as cooperativas e mutirões de construção foram relevantes para a edificação de muitas casas para moradias de baixa renda (ARANTES, 2002). Cansadas de esperar do governo tal solução, as cooperativas compostas pela população cooperavam entre si para a edificação de suas casas. Segundo Piaget (CAMARGO et al. apud Piaget 2012, p. 182), “*A cooperação social é, ela também, um sistema de ações, ações interindividuais e não simplesmente individuais, mas ações mesmo, e consequentemente submetidas a todas as leis que as caracterizam*”. Para Piaget², a cooperação é uma habilidade a ser construída no indivíduo, essencial para a vida em sociedade e deve ser trabalhada na criança desde sua educação básica:

A cooperação, com efeito, é um método característico da sociedade que se constrói pela reciprocidade dos trabalhadores e a implica, ou seja, é precisamente uma norma racional e moral indispensável para a formação das personalidades, ao passo que a coerção, fundada apenas sobre a autoridade dos mais velhos ou do costume, nada mais é que a cristalização da sociedade já construída e enquanto tal permanece estrangeira aos valores racionais. Por outro lado, a personalidade não tem justamente nada de oposto às realidades sociais, pois constitui, ao contrário, o produto por excelência da cooperação. (...) O indivíduo, a princípio fechado no egocentrismo inconsciente que caracteriza sua perspectiva inicial, só se descobre na medida em que aprende a conhecer os outros (CAMARGO et al. apud Piaget 2012, p. 182).

A cooperação nos mostra essa característica de ação segundo sua etimologia; cooperar significa operar juntos e tem em seu sentido a ação de executar determinada função e/ou tarefa. Porém segundo o autor [...] “*a cooperação supõe, então, a autonomia dos indivíduos [...]*” (CAMARGO et al. apud PIAGET, 1998, p. 153). Assim como outros autores mais recentes e de outras áreas, como o pesquisador Dr. Jeremy Roschelle e a professora pesquisadora e Dra Stephanie Teasley, concordam com essa postura do processo nos indivíduos:

O trabalho cooperativo é realizado pela divisão do trabalho entre os participantes, como uma atividade em que cada pessoa é responsável por

² Jean Piaget, (1896-1980). Nasceu na Suíça, formou-se Biólogo e estudou grande parte da sua vida psicologia e pedagogia, campo onde construiu grandes contribuições ao longo de sua vida de pesquisador.

uma parte da resolução de problemas.³ (ROSCELLE; TEASLEY, 1995, p. 70, Tradução nossa).

Os problemas são individuais e as soluções também. Porém, o produto final será composto das partes resultantes produzidas por cada indivíduo. Apesar de ocorrer um estado colaborativo, o processo ocorre de forma cooperativa, onde não há interação entre os participantes para que todos ajudem na elaboração total de todas as tarefas. Cada indivíduo pensa sozinho e resolve sozinho sua própria função e depois soma o resultando ao projeto mãe.

Figura 2: Equipe Cooperativa

Fonte: Autora

Assim como ilustra a figura acima, um processo cooperativo não necessita do conhecimento do processo como um todo. Cada indivíduo tem suas responsabilidades e cada um executa sua função, muitas vezes sem questionar se o outro irá fazer sua parte, haja vista que o todo pode não ser uma preocupação ou responsabilidade em função do trabalho de cada um; cada ator apenas desenvolve sua função e a agrega ao todo. Piaget ainda complementa sobre o estado de interações e relações entre esses indivíduos, caracterizando a cooperação como o “conjunto das interações entre indivíduos e diferenciados” (CAMARGO *et al.* apud PIAGET, 1998, p. 153).

³Original do Ingles: Cooperative work is accomplished by the division of labor among participants, as an activity where each person is responsible for a portion of the problem solving.

1.1.2 Processos participativos

O termo participação, de origem no Latim *participativo*, tem em sua etimologia o significado de: receber parte, recebedor, recebe apenas uma parte do todo, ou toma conhecimento de uma parte do todo. No caso da participação, os indivíduos podem ter hierarquias de participação, assim como na cooperação, a influência e a ação de cada indivíduo, fica em função de sua capacidade tanto para participar quanto para ser participativo.

Processos participativos que envolvem a comunidade e o poder público compreendem diversos graus de participação nas tomadas de decisão. Em projetos públicos são eventos em que as classificações de aprofundamentos de participação dessa comunidade podem ter níveis de envolvimento, ficando está última com atuação em apenas alguns recortes permitidos pelo governo atuante. Esse recorte e limitador de atuação dos participantes pode ser prejudicial para um dos lados, acarretando em um processo desequilibrado. Sherry Arnstein⁴, importante atuante política no governo americano na década de 1960-1970, propõe uma escada da participação, conhecida como Escada de *Arnstein*, publicado em 1969 no artigo *A Ladder of Citizen Participation* (ARNSTEIN, 1969), onde explica os níveis e os modos de atuação da comunidade em processos decisórios.

⁴ Sherry Arneistein (1930- 1997), graduada em educação física, teve grande atuação no governo americano, em seu cargo de secretária no Departamento de Habitação, Educação e Bem Estar. Atuou em ações junto as comunidades, buscando sempre a inclusão da participação popular nos planejamentos do governo. O seu artigo *A Ladder of Citizen Participation* (1969), teve e tem grande repercussão devido ao seu caráter crítico sobre a participação popular.

Figura 3. Escada da Participação Cidadã

Fonte: Arnstein (1969, p.217). Tradução nossa.

A escada é explicada no texto que segue: Os degraus inferiores da escada são chamados pela autora de (1) Manipulação e (2) Terapia. Esses dois *degraus* descrevem níveis simples de "não-participação" que foram criados por alguns para realmente substituir a participação genuína⁵ (ARNSTEIN, 1969, p 217. Tradução nossa).

A escada evidencia que uma população apenas entra no interesse do governo como massificação e condução, não tendo veto ou voto consciente. Ela é parte das decisões do governo, no entanto não participa. Ao seguirmos para os próximos degraus:

⁵ Original do inglês: These two rungs describe levels of "non-participation" that have been contrived by some to substitute for genuine participation.

Degraus 3 e 4 o Progresso para níveis de tokenismo "que permitem que os ouvintes ouçam e tomem uma voz: (3) Informando e o (4) Consulta. Quando são proferidos pelo poder recaem sobre os titulares como na extensão total da participação, os cidadãos podem, de fato, ouvir e ser ouvidos, mas sob essas condições eles não têm o poder de assegurar que seus pontos de vista sejam ouvidos pelos poderosos⁶." (ARNSTEIN, 1969, p. 217. Tradução nossa.)

O nível 5 é o estágio em que o cidadão pode aconselhar, mas também não garante que será ouvido, a decisão ainda é do poder do governo. Do sexto ao oitavo degrau, a participação da população já tem poder, no entanto em níveis gradativos. A participação como pode-se observar na escada de Arnstein, tem níveis de influência e de poder, não podendo ser entendida com um processo horizontal e holístico. No entanto, é cabível a determinados processos assim como os processos políticos e governamentais.

Processos participativos em arquitetura são comumente abordados quando envolvem a participação da população em um processo decisório, como descrito acima. Esse modelo de processo não é recente. Um dos arquitetos que construiu sua carreira em cima da participação é o belga Lucien Kroll, que foi convidado pela prefeitura da cidade de Rotterdam, Holanda, na década de 1980 para elaborar e construir um conjunto habitacional no bairro histórico de *Afrikaanderwijk* onde moradores e a população em processos participativos, integraram uma assembleia destinada a discutir, juntamente com o arquiteto, sobre o projeto de habitação que seria desenvolvido para aquele bairro. A participação dos habitantes foi intensa, incluindo todas as faixas etárias, que puderam contribuir e opinar no projeto (GRAAF, 2016) (Figura 15). Kroll defendia que a diversidade favorecia a criação, *"Diversidade encoraja criatividade, enquanto repetição anestesia"* (KROLL, 1987. P. 29, Tradução nossa).

⁶ Original do Inglês: Rungs 3 and 4 progress to levels of "tokenism" that allow the have nots to hear and to have a voice: (3) informing and (4) Consideration. When they are proffered by powerholders as the total extent of participation, citizens may indeed hear and be heard. But under these conditions they lack the power to ensure that their views will be heeded by the powerful.

Figura 4: Crianças participando da montagem das maquetes.

Fonte: Imagem extraída do site The Architectural-review⁷

Havia um direcionamento já definido de um modelo de casas, modo de implantação foram fornecidos pelo arquiteto, porém, detalhes como materiais e produtos a serem empregados nas edificações, foram definidos ao longo de diversas reuniões com os futuros moradores. Houve um processo cooperativo dentro desse processo participativo, ou alinhado a este, pois, durante a construção das edificações, a população cooperou trabalhando no assentamento de alguns materiais, instalação de produtos, dentre outros (GRAAF, 2016).

⁷ Disponível em: <<https://www.architectural-review.com/archive/viewpoints/few-architects-have-embraced-the-idea-of-user-participation-a-new-movement-is-needed/10008549.article?search=https%3a%2f%2fwww.architecturalreview.com%2fsearcharticles%3fqsearch%3d1%26keywords%3dLucien>>. Acesso em 15 de agosto de 2018.

Figura 5: Futuros moradores cooperando na edificação de suas casas.

Fonte: Imagem extraída do site The Architectural-review⁸

Na figura acima, moradores cooperam no processo de construção das edificações. Desde as crianças aos mais velhos, todos estavam envolvidos no trabalho. Nesse processo de participação dos cidadãos, atinge-se os degraus mais elevados da escada de Arnestein. O degrau seis; Parceria, sete; delegação de poder e oito; controlado pelos cidadãos, são aplicados no processo de construção de *Afrikaanderwijk*.

1.1.3 Processos colaborativos

A palavra Colaboração tem origem no Latim *Collaborare*, que quer dizer “colaborar junto”. No entanto, a etimologia da palavra não é suficiente para esclarecer e definir com clareza como se caracteriza um processo colaborativo. Diversos autores concordam que existem diversas formas de colaboração (BEER, 1994; NICOLESCU (1999), ANO; PASK, (1969); VALKENBURG, (2000); KLEINSMANN, (2006). Trata-se de um processo onde há o envolvimento ativo de

⁸ Disponível em: < <https://www.architectural-review.com/archive/viewpoints/few-architects-have-embraced-the-idea-of-user-participation-a-new-movement-is-needed/10008549.article?search=https%3a%2f%2fwww.architecturalreview.com%2fsearcharticles%3fqsearch%3d1%26keywords%3dLucien>>. Acesso em 15 de Agosto de 2018.

pelo menos mais do que um indivíduo onde cada um colabora com seu próprio conhecimento para a execução de uma tarefa.

Existem diversos métodos para um processo colaborativo ocorrer, existem também diversas formas que o indivíduo pode participar ao longo do processo. Para que um processo colaborativo seja realizado com êxito, é necessário que de cada um execute sua função dentro de uma relação espaço-tempo coordenado, pois as tarefas são interdependentes. Roschelle e Teasley:

“A colaboração é uma atividade síncrona co-estruturada que é o resultado de uma tentativa continuada de construir e manter uma concepção compartilhada de um problema⁹ (Roschelle; Teasley, 1995, P.70.Tradução nossa).”

Observa-se que a diferença entre os processos cooperativos, participativos e colaborativos, podem ser compreendida sob o nível de interação, comprometimento e o grau de atuação do indivíduo. Os processos colaborativos exigem um compromisso maior entre os indivíduos, haja vista que a concepção do produto final é algo que resultará da soma da contribuição de cada indivíduo, podendo ser a soma de produtos ou de ações. A especialista em gestão e cibernética, norte americana Allenna Leonard, apresenta um exemplo sobre processos colaborativos horizontais no Livro *Beyond Dispute* (BEER, 1994).

A cientista descreve uma comunidade que deseja executar uma festa no bairro. Os moradores reúnem-se para discutir o que precisava para uma festa. Depois de decidir coletivamente, cada indivíduo foi atrás de resolver um aspecto para poder somar ao final com os outros moradores e então a festa acontecer. A festa dependia do desempenho e compromisso de cada um: não poderia acontecer caso faltasse o som, por exemplo. A falta de ação de um indivíduo mudaria totalmente a característica da festa. Sem liderança de cima para baixo, o processo se auto organizou, como define o teórico de complexidade Edgar Morin, caracterizado pela horizontalidade das decisões. Esse exemplo representa a necessidade de compromisso de cada indivíduo. Kleinsmann (2006) descreve o processo colaborativo como:

⁹ Original do Inglês: *Collaboration is a coordinated, synchronous activity that is the result of a continued attempt to construct and maintain a shared conception of a problem.*

Design colaborativo é o processo no quais atores de diferentes disciplinas compartilham seus conhecimentos sobre o processo de design e o conteúdo do design. Eles fazem isso para criar um entendimento compartilhado sobre ambos os aspectos, para poder integrar e explorar seus conhecimentos e alcançar o objetivo comum mais amplo: o novo produto a ser projetado¹⁰ (Kleinsmann, 2006, p. 249. Tradução nossa).

Figura 6: Equipe em Processo de Projeto Colaborativo

Fonte: Autora

Como mostra a figura acima, os atores que compõem o processo de projeto colaborativo discutem de maneira horizontal, respeitando a expertise particular de cada profissional. Além do projeto receber os benefícios desta forma de trabalho, também aprende com os outros atores, com o processo e também com o produto final.

O designer, arquiteto e inventor norte americano Buckminster Fuller trabalhou grande parte da sua vida no estudo de formas geométricas, com o intuito de definir a estrutura eficiente. Stafford Beer, comentava em 1994 sobre o conceito de Fuller que *“na estrutura trabalham colaborativamente as forças de tensão e compressão para*

¹⁰ Original do ingles: Collaborative design is the process in which actors from different disciplines share their knowledge about both the design process and the design content. They do that in order to create shared understanding on both aspects, to be able to integrate and explore their knowledge and to achieve the larger common objective: the new product to be designed.

que esta aconteça” (BEER, 1994. P.12). Fuller indica o grau de comprometimento da colaboração, intrínseca a relação das partes com a soma da estrutura.

Métodos como *Syntegrity*¹¹, *Dragon Dreaming*¹², *Design Thinking*¹³, dentre outros existentes em diversas áreas para organizar a colaboração em processos e desenvolver a necessária postura de envolvimento dos indivíduos. No entanto, as estruturas apenas servem para guiar o processo, elas não garantem que o indivíduo seja em si um membro colaborativo. As pesquisadoras Sanders e Stappers descrevem a importância da educação de processos colaborativos, dando o nome de Co-design:

Colocar Co-criação na prática de design fará com que várias mudanças ocorram. Isso mudará a forma como projetamos, o que projetamos e quem projeta. Isso também afetará as ferramentas e métodos que as novas equipes de Co-designers usarão¹⁴ (SANDERS; STAPPERS, 2008, p.15, Tradução nossa).

O termo colaboração vem se mostrando bastante presente nas últimas décadas, relacionado aos processos de projeto e gestão de equipes. Várias metodologias são desenvolvidas a partir desse conceito. Por um lado, houve de início, assim com defendido por Lucian Kroll (PRATSCHKE, 2005), a participação dos usuários defendendo que estes saberiam mais sobre onde deveriam habitar do que o arquiteto, retirando deste, o poder centralizado. Há também o cidadão como legítimo interessado do destino de seu dinheiro como mostrado acima com Arnstein (ARNSTEIN, 1969) e no processo de projeto de produtos o Design Thinking (BROWN, 2010) e o Co-design (SANDERS; STAPPERS, 2008) que comportam processos colaborativos entre usuários, técnicos, projetistas e pesquisadores, e por fim, os processos colaborativos e integrados defendidos pela arquitetura e engenharia apoiados por plataformas digitais com foco no *BIM* (SUCCAR, 2013).

¹¹ Syntegrity é uma metodologia colaborativa e sistêmica desenvolvida para processos de gestão de projetos e equipes, elaborado pelo pesquisador e ciberneticista Stafford Beer (1992).

¹² Dragon Dreaming é uma metodologia desenvolvida por John Croft para aplicação em processos colaborativos de projetos. Para mais informações acesse <http://www.dragondreaming.org/>

¹³ Design Thinking é uma abordagem para processos colaborativos de projeto. Termo e a ideia foram desenvolvidos na década de 1970 por Rolf Faste, professor de Stanford. Para mais informações acesse <https://www.ideo.com/>

¹⁴ Original do Inglês: Bringing co-creation into design practice will cause a number of changes to occur. It will change how we design, what we design, and who designs. It will also affect the tools and methods that the new teams of co-designers will use.

Processos colaborativos vêm ganhando destaque e vem sendo amplamente abordado em áreas como qualidade no produto final, economia nos processos, dentre outros, (SUCCAR, 2013), (VALKENBURG, 2000). Segundo Kleinsmann, (2006, p. 18), “*tanto a complexidade quanto a incerteza dos problemas de design fazem com que a colaboração seja um aspecto importante dos projetos de design*”¹⁵. O comprometimento dos membros de uma equipe colaborativa pode contribuir com grandes resultados à qualidade do projeto. Uma vez que essa estrutura de colaboração seja garantida e fluída, os resultados esperados podem ser positivos, como afirma Deutsch em relação a arquitetura;

A colaboração ocorre quando você combina a experiência, conhecimentos e talentos de uma variedade de profissionais com a intenção de contribuir cooperativamente para o design, documentação e construção de um projeto de uma maneira potencialmente mais produtiva do que cada membro da equipe executando suas tarefas separadamente. (Deutsch, 2011, pag.104. Tradução nossa¹⁶)

Um processo colaborativo pode ser conformado por uma gestão estrutural. A estruturação vai depender de cada objetivo, do tipo de projeto e/ou processo que se espera obter. As possibilidades abordadas nesse subcapítulo são: *Colaboração Vertical*; *Colaboração Horizontal* e *Colaboração Híbrida* que serão discutidas a seguir.

- ❖ A *colaboração vertical* pode acontecer de duas formas, de cima para baixo, *Top- Down*, e de baixo para cima, *Bottom-up*. Apesar de ambas serem verticais, as direções de adoção as tornam totalmente diferentes. Um processo *Top-Down*, engloba hierarquia de poder (BEER, 1994), onde quem tem mais poder age mais sobre o processo e sua ação tem mais valor ficando aos níveis mais baixos da escala suscetíveis as tomadas de decisões do nível superior.

¹⁵ Original do Inglês: These iterations are inextricable linked to designing. Both the complexity and uncertainty of design problems cause that collaboration is an important aspect of design projects.

¹⁶ Collaboration occurs when you combine the experience, knowledge, and talents of a variety of professionals with the intent to cooperatively contribute to the design, documentation, and construction of a project in a way that is potentially more productive than had each team member performed their tasks separately.

- ❖ 2. O processo colaborativo horizontal ocorre em um sentido mais próximo aos conceitos da complexidade. Há uma evidente presença da auto-organização e não ocorre em nenhum momento a centralização de poder e/ou hierarquias.
- ❖ 3. Os Processos Híbridos de gestão se configuram de forma a suportar e estruturar uma conformação onde há um processo horizontal, no entanto em determinados momentos, ocorre uma centralização no eixo vertical, mas ainda assim na direção *bottom-up*. Além da definição da característica do modelo de gestão e fluxo do processo, é de extrema relevância a seleção de atores para a conformação da equipe. Sendo o processo colaborativo, de intenso contato entre os membros, a sua conformação pode ter resultados diferentes dependendo muito da escolha dos membros que irão compor a equipe. Os membros elencados desenvolvem um papel, não apenas uma função de engenheiro e/ou um arquiteto. Este tem uma função além de sua habilidade profissional, como também de favorecer e estar apto a comunicação e a interação com os outros membros, haja vista que uma determinada equipe irá vivenciar trocas e interações por todo o ciclo do processo:

A maioria das decisões relativas ao design do novo produto é tomada na primeira fase do processo de design, mas elas têm um impacto nas situações e fases posteriores. Portanto, a colaboração entre disciplinas é um processo contínuo¹⁷ (KLEINSMANN, 2006, p. 19, Tradução nossa).

Na figura 27, Kleinsmann (2006, p.19) representa o processo colaborativo com atores de diferentes áreas, mostrando a flexibilidade de cada membro, divididos nas etapas do processo, no entanto, todos participam até a última fase.

¹⁷Original do Inglês: Most decisions concerning the design of the new product are taken in the first phase of the design process, but they have an impact on situations in later phases.

Figura 7: O processo e projeto colaborativo.

Fonte: Kleinsmann (2006, p. 19. traduzido e adaptado pela autora).

Cada projeto tem seus próprios requisitos e, com isso, pode haver subtração e/ou adição de certos membros na equipe ao longo do processo. Essa ação pode ser um fator agravante, pois não basta apenas o processo ser colaborativo, os membros devem saber trabalhar de forma colaborativa, e serem, de formação, profissionais colaborativos.

A colaboração é, por esta definição, a base para o design integrado - exigindo que os membros da equipe trabalhem de forma cooperativa e transparente, confiando e respeitando-se, comunicando abertamente e aceitando as ideias dos outros como iguais às suas. (Deutsch, 2011. Pag. 104. Tradução nossa¹⁸)

Os processos de projeto colaborativo são diferentes dos processos de projeto top-down. O processo top-down tem seu foco na agenda e nos produtos a serem entregues. O processo de projeto colaborativo é focado no gerenciamento, pois os produtos são automaticamente gerados em função das demandas que já estão configurados em uma agenda (CHEN, *et.al.* 2003, p. 2).

A organização das práticas colaborativas em processo de projeto no campo Arquitetura, Engenharia, Construção (AEC) sofrem algumas barreiras de implementação que vão além de só apenas pessoas. Segundo o arquiteto Randy Deutsch (2011. p.94), há treze relevantes tópicos que são considerados obstáculos

¹⁸ Original do ingles: Collaboration is, by this definition, the basis for integrated design—requiring team members to work cooperatively, transparently, trusting and respecting one another, communicating openly, and accepting the ideas of others as equal to one’s own. How that is accomplished is never explained very well and left to each team member to figure out individually.

desse processo: Interoperabilidade, fluxo do processo, cultura da empresa, educação no sentido da formação acadêmica, o conhecimento de software e tecnologias, trabalho em equipe, comunicação, confiança, comportamento do indivíduo em relação ao outro e na equipe, variedade de modelos e arquivos, custos e por fim responsabilidades.

Como visto, são inúmeros os fatores e de grande complexidade os problemas a serem resolvidos em um processo colaborativo digital no campo AEC. Apesar de Kleinsmann (2006) afirmar que a participação colaborativa ocorre com mais profundidade nas fases iniciais do projeto, na concepção, no entanto, a colaboração continuará ao longo do processo, apesar de ser menos intensa em determinadas fases, não deixará de ocorrer. Sendo assim o processo colaborativo interfere em todo o processo, não levando em conta a intensidade de quais fases são mais ou menos colaborativas, a colaboração acontece em todo o fluxo.

1.2 DO OBJETO AO PROCESSO

A atenção ao processo de projeto trouxe outras formas de projetar, novos atores e meios (Figura 10). Dubberly¹⁹ (2008) escreve sobre essas mudanças em seu artigo “The Age of Biology: shifting from a mechanical-object ethos to an organic-systems ethos²⁰” abordando uma comparação relevante da passagem do objeto produzido mecanicamente, referente a era industrial, ao que ele chama de sistema orgânico, referente a era da informação, mostrando a evidência do foco nos processos e nas relações, evidenciando um cenário sistêmico.

A prática de design emergente é amplamente baseada em informações - repleta de tecnologias de processamento e rede de informações. Cada vez mais, o design compartilha com a biologia o foco no fluxo de informações, nas redes de atores que operam em vários níveis e no intercâmbio de informações necessárias para equilibrar as comunidades de sistemas²¹. (Dubberly H. 2008, p.2. Tradução nossa.)

¹⁹ Hugh Dubberly (1958-): Nascido em Kansas, Estados Unidos. Estudou design ambiental, design gráfico. Dubberly pesquisa sobre tecnologias digitais e meios virtuais para aplica-los em processo de produtos. O pesquisador compreende os processos de projeto como sistemas totalmente integrados

²⁰ Traduzido para o português: A Era da Biologia: mudando de um ethos de objeto mecânico para um ethos de sistemas orgânicos.

²¹ Original do ingles: Emerging design practice is largely information based—awash in the technologies of information processing and networking. Increasingly design shares with biology a

O autor reforça a relevância da eficiência da comunicação para equilibrar e manter efetivo o funcionamento da “comunidade de sistemas” que se pode assimilar, também à campos de interações.

Na figura abaixo o autor elenca, em cada campo, quais as diferenças entre as eras; industrial e Informação.

Figura 8: Princípios da organização. Diferenças entre a era industrial e da informação.

Princípios de organização		
	Objeto mecânico	Sistema orgânico
Era econômica	Idade Industrial	Idade Informacional
Autor de paradigma	Newton	Darwin
Metáfora	Mecanismo de relógio	Ecologias
Valores	Procura simplicidade	Abraça a complexidade
Controle	De cima para baixo	De baixo para cima
Desenvolvimento	De fora	De dentro
	Feito com montagem externa	Crescimento auto organizado
Projetista como	Autor	Facilitador
Papel do projetista	Decisor	Acordo de construção
Cliente como	Proprietário	Administrador
Relacionamento	Solicitação de proposta	Conversação
Condição de parada	Quase perfeito	Bom o suficiente para o momento
Resultado	Mais determinista	Menos previsível
Estado final	Completo	Adaptando ou evoluindo
Andamento	Edições	Atualização contínua

Fonte: Dubberly (2008, p.03). Tradução Mariah di Stasi

A relevância da adoção de um processo aberto e responsivo também é uma mudança significativa que ocorre em processos colaborativos.

No artigo, ele evidencia a vantagem de uso de sistemas responsivos em processos de projeto que aceitam, sabem lidar e trabalham com imprevisibilidades com isso, aumentam a possibilidade de melhoria dos processos e, por consequência dos serviços e produtos, estão abertos a correções e iterações através de

focus on information flow, on networks of actors operating at many levels and exchanging the information needed to balance communities of systems.

feedbacks. Segue uma segunda tabela do mesmo autor que apresenta a consistência de relações processuais iterativas²²:

Figura 9: Relações processuais. Consistência versus engajamento dinâmico

Coerente	Responsivo
Rígido	Flexível
Frágil	Resistente
Regular	Particular
Descrições frágeis	Cenas resistentes
Projetado por designers antes do uso por usuários que aplicando um único ponto de vista	Desenvolvido por participantes durante o uso, permitindo múltiplas visões

Fonte: Dubberly (2008, p. 3, traduzido e adaptado pela autora).

A tabela acima descreve o que segundo Dubberly comenta em seu artigo citando os autores Henderson e Harris, criadores da estrutura da tabela acima, onde relacionam os conceitos estruturados ao novo pensamento dos projetistas de meios para ambientes virtuais, assim como os computadores: “Como Rheinfrank apontou, o designer está passando de especialista independente para colaborador²³”.(Rheinfrank apud Dubberly, 2008. p.04). Nesse contexto estão as relações com os usuários, que assim como descreve na tabela acima, o engajamento dinâmico passa a ter no processo de criação a participação de múltiplas visões, não mais apenas a única do projetista como fora até então.

²² Iteração é uma palavra oriunda da área de computação e programação. Um processo iterativo, é aquele que ganha melhorias a cada fase iterativa, ganhando assim, um aperfeiçoamento e um refinamento ao longo do processo.

²³ Original do inglês: “As Rheinfrank pointed out, the designer is moving from detached expert to collaborator”.

Essa prática em que a colaboração entre usuários é reforçada no processo de projeto está presente, por exemplo, no *Co-design*, um termo criado no qual o usuário é importante no mesmo nível de importância que qualquer outro membro profissional:

Por co-design, indicamos a criatividade coletiva, que é aplicada em todo o período de um processo de design, conforme pretendido pelo nome desta revista. Assim, o co-design é uma instância específica de co-criação. Co-design refere-se, para algumas pessoas, à criatividade coletiva de designers colaboradores. Utilizamos o co-design em um sentido mais amplo para nos referirmos à criatividade de designers e pessoas não treinadas em design trabalhando juntas no processo de desenvolvimento do design²⁴. (SANDERS; STAPPERS, 2008, p. 6. Tradução nossa.)

A Figura 12, abaixo, elaborada por Sanders²⁵ e Stappers²⁶ representa a estrutura dessa mudança da composição do processo de projeto na visão do *Co-design*, que além de ter o usuário como membro da equipe, as decisões se fazem de forma horizontal.

Figura 10: Diferenças entre os processos de projetos clássicos e o Co-design.

Fonte: Sanders; Stappers (2008, p. 63. Traduzida pela autora).

²⁴ Original do inglês: By Co-design we indicate collective creativity as it is applied across the whole span of a design process, as was intended by the name of this journal. Thus, co-design is a specific instance of co-creation. Co-design refers, for some people, to the collective creativity of collaborating designers. We use co-design in a broader sense to refer to the creativity of designers and people not trained in design working together in the design development process

²⁵ Elizabeth Sanders, Psicóloga, pesquisadora e professora na Universidade de OHIO, desenvolve pesquisas sobre Transdisciplinaridade, processos colaborativos de design dentre outros assuntos. Informações sobre a autora disponíveis no site <https://design.osu.edu/people/sanders.82>

²⁶ Pieter Jan Stappers é pesquisador e professor titular de Técnicas de Design, Engenharia de Design Industrial (IDE) na Delft Universidade de tecnologia - TU Delft.

Como ilustrado pelos autores, no processo clássico cada projetista adiciona, de forma individual, sua contribuição ao projeto, não existindo a conversação entre os membros.

A conversação é uma teoria elaborada pelo ciberneticista Gordon Pask²⁷, estudos esses que foram aprofundados pelo autor no contexto do desenvolvimento do conhecimento no indivíduo e entre equipes, segundo Pask:

Como seres observadores, aprendemos o que aprendemos interagindo com nosso ambiente: os espaços, objetos, processos e outros que também estão observando ao nosso redor. Construir essas interações como "conversas", seja com nossos amigos ou com nossos peixes de estimação, é altamente útil de maneiras metafóricas e formais.²⁸. (PASK)

No processo de Co-Design, os projetistas trabalham juntos e compartilham entre si seus conhecimentos para que construam, não apenas o projeto, aprendizados, devido ao processo de conversação ao longo da atividade projetual.

Essas mudanças de interação de baixo para cima inovam as relações de hierarquias e responsabilidades e, ao mesmo tempo, podem gerar conflitos nos processos e no modo de fazer, os chamados ruídos que, na cibernética assim como na comunicação, os fluxos da informações são relevantes no âmbito da formação de equipes colaborativas (CHEN *et al*, 2003). Em um processo colaborativo apoiado por meios digitais, a comunicação pode ser feita à distância, as vezes assíncrono, as vezes síncrono, que faz com que a atenção para a estrutura das comunicações tenha destaque.

A ciência da cibernética contribui através de propostas metodológicas para a gestão da comunicação e dos processos colaborativos mediados por computador.

O processo de projeto é um processo cibernético. Depende de um loop de feedback simples: pense, faça, teste (em Walter As palavras de Shewhart, "planejar, fazer, verificar".) Requer iteração através do loop. Procura melhorar coisas, convergir para uma meta, criando protótipos de aumentar a

²⁷ Gordon Pask (1928-1998), Reino Unido, foi um cientista ciberneticista com grandes contribuições como a Teoria da Conversação e Teoria da Aprendizagem.

²⁸ Original do inglês: As observing beings, we learn what we learn by interacting with our environment: the spaces, objects, processes and others-who-are-also-observing all around us. Construing these interactions as "conversations", whether with our friends or our pet fish, is highly useful in both metaphorical and formal ways.

fidelidade²⁹. (Dubberly e Pangaro, *Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design*, 2007, p. 6. Tradução nossa.)

Especificamente a cibernética de Segunda Ordem³⁰ pode ser utilizada de forma eficaz para tais processos. Como ilustra a tabela abaixo, segundo Pangaro e Dubberly (2015), estrutura as ações e atuações nos processos de projeto diferenciando entre cibernética de primeira ordem³¹ e cibernética de segunda ordem.

Figura 11: Os mecanismos da Cibernética de Primeira Ordem e de Segunda Ordem.

Cibernética de Primeira Ordem	Cibernética de Segunda Ordem
Ciclo simples	Ciclos duplos
Controle de ciclos	Ciclos de aprendizados
Regulando em ambiente	Participação da conversação
Sistemas observados	Observando os sistemas
Observador fora do sistema	Observador faz parte do sistema
O observador descreve os objetivos	Participantes criam objetivos colaborativamente
Assume objetivos	Reconhecimento de subjetividade

Fonte: Pangaro, (2015, p. 8).

Como ilustra a tabela acima, a cibernética de primeira ordem prevê o controle e um sistema feedback e retorno à estabilidade.

Um sistema cibernético de primeira ordem detecta e corrige erro; ele compara um estado atual a um estado desejado, age para atingir o estado desejado e mede progresso em direção à meta. Um termostato-aquecedor

²⁹ Original do inglês: Design is a cybernetic process. It relies on a simple feedback loop: think, make, test (in Walter Shewhart's words, "plan, do, check.") It requires iteration through the loop. It seeks to improve things, to converge on a goal, by creating prototypes of increasing fidelity.

³⁰ [...] Cibernética de Segunda Ordem produz um deslocamento de percepção, porque reconhece que o observador faz parte do sistema, como uma entidade inseparável, orientada a um propósito[...] Link de acesso da referência: <http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cibersemiotica/node/3> > Acesso em jan/2020.

³¹ [...] Cibernética de Primeira Ordem se baseava em observar os sistemas em termos de controle e comunicação, colocando o observador fora do sistema e independente deste[...] Link para acesso da referência: <http://www.nomads.usp.br/pesquisas/cibersemiotica/node/3> > Acesso em jan/2020.

sistema serve como um exemplo canônico de uma primeira ordem sistema cibernético, mantendo a temperatura em um ponto de ajuste³². (Dubberly e Pangaro, *Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design*, 2007, p. 6. Tradução nossa.)

No entanto a segunda coluna que mostra os preceitos da cibernética de segunda ordem em um processo de projeto, apresenta características evolutivas e iterativas.

Um sistema cibernético de segunda ordem fornece uma estrutura para descrever as interações mais complexas de sistemas aninhados. Essa estrutura fornece um modelo mais sofisticado de interações homem-dispositivo³³. (Dubberly e Pangaro, *Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design*, 2007, p. 7. Tradução nossa.)

Ambas cibernéticas são relevantes por intermediar diferentes aspectos de um processo de projeto sistêmico, segundo Dubberly e Pangaro:

Glanville³⁴ argumentou que a cibernética de primeira ordem, longe de ser mera mecânica ou cálculo, fornece uma alternativa necessária à causalidade linear: traz-nos causalidade circular, importante para compreender e realizar (fazer) sistemas interativos que evoluem através de recursão, aprendizagem e co-evolução. Cibernética de segunda ordem é fundamental para o design porque nos dá um quadro epistemológico para projetar. A cibernética de segunda ordem nos move de uma pose “objetiva” destacada onde podemos nos desviar da responsabilidade, e direto para o meio confuso das coisas, onde só nós podemos ser responsáveis por nossas ações. Quadros cibernéticos de segunda ordem projetam como conversas para aprender juntos³⁵ (PANGARO; DUBBERLY, 2015, p. 73 - 74, Tradução nossa).

³²Original do inglês: A first-order cybernetic system detects and corrects error; it compares a current state to a desired state, acts to achieve the desired state, and measures progress toward the goal. A thermostat-heater system serves as a canonical example of a firstorder cybernetic system, maintaining temperature at a set-point.

³³ Original do inglês: A second-order cybernetic system provides a framework for describing the more complex interactions of nested systems. This framework provides a more sophisticated model of human-device interactions.

³⁴ Ranulph Glanville (1946-2014) , foi arquiteto, designer, ciberneticista, professor e pesquisador na universidade de royal melbourne instituto de tecnologia, em melbourne e na universidade católica de arquitetura na Bélgica.

³⁵ Original do inglês: Glanville argued that first-order cybernetics, far from being mere mechanics or calculation, provides a necessary alternative to linear causality: It brings us circular causality, critical to understanding and realizing (making) interactive systems that evolve through recursion, learning, and co-evolution. Second-order cybernetics is fundamental to design because it gives us an epistemological framework for designing. Second-order cybernetics moves us from a detached, “objective” pose where we can duck responsibility, and right into the messy middle of things, where only we can be responsible for our actions. Second-order cybernetics frames design as conversation for learning together.

Para a cibernética, o processo de projeto é intrinsecamente sistêmico, holístico e transdisciplinar (BEER, 2002). Através da Cibernética, o processo se compreende não apenas como o objetivo de alcançar um produto final, mas também, como um fluxo de interações e iterações, tanto para o resultado como para os membros da equipe. No entanto, a cibernética trata da gestão, da comunicação e do fluxo destas, e cada área a aplica conforme suas necessidades e seus preceitos. Para que ocorra a aplicação efetiva destas estruturas de gestão, meta-teorias voltados a arquitetura potencializam os processos de projeto colaborativos.

1.3 Os SISTEMAS NO PROCESSO COLABORATIVO

As meta-teorias que auxiliam processos produtivos surgem junto com o desenvolvimento dos computadores a partir dos anos 1940. A teoria geral de sistemas foi desenvolvido pelo biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy (1901-1972) em 1937. O cientista foi precursor de um pensamento que foi e continua sendo base para muitas linhas de desenvolvimento de pesquisas e aplicações. Segundo o fundador da teoria de complexidade, Edgar Morin (1921), um sistema é como um *“conjunto de elementos que se correlacionam entre si”* (2005, p. 131), e de acordo com Bertalanffy(1993), os comportamentos dos elementos se diferem dentro e fora do sistema: *“[...] encontraremos sempre que o comportamento de um elemento é diferente dentro do sistema e quando considerado isoladamente”* (BERTALANFFY, 1993, p. ?).

Stafford Beer e Allena Leonard (1994) descrevem as vantagens de se usar um processo com uma abordagem sistêmica ao invés de uma abordagem reducionista e convencional em um exemplo do processo de projeto e construção de uma ponte:

Como esse processo seria diferente do que se um modelo reducionista fosse seguido? Primeiro, um número maior de visões sobre o futuro da área seria considerado. Essas diferentes visões abordariam explicitamente os juízos de valor implícitos por diferentes alternativas. Mais informação local seria recolhida sobre as características do terreno e sobre qual a melhor solução pode ser de diferentes perspectivas³⁶ (LEONARD; BEER, 1994, p. 15. Tradução nossa).

³⁶ Original do Inglês: How would this process be different than if a reductionist model were followed? First, a larger number of views about the future of the area would be considered. These different views would explicitly address the value judgments implied by different alternatives. More local information would be gathered about the characteristics of the terrain and about what the best solution might be from different perspectives.

A amplitude de considerações e pensamentos sobre o que envolve o projeto da ponte apresenta ser maior do que apenas a ponte em si, sua estrutura, forma e dimensões. Assim, os autores atentam para o levantamento de tudo que possa envolver o contexto da ponte e o contexto do qual a ponte está evoluída.

Em relação à comparação entre abordagem reducionista versus sistêmica, os autores elaboraram a seguinte tabela, como demonstra a Figura 12, as diferenças entre ambos conceitos:

Figura 12: Diferenças entre processos reducionistas e os embasados em sistemas.

Abordagem Reducionista	Abordagem sistêmica
Foco nas partes	Foco no todo
Causalidade Linear A causa B	Causalidade circular A causa B que causa C que causa A
Postura objetiva do observador	Postura do observador é subjetiva
Contexto não tem muita relevância	Contexto altamente relevante
Uma verdade ou a melhor resposta	Múltiplas verdades e respostas
Externalidades não são importantes	Externalidades são importantes
Solução de problemas	Problemas dissolvidos

Fonte: Leonard; Beer (1994. p.1).

Segundo os autores, conforme tabela, as abordagens com foco em sistemas possuem o reconhecimento de mais variáveis em um processo, enquanto a abordagem reducionista, se apoia em fechar um processo com poucas possibilidades e variáveis, um pensamento focado no objeto.

A mudança de paradigma da abordagem reducionista para a abordagem sistêmica, segundo o ciberneticista Gordon Pask (1969) norteia a atividade do arquiteto, seja no processo arquitetônico que é entendido como sistemas pelo autor:

[...] os arquitetos são, antes de tudo, designers de sistemas que foram forçados, nos últimos 100 anos, a ter um interesse crescente pelas propriedades do sistema organizacional (ou seja, não tangíveis) de

desenvolvimento, comunicação e controle³⁷ (PASK, 1969. p. 494, Tradução nossa).

Seja na edificação e/ou nas relações que essa comporta e incorpora no ser humano e no ambiente são elementos considerados não estáticos:

Assim como um edifício funcionalmente interpretado constitui um sistema, também a construção, deste edifício é um sistema³⁸ (PASK, 1969, p. 72, Tradução nossa).

Para Morin (2015), a complexidade pode ser entendida como “...um tecido (complexus: o que é tecido junto) de constituintes heterogêneas inseparavelmente associada: elas colocam o paradoxo do uno e do múltiplo...”(, p.13) Esse tecido muitas vezes é explicado a partir da metáfora de uma tapeçaria e reforça que “o todo não é a soma das partes”:

Consideremos uma tapeçaria contemporânea. Ela comporta fios de linho, de seda, de algodão, de lã, de várias cores. Para conhecer esta tapeçaria, seria interessante conhecer as leis e os princípios relativos a cada um desses tipos de fio. Entretanto, a soma dos conhecimentos sobre cada um destes tipos de fio componentes da tapeçaria é insuficiente para se conhecer essa nova realidade que é o tecido, isto é, as qualidades e propriedades próprias dessa textura, como além disso, é incapaz de nos ajudar a conhecer suas forma e sua configuração. (Morin, 2015, p.85)

Essa frase constrói uma relação determinante sobre o que a pesquisa entende como processo colaborativo, e porque se toma o partido de que este é um evento complexo. Como afirmam Leonard e Beer (1994, p. 9): “*Complexidade é quando múltiplos fatores, múltiplos atores e múltiplas perspectivas, existem em uma mesma situação*”³⁹(Tradução nossa).

Morin, ainda afirma que um sistema pode ser decomposto, no entanto, perde-se o entendimento do todo (MORIN, 2005, p. 135). Um processo complexo e

³⁷Original do Inglês: “[...] Architects are first and foremost system designers who have been forced, over the last 100 years or so, to take an increasing interest in the organizational (i.e. non-tangible) system properties of development, communication and control” (PASK, 1969, p. 494).

³⁸Original do Inglês: Just as a functionally interpreted building constitutes a system, so also the construction of this building is a system.

³⁹Original do inglês: Complexity is a given when multiple factors, multiple actors, and multiple perspectives on a situation exist

sistêmico entende os membros, não como apenas atuantes, mas também sofrendo atuações e retroações do processo. Continuando com Morin (2015, p.13),

“Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações e interações, retroações determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico”.

Quando acontece o processo sistêmico, ocorre um fenômeno, oriundo da Teoria dos Sistemas, chamado *Emergência*, introduzido por Edgar Morin para descrever inovação:

Pode se chamar de emergências, as qualidades ou propriedades de um sistema que apresentam um caráter de novidade com relação às qualidades ou propriedades de componentes considerados isolados ou dispostos diferentemente em um outro tipo de sistema. (MORIN, 2005, p. 137).

À partir da citação pode se entender que em uma equipe a alteração não apenas de membros, mas de posição destes membros, modifica o processo e por consequência a qualidade do produto. Morin (2005) cunha que o sistema vai além de considerá-lo como um conjunto de interações de elementos, e também como se dá a organização, e as qualidades que emergem de tal organização e da “unidade global”.

A conformação de equipes é consolidada por indivíduos que se comunicam e trocam informações em um processo recursivo. Esses processos vão resultar em parâmetros, entendimentos, conhecimento e produtos, processo esse que a cibernética chama de conversação. A Teoria da Conversação, subteoria da cibernética, foi desenvolvida, na década de 1970, pelo ciberneticista inglês Gordon Pask, aplicando esta inclusive em projetos de arquitetura em conjunto com o arquiteto inglês Cedric Price. Segue um esquema de um processo de conversação entre dois participantes:

Figura 13: Esquema de um processo de conversação, segundo Pask, adaptado por Dubberly e Pangaro.

Fonte: Pangaro (2017, p.1580).

Processos colaborativos promovem a comunicação, seja ela síncrona ou assíncrona, por meio digital ou presencial. O processo de projeto colaborativo inclui a relação entre os atores, que em um processo de conversação, *passa pela recursividade*, interações e iterações, do qual será gerado um produto. O ambiente, entendido como entorno influenciador do indivíduo, das referências e do comportamento influencia processos e produtos. No esquema, ilustrado pela Figura 13, os autores buscaram exemplificar o processo que compõe a conversação, onde não apenas acontece a comunicação, mas há um processo ativo entre os participantes de processamento de informações que acarretam em adquirir conhecimento, como já mencionado.

A Figura 14, retirada do livro “*Ourselves and Computers. Difference in Minds and Machines*” de Aart Bijl⁴⁰ (1935) representa essa interação, que caracteriza um processo de conversação em um processo de projeto que interpretamos como colaborativo, envolvendo vários atores.

⁴⁰Aart Bijl Arquiteto e ciberneticista, nascido na Holanda, dedicou sua vida acadêmica a pesquisar interações entre atores e sistemas digitais nos processos de projeto e comunicação.

Figura 14: Modelando produtos.

Fonte: Bijl (1995, p. 35, traduzido e adaptado pela autora).

Deste processo, resulta não apenas o produto, mas também um crescimento individual e profissional para cada membro devido ao processo de conversação, lembrando também que as instituições também ganham com esses processos, devido a terem profissionais que evoluem com seus processos e que por sua vez, entregam melhores resultados. Como mostrado na figura há padronização de vocabulário; em função da comunicação isso ocorre devido a equipe possuir formação de múltiplos atores e uma composição multidisciplinar, onde devem ser consideradas as diferenças de culturas e formações, assim a padronização de vocabulário pode contribuir significativamente para a eficiência da comunicação favorecendo a conversação. O arquiteto e ciberneticista Ranulph Glanville (1997) argumenta que a “conversação é a ponte entre cibernética e processo de projeto”⁴¹ e que por sua vez “é um processo circular de conversação”⁴² (PANGARO; DUBBERLY, 2015, p.9. apud GLANVILLE, 2009, p. 22, tradução nossa).

⁴¹Original do inglês: Conversation is the bridge between cybernetics and design

⁴²Original do inglês: Design is a circular, conversational process.

Figura 15: Conversação para Colaboração

Fonte: Dubberly (2015). Traduzido pela autora

Dubberly (2015), apresenta na imagem acima a organização da conversação e da colaboração onde para o autor esse processo envolve a concordância das metas para a continuação, organizada das ações, para que os objetivos sejam atingidos, “Concordando com as metas e coordenando ações para alcançá-las”⁴³⁴⁴.

A forma como o autor entende a colaboração é de um processo em que há constante iteração e é construído entre membros e equipes. Não se segue o processo sem que todos estejam de acordo. No fluxograma, o autor o constrói de maneira a garantir que o processo de colaboração aconteça efetivamente, criando restrições que necessitam de que haja a colaboração e a conversação ao longo do processo sendo para o autor a conversação um fator relevante e intrínseco ao processo colaborativo.

⁴³ Original do inglês: Agreeing on goals and coordinating actions to achieve them.

⁴⁴ Link de acesso para a imagem original : http://www.dubberly.com/models/conversation_collaborate.html> Acesso em Jan/2020

CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

As referências principais para este capítulo foram autores da Teoria da Complexidade, Teoria de Sistemas e Cibernética, como Edgar Morin, Ludwig von Bertalanffy, Allena Leonard e Stafford Beer, que por meio de suas pesquisas, desenvolvidas desde a década de 1960, contribuíram para a construção do entendimento das relações da complexidade e do o processo sistêmico com os processos de projeto em arquitetura e urbanismo.

O exemplo do arquiteto Lucien Kroll permitiu a ligação da participação com o projeto arquitetônico. Como ressalva, o olhar dos especialistas em processos de projeto colaborativos, Maaïke Kleinsmann, Jeremy Roschelle, Elizabeth Sanders e Pieter Jan Stappers, permitiu o entendimento sobre a composição de equipes colaborativas, que foi complementado pelas reflexões dos ciberneticistas Allena Leonard e Stafford Beer sobre as diferenças entre processos cooperativos em estado colaborativo.

Com a mesma relevância, Gordon Pask e o filósofo ciberneticista Aart Bijl, além dos designers e ciberneticistas contemporâneos Hugh Dubberly e Paulo Pangaro, permitiram a compreensão da importância da conversação que estrutura os processos colaborativos, entre os atores. O papel da colaboração a partir desse capítulo pode ser entendido da seguinte forma:

- ❖ Com o aumento da complexidade no século XXI ocorre uma demanda da diversificação da contribuição da visão de profissionais de diversas áreas ao processo de projeto e por consequência ao produto.
- ❖ A postura profissional bottom-up de organização dos processos passa a ser uma necessidade na formação do indivíduo para que este possa e tenha habilidades de trabalhar em equipe.
- ❖ A formação da colaboração no indivíduo pode ser contínua através da interação que ocorre nos processos colaborativos.
- ❖ O processo visa a produção de um sistema, e não apenas do produto, que considera a construção e a inserção deste no ambiente

- ❖ A qualidade do processo atinge a todos os envolvidos nos processos colaborativos. Evolui o produto, o processo e os indivíduos que participam.
- ❖ Entende-se que estamos em um momento, onde o BIM facilita a organização da informação e da comunicação em todo o processo que envolve a construção civil.

Pontos críticos

- ❖ Resistência dos profissionais, em aceitar processos colaborativos no sentido de compartilhar seus conhecimentos e também mudar seu modo de trabalhar.
- ❖ A confiabilidade da competência entre profissionais pertencentes à equipe.
- ❖ Compreensão do entendimento sobre as diferenças dos processos colaborativos para outras conformações de equipe.
- ❖ Falta de clareza do entendimento de processos sistêmicos para organização e desenho de equipes e processos colaborativos.

Ainda assim, ressalta-se que um indivíduo envolvido em processos colaborativos será integrante de uma atividade multidisciplinar, podendo então ampliar seus conhecimentos, aptidões e saberes, como abordado pela teoria da conversação de Pask (1975)

“...and if we know that tools exist to help us thinking about systems, than we must put those tools into circulation” (Dubberly, H. 2014).

Capítulo 2 **BIM como Ambiente Ciberfísico**

2 . COLABORAÇÃO NO AMBIENTE CIBERFÍSICO.

INTRODUÇÃO

O capítulo 2 trata do contexto híbrido, ou seja, como a comunicação e a conversação ocorrem durante o processo de projeto na sobreposição do físico e do virtual mediado pelos meios digitais, chamado Ciberfísico.

Oriundo do campo das ciências da computação, o termo Ciberfísico foi cunhado pela cientista da computação e matemática a americana Helen Gill em 2006 (GILL *In* LEE, 2015, p. 4838). No entanto como argumenta o cientista da computação e engenheiro elétrico, porto-riquenho-americano, Lee (2015, p. 4838) o conceito possui origens ainda mais antigas. Segundo o autor, o termo *ciberfísico* tem sua origem nos conceitos cibernéticos, propostos pelo ciberneticista Norbert Wiener que na década de 1940, como aponta Lee (2015, p. 4838) , a Cibernética, termo cunhado por Wiener (1948), já abordava as seguintes relações, como : “[...] *a conjunção de processos físicos, computação e comunicação*”⁴⁵ conceitos estes que também são abordados pelo ciberfísico. No entanto, à época, essa relação era pensada e estruturada por impulsos elétricos, e não pela internet como no campo ciberfísico. Lee (2015) também explica que: “[...] *o sistema ciberfísico trata da interseção, não da união, do físico e do virtual*”⁴⁶ (GILL *IN* LEE, 2015, p. 4838).

Assim, trata-se de um sistema que possui nas interseções, conexões para comunicação e troca de informações que permitem retornar a etapas anteriores. Esses processos são chamados *loopings de feedback*⁴⁷.

⁴⁵ Original do inglês: is the conjunction of physical processes, computation and communication.

⁴⁶ As an intellectual challenge, CPS is about the intersection, not the union, of the physical and the cyber.

⁴⁷ Definição de looping: Retroalimentação ou realimentação também denominada por *feedback*, cujo significado técnico é "retorno da informação ou do processo". É o efeito retroativo ou informação que o emissor obtém da reação do receptor à sua mensagem, e que serve para avaliar os resultados da transmissão, ou até mesmo dar uma resposta. Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Retroalimenta%C3%A7%C3%A3o> Acessado em 31 de março de 2020.

Os sistemas ciberfísicos (Cyber Physic System -CPS) são integrações de computação com processos físicos. Computadores e redes interligados monitoram e controlam os processos físicos, geralmente com loops de feedback nos quais os processos físicos afetam os cálculos e vice-versa. No mundo físico, a passagem do tempo é inexorável e a simultaneidade é intrínseca⁴⁸. (Lee, 2008, p. 1. Tradução nossa)

Neste contexto, interessa à pesquisa as formas de comunicação entre sistemas e atores que participam no processo da criação e alimentação de um modelo digital e as diferentes formas de interação.

O capítulo propõe-se realizar um levantamento de tecnologias e comunicação, dispositivos e programas computacionais apoiando a colaboração em um ambiente ciberfísico. O capítulo é dividido em 5 partes:

O subcapítulo 2.1; Internet das coisas [IoT], apresenta essa tecnologia no contexto do processo de projeto e sua aplicabilidade na arquitetura e urbanismo.

O subcapítulo 2.2; Automação no Processo de Projeto, aborda a colaboração digital no âmbito da programação e da inteligência artificial, incluindo plugins e programas que podem ser utilizados durante o processo ciberfísico.

O subcapítulo 2.3; Visualização para comunicação, discorre sobre a relevância da visualização para a comunicação entre equipes virtuais e, a ampliação dos modos de representação e visualização nos processos de projeto colaborativo mediado por BIM e suas tecnologias.

O subcapítulo 2.4; Plataformas BIM como apoio, disserta sobre o conceito de plataformas BIM e quais os principais software e plataformas desenvolvidos pelas fabricantes que estão disponíveis, e apresenta os aspectos colaborativos durante o processo de projeto.

O subcapítulo 2.5; Extensões e Interoperabilidade. A comunicação digital no processo colaborativo em BIM, trata sobre a relevância da interoperabilidade entre os software de modelagem. Aborda também as três especificidades que ocorrem

⁴⁸ Original do Inglês: Cyber-Physical Systems (CPS) are integrations of computation with physical processes. Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa. In the physical world, the passage of time is inexorable and concurrency is intrinsic.

durante o processo de comunicação e trocas de conteúdo: Informação, dados e conhecimentos.

Os subcapítulos que seguem são organizados em Definição, Tecnologias, Relevância e Aplicação em Arquitetura.

2.1 INTERNET DAS COISAS (IoT)

2.1.1 Definição

No contexto do ambiente ciberfísico, a internet e os dispositivos digitais trabalham na interface entre a conexão do virtual e o ambiente físico e são parâmetros fundamentais para o funcionamento desse tipo de sistema. Assim a necessidade de elementos que fizessem essa comunicação, gera uma emergência nesse cenário chamada Internet das Coisas ou IoT (sigla em inglês para Internet of Things).

O termo foi cunhado por Kevin Ashton em 1999 (ASHTON, 1999) para referir-se a um processo do qual os sistemas computacionais pudessem se conectar ao meio físico e que este tivesse relações com o virtual, assim como escreveu o autor no seu artigo:

“Precisamos capacitar os computadores com seus próprios meios de coletar informações, para que possam ver, ouvir e cheirar o mundo por si mesmos, em toda a sua glória aleatória” (ASHTON, 1999, n.p.).

Porém, esse conceito de conexão ao mundo virtual já vinha sendo explorado por outros cientistas, mais especificamente por Mark Weiser, que em 1991, em seu artigo “The Computer for the 21st Century” cunha o termo “Computação Ubíqua”. Weiser (1991) fala de uma computação que “desaparece no background da vida das pessoas” (WEISER, 1991), onde tudo e todos estão conectados sem que nem ao menos percebam.

A maioria dos computadores que participam da virtualidade incorporada será invisível, tanto quanto na metáfora. Já os computadores com interruptores de luz, termostatos, aparelhos de som e fornos ajudam a ativar o mundo. Essas máquinas e mais serão interconectadas em uma rede onipresente. (WEISER, 1991, p. 108)

Apesar das semelhanças ao falar sobre Computação Ubíqua (acrônimo Ubicomp) e Internet das Coisas, os conceitos diferem em diversos aspectos. Segundo Olson et. al,

Ubicomp refere-se a uma sociedade na qual a interação humano-computador é integrada de maneira fácil e imperceptível na vida cotidiana. Sugere-se que os espaços de trabalho possam conter vários computadores que ajudam as pessoas a melhorar seu desempenho. Enquanto antes, os humanos iam aos computadores e adaptavam a ação social à tecnologia, a Ubicomp inverte a situação⁴⁹. (Olson, Nolin, e Nelhans, 2015, p. 4. Tradução nossa.)

Continuando, os autores definem também o termo Internet das Coisas:

Na Internet das coisas, espera-se que “coisas / objetos inteligentes” se tornem participantes ativos de negócios, informações e processos sociais. Eles podem interagir e se comunicar entre si e com o meio ambiente, trocando dados e informações “detectados” sobre o meio ambiente. Eles devem reagir autonomamente aos eventos do “mundo real / físico” e influenciá-lo executando processos que acionam ações e criam serviços com ou sem intervenção humana direta⁵⁰. (Olson, Nolin, e Nelhans, 2015, p. 6. Tradução nossa.)

Ao tempo que a computação ubíqua se insere na vida das pessoas de forma passiva, sem que elas percebam, os sistemas de Internet das coisas tratam-se mais de dispositivos operáveis e que são elaborados para agirem e/ou reagirem à determinadas ações em função de sua programação. Já Weiser, vislumbrava um cenário totalmente imersivo ao falar sobre computação Ubiquoa, enquanto as IoTs tratam dos dispositivos e das coisas que interconectam o acontecimento desse cenário. Para “coisas” o autor Silvio Meira descreve:

Coisas, aqui pra nós, têm as três características, e todas elas digitais. A gente até poderia dizer que coisas, no sentido de internet das coisas, são objetos digitais completos. Mas é preciso dizer que as coisas, no verdadeiro sentido da internet das coisas, são na verdade outras coisas -objetos físicos, sem qualquer das características acima, que são envelopados por uma camada digital que tem as características da imagem. E isso vai de uma lâmpada e uma fechadura até uma turbina e um veículo inteiro. Daqui pra frente, neste texto, coisas são a combinação de objetos físicos

⁴⁹ Original do inglês: Ubicomp refers to a society in which human computer interaction is seamlessly and unnoticeably integrated into everyday life. It is suggested that workspaces can contain numerous computers that help people improve their performance. While earlier, humans would go to the computers and adapt social action to the technology, Ubicomp reverses the situation.

⁵⁰ In IoT, “smart things/objects” are expected to become active participants in business, information and social processes. They are enabled to interact and communicate among themselves and with the environment by exchanging data and information “sensed” about the environment. They are to react autonomously to the “real/physical world” events and to influence it by running processes that trigger actions and create services with or without direct human intervention.

quaisquer com sua camada digital, normalmente inseparáveis[...] (MEIRA, 2017, p. 9-10)

Assim, temos um cenário que interconecta os ambientes físicos e virtuais, com sistemas de ação e interação, onde o Ciberfísico, a Internet e a IoT operam. Para entender melhor o papel de cada um a imagem abaixo ilustra suas relações e os campos de conexões e ações.

Figura 16: Relações dos Sistemas Ciberfísicos, Internet e Internet das Coisas

Fonte: Autora

O diagrama apresenta o papel de cada conceito, onde todos estão interconectados, possuindo, portanto, diferentes funções na Ubiquidade da Computação.

2.1.2 Aplicação e tecnologias

Como afirma Meira, não são apenas “coisas”, a Internet das Coisas faz parte de um contexto bem mais complexo do que apenas dispositivos. Ela denomina o funcionamento de um sistema todo, que segundo Meira (2017, p.20) tem que ser munido das três seguintes características: “capacidades de computação, comunicação e controle”. O autor segue explicando:

Se o dispositivo está no plano da computação e da comunicação, mas não tem sensores ou atuadores que lhe confirmem a característica do controle, é (apenas) uma máquina em rede; se não possui capacidade de comunicação, é um sistema de controle digital; se não conta com

capacidades computacionais, é um sistema de telemetria. As coisas, na internet das coisas, devem ter as três características ao mesmo tempo, todas inseridas no meio digital. (MEIRA, 2017, p. 20)

Assim os sistemas de IoTs possuem inteligências artificiais para que se comuniquem com as partes interessadas e cumpram a função de fornecer informações e respostas a um receptor. Esse processo, chamado de feedback, é entendido pela cibernética possuindo as seguintes definições:

A cibernética é a ciência do feedback, informação que viaja de um sistema através de seu ambiente e retorna ao sistema. Diz-se que um sistema de feedback tem um objetivo de manter o nível de uma variável (por exemplo, volume de água, temperatura, direção, velocidade ou concentração de glicose no sangue). O feedback relata a diferença entre o estado atual e a meta, e o sistema age para corrigir as diferenças. Esse processo ajuda a garantir a estabilidade quando distúrbios ameaçam sistemas dinâmicos, como máquinas, software, organismos e organizações. (Dubberly, 2018, p.1. Tradução nossa⁵¹)

Dubberly relata que os feedbacks são processos esperados dos sensores e máquinas, como sendo um sistema (chamado de primeira ordem na cibernética), onde as respostas são booleanas⁵². A comunicação precisa de ambientes para acontecer, onde os padrões utilizam-se de um campo e uma linguagem para ocorrer. Esse campo pode ser uma nuvem digital, onde são alocadas as plataformas (Dubberly, 2018).

Mostrando-se em ascensão, o uso e aplicação da internet das coisas, se mostram em diversos campos e ambientes. No entanto segundo uma pesquisa⁵³ realizada pelos autores Dachyar et. al (2019), a indústria 4.0, conhecida também por *Industrial Internet of Things* (Indústria da Internet das Coisas, em português) (GILCHRIST, 2016) é o setor que mais possui pesquisa de interesse na área de IoTs. Porém a aplicação e a pesquisa sobre o assunto abrange diversas áreas

⁵¹ Original do ingles: Cybernetics is the science of feedback, information that travels from a system through its environment and back to the system. A feedback system is said to have a goal, such as maintaining the level of a variable (e.g., water volume, temperature, direction, speed, or blood glucose concentration). Feedback reports the difference between the current state and the goal, and the system acts to correct differences. This process helps ensure stability when disturbances threaten dynamic systems, such as machines, software, organisms, and organizations

⁵² Em ciência da computação, **booleana** é um tipo de dado primitivo que possui dois valores, que podem ser considerados como 0 ou 1, falso ou verdadeiro. Chamado **boolean** em homenagem a George Boole, que definiu um sistema de lógica algébrica pela primeira vez na metade do século XIX. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Boolean>. Acessado em 23 de fevereiro de 2020.

⁵³ Link de acesso para o artigo: https://www.researchgate.net/publication/335457266_Knowledge_growth_and_development_internet_of_things_IoT_research_2006-2018 Acesso em 04 de março de 2020.

(DACHYAR, ZAGLOEL e SARAGIH, 2019) como a agricultura, áreas ambientais e sustentabilidade, saúde, sistemas de segurança, arquitetura e engenharia, dentre outras.

Esses campos aplicam a Internet das coisas utilizando-se de tecnologias como a própria rede de internet, dispositivos Wireless que se comunicam com receptores e/ ou computadores através de tecnologias de sinais Wi-Fi e que possuem um ambiente de conexão virtual comum, chamado de plataformas. Em todo esse processo, estão envolvidos “*Big Datas*”⁵⁴ que podem ou não estar presentes auxiliando e complementando processos. Tecnologias que usam Big Datas são muito utilizadas em “Smart Cities” (Cidades Inteligentes em português) favorecendo o monitoramento em tempo real seja do trânsito, do clima e/ou segurança pública.

Hoje, o papel da Internet está evoluindo de um meio de comunicação para pessoas, para um meio de comunicação entre pessoas, entre pessoas e dispositivos e entre dispositivos. A abordagem da Internet das Coisas (IoT) define uma estrutura de rede global com base em padrões e um conjunto de protocolos de comunicação em que dispositivos físicos e virtuais (ou seja, conhecidos como Coisas) se comunicam, publicam, consomem, trocam e compartilham informações em tempo real. A implementação da IoT permite que as “Coisas” (dispositivos, objetos da cidade, elementos de construção ...) se comuniquem entre si e isso oferece oportunidades únicas para o desenvolvimento de edifícios e cidades inteligentes⁵⁵. (Isikdag, 2015, p. 36. Tradução nossa)

Esse processo que ocorre nas cidades inteligentes, onde, a internet das coisas possui um papel fundamental na rotina e, como esperado por Weiser (WEISER, 1991), a ubiquidade da internet na vida das pessoas, aparenta ser uma realidade,

⁵⁴54 [...]o big data pode ser basicamente classificado em duas categorias, a saber, dados do mundo físico, geralmente obtidos através de sensores, experimentos científicos e observações (como dados biológicos, dados neurais, dados astronômicos e dados de sensoriamento remoto) e dados da sociedade humana, que geralmente são adquiridos de fontes ou domínios como redes sociais, Internet, saúde, finanças, economia e transporte. (JIN, WAH, *et al.*, 2015, p. 59)

Original do inglês: [...]big data can basically be classified into two categories, namely, data from the physical world, which is usually obtained through sensors, scientific experiments and observations (such as biological data, neural data, astronomical data, and remote sensing data), and data from the human society, which is often acquired from such sources or domains as social networks, Internet, health, finance, economics, and transportation. (JIN, WAH, *et al.*, 2015, p. 59)

⁵⁵55 Original do inglês: Today the role of Internet is evolving from being a communication medium for people to being a communication medium between people, between people and devices, and between devices. The Internet of Things (IoT) approach defines a global network structure based on standards and set of communication protocols where physical and virtual devices (i.e. known as Things) communicate with each other, publish, consume, exchange and share information in real time. IoT implementation enables “Things” (i.e. devices, city objects, building elements...) to communicate with each other and this provides unique opportunities for the development of smart buildings and smart cities.

onde, avisadas por seus dispositivos sobre tráfego e clima, não percebem que toda essa ação está sendo oriunda da Internet das Coisas concretizando-se assim a Computação Ubíqua.

2.1.3 Aplicação na arquitetura no contexto BIM

Com as atividades do processo de projeto passando a serem estruturadas e organizadas em ambientes virtuais, passa-se então a ser a modelagem desses processos e sistemas de comunicação, também, uma preocupação do projetista. Dubberly e Pangaro (2007) comentam sobre a mudança onde o projetista passa de uma atividade de desenhar objetos para o desenho de sistemas:

No último século, o arco do desenvolvimento da prática de design passou de objetos para sistemas, para comunidades de sistemas. Desenhar a prática passou de um foco para o artesanato e forma, através de um foco maior no significado e estrutura, a um foco crescente na interação e serviços - o que chamamos de "ofício de serviço" (Dubberly e Pangaro, *Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design*, 2007, p. 3. Tradução nossa)⁵⁶

Apesar do texto de Dubberly e Pangaro tratar do design de objetos, as contribuições podem ser transferidas para o processo de projeto arquitetônico. Segundo os autores, os processos "*service-craft*" estão interessados no desenho de todo o contexto da atividade do projetista. Isso inclui não apenas o produto, mas também a gestão, sistemas e a comunicação dos chamados pelos autores de *touch-points* (*Pontos de contato, em português*). Segundo os autores, esses "pontos de contato" são exemplificados no artigo como sendo pontos dos quais o indivíduo interage com o serviço; um mesmo serviço pode conter diversos pontos de contato. Na arquitetura, podemos exemplificar que em uma residência, os moradores podem ter esses pontos de contato em cada ambiente, e dentro deles uma diversidade de pontos de contatos, assim como podem também virtualmente ter essas

⁵⁶ Over the last century, the arc of development of design practice [6] has been from objects, to systems, to communities of systems. Design practice has moved from a focus on hand-craft and form, through an increased focus on meaning and structure, to an increasing focus on interaction and services—what we call "service-craft."

experiências, como em aplicativos de automação para residências que podem ser controlados através de seus dispositivos móveis como tablets e celulares.

Pensar em todos esses fatores traz ao processo de projeto variáveis que a equipe deve levar em consideração quando define as estratégias projetuais, selecionando os sistemas de comunicação e fluxos de gestão.

O BIM entra com uma mudança de paradigma na forma de projetar onde, assim como afirma o especialista em BIM Bilal Succar: “[...] a disponibilidade de uma ferramenta BIM permite a migração do fluxo de trabalho baseado em desenho para o baseado em objeto. (BIM Stage 1)⁵⁷. (Succar, Building Information Modelling Maturity Matrix, 2009, p. 10. Tradução nossa).

A comunicação efetiva em um processo de projeto mediado por meios digitais em arquitetura é um desafio. Nesses processos ocorrem a comunicação entre indivíduos de várias áreas e entre esses e os sistemas (Oh, M. *et al.* p. 197, 2015). Trabalhando à distância, ou em comunicação não-síncrona, o uso de computadores e outros dispositivos digitais para mediar, além das comunicações, o desenvolvimento dos modelos, é fundamental. (ABDELMOHSEN, 2009).

Nesse cenário virtual e tecnológico, a internet das coisas somada ao BIM, traz relevantes contribuições na arquitetura, não apenas no campo do Urbanismo, como as Cidades Inteligentes e/ou do edifício propriamente dito como os “Edifícios Inteligentes” que possuem a característica de:

Edifícios inteligentes integram e contabilizam informações de diferentes dispositivos incorporados ou fontes de inteligência, controle, materiais e construção como um sistema de construção inteiro. (TOTONCHI, 2018, p. 2)

Além da edificação propriamente dita, o processo de projeto também incorpora o uso de Iots. Machado e Ruschel (2018) trazem um levantamento de publicações que relacionam o uso da Internet das coisas ao BIM, e mostram também, estar presente no processo de projeto em situações como a simulação de implantação da edificação. Leituras de estudo de casos apresentados pelas autoras, demonstra exemplos dos quais a comunicação em campo com a equipe de projeto e vice-versa está presente no uso da internet das coisas mediando esse processo.

⁵⁷ ... the availability of a BIM tool allows the migration from drafting-based to object-based workflow (SUCCAR, 2010, p. 10)

Figura 17: Relações de troca de dados e informações entre equipe, modelo e ambiente

Fonte: autora.

Um looping recursivo de informações, coletado pelos sensores, como exemplifica a figura acima, torna-se uma ação iterativa e interativa ao projeto, sendo relevante tanto para o projeto quanto para os profissionais, como afirma Succar (2009): as interações BIM “*são complexas, expansivas e multidisciplinares por natureza*”⁵⁸. A possibilidade dessa atividade pode trazer muitos benefícios para o campo AEC contribuindo significativamente para a qualidade do projeto. No entanto, ao mesmo tempo, ocorre a necessidade de grandes mudanças, sendo uma delas a informatização e a parametrização dos processos em todo seu ciclo de vida.

As colaborações dos sistemas são previstas e fundamentais para uma eficiente comunicação e em diversos momentos de tomadas de decisão em um processo. A internet sustenta a comunicação de plataformas e nuvens virtuais, que estão presentes nesse cenário de inovação e mudanças, assim como a *IoT* e a colaboração da Inteligência Artificial. A internet tem um papel fundamental nos processos relacionados a construção civil e mais recentemente a *IoT*, com seus

⁵⁸ Original do inglês: are complex, expansive and multi-disciplinary in nature

aportes da inteligência artificial, vem formando um cenário de grande evolução no campo da arquitetura e urbanismo.

2.2 A AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE PROJETO.

2.2.1 Definição

Processos onde a automação auxiliada pela Inteligência artificial está envolvida são cada vez mais constantes, sejam em sensores, discutidos no início deste capítulo, ou em software e plug-ins de simulação, alvo desta subseção. Segundo os autores Dubberly e Pangaro (2015), a Inteligência Artificial surge logo após a segunda guerra, juntamente com diversas outras situações no contexto americano como sendo uma das grandes inovações:

Após a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos desfrutaram de uma euforia induzida pela tecnologia, onde tudo parecia possível, incluindo colocar um homem na lua, criar inteligência artificial e acabar com a pobreza⁵⁹. (Dubberly e Pangaro, 2015. p.04. Tradução nossa.)

Como um marco para sua época, a inteligência artificial surgiu praticamente junto ao contexto em que também surge a cibernética, e cabe aqui uma colocação para a diferença entre ambas já que, apesar de suas similaridades conceituais, couberam à época, manifestações para suas distinções introduzidas pelos autores ciberneticistas:

Ashby faz uma distinção crítica entre as abordagens da Inteligência Artificial tradicional (IA) e a cibernética: “Para alguns, o teste crítico de uma máquina ser ou não um 'cérebro' seria se ele pode ou não 'pensar'. Para o biólogo, o cérebro não é uma máquina pensante, é uma máquina atuante; ele obtém informações e depois faz algo a respeito.” O sociólogo Andrew Pickering descreve essa distinção em dois termos de conhecimento: a filosofia “moderna” dominante do conhecimento baseada na representação

⁵⁹ After World War II, the United States enjoyed a technology-induced euphoria where anything seemed possible, including putting a man on the moon, creating artificial intelligence, and ending poverty

e uma outra maneira “não moderna” conhecimento baseado em performance (atuando no mundo), que é um aspecto central da cibernética⁶⁰. (Dubberly e Pangaro, 2015, p. 7. Tradução nossa.)

Esses aspectos descritos pelos ciberneticistas são comumente pontos de discussão, sobretudo em relação a capacidade da inteligência artificial ser capaz de substituir o ser humano. Não sendo um questionamento atual, os cientistas discutem sobre o assunto desde o surgimento da Inteligência artificial. Gregory Bateson⁶¹, pesquisador e ciberneticistas citou:

A história é sobre o homem que perguntou a seu computador: “Você computa que algum dia será capaz de pensar como um ser humano?” O computador trabalhou na pergunta e finalmente imprimiu a resposta. No pedaço de papel estava impresso, abre aspas, isso me lembra uma história, fecha aspas. (BATESON, 2011n.p)⁶²

Relevante notar que a frase de Bateson, vai de encontro com a distinção que Ashby e Pickering fazem entre a cibernética e a Inteligência Artificial ao que Bateson faz entre o homem e a inteligência artificial, onde todos a colocam isenta de ineditismo e performance, não sendo irrelevante e/ou menos importante o homem nesse processo.

⁶⁰ Original do inglês: Ashby makes a critical distinction between the approaches of traditional Artificial Intelligence (AI) and cybernetics, “To some, the critical test of whether a machine is or is not a ‘brain’ would be whether it can or cannot ‘think.’ But to the biologist the brain is not a thinking machine, it is an acting machine; it gets information and then it does something about it.” Sociologist Andrew Pickering describes this distinction in terms of two ways of knowing: the dominant “modern” philosophy of knowledge based on representation and a “non-modern” way of knowing based on performance (acting in the world), which is a central aspect of cybernetics.

⁶¹ Gregory Bateson (1904-1980), de nacionalidade Britânica, foi cientista social, antropólogo, linguista e semiólogo. Bateson, foi um pesquisador do qual relacionou aos seus trabalhos o estudo da cibernética e teoria dos sistemas. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Gregory_Bateson > Acessado em 25 de fevereiro de 2020.

⁶² (2) (PDF) *Uma Conversa sobre a Ecologia da Mente - entrevista com Nora Bateson*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319086466_Uma_Conversa_sobre_a_Ecologia_da_Mente_-_entrevista_com_Nora_Bateson > acessado em 09 de fevereiro de 2020.

2.2.2 Aplicação e tecnologias

Assim, tratamos aqui sobre a inteligência artificial relacionada à tecnologia de automação dos processos, onde deve-se considerar a transação de dados, informação e conhecimento, em quais software e plataformas precisam ser desenhados de forma que comportem e permitam que tais processos virtuais de comunicação e interação aconteçam na atividade do processo de projeto.

Na tabela abaixo, os autores organizam as diferenças entre os termos sobre visualização da Informação x Visualização do conhecimento. Essa diferenciação e definição é muito relevante no contexto de interação homem-máquina, haja vista que é o homem que vai selecionar que tipo de informação deve receber e/ou retirar dos processos de comunicação virtual. Assim, necessita compreender o que são dados e como programar os sistemas para colhê-los e o que são informações, para que os loopings de feedbacks façam uma comunicação efetiva.

Figura 18: Visualização da Informação e Visualização do conhecimento

Visualização da informação	Visualização do conhecimento
A visualização de informações é o processamento visual assistido por computador para obter entendimento das relações de dados (Carl e Mackinlay, 1997)	A visualização do conhecimento concentra-se na descoberta, representação e aprimoramento do conhecimento sem se limitar a formatos assistidos por computador (Pepper e Burckhard, 2005)
A visualização da informação tem sua origem nas ciências computacionais (Keller e Tegan, 2005)	A visualização do conhecimento tem suas origens nas ciências sociais (Keller e Tegan, 2005)
A visualização de informações visa revelar relações entre dados.	A visualização do conhecimento visa revelar as relações entre as informações
As diferenças semânticas entre dados, informações e conhecimento podem ser resumidas da seguinte forma:	
Dados são observáveis e coletáveis: dados é o que pode ser visto e coletado (Landauer, 1998). Dados são um símbolo bruto que não tem significado em si mesmo e não tem significado além de sua existência (Keller e Tegan, 2005)	As informações representam dados conectados, seja para outro ou para um contexto. Informação é o que pode ser expresso (Landauer, 1998). A informação transmite significados diferentes para pessoas diferentes (Keller e Tegan, 2005)
	O conhecimento estabelece uma meta para a informação e é uma expressão de regularidade (Landauer, 1998). O conhecimento existe como parte de uma pessoa, de um grupo ou da cognição de uma sociedade. (Keller e Tegan, 2005).

Fonte: Succar *et al.* (2007)

Pode-se observar, através da leitura da tabela, as diferenças entre ambas e suas diferentes complexidades. Nota-se a complexidade da modelagem do framework dos processos BIM dos quais possuem uma extensa atividade de troca de informação e conhecimento, também no meio digital, não se restringindo apenas em trocas de dados, como afirmam os autores; “*A Modelagem de Informações da Construção inclui transações nos níveis semânticos de dados, informações e conhecimento*”⁶³ (SUCCAR, SHER, *et al.*, 2007). Sendo assim ao entender que os fluxos BIM ocorrem em ambientes ciberfísicos, é relevante considerar e compreender a semântica de cada uma das três abordagens; dados, Informação e conhecimento, onde tem-se um processo em que ocorre a comunicação homem-máquina, máquina-homem e máquina-máquina para compreender qual o real papel da automação nos processos e os produtos esperados.

No entanto, a automação tem extrema relevância no que diz respeito a automação e simulação nos processos de projeto em arquitetura. Com relevantes avanços nessa área a arquitetura utiliza-se da inteligência artificial na atividade de projetar:

A computação no projeto arquitetônico é baseada em cálculo e automação. Todo o software de design oferece várias ferramentas automatizadas que suportam o processo criativo⁶⁴ (Cudzik e Radziszewski, 2018, p. 78. Tradução nossa)

Segundo os autores, é possível trabalhar com diversos níveis de automação ao utilizar a inteligência artificial nos processos de projeto:

Podemos distinguir muitas formas diferentes de abordagem de inteligência artificial que estão sendo usadas nos processos de design. Desde a automação com um baixo nível de autonomia até a inteligência enxame e a rede neural que podem atingir altos níveis de autonomia⁶⁵. (Cudzik e Radziszewski, 2018, p. 78. Tradução nossa.)

⁶³ Original do Inglês: Building Information Modelling includes transactions at the data, information and knowledge semantic levels.

⁶⁴ Original do inglês: Computing in architectural design is based on calculation and automation. All design software offer various automated tools that support the creative process.

⁶⁵ Original do inglês: We can distinguish many different forms of artificial intelligence approach that are being used in design processes. From automation with a low level of autonomy, to swarm intelligence and neural network that can achieve high levels of autonomy.

Em processos colaborativos a automação é um fator relevante por também, além de outros fatores, trabalhar processos de feedback, o que é fundamental na comunicação entre equipes e entre estas e o modelo. Além de plug-ins que fazem o processo de simulações como de conforto ambiental, energético e/ou voltados para sustentabilidade e também simulação de estruturas, os processos de automação são usados para criar ferramentas que são acopladas ao próprio software e/ou então scripts para restrições projetuais.

2.2.3 Aplicação na arquitetura no contexto BIM

Em arquitetura podemos ter a automação como aliada já no processo de projeto, com uso de aplicativos e plug-ins e janelas de programação como o Dynamo, desenvolvido pela Autodesk, que possui uma linguagem de programação visual. Ele permite não apenas criar formas paramétricas complexas, mas também a criação de processos automatizados e simulações, seja em bases virtuais e/ou físico > virtuais, assim como comando de sensores. Elaborado para uso do design computacional em que:

Design computacional refere-se à capacidade de vincular a solução criativa de problemas a algoritmos computacionais novos e avançados para automatizar, simular, criar scripts, parametrizar e gerar soluções de design. (AUTODESK, 2020).^{66 67}

A figura abaixo, refere-se a uma modelagem em Dynamo de uma fachada. A figura à direita mostra os nós dos scripts que vão dando forma ao painel; e a imagem à esquerda mostra a imagem visual do painel onde também está ocorrendo uma simulação de iluminação.

Como todas as aberturas e formas estão parametrizadas, é possível modificar em função da iluminação que se deseja obter trabalhando no dimensionamento da abertura da fachada.

⁶⁶ Disponível em : <http://help.autodesk.com.s3.amazonaws.com/sfdarticles/kA230000000eAu3CAE/Dynamo%20Visual%20Programming%20for%20Design.pdf> acessado em 09/02/2020

⁶⁷ Original do inglês: Computational Design refers to the ability to link creative problem solving with powerful and novel computational algorithms to automate, simulate, script, parameterize, and generate design solutions

Figura 19: Imagem que representa a modelagem com o uso do Dynamo, simulando, através dos dados dos nós, a dimensão das aberturas que aparecem no modelo à esquerda, visualizado na interface do Revit.

Fonte: Dynamo: Visual Programming for Design (pag. 39).

Movimentando números através dos nós do script podemos alterar automaticamente o desenho da fachada. Como mostra a imagem a seguir:

Figura 20: Fachada visualizada na Interface do Revit com as simulações de aberturas possíveis

Fonte: Dynamo: Visual Programming for Design (pag. 40).

As janelas visuais de programação passam então a permitir que profissionais não oriundos do campo da computação, assim como arquitetos, possam ter o controle da programação e construir processos automatizados para auxiliar o processo de projeto em arquitetura. A parametrização é base na formação e

concepção de pensamento e construção de programas como o Dynamo, que trabalham com janelas de visuais de programação. Segundo Aish e Woodburry(2005):

Em um sentido profundo, a modelagem paramétrica não é nova: os componentes da construção foram adaptados ao contexto por séculos. O que há de novo é o desenvolvimento paralelo da tecnologia de fabricação que permite a personalização em massa. Os componentes de construção podem ser adaptados ao seu contexto e a modelagem paramétrica pode representar o contexto e os projetos adaptados⁶⁸. (Aish e Woodbury, 2005, p. 152. Tradução nossa.)

Assim, a evolução tecnológica propicia a ampliação dos conceitos e usos de software paramétricos, e ainda acrescenta mudanças, não apenas no processo de projeto, mas também no pensamento que norteia a atividade projetual:

A modelagem paramétrica se tornou a base para a maioria dos sistemas CAD mecânicos e agora está começando a emergir como uma ferramenta para o projeto em arquitetura [...] A parametrização aumenta a complexidade da tarefa e da interface do designer, pois os projetistas devem modelar não apenas o artefato que está sendo projetado, mas uma estrutura conceitual que guia a variação⁶⁹. (Aish e Woodbury, 2005, p. 153. Tradução nossa.)

2.3 VISUALIZAÇÃO PARA COMUNICAÇÃO

2.3.1 DEFINIÇÃO

A representação do projeto não é apenas uma forma de mostrar ao cliente e a interessados o produto da forma mais fácil para ser entendida, mas também, um meio de linguagem comum entre todos os envolvidos no processo de projeto, estando a representação ligada a fatores tais como a comunicação entre os atores da equipe e entre eles e o modelo. Dubberly (2011), aborda as questões da interação e da experiência, tanto no virtual quanto no físico, e isso implica em como se projeta e como funciona o fluxo desse processo de projeto em relação a

⁶⁸ Original do inglês: In a deep sense, parametric modelling is not new: building components have been adapted to context for centuries. What is new is the parallel development of fabrication technology that enables mass customization. Building components can be adapted to their context and parametric modelling can represent both context and adapted designs.

⁶⁹ Original do inglês: Parametric modeling has become the basis for most mechanical CAD systems and now is beginning to emerge as a tool for architectural design.[...] Parameterization increases complexity of both designer task and interface as designers must model not only the artifact being designed, but a conceptual structure that guides variation.

comunicação, representação, experiência e as mudanças que estão ocorrendo no próprio ambiente digital que, vezes, são respostas, e possuem links com o físico.

Considerando uma perspectiva de design de serviço, podemos considerar o ciclo de experiência em relação à convergência.... O que se passa em cada célula? Qual é a mensagem neste ponto de contato? O que há de melhor em imagens, som e movimento? Quais interações são apropriadas? Podemos gamificar? Quais serviços de rede são necessários? Quais são os componentes sociais? Como podemos nos conectar ao mundo físico?⁷⁰
(Dubberly h. , 2011, p. 6. Tradução nossa)

Essas mudanças são claras também no campo de AEC, as fabricantes de software voltadas para a indústria da construção civil, buscam essa integração e interação e a tentativa da diversidade de experiência dos envolvidos com o modelo sendo elaborado, desenvolvendo dispositivos, plug-ins de simulação plataformas para comunicação e gestão dos processos em ambientes virtuais.

Ao longo dos tempos software de modelagem e dispositivos de representação vem evoluindo em diversos sentidos. Melhorias nas representações como modelagens 3D em massas, em seguida essas massas passam a receber texturas e além da modelagem, esforços para a experiência com o modelo no âmbito também da visualização em suas possíveis formas de ocorrer, assim como a realidade virtual, que conta com dispositivos de visualização e interação e também a realidade aumentada, que também vem evoluindo ampliando as possíveis formas de interação e representação do modelo, aliada a comunicação entre os membros das equipes.

2.3.2 MODELAGEM 2D, 3D E ND. APLICAÇÃO E TECNOLOGIAS.

A representação 2D digital com os sistemas CAD sofreram relativa evolução para representações 3D tornando possível a visualização da volumetria da edificação. Fora um grande avanço na representação de projetos arquitetônicos, pois além da representação os desenhos serviam como tomadas de decisões em projetos reduzindo erros (RUSCHEL e BIZELLO, 2011). Permitem a visualização

⁷⁰ Original do inglês: Taking a service-design perspective, we may consider the experience cycle in relation to convergence. Imagine a matrix with steps in the customer journey along the y axis and the six elements of convergence on the x axis. What goes in each cell? What's the message at this touch-point? What's best delivered through images, sound, and motion? What interactions are appropriate? Can we gamify? What network services are needed? What are the social components? How can we connect to the physical world?

completa da volumetria, aberturas e proporções, aspectos visuais relacionado ao acabamento e materiais além da infinidade de vistas que poderiam ser extraídas para melhor compreensão do projeto. Não apenas na representação para leigos e proprietários, essa volumetria também passou a ser relevante para as equipes de projeto no uso de análises de interferências (RUSCHEL e BIZELLO, 2011) .

Figura 21: Interface do Revit apresentando planta 2D, janela esquerda e volumetria na janela direita

Fonte: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>

Com os avanços de plug-ins de renderização, essas volumetrias passaram a receber texturas e simulações de iluminação e insolação, a extração da imagem que simulava o real passou a ser grande aliada no estudo estético, onde uma imagem de determinado material poderia ser aplicada à maquete digital e a máquina de render construía a imagem simulando a textura em função das configurações atribuídas, de reflexão, iluminação, rugosidade, dentre outros inúmeros fatores.

Figura 22: Imagem render de projeto

Fonte: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview>

Tais fatores de representação não mudam apenas a visualização do projeto, mas também geram mudanças no fluxo deste e também acrescentam as fases de projeto tomadas de decisões que não estavam ainda nesse processo. A visualização do projeto próximo ao real e a imersão são uma busca constante na representação arquitetônica.

Além das representações 2D e 3D é possível trabalhar com representações virtuais imersivas, assim como a realidade aumentada e a realidade virtual.

2.3.3 Realidade Aumentada

Além da representação 2D e 3D, a realidade aumentada surge como uma grande aliada não apenas dentro dos escritórios de arquitetura, mas também, unida aos visualizadores digitais portáteis, como celulares e tablets e também passa a ser utilizada nos canteiros de obras auxiliando o entendimento de montagens de estruturas e/ou tubulações.

Bimber e Raskar (2005), autores e cientistas da computação, ...”a realidade aumentada significa integrar informações sintéticas no ambiente real”(pag. 2). podendo assim fazer simulações virtuais utilizando-se do ambiente físico, trazendo “um potencial objetivo da realidade Aumentada é criar um alto nível de consistência entre o entorno real e virtual⁷¹” (Bimber e Raskar, 2005, p. 8. Tradução nossa).

Figura 23: Imagem que Representa o uso da Realidade Aumentada em Processos de Projeto

Fonte: Internet⁷²

A imagem acima, extraída de um vídeo do *youtube*, representa uma equipe usando a realidade aumentada para simulações de tráfego dentro de uma fábrica a ser construída. Essas simulações além de agregarem qualidade ao ambiente construído, favorece a diminuição de mudanças de projeto enquanto a obra acontece, agregando ao processo de projeto certezas nas tomadas e decisões que são, na maioria das vezes, sistêmicas, ou seja, onde uma mudança altera diversos outros fatores.

⁷¹ Original do inglês: One potential goal of AR is to create a high level of consistency between real and virtual environments. (BIMBER e RASKAR, 2005)

⁷² Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=E5H3c1euX9o&feature=youtu.be>> Acessado em: 23 de fevereiro de 20 20

2.3.4 Realidade Virtual e dispositivos

A realidade virtual pode ser uma forma de representação para comunicação com os envolvidos nos processos de projeto, com seus dispositivos, os óculos e outros sensores. Em suma:

[...] é uma combinação entre a noção de ambientes eletronicamente simulados e a necessidade de dispositivos auxiliares que compõe os sistemas de acesso a estes ambientes. (PRATSCHKE e MOREIRA, 2000)

Tal simulação e representação podem ser relevantes e adotadas no processo de projeto; segundo os autores a realidade virtual possui três relevantes características em relação ao processo de projeto em AEC:

É interativo (os usuários podem interagir com os modelos), espacial (os modelos são representados em três dimensões espaciais) e em tempo real (o feedback das ações é dado sem pausa perceptível) (Whyte 2002). Com a capacidade de explorar e reutilizar informações diretamente dos modelos, a colaboração interdisciplinar atual pode evoluir para uma colaboração multidisciplinar integrada nos modelos⁷³ (Singh *et al.* 2011). (Zaker e Coloma, 2018, p. 3. Tradução nossa.)

A realidade virtual também pode ser usada para identificar e analisar problemas durante o processo de projeto onde a equipe pode emergir no modelo e analisar virtualmente a modelagem. Assim como o trabalho apresentado pelos autores Zaker e Coloma (2018) na análise da modelagem no Revit MEP de tubulações:

[...] através de um experimento realizado, avaliamos um VR fluxo de trabalho de colaboração integrado em um projeto real. Esse fluxo de trabalho supostamente poderia nos permitir realizar uma detecção de choque nos sistemas MEP por meio de simulação. A avaliação incluiu algum recurso inovador de um software de RV, permitindo a presença virtual de vários usuários e a simulação de tarefas no local⁷⁴. (Zaker e Coloma, 2018, p. 12. Tradução nossa).

⁷³ Original do Inglês: It is interactive (users can interact with models), spatial (models are represented in three spatial dimensions), and real-time (feedback from actions is given without noticeable pause) (Whyte 2002). With the ability to exploit and reuse information directly from the models, the current interdisciplinary collaboration can evolve towards integrated multi-disciplinary collaboration on models (Singh *et al.* 2011).

⁷⁴ Original do inglês: through a lived experiment, we evaluated a VR integrated collaboration workflow in a real project. This workflow supposedly could enable us to perform a clash-detection in MEP systems via simulation. The evaluation included some innovative feature of a VR software, allowing for virtual presence of multiple users and simulation of on-site tasks.

O experimento mostra uma das diversas formas de usar a realidade virtual no processo de projeto em arquitetura. O que a pesquisa considera como relevante no processo relatado pelos autores em seu experimento é a presença de mais de um membro no ambiente imersivo ao mesmo tempo. Nesse caso, a representação está além de meramente uma apresentação, ela faz parte das tomadas de decisões no processo de projeto com o auxílio de novos meios e ferramentas.

Figura 24: Dispositivos de Realidade Virtual

Fonte da imagem: (<https://biblus.accasoftware.com/ptb/wp-content/uploads/sites/5/2019/05/BIM-e-VR-come-cambia-il-mondo-delle-costruzioni-software-Edificius.jpg>)

Esses dispositivos auxiliam a visualização do modelo, e ainda permitem que, virtualmente, faça-se um tour ao longo do modelo final elaborado, podendo ser uma aliada no processo de projeto auxiliando a tomadas de decisões entre os membros de equipe.

Figura 25: Dispositivos de Realidade Virtual e Aumentada

Fonte da imagem:

(https://images.adsttc.com/media/images/5ca6/3fa5/284d/d1e4/3300/0079/medium_jpg/Onetech_Asia_Hololens_Demo_idea_real_estate.jpg?1554399128)

Como representado na imagem acima, a possibilidade de mais de um membro visualizar virtualmente o mesmo modelo simultaneamente, através da realidade virtual, permite, sem dúvidas uma expansão no contexto da visualização contribuindo para a comunicação entre os atores da equipe e entre estes e o modelo virtual.

2.4 AS PLATAFORMAS VIRTUAIS COMO APOIO EM PROCESSOS COLABORATIVOS EM BIM.

2.4.1 DEFINIÇÃO

Solucionar e organizar processos de comunicação, os fluxos em plataformas virtuais como ambientes para comunicação e representações passa a ser, também, um assunto do campo da arquitetura.

Plataformas virtuais passam a fazer parte do nosso cotidiano cada vez mais.

A todo momento ouvimos assuntos relacionados a elas, seja relacionado ao banco, cursos on-line, serviços de streaming, dentre inúmeros outros assuntos, fala-se sobre plataformas virtuais. No entanto, qual seria a definição para tal? E qual sua função?

Como uma conexão virtual de pessoas e serviços Marc Andreessen(2017), define plataformas atribuindo a elas uma definição similar a um organismo que recebe o acoplamento de diversas outras funções e atividades conectado a elas:

O fundador da Netscape e gerente de fundos de VC Marc Andreessen define uma plataforma como “um sistema que pode ser programado e, portanto, personalizado por desenvolvedores externos - usuários - e, dessa forma, adaptado a inúmeras necessidades e nichos que os desenvolvedores originais da plataforma não poderiam ter contemplado e muito menos tempo para acomodar⁷⁵. ”(Marc Andreessen apud Dubberly, 2017, pag. 6. Tradução nossa)

Dubberly (2015) apresenta as inúmeras relações possíveis nas interligações permitidas em uma plataforma virtual. As interações humanas, conectadas com serviços e funções virtuais, podem ser visualizadas e acessadas através delas. A figura abaixo, apresenta um diagrama elaborado por Dubberly, com o intuito de demonstrar as inúmeras interfaces que estão interconectadas para que se construa uma plataforma virtual nos dias atuais.

⁷⁵ Original do inglês: Netscape founder and VC fund manager Marc Andreessen defines a platform as “a system that can be programmed and therefore customized by outside developers—users—and in that way, adapted to countless needs and niches that the platform’s original developers could not have possibly contemplated, much less had time to accommodate.

Figura 26: Convergência 2.0

Fonte: Dubberly (2011)

O diagrama acima foi construído como resultado de leitura feita por Dubberly (2011) para o conceito de convergência 2.0 desenvolvido por Negroponte (1975). Com uma abordagem mais atual, o autor representa os campos que necessitam se comunicar e os meios e ferramentas para que essa comunicação aconteça. Um fluxo contínuo preocupado em garantir a comunicação do físico ao virtual e do virtual ao físico mediado por plataformas virtuais.

Nesse contexto, temos inputs dos campos físicos, oriundos de IoTs, GPS, dentre outros dispositivos; do campo de serviços assim como processos com automação e linguagens de programação e o outro campo social, como dados governamentais, tempo, dentre outros dados sociais. Todo esse contexto converge

para dentro da plataforma onde ocorrem os processos textuais, multimídia e interatividade, gerando processos de comunicação e interação, assim como podemos citar *Instagram* e *Facebook*, plataformas das quais constantemente são acopladas novas funções de interações com o usuário e vice-versa.

Hoje, porém, não é possível encontrar exemplos comerciais de multimídia interativa autônoma. Em vez disso, o encontramos profundamente incorporado às redes. Encontramos redes cada vez mais dependentes de serviços em rede. Encontramos serviços profundamente entrelaçados com elementos sociais. E, é claro, encontramos todas essas coisas embutidas no mundo físico. (Dubberly h. , 2011, p. 6. Tradução Nossa⁷⁶)

A organização e a conformação das plataformas de trabalho e comunicação são de relativa importância. A qualidade do processo também envolve a eficiência destes, visando garantir que os meios que articulam durante esse processo aconteçam fluentemente, haja vista que a conformação das plataformas envolve automação e interação humano-máquina.

A equipe humano-máquina é como uma tesoura cortando o tecido do domínio do trabalho. Uma lâmina afia a outra - aumentando as capacidades do humano ou da máquina – podendo levar a cortes mais limpos. Mas se não houvesse parafuso - nenhuma interface eficaz - para manter as lâminas unidas, por mais afiadas que fossem, a tesoura não cortaria nada⁷⁷. (Behymer e Flach, 2016, p. 107. Tradução nossa)

Essa comparação dos autores reforça a importância na escolha dos sistemas e ferramentas que serão utilizadas no processo, assim como as plataformas e os software e como será a comunicação entre eles.

2.4.2 A APLICAÇÃO EM ARQUITETURA E TECNOLOGIAS. PLATAFORMAS E SOFTWARE BIM.

Os software BIM são desenhados de forma que os diversos software usados ao longo do projeto sejam: de projeto de estruturas, cálculos de desempenho e simulações, dentre outros, e se comuniquem de forma eficiente entre si afim de não

⁷⁶ Original do inglês: But today, it's not possible to find commercial examples of stand-alone interactive multimedia. Instead, we find it deeply embedded in networks. We find networks increasingly reliant on networked services. We find services deeply intertwined with social elements. And, of course, we find all these things embedded in the physical world.

⁷⁷ Original do inglês: The human-machine team is like a pair of scissors cutting through the fabric of the work domain. Sharpening one or the other of the blades—increasing the capabilities of either the human or the machine—might lead to cleaner cuts. But if there were no screw—no effective interface—to hold the blades together, no matter how sharp they were, the scissors would not cut at all.

ocorrer perdas de informações dos modelos na troca de dados. Para ser BIM o software precisa permitir que os elementos contenham e forneçam informações e/ou dados no processo de modelagem, segundo Robert Aish,

O BIM é baseado na ideia de criar um único modelo de construção 3D com desenhos extraídos do modelo considerado como dados derivados. O BIM aplica o princípio de normalização de dados à modelagem arquitetônica. É inerentemente uma abordagem muito mais sistemática à aplicação da computação ao design. (Aish, 2013. Pag.42-43. Tradução nossa)⁷⁸

Durante o processo de projeto, diversos software podem ser utilizados dependendo das necessidades. Alguns fabricantes desenvolveram e desenvolvem software e plug-ins que comportam e/ou auxiliam o modelo ao longo do processo. Segundo a pesquisa de Iniciação científica “Produção arquitetônica na era digital”⁷⁹ elaborada por um membro do núcleo de pesquisa Nomads.usp, que desenvolve pesquisas voltadas a plataformas digitais, software para simulação e representação em arquitetura e urbanismo e colaboração, só a Autodesk fornece mais de 200 plug-ins para o software REVIT. No entanto, são necessárias algumas atribuições para que um software e/ou plug-in seja considerado BIM e, como pudemos ver, a comunicação entre eles é de extrema relevância para que não haja atravancamento ao longo do processo e/ou perda de dados e informações, estes últimos de extrema relevância para um processo BIM.

78 Original do inglês: BIM is based on the idea of creating a single 3D building model with drawings extracted from the model considered as derived data. BIM applies the principle of data normalizations to architectural modelling.⁹ It is inherently a much more systematic approach to the application of computing to design.

⁷⁹ A pesquisa intitulada “PRODUÇÃO ARQUITETÔNICA NA ERA DIGITAL”, elaborada pelo graduando em arquitetura Lucas Edson de Chico, orientado pela Profa. Dra. Anja Pratschke, junto ao grupo de pesquisa Nomads.usp, foi resultado de uma pesquisa de Iniciação científica, tendo como um dos seus objetivos o levantamento de plug-ins disponíveis para o software Revit Architecture, mais especificamente no âmbito de simulação de desempenho da edificação na área de conforto ambiental.

Figura 27: Tabela CBIC sobre as fabricantes e seus software disponíveis para as etapas de projeto discriminadas na tabela

	PRÉ-OBRA							OBRA					PÓS-OBRA
	DESENVOLVIMENTO DE MODELOS E VISUALIZAÇÃO	COORDENAÇÃO E VERIF. CÓDIGOS	SIMULAÇÃO	QUANTIFICAÇÃO	ORÇAMENTO	PLANEJAMENTO 4D	DETALHAMENTO	FABRICAÇÃO	LAYOUT E VERIFICAÇÃO	EXECUÇÃO NO CAMPO	ADMINISTRAÇÃO DA CONSTRUÇÃO	COMISSIONAMENTO E ENTREGA	OPERAÇÃO GESTÃO DE ATIVOS GESTÃO DE MANUTENÇÃO
AUTODESK	AutoCAD [®]												
	Revit		Robot Vehicle Tracking		Revit								
TQS		TQS					TQS						
NEMETSCHEK	Solibri		Solibri										
SYNCHRO						Synchro							
TRIMBLE	Tekla BIMsight												
BENTLEY	ProjectWise Design Integration & Deliverables Management & Engineering Content Management & Navigator & Navigator Mobile & Project Performance Dashboards & WorkSite												

Fonte: Colaboração e integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, CBIC (pag.44).

Os processos de evolução e melhoria que envolvem o conceito BIM vão além de software de modelagem. A necessidade de meios eficientes para gestão e comunicação fazem com que pesquisas e fabricantes busquem inovação e melhorias nessa direção, o que vem sendo uma prática constante. Atualmente existem diversos software de modelagens com suas características e especificidades próprias.

Algumas fabricantes vêm evoluindo constantemente na elaboração e no aumento da eficiência das plataformas para que as equipes operem em BIM. Algumas empresas líderes no mercado, como a Autodesk, uma empresa desenvolvedora de software para modelagem nas mais diversas áreas e desenvolvedora de software BIM, assim como o Revit, que fora introduzido no mercado em 2002 pela fabricante (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014, p. 57), vem aprimorando os software, os plug-ins e expansões de serviços da plataforma BIM da qual desenvolve e comercializa.

Figura 28: Interface do Revit 2017

Fonte: autora

Considerada uma interface amigável e de fácil compreensão pelos usuários, o Revit possui abas de colaboração que permite o link do modelo direto com a plataforma onde pode-se trabalhar com modelos federados⁸⁰ e/ou centrais. Além da modelagem e geração de informação e dados também é possível a extração de representação gráfica e compartilhamento desta com outros membros da equipe e/ou interessados. As imagens renderizadas podem ser feitas na nuvem que possui conexão direta a partir do próprio software.

⁸⁰ Colaboração BIM baseada em arquivo compartilhado no modo de modelos federados, consiste em um fluxo de trabalho do qual cada membro da equipe possui um arquivo que contém aberto para edição a parte que lhe compete desenvolver. Um arquivo mãe, em nuvem é alimentado pelas alterações de cada arquivo em poder de cada membro da equipe vinculado a ele. Assim o modelo principal fica intacto e cada responsável tem seu arquivo para edição protegido.

Figura 29: Ícones da janela "Colaborar" do software REVIT 2017

Fonte: autora

A plataforma digital desenvolvida pela Autodesk para colaboração é o BIM 360 Design. Segundo a desenvolvedora, a plataforma é capaz de suportar todos os processos ao longo do projeto até sua edificação.

Figura 30: Imagem comercial BIM 360 no site da Autodesk

Fonte: Site Autodesk

Dentre os serviços que a plataforma oferece há um suporte de serviços de gestão, modelagem e colaboração. No entanto a Autodesk possui formatos proprietários e não permite que haja a interoperabilidade de software de outras fabricantes dentro de sua plataforma BIM, apenas os desenvolvidos pela empresa.

O Archicad é da desenvolvedora Grafisoft, que por sua vez é uma empresa do grupo Open BIM, pioneira no desenvolvimento do software BIM datando seu início em 1980 (EASTMAN, TEICHOLZ, *et al.*, 2014, p. 59) e vem ampliando as possibilidades de modelagem que também se estenderam para plataformas colaborativas.

Figura 31: Interface do software Archicad

Fonte: Site Autodesk

Também considerada uma interface amigável e de fácil entendimento, o Archicad possui uma extensa biblioteca de modelos para composição das maquetes. Um fator relevante é que a Graphisoft também produz para sistemas Macintosh e não apenas para Windows, como a Autodesk. A plataforma colaborativa da Grafisoft é a BIMCLOUD.

Figura 32: Imagem comercial da Plataforma BIM Cloud da Graphisoft

BIMcloud – Teamwork for Architects

Fonte: Site Graphisoft

A BIMCloud permite a colaboração entre diversos software através do formato IFC. Dentro da plataforma é possível fazer o cadastro dos membros da equipe assim como suas funções e o gerente BIM também consegue criar as restrições necessárias a cada membro.

Figura 33: Plataforma BIM Cloud da Graphisoft

BIMcloud 2018 - Teamwork in 10 Minutes

Fonte: Site Graphisoft

A vectorworks, por sua vez, não possui uma plataforma. Ela disponibiliza uma nuvem, a Vectorworks Cloud Services. A nuvem funciona como um armazenamento de arquivos, focada na apresentação e visualização dos projetos. O software é open BIM, sendo assim, permite a exportação em várias extensões para que se trabalhe colaborativamente com outros software. Ao contrário da Autodesk e do Archicad, o Vectorwork não possui uma plataforma para integração e colaboração do processo.

Figura 34: Imagem comercial da Vectorworks para sua plataforma BIM

Fonte: Site Vectorworks

As diferenças entre integrar modelagem ou integrar apenas informação é relevante em um contexto BIM, haja vista que o intuito é a fluidez e a praticidade, além do acesso de informações permitir a modelagem e fornecimento de dados a todo momento e da forma mais fluída possível entre os membros da equipe.

Outros relevantes desenvolvedores assim com a Bentley, All Plan, e a Tekla também seguem investido esforços em plataformas digitais colaborativas. Com foco na gestão e integração dos processos, além de também serem Open BIM.

Figura 35: Imagem comercial da All Plan sobre sua plataforma BIM

Fonte: <https://www.allplan.com/en/products/allplan-bimplus/>

A figura acima, retirada do site da AllPlan, representa a importância da presença digital e a integração dos processos no campo AEC. As desenvolvedoras, em suas apresentações das plataformas digitais mostram a eficiência das plataformas na integração dos processos em BIM. O CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) desenvolveu e publicou um material relevante para o campo de AEC e pesquisa em BIM **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras** composta por cinco volumes. No volume três, “Colaboração e Integração BIM”⁸¹, o material traz um conteúdo relevante e bastante completo no contexto de integração, interoperabilidade e colaboração no contexto de software, plataformas e extensões existentes até o momento disponível no Brasil. É possível compreender ao analisar o material o vasto desenvolvimento e empenho dos campos relacionando-os ao digital para que operar em BIM seja uma realidade eficiente.

⁸¹ Link para acesso ao material; http://sindusconbc.com.br/wp-content/uploads/2016/10/VOLUME-_3.pdf

2.5 EXTENSÕES E INTEROPERABILIDADE

2.5.1 Definição

A interoperabilidade é um fator relevante para garantir, não apenas a colaboração, mas também a eficiência, garantindo a segurança e manutenção dos dados e informações em um processo compartilhado ausência de retrabalho em processos já efetivados (EASTMAN *et.al*, 2014). Para a comunicação e a troca de dados, é necessário garantir a eficiência na conversa entre os *software* e as extensões, no entanto, não basta apenas que este consiga gerar dados, mas que garanta que esses dados sejam gerados e extraídos sem perdas o que, consequentemente causaria danos ao processo de informação e comunicação entre equipes, equipes e os modelos e entre os modelos virtuais.

Para comunicação entre software tem-se; Formatos Proprietários, Formatos de comunicação entre tipos de software com diferentes funções, por exemplos software para modelagem de estruturas, XML e por fim o formato IFC (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p. 81). Além da comunicação entre modelos, temos os processos de extração de dados e informações para as diversas formas de representação e impressão de modelos e fabricação digital, seja em impressoras 3D, fresas e tornos e outros mecanismos que também podem ter linguagem CNC.

Tais software possuem informações parametrizadas, assim como foi mostrado nesse capítulo garantindo que não ocorra danos e/ou perdas na troca dessas informações. Tais parâmetros podem ser passados corrompidos e/ou perder a sua função paramétrica caso os programas não consigam uma conversa com total equivalência, trazendo prejuízos ao processo e perdas de dados e informações. Assim, a interoperabilidade é um fator relevante em um processo colaborativo.

2.5.2 APLICAÇÃO E TECNOLOGIAS. FORMATOS PROPRIETÁRIOS E IFC

As fabricantes e desenvolvedoras de software, assim como a Autodesk, desenvolvem diversos tipos de programas que executam diversas tarefas e modelagens ao longo do processo, como a modelagem tridimensional do edifício,

modelagem da estrutura, a gestão do cronograma de obra e também orçamentário, além de outros plug-ins e tipos de modelagem.

Essas execuções precisam que os diferentes software conversem entre si, e desenvolvam assim extensões para que eles se comuniquem e operem sem perdas de informações. No entanto desenvolvem esses formatos para troca e comunicação com eficiência apenas entre os software da própria fabricante, causando danos e/ou perda de informações caso os dados sejam trocados entre software de diferentes empresas, por isso dá-se o nome de formatos proprietários.

O formato de arquivo de troca proprietário são formatos desenvolvidos por organizações comerciais para estabelecerem interface entre aplicativos diferentes (exemplos: DXF, 3DS). (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p. 81)

Assim, a equipe deve questionar os software que irão utilizar ao longo do processo de projeto, uma vez que se estiverem utilizando um software que possui apenas formatos proprietários, como o Revit da Autodesk, terá que concluir todo o processo com software da mesma fabricante para que ocorra menos problemas de perda de dados e informações do modelo. Do contrário, deverá utilizar software que trabalham OpenBIM, assim como o Archicad dentre outros.

2.5.2.1 IFC

Para garantir a interoperabilidade, foi desenvolvido o *Industry Foundation Classes (IFC)*, um modelo que visa garantir a comunicação e integração de todo o processo de projeto, até sua edificação:

O desenvolvimento das Industry Foundation Classes (IFC) começou na International Alliance for Interoperability (IAI) a partir da visão de um edifício compartilhado modelo de produto que cobriria todas as informações necessárias para todo o ciclo de vida dos edifícios: requisitos gestão,

diferentes atividades de design e processos de construção e manutenção⁸²
(KIVINIEMI *et al*, 2005, p. 1)

Apesar de nos sistemas CAD já ocorrer a *interoperabilidade*, a forma com que o processo ocorria permitia exportar determinados dados, juntamente com o modelo. O formato de exportação .dxf, por exemplo, bastante utilizado, carrega em seu modelo apenas informações genéricas tridimensionais, não consegue manter dados específicos, como de tabelas e especificidades de materiais do modelo exportado.

Para que se tenha uma boa interoperabilidade é de fundamental importância a implementação de um padrão de protocolo internacional de trocas de dados nos aplicativos e nos processos do projeto. O principal protocolo usado hoje é o Industry Foundation Classes (IFC), que é um modelo de dados do edifício baseado em objetos, não proprietário. (ANDRADE e RUSCHEL, 2009, p. 80)

O IFC, foi desenvolvido com essa promessa, de garantir a possibilidade da exportação e interoperabilidade de dados e informações dos modelos, favorecendo o fluxo do processo e evitando retrabalhos. Os diagramas a seguir, figura 12, a seguir, (CHEN; *et al*, 2005, p. 116), ilustra o fluxo da troca de dados e informações do processo de projeto de um edifício, sem e com o padrão *IFC*.

⁸²Original do ingles: The development of the Industry Foundation Classes (IFC) started in International Alliance for Interoperability (IAI) from the vision of a shared building product model which would cover all necessary information for buildings' whole lifecycle: requirements management, different design activities and construction and maintenance processes.

Figura 36: A relação de troca de dados entre os membros da equipe sem uso de padrões IFC (esquerda) e com o uso do IFC (direita).

Fonte : Chen, *et al* (2005, p. 116).

A eficiência da interoperabilidade permitida pelos padrões *IFC*, ainda não são totalmente eficientes devido a fatores como dificuldade de comunicação entre tipos de software, ou fabricantes diferentes dentre outros fatores. Esses fatores causam problemas que ainda necessitam ser resolvidos pelos fabricantes e desenvolvedores de *software* (CHEN, *et al*, 2005). Algumas empresas desenvolvedoras de sistemas digitais, da área de AEC, assim como a *Graphisoft* e a *Tekla*, estão trabalhando no que chamam de '*OpenBIM*'⁸³, com o intuito de conseguirem resolver esses problemas de comunicação entre *software* que muitas vezes são causados por software de formato proprietário como a *Autodesk* e a *Bentley*.

2.6 OS MODELOS FÍSICOS NO PROCESSO E A COMUNICAÇÃO COM O DIGITAL.

As interações e manipulações com a modelagem podem ser não apenas digitais, mas também físicas. Além dessa comunicação a interação dos interessados, sejam em processos colaborativos e/ou participativos. Os modelos podem ser impressos tendo uma comunicação que acontece na direção do digital para o físico, ou então, após impresso passam por processos que geram

⁸³ Site da *Graphisoft*, para acesso as informações sobre *OpenBIM* Disponível em http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/ Acesso em 14 ago. 2018.

informações que devem alimentar o modelo digital. Pesquisas nesse contexto vem desenvolvendo soluções nas mais diversas áreas, assim como na área de habitação de interesse social como o trabalho de doutorado do pesquisador Maurício Hidemi Hazuma⁸⁴: **“Customização em Massa de Projeto de Habitação de Interesse Social por Meio de Modelos Físicos Paramétricos”** onde o autor trabalhou com modelos 3D impressos propondo que o cliente, o morador que estava adquirindo seu apartamento, fosse capaz através da maquete física, definir a modulação da sua nova residência.

Figura 37: Imagem dos modelos 3D impressos e adicionados códigos de barras

Fonte: (AZUMA, 2016)

Os modelos após impressos recebem uma etiqueta de código de barras que se comunicam através do leitor com o digital. Assim as escolhas eram computadas em uma planilha:

As informações constantes em cada item, deveriam alimentar uma planilha de inventário a qual demonstraria o custo da habitação, nesse sentido esta informação poderia orientar os usuários em suas escolhas e prioridades,

⁸⁴ Link para acesso: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-24042018-102619/publico/TeseCorrigidaMauricioAzuma.pdf>

indicando de certa maneira, uma restrição para a customização da habitação. O modelo neste caso, passou a ser caracterizado como um protótipo físico funcional paramétrico. (AZUMA, 2016, p. 156)

Além da relevância da comunicação de duas vias, digital–físico e físico–digital, e sua característica paramétrica, o processo proposto pelo pesquisador é composto de um processo colaborativo e participativo por atores leigos, no que diz respeito ao processo de projeto em arquitetura.

2.6.1 Prototipagem Rápida e Fabricação Digital

Além da produção física com o uso descrito no exemplo anterior, no auxílio de maquetes e processos no projeto arquitetônico, a produção digital também está ligada à construção em escalas 1:1. Com o avanço de tecnologias digitais e a comunicação digital, do modelo passa-se a informação para computadores e máquinas que constroem fisicamente uma determinada peça e/ou partes de uma edificação.

O projeto e a produção da arquitetura têm sofrido grandes modificações desde a segunda metade do século XX, particularmente devido ao desenvolvimento dos sistemas CAD e dos métodos de projeto auxiliado por computador. Mais recentemente, tornou-se possível utilizar modelos geométricos digitais diretamente para a produção de artefatos físicos, desde maquetes em escala e protótipos em tamanho real até peças finais para a construção civil. (CELANI e PUPO, 2008, p. 31)

A fabricação digital é composta por um sistema digital em um ambiente virtual, podendo ser desenvolvido desde sua composição sem que haja o toque humano, elaborado por profissionais e equipes totalmente em um processo digital.

Os novos métodos de produção não são mecânicos, são controlados por computadores. Daí o nome Computer Numeric Control, ou CNC, normalmente associado às fresas de controle numérico. (CELANI e PUPO, 2008, p. 32)

Devido à complexidade que o processo de modelagem para fabricação digital envolve, necessitando de diversos conhecimentos e áreas a colaboração, é um fator que pode trazer relevantes contribuições, como afirma Frank Brammer e Bernhard Franken (2006) enorme transformação não se restringe apenas a prática de processo de projeto com essa forma de fazer arquitetura, ao falar de fabricação digital, mas também, em práticas colaborativas e autorias (BRAMMER e FRANKEN,

2006, p. 137). Talvez, podendo afirmar, que a fabricação digital é mais eficiente e intrínseca a processos colaborativos.

Formas complexas, oriundas de modelagens paramétricas e de processos que são compostos de modelagem de algoritmos e formas generativas, são um dos relevantes usos da fabricação Digital. Devido à complexidade da forma, a sua qualidade construtiva ficaria comprometida caso fosse construída por humanos, mais ainda pensando em sua replicabilidade e/ou construção em massa, os software paramétricos assim como, no contexto BIM o plug-in para Revit; Dynamo, são fundamentais em sua modelagem em sistemas CAM, do inglês computer-aided manufacturing, que conseguem fazer a comunicação do modelo com os sistemas das máquinas de linguagem CNC

CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

Os autores escolhidos como referência para construção deste capítulo foram por um lado, autores da cibernética, mais especificamente Hugh Dubberly e Paul Pangaro, com suas relevantes contribuições no entendimento da importância de compreender os processos em ambientes virtuais como sistemas e organismos em constante comunicação entre eles e entre o meio físico. Por outro lado, autores relacionados ao BIM como, Bilal Succar, que entende o conceito como um sistema, defendendo a interação e a integração dos processos, mais especificamente no campo de AEC. Assim como também Deutsch, que traz contribuições sobre as conformações de equipes e alterações que os processos colaborativos em BIM vêm apresentando e onde dispositivos e programações são como partes de um sistema, caracterizado pelos processos de projeto colaborativo.

Os esforços na direção da comunicação compartilhada e a simulação para conversação e melhoria do entendimento acontece tanto entre equipes, quanto entre os parâmetros do próprio projeto. Um sistema construído e montado que está além da interface digital e/ou de plataformas digitais, como ambiente para modelagem, o processo de projeto em arquitetura vem ganhando ampliações nos mais diversos eixos da simulação, seja em ambientes e/ou dispositivos.

O capítulo apresenta o processo ciberfísico em BIM no contexto e verifica a importância do levantamento de dados e a relevância da diferenciação para a comunicação de dados, informação e conhecimento. Seguindo para a visualização, onde a modelagem e os dispositivos digitais são uma extensão para a comunicação visual e que também fornece e carrega informações do modelo e equipe. Em seguida a interoperabilidade, ou seja, a linguagem comum para que haja a comunicação. No caso do BIM as extensões e os formatos digitais fazem a tradução para a eficiente comunicação. Tendo como ambiente o virtual, apoiado por plataformas virtuais e software BIM com o apoio à modelagem e veículo de comunicação. Por fim, a colaboração das simulações advindas da inteligência artificial, acrescentando além das simulações a automação no processo de projeto. A forma de projetar parece estar além do modelo e/ou do desenho de um sistema computacional e inserido em um sistema complexo e amplo de interações, simulações físicas > virtual e virtual > físico.

Assim, a preocupação da organização da gestão de um processo de projeto colaborativo em arquitetura que se encontra em constantes mudanças, mesmo tendo sofrido significativas evoluções e transformações, continua a se alterar e transformar.

A colaboração em ambiente ciberfísico apoiada por BIM a partir desse capítulo pode ser entendido da seguinte forma:

- ❖ A evolução tecnológica e as constantes melhorias dos dispositivos virtuais, favoreceram o uso de ambientes virtuais para o processo de projeto.
- ❖ A comunicação e a integração das equipes e dos processos também foram beneficiadas com as tecnologias digitais.
- ❖ Software, plug-ins e dispositivos digitais ampliam o panorama de formas de construir processos e de projetar e representar em arquitetura.
- ❖ Os processos colaborativos em BIM, ganham amplitude e benefícios com as IoTs e as plataformas digitais que apoiam os processos.
- ❖ As fabricantes de tecnologias digitais voltadas para a construção civil, vem desenvolvendo relevantes produtos para apoiar o processo colaborativo virtual em arquitetura.

- ❖ Dispositivos digitais e ambientes virtuais estão melhorando e ampliando as formas de representação no processo de projeto em arquitetura, o que consequentemente proporciona melhorias na comunicação entre profissionais e interessados no processo de projeto.

Pontos críticos entendidos nesse capítulo;

- ❖ As tecnologias digitais não garantem a qualidade do processo de projeto e por consequência seu produto. São apenas instrumentos que apoiam e facilitam os processos, mas não garantem melhorias.
- ❖ Assim como tais tecnologias não garantem qualidade aos processos e ao produto, também não garantem a colaboração e/ou que os processos sejam deveras colaborativos.
- ❖ A necessidade de uma rede de internet de extrema eficiência para o uso desses processos virtuais é um empecilho na aplicação para muitos profissionais, principalmente no Brasil, que até a data desta pesquisa, está entre os dez países com as piores redes de banda larga do mundo.
- ❖ Os software apresentados ainda possuem alto custo para escritórios pequenos e médios, com isso apenas grandes escritórios e construtoras conseguem construir uma rede virtual com todos os benefícios que esse tipo de processo possa oferecer.

“In my prints I try to show that we live in a beautiful and orderly world and not in a chaos without norms, as we sometimes seem to”.

M. C. Escher
(1953)

Capítulo 3 **A gestão do Processo de Projeto em BIM**

3. A GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO EM BIM

INTRODUÇÃO

Muito se tem publicado sobre os benefícios do uso do BIM nos processos que envolvem o Campo AEC, seja na economia ou sustentabilidade:

O BIM é um banco de dados de objetos 3D que pode ser facilmente visualizado e que contém dados avançados e informações estruturadas. Além disso, o BIM pode ser aplicado à análise de desempenho, sustentabilidade, cronogramas e custos de construção (Uddin e Khanzode, 2013). Estima-se que o BIM possa eliminar alterações não orçamentadas em 40% e reduzir o tempo para concluir um projeto em 7% e o tempo para gerar uma estimativa de custos em até 80%⁸⁵. (Azhar, 2011, apud Liu, Xie, Tivendal, e Liu, 2015, p. 163. Tradução nossa)

Ou então, argumentos sobre os benefícios da colaboração em que o BIM propicia na sua aplicação e/ou está intrínseco na implementação do mesmo no processo de projeto. Além de outros variados pontos positivos que são citados sobre as qualidades da implementação e usos do BIM.

A tecnologia BIM também leva a melhorias no mercado de trabalho, incentiva práticas de trabalho mais colaborativas e melhora a comunicação entre as partes interessadas no projeto⁸⁶ (Allen Consulting Group, 2010 apud Liu, Xie, Tivendal, e Liu, 2015, p. 163. Tradução nossa)

No entanto para que todos esses benefícios sejam extraídos e/ou gerados, é necessário entender, percorrer e aplicar todos os processos que envolvem o uso e aplicação dessa inovação. Seja aplicação na empresa, no processo de projeto e/ou no profissional. Toda uma cadeia se movimenta em direção à essas mudanças para que efetivamente se trabalhe em BIM.

⁸⁵ Original do inglês: BIM is a 3D-object database that can be easily visualized, and that contains rich data and structured information. Furthermore, BIM can be applied to the analysis of building performance, sustainability, schedules, and costs (Uddin and Khanzode, 2013). It is estimated that BIM can eliminate unbudgeted change by 40%, and reduce the time to complete a project by 7%, and the time to generate a cost estimate by up to 80%.

⁸⁶ Original do inglês: BIM technology also leads to labour market improvements, encourages more collaborative working practices, and improves communication between project stakeholders.

Assim, neste capítulo abordam-se as questões que tangem a gestão do processo de projeto colaborativo em BIM. Discorre-se sobre a importância de entender as diferenças entre processos sequenciais de projeto e os processos em BIM. Também, aborda os instrumentos e legislações que envolvem os processos de gestão que apoiam as atividades com essa inovação. Além dos novos atores e parâmetros que surgem apoiando e norteando a colaboração no processo de projeto em BIM. E por fim, não menos importante, qual a situação do Brasil nesse processo de apoio à implementação do BIM nas indústrias e escritórios brasileiros e o que fora feito até então. Todo o conteúdo abordado é interpretado pelos benefícios que tangem a colaboração no processo de projeto.

Assim, o subcapítulo **3.1 Processo de Projeto do Sequencial ao BIM** aborda questões sobre processos de projetos lineares e suas diferenças em relação aos processos em BIM. Também fala sobre os campos de interações BIM e as novas formas de pensar as interconexões que estão envolvidas nesse processo.

O subcapítulo **3.2 Instrumentos que garantem e apoiam a colaboração no processo de projeto em BIM**, discorre sobre os documentos, normas e os novos cargos que surgem para apoiar o processo de projeto em BIM, desde a sua implementação na empresa até a gestão dos projetos.

Por fim, o subcapítulo **3.3 Protocolos e Modelos de Gestão em BIM no Brasil**, disserta sobre os esforços, adotados por órgãos e entidades públicas e nacionais com o desenvolvimento e divulgação de materiais que apoiem a implementação do BIM nas empresas e indústrias brasileiras.

3.1 PROCESSO DE PROJETO DO SEQUENCIAL AO BIM

Trabalhar em BIM envolve inter-relações relevantes e complexas sendo necessários documentações de conduta e processos para norteamento das equipes. Cada projeto possui suas especificações, seja em detalhamento de produtos e/ou simulações, e cada contratante possui suas necessidades, podendo não contratar um projeto completo até o final, necessitando muitas vezes saber apenas a viabilidade construtiva de determinado empreendimento, podendo ser implementado de diversas formas.

As tecnologias e processos de Modelagem de Informações da Construção (BIM) permitem diferentes níveis de implementação ou usam estágios com graus variados de integração (por exemplo, colaboração baseada em arquivo, colaboração baseada em modelo). (KASSEM e DAWOOD, 2014, p. 89)

Através da teoria, pode-se observar um trajeto que segue em uma direção positiva, com estudos aprofundados em relação a processos colaborativos nas equipes. No entanto, a teoria nem sempre responde a aplicação, ou então nesse caso, uma complementa a outra, trazendo grandes contribuições para ambos os métodos, devido à complexidade dos sistemas de gestão colaborativos. Estes ganham constantemente novos acréscimos não apenas em relação a sua eficiência, além de novos parâmetros, como pode-se ver nos capítulos anteriores no campo da tecnologia.

O BIM surge como uma mudança total de paradigmas e com contextos e conteúdos especificamente seus. Tais contextos intrinsecamente colaborativos não são a evolução dos processos colaborativos em arquitetura, mas sim possuem novos arranjos e necessidades, assim como os citados novos atores, como os *BIM Managers*, novos modelos de organização e gestão do processo de projeto que também surgem juntamente com o BIM.

Os esforços para que o uso do BIM no Brasil com todos seus potenciais de colaboração, não são algo recente. O GT BIM, (Grupo Técnico BIM) criado no Brasil em 2007, vem conseguindo através de empenho de pesquisadores e consultores avanços em relação ao BIM no Brasil. A criação da NBR ISO 12006, a norma BIM brasileira, foi um dos grandes passos, seguido de outros relevantes, como as cartilhas de modelos e gestão BIM criados pela equipe GT BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA), CBIC e ABDI.

Essas equipes vêm elaborando um trabalho significativo no estudo e desenvolvimento de acervos de manuais e modelos para disseminação do conhecimento BIM, fomentando uma discussão sobre seus benefícios, usos e aplicações. Esses materiais são relevantes para este trabalho, contribuindo para o contexto da aplicação mais direta no mercado em AEC no Brasil. Tais esforços

foram com o intuito da disseminação e apoio a implementação do BIM no Brasil com iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) desenvolvendo metas para que esse empenho se torne realidade no país (CATELANI e SANTOS. 2016).

É de conhecimento que existam outros pesquisadores que se debruçaram no estudo do desenvolvimento para processos e modelos de gestão BIM, e foram estudados pela pesquisadora para a compreensão do que já se havia feito nessa direção. No entanto, como instrumentos de pesquisa, optou-se por analisar os modelos elaborados pelos órgãos nacionais como, os guias do ASBEA, ABDI e CBIC, materiais desenvolvidos por um corpo técnico de pesquisadores relevantes nesta área no país. Os guias são disponibilizados para o acesso como base para o uso de qualquer escritório de arquitetura e engenharia.

Entender o BIM como uma emergência que se cria em função da eficiência em vários âmbitos, num contexto geral, para o mercado de AEC, do qual surge como um conceito amparado por tecnologias oriundas de pensamentos e empenhos inovadores para que os problemas de integrações do processos de projeto na indústria da construção civil sejam solucionados. Diversas tecnologias e legislações vem sendo desenvolvidas com o intuito de apoiar a aplicabilidade do BIM, assim como também pesquisas que visam o aprimoramento de modelos a gestão do processo de projeto em BIM. No Brasil, isso ocorre tanto por parte de órgão nacionais, pesquisadores e empresas.

Para entender o BIM como inovação, é necessário observar que ele surge da mudança de um pensamento linear na atividade do processo de projeto para um pensamento sistêmico. Falar sobre um pensamento linear não quer dizer que a atividade ocorre em processo linear; esta atividade do campo de AEC sempre fora complexa, no entanto o pensamento do qual as atividades eram compostas e organizadas era produto de mentes e pensamentos lineares, o que contribuía em problemas nos processos do campo AEC.

A gestão linear refere-se ao desenho de controle que coordena e responde em apenas um sentido, podendo ser em duas direções. De qualquer forma, ao final do processo ocorre uma entrega;

“Ciclo de vida do projeto é a série de fases pelas quais um projeto passa, do início à conclusão. A fase de um projeto é um conjunto de atividades relacionadas de maneira lógica que culmina na conclusão de uma ou mais entregas” (PMBOK, p. 547, 2017).

Além de outros fatores, o que pode determinar a qualidade dessa entrega e do que fora projetado está ligado ao modelo de gestão do processo de projeto e a qualidade de como ocorre esse conjunto de relações das atividades nos processos. Seja na competência dos indivíduos participantes e suas interações, os meios pelos quais o processo ocorreu ou a eficiência do fluxo e controle da gestão do processo, para que este garanta a qualidade do modelo de gestão aplicado, garantindo também que o produto chegue até sua entrega com todos os requisitos entregues.

Pangaro e Dubberly (2015) comparam os processos circulares que acontecem na atividade do processo de projeto e nos sistemas cibernéticos, que culminam no produto e/ou na melhoria do processo:

Tanto o design quanto os sistemas cibernéticos envolvem um processo de observar uma situação como tendo algumas limitações, refletindo sobre como e por que melhorar essa situação e agindo para melhorá-la. Isto segue o processo circular de observar → refletir → fazer que é comum ao processo recursivo e acumulativo de aprendizagem a serviço de uma ação efetiva, como é encontrado na ciência, medicina, sistemas biológicos, manufatura e no dia a dia.⁸⁷ (PANGARO; DUBBERLY, 2015, p. 74 *apud* DUBBERLY *et al.*, 2009).

Para descrição do que falamos sobre o processo de projeto sequencial, tomamos por base fases de processos em projeto de arquitetura descritos na **Norma Brasileira (NBR) 13531-95 – Elaboração de Projetos de Edificações – Atividades Técnicas** que descreve as seguintes etapas no processo de projeto em arquitetura utilizados até hoje com base em processos sequenciais:

⁸⁷ Original do inglês: Both design and cybernetic systems involve a process of observing a situation as having some limitations, reflecting on how and why to improve that situation, and acting to improve it. This follows the circular process of observe→reflect→make that is common to the recursive and accumulative process of learning in service of effective action, as is found in science, medicine, biological systems, manufacturing, and everyday living

Figura 38: Descrição das fases do processo de projeto em arquitetura do Asbea,

	DENOMINAÇÃO	ESCOPO	SUBFASES
FASE A	CONCEPÇÃO DO PRODUTO (Estudo preliminar conforme NBR 13.531)	Conjunto de informações de caráter técnico, legal, financeiro e programático que deverão ser levantadas e que nortearão a definição do partido arquitetônico e urbanístico, das soluções de sistemas e do produto imobiliário pretendido.	LV - Levantamento de Dados
			PN - Programa de Necessidades
			EV - Estudo de Viabilidade
FASE B	DEFINIÇÃO DO PRODUTO (Ante-Projeto conforme NBR 13.531)	Definição do Partido Arquitetônico e Urbanístico fruto da análise e consolidação das informações levantadas na etapa anterior.	EP - Estudo Preliminar
			AP - Anteprojeto
			PL - Projeto Legal
FASE C	IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES (Projeto Básico ou Pré-executivo conforme NBR 13.531)	Consolidação do Partido Arquitetônico considerado a interferência e compatibilização de todas as disciplinas complementares e suas soluções balizadas pela avaliação de custos, métodos construtivos e prazos de execução.	PB - Projeto Básico
FASE D	DETALHAMENTO DE ESPECIALIDADES (Projeto Executivo conforme NBR 13.531)	Detalhamento geral de todos os elementos, sistemas e componentes do empreendimento gerando um conjunto de informações técnicas claras e concisas com objetivo de fornecer informação confiável e suficiente para a correta orçamentação e execução da obra.	PE - Projeto Executivo
FASE E	PÓS ENTREGA DO PROJETO	Checar se as informações estão claras para orçamentação e obras.	
FASE F	PÓS ENTREGA DA OBRA	Identificar e registrar as alterações efetuadas em obra e Avaliar a edificação em uso.	As Built

Fonte: Manual De Escopo De Projetos E Serviços De Arquitetura E Urbanismo. Vol 1. São Paulo, 2006.

A tabela é composta por fases do processo de projeto arquitetônico, na concepção do design deste. Dividida em seis fases, nas quais o projetista e/ou equipe passam até chegar ao documento do projeto de arquitetura. As fases são compostas pelos processos de levantamento de informações, criação e documentação; segundo autores (KOWALTOWSKI, MOREIRA, *et al.*, 2011, p. 88) esses processos são compostos por: Análise, Síntese e Avaliação.

Figura 39: Processo de Looping de Análise, Síntese e Avaliação que Ocorre no Processo de Projeto

Fonte: Adaptado pela autora de (KOWALTOWSKI, MOREIRA, *et al.*, 2011)

A análise é composta por um processo de identificação das necessidades e possibilidades; levantamento de informações do local, das necessidades do programa e das viabilidades possíveis. Pode-se interpretar que o processo de análise encontra-se na fase “A” da tabela, onde ocorre o levantamento de dados e definição do programa de necessidades e o estudo de viabilidade.

Na fase criativa do processo e nos estudos de possibilidades, onde o uso de formas começa a fazer parte do processo, é configurada a síntese (KOWALTOWSKI, MOREIRA, *et al.*, 2011). Nesse processo pode-se vincular a fase “B”, da tabela. E por fim a avaliação, onde esta última é composta por processos que envolvem simulações digitais e até mesmo avaliações por órgãos institucionais, assim como projetos legais de prefeitura e/ou bombeiro, ainda dentro da fase “B”. Segundo o autor, esse fluxo de Síntese, Análise e Avaliação, pode ocorrer ao longo de todas as fases de projeto e mesmo após a avaliação deve-se ocorrer um feedback às fases iniciais para melhoria do projeto.

Alguns arquitetos e designers cibernéticos defendem a relação da cibernética com o processo de projeto, como Pangaro e Dubberly (2015):

Nós construímos design como uma conversa para ação - isto é, como cibernética. A ação pode conservar ou alterar uma situação. Em outras palavras, o design é uma conversa sobre o que conservar e o que mudar, uma conversa sobre o que valorizamos. Tanto o design quanto os sistemas cibernéticos envolvem um processo de observar uma situação como tendo algumas limitações, refletindo sobre como e por que melhorar essa situação e agindo para melhorá-la.⁸⁸ Pangaro e Dubberly (2015, p.74. Tradução nossa)

As fases “C”, “D”, “E” e “F”, estão em processos documentais, onde ocorre a extração de informações e dados do que foi concebido até então, isto é, o produto do projeto. Assim como na análise, síntese e na avaliação, há a escolha do que será relevante a ser destacado e extraído na fase de documentação. Segundo Dubberly (2004), esse é um processo essencial, no entanto pode ser complexo e composto por várias fases.

Uma etapa importante no gerenciamento de qualquer processo é documentá-lo. Esse truismo implica que um processo apenas precisa ser gravado. Mas documentar um processo é como tirar uma foto. O autor escolhe onde apontar a câmera - por onde começar a mapear o processo, por onde terminar, o que colocar, o que deixar de fora, quantos detalhes incluir. Os processos têm uma qualidade fractal. Você pode aumentar ou diminuir o zoom, aumentando ou diminuindo a abstração ou especificidade. Você pode adicionar mais detalhes - dividindo fases em etapas e etapas em sub-etapas, quase infinitamente (Dubberly , 2004, p. 13. Tradução Nosa⁸⁹)

Apesar de parecer acontecer em um sentido único e linear, as etapas do processo de projeto não acontecem dessa forma. Mesmo tendo sido tratados como lineares, os processos não se comportavam assim, tendo como revisões do projeto uma atividade constante, até mesmo quando esta documentação já estava no

⁸⁸ Original do inglês: We construe design as a conversation for action—that is, as cybernetics. Action may either conserve or change a situation. In other words, design is a conversation about what to conserve and what to change, a conversation about what we value. Both design and cybernetic systems involve a process of observing a situation as having some limitations, reflecting on how and why to improve that situation, and acting to improve it.

⁸⁹ Original do inglês: An important step in managing any process is documenting it. That truism implies a process merely needs recording. But documenting a process is like taking a photograph. The author chooses where to point the camera—where to begin mapping the process, where to end, what to put in, what to leave out, how much detail to include. Processes have a fractal quality. You can zoom in or out, increasing or decreasing abstraction or specificity. You can add more detail—dividing phases into steps and steps into sub-steps, almost infinitely.

canteiro de obras, o que aumentava os custos, prazos e diminuía ainda mais a qualidade do que seria executado.

Manzione (2013), argumenta sobre as mudanças que ocorrem no processo de projeto ligadas às transformações do pensamento que o próprio produto resultante da atividade ocasiona nas tomadas de decisões ao longo do processo:

Outro fator relevante é a natureza interativa do processo de projeto pois, a evolução das soluções pode afetar e estimular o cliente a mudar seus requisitos, aspecto que, combinado com as interações técnicas entre os projetistas, pode ocasionar mudanças, resultando em soluções descoladas dos objetivos iniciais. (MANZIONE, 2013, p. 198)

No evento descrito pelo autor, entende-se como um fator iterativo da atividade do processo de projeto, e ainda assim não é um evento não premeditado e isolado no processo. São frequentes alterações que necessitam serem feitas no projeto quando chegam ao processo de projeto executivo, onde também entra o cálculo estrutural e projeto de hidráulica e elétrica, ocorrendo sempre grandes conflitos entre o projeto arquitetônico e os demais, onde muitas decisões são tomadas por um único profissional, não retornando ao arquiteto o projeto, seguindo para o canteiro de obras, onde alguns conflitos são identificados e então ocorre, muitas vezes, a pausa da execução para que o projeto seja modificado e retorne novamente ao canteiro de obras.

Tais dificuldades e problemas ao longo do processo de projeto podem, também, ser atribuídas à deficiência de comunicação que para Andrade, Ruschel e Moreira (2011) *“a comunicação é o elo entre as fases do ciclo de decisão, serve como meio de registro e estimula os processos de projeto.”* (pag. 91), sendo um fator relevante pois, o produto final, as pranchas de representação e os memoriais do projeto, são meios de comunicação entre resultado de todo o processo e o canteiro de obras.

O BIM também traz relevantes mudanças nesse sentido, uma vez que os seus modelos podem conter uma grande quantidade de dados e informações, o que aumenta a comunicação entre os modelos e equipes, haja vista que em processos CAD eram apenas linhas representativas, como afirma:

A modelagem de informações de construção abrange amplamente uma série de tecnologias que estão transformando o design e a construção. Em essência, o BIM usa bancos de dados ricos em informações para caracterizar praticamente todos os aspectos relevantes de uma estrutura ou sistema. É qualitativamente diferente do desenho e desenho assistido por computador (CADD), porque não é apenas uma representação, é uma simulação da instalação⁹⁰. (Ashcraft, 2008. Tradução nossa).

Entende-se que o BIM compreende todo o ciclo de vida de uma edificação até sua demolição, ou seja, uma linha bem extensa. No entanto, a pesquisa se restringe ao primeiro quadrante da figura 40).

Figura 40: Fases do Ciclo de vida do projeto

Fonte: (SUCCAR, 2009)

Observa-se que as fases subsequentes (construção, gestão e operação do edifício) também devem ser consideradas na fase da concepção do projeto. Assim, a figura 41, corresponde a concordância com o BIM sobre os atores que compõem a fase de projeto, onde a fase de operação do edifício e construção se interpolam com o processo de criação da edificação.

⁹⁰ Original do Inglês: Building information modeling broadly encompasses a series of technologies that are transforming design and construction. In essence, BIM uses information rich databases to characterize virtually all relevant aspects of a structure or system. It is qualitatively different from computer-assisted design and drafting (CADD) because it is not just a depiction, it is a simulation of the facility.

Figura 41: Estágio 3 do BIM no processo de projeto

Fonte: (SUCCAR, 2009)

Entender todo o contexto de interações que envolvem a prática BIM é relevante para a organização de um desenho de processos, como demonstra a figura. No campo do *design* temos diversas interconexões, como os modelos, os construtores, os projetistas, o entorno e usuários. Uma rede conectada, que configura o processo de projeto e concepção e construção do produto. No caso do campo da arquitetura temos o *BIM* que abrange todos esses conceitos e tecnologias, podendo auxiliar o usuário com tais parâmetros.

Beer (1992) relaciona isso com as empresas, que buscam frequentemente a manutenção de uma identidade ao longo de sua existência, mesmo com mudanças de mercado e influências externas.

Sistemas auto-organizados tem uma hierarquia de propósitos, que são mantidos até que os objetivos sejam cumpridos. Os sistemas auto-organizados, possuem os seguintes elementos: Os elementos que fazem as coisas; elementos de operação. Os elementos que controlam os executores; gestão. E o ambiente/ entorno em que tudo funciona⁹¹ (HILDER, 1995, p. 17, Tradução nossa).

Na Figura 29, Succar (2009), representa os campos, cada um com a presença de diversos atores envolvidos no processo em seus determinados papéis, além dos requisitos e entregas. Segundo Succar (idem, p. 4), esses *atores* “*podem ser individuais, equipes, organizações ou outros reagrupamentos*”⁹².

⁹¹ Original do inglês Self-organized systems have a hierarchy of purposes, which are effective for the goals to be fulfilled. Self-organized systems have the following elements: The elements that do things; operating elements. The elements that control the executors; Management and the environment / environment where everything works.

⁹² Original do inglês: can be individuals, teams, organizations or other groupings.

Figura 42: Os três campos de interação na atividade BIM.

Fonte: Succar (2009, p. 4, Tradução nossa).

Dentro desses, (SUCCAR, 2009, p.3):

O campo de tecnologia reúne um grupo de atores especializados no desenvolvimento de software, hardware, equipamentos e sistemas de rede necessários para aumentar a eficiência, produtividade e lucratividade dos setores da AECO. Estas incluem organizações que geram soluções de software e equipamentos de aplicabilidade direta e indireta ao projeto, construção e operação de instalações⁹³ (Tradução nossa).

O campo de políticas representa as normas e regras que norteiam a implementação efetiva do *BIM* e as tomadas de decisões.

O “Campo de políticas” reúne um grupo de atores com foco na preparação de profissionais, na pesquisa, na distribuição de benefícios, na alocação de

⁹³Original do Inglês: The Technology Field clusters a group of players who specialise in developing software, hardware, equipment and networking systems necessary to increase efficiency, productivity and profitability of AECO sectors. These include organisations which generate software solutions and equipment of direct and indirect applicability to the design, construction and operation of facilities.

riscos e na minimização de conflitos dentro da indústria da AECO. Esses atores não geram nenhum produto de construção, mas são organizações especializadas - como seguradoras, centros de pesquisa, instituições de ensino e órgãos reguladores - que desempenham um papel fundamental na preparação, regulamentação e contrato no processo de projeto, construção e operações⁹⁴. (SUCCAR, 2009. p.3, Tradução nossa.)

No campo de processos a colaboração entre arquitetos, construtores, engenheiros, proprietários, usuários e outros interessados (*stakeholders*, em inglês), é essencial durante o ciclo de vida do projeto, a construção e a pós-ocupação:

O Campo de Processos agrupa um grupo de atores que adquirem, projetam, constroem, fabricam, utilizam, gerenciam e mantêm estruturas. Estes incluem proprietários de instalações, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, gerentes de instalações e todos os outros participantes da indústria da AECO envolvidos na propriedade, entrega e operações de edifícios ou estruturas⁹⁵ (SUCCAR, 2009, p. 3, Tradução nossa).

A conexão entre os campos gera sobreposições chamadas pelo autor de campo de sobreposição (*Fields Overlappings*, em inglês). Segundo o autor, esses campos se sobrepõem quando: “*Os três campos distintos se sobrepõem ao compartilhar jogadores, requisitos e resultados*” (SUCCAR, 2009, p. 5, Tradução nossa).

⁹⁴Original do inglês: The Policy Field clusters a group of players focused on preparing practitioners, delivering research, distributing benefits, allocating risks and minimizing conflicts within the AECO industry. These players do not generate any construction products but are specialized organizations - like insurance companies, research centers, educational institutions and regulatory bodies – which play a pivotal preparatory, regulatory and contractual role in the design, construction and operations process.

⁹⁵Original do inglês: The Process Field clusters a group of players who procure, design, construct, manufacture, use, manage and maintain structures. These include facility owners, architects, engineers, contractors, facility managers and all other AECO industry players involved in the ownership, delivery and operations of buildings or structures.

Figura 43: Campos de sobreposição do BIM.

Fonte: Succar (2009, p. 5).

Nesse sentido, podemos identificar as relações intrínsecas ao processo de uma edificação, ou no ciclo de vida desta e as relações e interações que os indivíduos e as diversas áreas que estão submetidos nesse processo. Ainda, segundo o autor, estas interações acontecem quando *“há a necessidade de dois ou mais membros ou campos participarem também em um outro campo”* (p.5):

Quando uma entrega BIM requer entrada de dois ou mais jogadores ou campos. Por exemplo, o desenvolvimento e a implementação de esquemas interoperáveis não-proprietários (como Industry Foundation Classes) exigem o esforço conjunto de agentes de políticas (pesquisadores) e de players de tecnologia (desenvolvedores de software) ⁹⁶ (SUCCAR, 2009, p. 5, Tradução nossa).

Este trecho evidencia a importância que participantes em um processo colaborativo desenvolvam a habilidade de trabalhar em equipes, considerando a grande amplitude de interações para que o *BIM* realmente aconteça. (SUCCAR;

⁹⁶ Original do inglês: When a BIM deliverable requires input from two or more players or fields. For example, the development and implementation of non-proprietary interoperable schema (like Industry Foundation Classes) necessitates the joint effort of Policy players (researchers) as well as Technology players (software developers).

SHER, 2013). Percebe-se a similaridade da conversação nos diagramas propostas por Succar com a teoria da conversação de Pask⁹⁷, haja vista que para o desenvolvimento de determinada função é necessário que ambos os atores entendam o objetivo para que a função seja executada, e com isso, ocorre também o crescimento e o acréscimo de conhecimento em ambas as partes, seja na ampliação e inovação do conhecimento relacionado a sua própria área ou a do outro.

Figura 44: Interações BIM.

Fonte: Succar (2009, p. 5).

O autor explica o funcionamento dessas interações, como demonstrado na figura acima, identificando relações sistêmicas dependentes onde pode-se reconhecer processos cibernéticos de retroalimentação e conversação:

As Interações BIM são transações de conhecimento push-pull que ocorrem dentro ou entre campos. Mecanismos de push (Holsapple e Joshi, 2006) transferem conhecimento de um jogador ou campo para outro, enquanto os mecanismos de pull transferem conhecimento para satisfazer um pedido de outro jogador ou campo. Transações de amostra incluem transferências de

⁹⁷ Explicar brevemente teoria da conversação

dados, dinâmica de equipe e relações contratuais entre campos e seus jogadores.⁹⁸ (SUCCAR, 2009, p. 5).

O surgimento do BIM traz consigo uma mudança de paradigma no processo de projeto, na formação do profissional e de uma cadeia de produção, é um conceito que altera o fluxo projetual e adiciona requisitos (SUCCAR; SHER, 2013). Com essas mudanças, entende-se a relevância do aprofundamento e dissecação dos processos que envolvem o BIM para que a gestão desse processo atenda de forma equivalente a inovação da qual está inserida e que garanta a colaboração assim com a eficiência desta.

3.2 INSTRUMENTOS QUE GARANTEM E APOIAM A COLABORAÇÃO NO PROCESSO COLABORATIVO EM BIM.

A elaboração de normas e legislação para processos em BIM, também é uma forma de garantir e propiciar a colaboração. Desenvolver legislações para garantir segurança para todos os envolvidos, além de nomenclaturas, favorece um campo positivo para que a colaboração aconteça.

Segundo Kassem e Succar (Kassem e Succar, 2016) há três fases para implementação do BIM:

- a pré implementação, onde, segundo os autores, a organização deve estar disposta e preparada e que tenha recebido os preparos e conhecimentos sobre o BIM;

Em seguida, uma fase de processo evolutivo entre equipe, como mencionam os autores, em que:

- as capacidades BIM estão ligadas aos tipos de processos: colaborativos e integrados.
- Por fim, a terceira fase, que diz respeito a maturidade BIM, a qual os autores atribuem a pós implementação, onde o conhecimento sobre os processos

⁹⁸ Original do inglês: BIM Interactions are push-pull knowledge transactions occurring within or between fields. Push mechanisms (HOLSAPPLE; JOSHI, 2006) transfer knowledge from one player or field to another while pull mechanisms transfer knowledge to satisfy a request by another player or field. Sample transactions include data transfers, team dynamics and contractual relationships between fields and their players.

BIM se torna fluente nos profissionais e na equipe, ao ponto que ocorrem melhorias nas entregas e processos executados⁹⁹.

Identificar os estágios BIM (Succar, 2009), em relação à sua abordagem é relevante. Como definido na figura abaixo, elaborada por Succar, que representa as relações dos campos e seus níveis de colaboração, integração e interação.

Figura 45: Estágios de modelagem BIM

Fonte: (SUCCAR, 2009)

⁹⁹ (KILSON, 2016)

A imagem acima, mostra as relações entre os campos de interação BIM nos três estágios de modelagem. Nesta pesquisa, aborda-se o estágio de Colaboração, segundo estágio definido por Succar.

Como mostra a tabela abaixo, o campo da colaboração é o primeiro estágio onde a interação entre software e atores acontece ao mesmo tempo. Na modelagem, contexto mais primário e que não se considera o uso eficiente do BIM, os profissionais trabalham de forma individual.

Figura 46: Descrição dos três estágios de modelagem BIM

		TECNOLOGIA	PROCESSO	POLÍTICA
CAPACIDADE CUMULATIVA AUMENTA →	INTERAÇÃO	3TE: Tecnologias de Integração Taxa de adoção de soluções de intercâmbio baseadas em rede (por exemplo, servidores modelo); taxa de proliferação da integração baseada em rede em tempo real em sistemas diferentes	3PR: Processos de Integração Taxa de adoção de processos integrados da cadeia de suprimentos em toda a cadeia de suprimentos; taxa de proliferação de fluxos de trabalho interdisciplinares em todas as fases do ciclo de vida do projeto	3PO: Políticas de Integração Taxa de adoção de padrões, protocolos e acordos contratuais integrados da cadeia de suprimentos; taxa de proliferação de programas educacionais interdisciplinares
	COLABORAÇÃO	2TE: Tecnologias de Colaboração Taxa de adoção interorganizacional de software de compartilhamento de modelo e ferramentas de middleware (por exemplo, Navisworks, Vico e Ecodoms)	2PR: Processos de Colaboração Taxa de adoção interorganizacional das funções BIM do projeto (por exemplo, Gerenciador de Informações); taxa de proliferação de fluxos de trabalho multidisciplinares baseados em modelos; taxa de proliferação de novos modelos de negócios centrados na colaboração	2PO: Políticas de Colaboração Taxa de adoção interorganizacional de padrões de modelagem, acordos contratuais e programas educacionais centrados na colaboração
	MODELAGEM	1TE: Tecnologias de Modelagem Taxa de adoção intra-organizacional de ferramentas de software BIM (por exemplo, Revit e Tekla) e seus requisitos de hardware e rede subjacentes	1PR: Processos de Modelagem Taxa de funções BIM intra-organizacionais (por exemplo, gerente de modelo e instrutor de BIM) e fluxos de trabalho baseados em modelo	1PO: Políticas de Modelagem Taxa de adoção intra-organizacional de padrões de modelagem (por exemplo, padrões de nomenclatura, parâmetros compartilhados, nível de detalhe e conjuntos de propriedades) e protocolos de troca de arquivos

Fonte: (SUCCAR, 2009)

O estágio três, chamado de integração, é o estágio mais avançado e complexo da gestão em BIM. Ele compreende a inserção e conexão de toda a cadeia de suplementos e todo o ciclo de vida da edificação (Succar, 2009). Para implementação do BIM e para organização dos fluxos da gestão de uma equipe é relevante todos definirem e entenderem qual estágio BIM irão adotar. Tal decisão

também pode influenciar em até qual grau de maturidade¹⁰⁰ irão desenvolver seus projetos.

3.2.1 BIP BIM IMPLEMENTATION PLAN

Determinado que irá se adotar o BIM para um projeto ou então para implementação total na empresa, esta deve primeiramente elaborar um Plano de Implementação BIM, isto é, o BIP (BIM Implementation Plan em Inglês). A qualidade dessa documentação e a clareza do seu conteúdo, assim como ter o entendimento de todos os processos que a empresa necessitará até que esteja trabalhando em BIM, é fundamental para o sucesso da implementação e para que a empresa tenha mais sucesso na execução dos projetos e processos em BIM. No entanto não há receitas padrões para os processos BIP. Cada empresa deve montar seu próprio processo, haja vista o porte de cada uma, os tipos e níveis de profissionais que compõem a equipe, além do suporte financeiro disponível para adoção do BIM dentre outros fatores, como afirma os autores:

Os padrões de implementação do BIM estão sendo produzidos por diferentes organizações para diferentes propósitos, consequentemente, segundo Howard e Bjork (2008: 274) “muitos existem padrões relevantes para o BIM, mas foi sugerido que existe uma falta de estrutura na qual eles poderiam se encaixar”, eles também acreditam que a implantação do BIM padrão não são compatíveis com todas as empresas devido à diferença de cultura, tradições organizacionais, tamanho e metas e objetivos da empresa. Isso torna a variável de padrões¹⁰¹. (Ahmad, Demian, e Price, 2012, p. 40. Tradução nossa)

Garantir processos colaborativos já devem estar estipulados no BIP, assim como treinamento e conscientização de trabalhos em colaboração em equipes, haja vista a resistência dos membros ser um dos principais fatores de problemas na

¹⁰⁰ Disponível em: <https://bimdictionary.com/en/bim-maturity-index/1> Acessado em 25 de fevereiro de 2020

¹⁰¹ Original do inglês: BIM implementation standards are being produced by different organization for different purposes consequently, according to Howard and Bjork (2008:274) “many standards relevant to BIM exist but it was suggested that there is a lack of a framework into which they could fit” they are also on the view that BIM deployment standard are not compatible with all companies due to difference in culture, organizational traditions, size and company goals and objectives. This makes the standards variable.

implementação BIM nas empresas (Ahmad, Demian, e Price, 2012, p. 37 apud Yan e Demian, 2008). Os autores ainda afirmam que não é possível prever um panorama financeiro para custos de implementação devido ao fator de cada empresa possuir necessidades diferentes.

3.2.2 LOD (LEVEL OF DEVELOPMENT)

Um dos documentos relevantes para o trabalho colaborativo em BIM são as classificações dos Níveis de Desenvolvimento, conhecido internacionalmente pela sigla LoD (Level of Development, em inglês). A definição de LoD é relevante para um trabalho colaborativo, além, é claro, para atas em contratos e entre os membros da equipe, servindo como uma diretriz e um tipo de acordo e conhecimento comum ao que tange ao nível da modelagem visual e dos dados e informações que irão conter um modelo (BIM FORUM, 2015). Elaborado pelo BIM Forum¹⁰² a tabela de classificações e descrição dos níveis vai do nível 100 ao 500.

Figura 47: Tabela descritiva de LODs

Tabela 1 Conceitos de ND ou LOD.

LOD	Conceito	Arquitetura	Estrutura	Instal.Prediais	HVAC
100	O Elemento do Modelo pode ser representado graficamente no Modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. Informações relacionadas ao Elemento do Modelo (isto é, custo por m ² quadrado, tonalidade de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros Elementos do Modelo		N.A.	N.A.	N.A.
200	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo
300	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo
350	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.
400	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.
500	O Elemento do Modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos Elementos do Modelo.

¹⁰² Disponível em: <https://bimforum.org/> Acesso em 25 de fevereiro de 2020.

Fonte: GPD, BIM Forum

O desenvolvimento dos modelos ao chegarem em estágios avançados, isto é mais próximo do nível 500, vão recebendo mais informações; além das informações visuais, a partir do LoD 300, são anexados aos modelos dados geográficos dentre outras informações, conforme descreve o guia elaborado pelo BIM Fórum:

LOD 300 O Elemento Modelo é representado graficamente dentro do Modelo como um sistema, objeto ou montagem específico em termos de quantidade, tamanho, forma, local e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao elemento do modelo. Interpretação do BIM Forum: A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente a partir do modelo sem se referir a informações não modeladas, como notas ou chamadas de dimensão. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto¹⁰³ (BIM FORUM, 2015)

Dessa forma, modelos e famílias são construídos com as informações estipuladas em contrato e definidos pelo LoD contratado em função da necessidade do contratante. A importância de adoção do LoD é relevante para os contratos BIM, haja vista as necessidades de definições do nível de produto que se está contratando e/ou vendendo. Assim também, para que a equipe desenvolva os fluxos e formulários de gestão, a definição do LoD é fundamental para definir agendas, tarefas e produtos de entregas.

3.2.3 BIM BEP (BIM EXECUTION PLAN)

O plano de execução BIM, refere-se à elaboração da documentação antes e depois da contratação de um projeto. Nessa documentação ficam determinados e esclarecidos formatos de entregas e trabalhos, versões das quais serão utilizadas, assim como as plataformas que serão usadas para modelagem e trocas de informações entre as equipes, informações sobre os membros das equipes, sobre os hardware e software, que serão usados ao longo do projeto, dentre outras relevantes

¹⁰³ Original do ingles: LOD 300 The Model Element is graphically represented within the Model as a specific system, object or assembly in terms of quantity, size, shape, location, and orientation. Non-graphic information may also be attached to the Model Element. BIM Forum interpretation: The quantity, size, shape, location, and orientation of the element as designed can be measured directly from the model without referring to non-modeled information such as notes or dimension call-outs. The project origin is defined and the element is located accurately with respect to the project origin

informações assim como a agenda da equipe e do projeto como uma forma de comunicação e esclarecer ao contratante o que se está contratando em relação a processos BIM.

O pré-BEP está vinculado ao processo de contratação onde:

Na fase de compras, um BEP pré-contrato é criado. É uma resposta à EIR¹⁰⁴ descrita acima. O BEP pré-contrato inclui um Plano de Implementação do Projeto (PIP), que descreve a capacidade de TI e recursos humanos dos fornecedores para entregar o EIR. Também pode descrever metas para modelagem de informações, marcos do projeto e estratégia de entrega¹⁰⁵ (Hrdina e Matějka, 2016, p. 20. Tradução nossa.)

Após acordado o pré-BEP, os pós-BEP deve ser desenvolvido com o intuito de incluir informações que ainda não continham no documento anterior, sendo que os principais capítulos do pós-BEP são sobre gerenciamento, planejamento, documentação, padrões e soluções de TI. O capítulo de gerenciamento descreve principalmente funções, responsabilidades e autoridades, marcos do projeto, estratégia de entrega, estratégia de pesquisa e assim por diante.¹⁰⁶ (Hrdina e Matějka, 2016, p. 20. Tradução nossa.)

¹⁰⁴ EIR: é uma sigla em inglês (Employer Information Requirements), traduzindo Requisitos de Informação do Empregador.

¹⁰⁵ Original do inglês: In the procurement phase a pre-contract BEP is created. It is a response to the EIR described above. The pre-contract BEP includes a Project Implementation Plan (PIP) which describes the supplier's IT and human resources capability to deliver the EIR. It may also describe goals for information modeling, project milestones and delivery strategy.

¹⁰⁶ Original do inglês: Major chapters of post BEP are about management, planning, documentation, standards and IT solutions. The management chapter mainly describes roles, responsibilities and authorities, project milestones, deliverable strategy, survey strategy and so on.

3.2.4 BIM PEP (BIM PROJECT EXECUTION PLAN)

O Plano de execução de Projeto BIM, BIM PEP (BIM Project Execution Plan, em inglês), foi desenvolvido pela Building Smart Alliance¹⁰⁷ juntamente com a Universidade da Pensilvânia, buscando a melhoria da organização e comunicação de procedimentos para trabalhos de projetos em BIM:

O objetivo do desenvolvimento desse procedimento estruturado é estimular o planejamento e a comunicação direta a equipe do projeto durante as fases iniciais de um projeto (BUILDING SMART ALLIANCE, 2010)

Diferente do BEP, o PEP é mais direcionado à execução do projeto em si. Segundo o guia, o PEP deve ser elaborado pela equipe antes que se inicie o projeto, com o intuito de deixar claro e organizado para todos os membros como serão todos os procedimentos que envolvem aquele determinado projeto. Nesse momento é que se define o LoD, qual software será utilizado, assim como o papel de cada membro além dos cronogramas e o que será entregue. Segundo Kassem e Dawood (2014), o PEP é significativo nos trabalhos colaborativos em nuvens:

Um papel significativo na habilitação da solução proposta para entregar o modelo central sincronizado na nuvem foi alcançado pelos Protocolos de Execução de Processos BIM (BIM PEP), que definiram as regras para interagir com o modelo central através da troca de informações e sincronização (ou seja, quando, o que e como), as responsabilidades de fornecer informações, os formatos de arquivo e as tecnologias que podem ser usadas. (KASSEM e DAWOOD, 2014, p. 92)

O PEP é composto por quatro passos: identificar metas e usos do BIM em um projeto, identificar quais serão as fases e processos do projeto que irão usar BIM, desenvolver o conteúdo de informação, nível de detalhamento e responsáveis pelas trocas dessas informações e por fim, definir as necessidades de infraestrutura para dar suporte ao processo (BUILDING SMART ALLIANCE, 2010). Todos esses passos possuem um rico detalhamento de execução no guia. Os passos de execução são utilizados para outro PEP, no entanto, cada projeto pode exigir diferentes necessidades, sendo assim, um novo documento deve ser elaborado.

¹⁰⁷

Link para acesso do guia:
https://vdcscorecard.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj8856/f/bim_project_execution_planning_guide-v2.0.pdf

3.2.5 GRAU DE MATURIDADE

Os níveis de maturidade em processos BIM se dão na evolução e melhora dos processos e nas entregas, além dos avanços nos estágios (Succar, Sher, e Williams, 2012). O grau de Maturidade em BIM, segundo Succar *et al* (2012), não está apenas relacionado ao nível em que se trabalha, mas em qual grau de aperfeiçoamento se está trabalhando:

O termo "maturidade BIM" refere-se à qualidade, repetibilidade e grau de excelência dentro de um recurso BIM. Embora "capacidade" denote uma capacidade mínima [...] "maturidade" indica a extensão dessa capacidade de executar uma tarefa ou fornecendo um serviço / produto BIM.¹⁰⁸ (Succar, Sher, e Williams, Measuring BIM performance: Five metrics, 2012, p. 124. Tradução nossa)

Pensando em processos colaborativos, dimensionar os graus de maturidade pode trazer à equipe conhecimento e consciência do tipo de trabalho que está sendo elaborado e entregue e juntos analisar e propor alterações e melhorias de processos e entregas.

[...] a progressão dos níveis mais baixos para os mais altos de maturidade indica (i) melhor controle resultante de menos variações entre as metas de desempenho e os resultados reais; (ii) maior previsibilidade e previsão para atingir os objetivos de custo, tempo e desempenho; e (iii) maior eficácia no alcance de objetivos definidos e no estabelecimento de novos objetivos mais ambiciosos.¹⁰⁹ (Lockamy III e McCormack, 2004) (McCormack, Ladeira, e Oliveira, 2008 apud Succar *et al* 2012. P.125)

Essas análises de resultados e definições de objetivos são onde podem ocorrer a elevação do nível de maturidade, sendo um momento propício para as tomadas de decisões e/ou planejamentos de BEPs e PEPs em equipe.

3.2.6 COORDENADORES BIM

A inovação BIM requer também novos papéis dos profissionais. Arquitetos e engenheiros podem possuir novas especializações e cargos para atuarem em processos BIM dentro das empresas e escritórios.

¹⁰⁸ Original do Inglês: The term 'BIM maturity' refers to the quality, repeatability and degree of excellence within a BIM capability. Although 'capability' denotes a minimum ability [...] 'maturity' denotes the extent of that ability in performing a task or delivering a BIM service/product.

¹⁰⁹ Original do inglês: the progression from lower to higher levels of maturity indicates (i) improved control resulting from fewer variations between performance targets and actual results; (ii) enhanced predictability and forecasting of reaching cost, time and performance objectives; and (iii) greater effectiveness in reaching defined goals and setting new more ambitious ones

O advento do BIM e do design integrado muda muito em relação a como os arquitetos operavam no passado, bem como sobre o trabalho pelo qual eles eram os principais responsáveis. Os arquitetos, anteriormente responsáveis por coordenar e orquestrar a entrada de várias disciplinas durante o processo de design, agora têm BIM e programas complementares, como o Navisworks, para auxiliar isso - assim como o contratado ou quem opera esses programas¹¹⁰. (DEUTSCH, 2011, p. 167)

Além de profissionais para operarem novos software, surgem novos cargos, tais como os gerentes BIM. Segundo Barison (2015), esse profissional é fixo de determinado escritório e é responsável pela coordenação dos processos internos de projetos em BIM. A autora ainda elenca outros cargos que se referem a gestores BIM: Gerente do Modelo, Gerente BIM da Construtora, Gerente BIM de Facilites, Gerente BIM de instalações.

3.3 PROTOCOLOS E MODELOS DE GESTÃO NO BRASIL.

O Brasil vem fazendo um trabalho significativo, não apenas na academia, mas também no mercado, em direção à implementação do BIM nos escritórios e órgãos nacionais no Brasil. Em 2015, representantes e interessados no tema, se reuniram em Brasília para coordenação de um processo relevante em direção à organização e implantação de um projeto eficiente e definitivo para que a realidade do BIM no Brasil fosse equivalente ou ao menos próxima aos níveis da União Europeia. Todo esse processo se deu em 2009 quando:

[...] o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior estabeleceu uma agenda de ações denominada Política de Desenvolvimento Produtivo - PDP - setorial da Construção Civil, com o objetivo de aumentar a competitividade e melhoria da produtividade através de uso mais intenso de ferramentas de Tecnologia da Informação. Uma das metas estabelecidas para alcançar os objetivos firmados no PDP, a difusão da tecnologia BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção) foi um dos caminhos encontrados como forma de impulsionar esse processo de modernização. (SILVA e AMORIM, 2011)

¹¹⁰ Original do ingles: The advent of BIM and integrated design change a great deal about how architects operated in the past as well as the work they were primarily responsible for. Architects formerly responsible for coordinating and orchestrating the input of multiple disciplines during the design process now have BIM and add-on programs such as Navisworks to take care of this—as well as the contractor or whoever operates these programs

Em níveis positivos, esse processo de implementação vem evoluindo. O GT BIM Brasil, fora então criado e vem desenvolvendo relevantes trabalhos para que os esforços sejam válidos. O grupo GT BIM Asbea, desenvolveu e publicou uma cartilha relevante sobre BIM com o intuito de divulgar o tema e auxiliar escritórios e profissionais que tem interesse pelo assunto, assim como o CBIC e o ABDI, que também elaboraram materiais BIM relevantes conteúdos para interessados na implementação do mesmo.

A seguir, será apresentada de forma resumida, breve descrição dos trabalhos, abordando as questões colaborativas dos fluxos de gestão propostos por cada guia. Os guias todos estão disponíveis na internet, com acesso gratuito e não caberia a este trabalho o aprofundamento de cada guia devido à abrangência deste, no entanto, fora considerado relevante a apresentação dos esforços e relevantes trabalhos sendo desenvolvidos no Brasil por órgãos competentes no campo.

3.3.1 MODELOS DE FLUXO DE GESTÃO ASBEA PARA BIM 2013 A 2015

Em 2013 a Asbea publica os seus guias BIM; contando com dois fascículos o grupo organiza o trabalho de forma que no primeiro ocorre a apresentação sobre o BIM e seu contexto e sua importância. No segundo o conteúdo visa a aproximação do BIM mais em relação a aplicação e a prática no processo de projeto apresentando temas como Lod e processos colaborativos.

Foi diante desse novo desafio, de como implantar com sucesso o processo BIM, que este Guia foi desenvolvido. Seu objetivo geral não se atém só à orientação para os escritórios de arquitetura e urbanismo, mas para todos da cadeia de projetos e da construção civil, incluindo contratantes e construtores, que assim passam também a entender melhor os objetivos, as possibilidades e principalmente as necessidades para que um projeto possa ser desenvolvido nessa fantástica plataforma: BIM.(Asbea 2013, pag. 6)

No segundo fascículo, a Asbea colabora com a apresentação e fornecimento de organogramas de fluxos de gestão de processo de projeto em BIM, elaborados pelo grupo.

Figura 48: Fluxograma para BIM de estudo de viabilidade Asbea

Fonte: Asbea (2013)

No fluxograma elaborado pela Asbea, mostra-se ainda um desenho muito embasado em processos lineares, algumas outras observações são destacadas por esse trabalho como pontos fracos, assim como o fato de apenas o cliente ser relevante no processo de tomada de decisão, sendo um momento relevante para discussões colocadas ao logo dessa etapa, envolvendo coordenadas significativas para a concepção das características do projeto.

Figura 49: Fluxograma BIM para Anteprojeto elaborado pelo Asbea

Fonte: Asbea (2013)

No processo de anteprojeto, os modelos tridimensionais começam a obter formas arquitetônicas e informações construtivas. Nessa fase, as informações obtidas no estudo de viabilidade devem estar organizadas e o modelo virtual do qual as equipes vão trabalhar, as famílias dos modelos e o próprio modelo já deve obter as informações organizadas com restrições e outras informações. Nessa fase de processo, o fluxograma elaborado pela Asbea prevê reuniões com os responsáveis. Esse momento é onde será o processo de tomada de decisões e também da análise da qualidade do que fora desenvolvido até então. A primeira ocorre entre os profissionais da arquitetura e da estrutura para que então o processo de infraestrutura passe a ser desenvolvido. Passando por essa fase e os seguintes desenvolvimentos a reunião ocorre com os interessados e coordenação para que, retorne ou siga o processo a frente.

O próximo passo, após o anteprojeto estar desenvolvido, para que então possa seguir para o trabalho de elaboração de executivos, o projeto deverá ser aprovado por órgãos públicos pelos quais o projeto deve ser analisado; seja pela prefeitura do local, vigilância sanitária, bombeiro dentre outros inúmeros órgãos fiscalizadores.

Nesse momento o projeto passa a representar as informações para a leitura dos responsáveis. Desde o início, os modelos receberam as informações e restrições necessárias, nesse momento apenas ocorre à extração de informações (AsBea).

Nesse processo, a modelagem deve ser verificada com várias aferições e checagem de interferências para que ocorra o mínimo de erros na produção da documentação. Apesar de que como mostra a figura acima, durante a concepção não há processos de feedback e retroalimentação no sistema proposto pelo ASBEA. Essa atividade acontece com mais intensidade nos executivos onde a atenção para as instalações e projeto de estrutura passa a ser o foco e, posteriormente, a entrega de informações e modelos para o projeto executivo.

O estágio de elaboração do projeto executivo concentra-se na extração e representação de informações para que então essa documentação siga para o canteiro de obras e para a empresa que irá desenvolver os modelos construtivos. A checagem dos modelos passa a ser feita com mais precisão para que haja redução considerável de problemas em canteiros. A colaboração nessa fase está voltada para um contexto técnico; no entanto, cada profissional das respectivas áreas fica responsável pela aferição das extrações de informações.

3.3.2 COLETÂNEA: IMPLEMENTAÇÃO DO BIM PARA CONSTRUTORAS E INCORPORADORAS

Em 2016, a Câmara Brasileira da Indústria da Construção, CBIC, publica a Coletânea: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras, com o objetivo de disseminar o BIM;

Espera-se que a publicação da Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC esclareça, influencie e facilite a adesão dos seus associados a uma plataforma tecnológica moderna e inovadora. Trata-se de um novo paradigma na indústria da construção civil, que contribui para a elevação dos seus índices de produtividade e precisão. A inovação pelo BIM otimiza os processos dessa indústria, abrangendo seus diferentes segmentos. [...] O estímulo à adoção do BIM é algo que está em perfeito alinhamento com a razão de existir da CBIC, pois essa tecnologia tem potencial para promover a integração da cadeia produtiva da construção e o desenvolvimento econômico e social do país, papel similar ao cumprido pela entidade. (CBIC, 2016)

Como descrito na citação acima, o órgão busca com grande foco na elaboração dos guias, uma ação positiva na cadeia de produção da construção civil no país, como um dos focos a eficiência em diversos campos da área e também facilitar a compreensão do processo de implementação.

Composto por cinco volumes com os tópicos; Volume 1: *Fundamentos BIM*; Volume 2: *Implementação BIM*; Volume 3: *Colaboração e Integração BIM*; Volume 4: *Fluxos de Trabalho BIM* e por fim o quinto e último volume da coletânea, *Formas de contratação BIM*, a CBIC elabora sua contribuição ao campo da construção civil no Brasil.

A coletânea possui um material bem denso e uniforme de informações. O fascículo 3, que trata as questões de interoperabilidade de software, não aborda questões e definições específicas sobre processos colaborativos, no entanto, aborda conceitos sobre interoperabilidade de software e as especificidades de extensões destes. O fascículo 4, considerado por esta pesquisa um dos mais relevantes dos volumes, aborda de uma forma bem completa os diversos tipos de fluxos de trabalho em BIM, desde o processo de projeto, executivos, estudos de viabilidade e uso. Apenas não trata do final, pois como eles mesmo descrevem, existem vários motivos para se encerrar uma edificação.

Um ponto relevante do fascículo 4 é que o diagrama de processo e projeto é apresentado em processos tradicionais CAD e um segundo em BIM.

Figura 50: Modelo de fluxo de trabalho em CAD

Fonte: (CBIC, 2016)

O diagrama na figura acima descreve o fluxo de processos de projeto em CAD, isto é, um fluxo linear e não colaborativo. A imagem seguinte, representa um fluxo de processo de projeto em BIM, elaborado pelo CBIC.

Figura 51: Parte de um modelo de Fluxo de Trabalho em BIM

Fonte: (CBIC, 2016)

Na comparação entre as duas imagens, podemos observar um fluxo de retroalimentação no processo, muito diferente do que fora representado no fluxo em processo CAD.

3.3.3 GUIAS ABDI

A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI, em 2017, divulga o material desenvolvido por uma equipe de especialistas com o seguinte intuito;

O objetivo desta coletânea é consolidar e disponibilizar informações de boas práticas sobre o processo e a contratação de projetos BIM de forma clara e precisa, para que profissionais e contratantes, particularmente aqueles envolvidos em obras públicas, possam ter segurança na transição entre o processo tradicional de projetar e a mudança de paradigma representada pela tecnologia BIM. (ABDI, 2017)

A coletânea é composta por seis guias, sendo; Guia 1: Trata sobre os assuntos do Processo de projeto em BIM; Guia 2: sobre a classificação da informação em processos BIM; Guia 3: BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão

de serviços da construção; Guia 4: Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia; Guia 5: Avaliação de desempenho energético em Projetos BIM e por fim o sexto e último volume da coleção de guias que aborda: A Implantação de Processos BIM.

Além dos guias, a ABDI elaborou e disponibilizou os seguintes anexos: Um fluxograma elaborado para processo de projeto em BIM, desde a fase de concepção do projeto, estudo de viabilidade, estudo preliminar, Anteprojeto, Projeto Executivo, Etapa de Planejamento de execução, onde tem-se o processo de orçamento e cronograma; Etapa de Execução; Medição de obra para As-Built e por fim a etapa de comissionamento e elaboração da documentação final da obra.

Figura 52: Fluxograma de estudo preliminar em BIM proposto pela ABDI

Fonte Coletânea dos Guias BIM ABDI: (ABDI, 2017)

Os fluxogramas elaborados para o guia ABDI são claramente elucidados. Pode-se identificar um trabalho mais completo em relação aos fluxogramas desenvolvidos pelo ASBEA. Relevante notar que além do arquivo pdf, o trabalho fornece um arquivo em extensão **.doc.** editável, o que favorece com que cada

empresa modifique o arquivo em função das necessidades particulares de cada projeto e processo.

Um dos anexos que o ABDI fornece é uma planilha com um plano de execução;

[...] modelo de Plano de Execução BIM, descrito no Guia 4 - Contratação e Elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia da Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC é parte anexa do mesmo. Em conjunto com os Fluxogramas do Processo BIM, compõe diretrizes práticas para o planejamento de empreendimentos com base em processo BIM, provendo orientação para os responsáveis por definir a equipe de projeto e execução, as atividades e produtos ao longo do ciclo de vida do empreendimento. (ABDI, 2017)

A planilha se apresenta bem elaborada com um arquivo editável; os próprios desenvolvedores argumentam que o plano de execução deve ser modificado conforme a necessidade de cada empresa e/ou projeto e atentam para a eficiência da elaboração inicial do plano, como sendo relevante para o sucesso e desempenho da atividade.

As decisões tomadas no início dos projetos se refletem ao longo de todo o empreendimento as designações iniciais têm impacto fundamental sobre como a equipe de projetistas e consultores deve colaborar e no resultado de seu trabalho. Este modelo de Plano de Execução contém ferramentas práticas que especificam os objetivos do empreendimento, a composição da equipe de projetistas e consultores e quais suas funções, assim como explicita os principais objetivos e restrições a serem atendidas. Isto contribui para o melhor planejamento inicial e é o ponto de partida para um bom desenvolvimento do projeto[...] (ABDI, 2017)

Segundo os autores o uso dos guias somado aos recursos disponibilizados, como o plano de execução e a execução das orientações contratuais comentadas pelo material, haverá eficiência no processo.

CONSIDERAÇÕES DO CAPÍTULO

O capítulo 3 busca explorar as mudanças que estão ocorrendo no processo de projeto tradicional no campo de AEC para os processos em BIM. Neste capítulo, os autores são em sua maioria do campo BIM, como Bilal Succar, Mohamed Kassem, Henry Deutsch e outros, que contribuíram para que o capítulo tivesse relevantes discussões sobre o estado da arte do BIM em relação à gestão do processo de

projeto colaborativo, assim como também, os autores ciberneticistas, Hugh Dubberly e Paul Pangaro, para o entendimento a compreensão do processo de projeto como sistemas e sua relação com a cibernética.

O capítulo apresentou parte das documentações que surgiram ao longo da inovação BIM, para melhorar a eficiência na comunicação entre equipes, seja na representação, assim como nos LoDs e/ou na documentação, como BIP, BEP e PEP, além de também o surgimento de novos papéis dos profissionais em AEC, como os *BIM Managers*.

Por fim, os esforços dos órgãos nacionais no Brasil, para que o BIM seja não apenas difundido no território nacional, mas também implementado. Os desenvolvimentos de guias e organogramas de processos, foram um dos relevantes passos dados em uma direção positiva ao amplo uso do BIM no Brasil.

A colaboração no processo de gestão à partir desse capítulo pode ser entendido da seguinte forma:

- ❖ A gestão de processos de projeto em arquitetura se altera com o input da colaboração. Evidente que a atividade se transforma como um todo, necessitando de novas organizações e pensamentos.
- ❖ Os processos em BIM não correspondem aos processos lineares de projeto, necessitando de novas configurações de organização de fluxo.
- ❖ Os modelos de documentos e organização de gestão de processo de projeto colaborativos em BIM como o BIP, BEP e PEP, são essenciais para o controle e equilíbrio do processo e equipes.
- ❖ O fato de os modelos BIP, BEP e PEP serem abertos para construção, acréscimos e alterações para cada projeto, favorecem muito as atividades colaborativas de processo de projeto.
- ❖ O órgão nacional do campo de AECO no Brasil, vem fazendo um relevante trabalho e com muita atenção voltada à implementação do BIM nas atividades da construção civil no país.

Pontos críticos entendidos nesse capítulo;

- ❖ O entendimento sobre as relevantes mudanças e contribuições que processos colaborativos em BIM podem acarretar ao processo e ao projeto, parece ainda não estar tão evidente.
- ❖ A formação desses novos profissionais para trabalhar em processos colaborativos em BIM é fundamental para que ocorra inovação nos novos processos colaborativos suportados por BIM.
- ❖ Os processos de gestão, apesar de estarem evoluindo na direção de processos BIM, ainda não comportam e/ou não consideram processos colaborativos em BIM como sistêmicos, assim as estruturas de desenho voltadas para gestão, ainda se apegam em processos lineares

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dissertação se inicia com os processos colaborativos em suas mais diversas formas de acontecer e o contexto sobre sua relevância no processo de projeto; ainda mais com a evolução tecnológica e um novo panorama de requisitos projetuais, devido ao aumento da complexidade dos produtos, que como argumenta Dubberly, em uma era onde projetamos para sistemas, a colaboração e a diversidade de atores mostram-se relevantes à qualidade do projeto. Também, argumenta-se que não apenas o projeto ganha com tal diversidade, mas também o próprio indivíduo que compõe uma equipe colaborativa, através do processo da conversação evolui em aprendizados e conhecimento.

Com a inovação BIM e suas tecnologias, o ambiente e o processo acrescentam o cenário virtual aos de comunicação e conversação. As plataformas virtuais, que apoiam os processos digitais em BIM, passam a ser um novo ambiente de conexão e comunicação onde o modelo e as equipes, e também onde as equipes e equipes se conectam e comunicam.

Observa-se um novo cenário surgindo, devido as tecnologias e um pensamento inovador; o ciberfísico, onde sensores e *plug-ins* realizam a comunicação do objeto no mundo concreto ao modelo virtual e vice-versa, fazendo com que projetar sistemas em arquitetura torne-se uma realidade.

Assim, a colaboração virtual também está presente no processo de projeto e a compreensão de se projetar sistemas passa a ser um parâmetro a ser considerado no processo projetual em arquitetura: o processo não é mais orientado ao objeto, nem mesmo ao processo e sim aos sistemas.

Nos últimos 30 anos, a crescente presença da tecnologia da informação eletrônica mudou o contexto e a prática do design. [...] o computador como ferramenta de produção é apenas metade da história; a outra metade é computer-plus-network-as-media. Mudanças no uso de designers de mídia (a Internet e serviços relacionados) alteraram o que os designers fazem e como seu trabalho é distribuído e consumido. As novas mídias estão mudando significativamente a maneira como os designers pensam sobre a prática. Novos tipos de empregos surgiram. Para muitos de nós, o que

projetamos são substancialmente diferentes do que eram há uma geração¹¹¹ (DUBBERLY, 2008, p.1, Tradução nossa).

Com todo esse novo cenário o planejamento do fluxo de gestão do processo de projeto deveria ser pensado com conceitos de inovação visando processos mais complexos e sistêmicos, uma vez que temos todo esse contexto de mudanças e tecnologias que também aprimoram o saber e o fazer. No entanto, ao analisar os processos de gestão propostos pelos guias nacionais, observa-se ainda um fluxo linear e voltado ao objeto e que também não garantem que o processo seja deveras colaborativo. Há sim um avanço e uma compreensão sobre o que é BIM e sobre a relevância de processos colaborativos e o envolvimento de tecnologias compartilhadas, no entanto a conformação dos processos parece se mostrar aquém das tecnologias e inovações disponíveis.

Implementar BIM, está além de apenas compreender processos colaborativos, tecnologias e gestão, porém os três fatores se complementam. O entendimento superficial de cada assunto, também parece ser ineficiente, necessitando de uma compressão aprofundada e entendida como complexa e sistêmica, além claro de que a colaboração em BIM é composta das junções dos temas abordados, não sendo eficiente tratar de cada tópico de forma isolada.

Nesse sentido é que a pesquisa argumenta o uso de conceitos e teorias cibernéticas para a elaboração e desenvolvimentos de fluxogramas de gestão orientados à sistemas e que estes possam a permitir a colaboração efetiva. Haja vista que nem o BIM nem as tecnologias digitais, garantem a colaboração. Autores como Pangaro e Dubberly (2015) comparam os processos circulares que acontecem na atividade do processo de projeto e nos sistemas cibernéticos, que culminam um no produto e/ou na melhoria do processo:

¹¹¹ *Over the last 30 years, the growing presence of electronic information technology has changed the context and practice of design. Changes in production tools designers use (software tools, computers, networks, digital displays and printers) have altered the pace of production and the nature of specifications. But production tools have not significantly changed the way designers think about practice. In a sense, graphic designer Paul Rand was correct when he said, "The computer is just another tool, like the pencil,"² suggesting the computer would not change the fundamental nature of design. But computer-as-production-tool is only half the story; the other half is computer-plus-network-as- media. Changes in the media designers use (the internet and related services) have altered what designers make and how their work is distributed and consumed. New media are changing significantly the way designers think about practice. New hypes of jobs have emerged. For many of us, both what we design and how we design are substantially different than they were a generation ago.*

Tanto o design quanto os sistemas cibernéticos envolvem um processo de observar uma situação como tendo algumas limitações, refletindo sobre como e por que melhorar essa situação e agindo para melhorá-la. Isto segue o processo circular de observar → refletir → fazer que é comum ao processo recursivo e acumulativo de aprendizagem a serviço de uma ação efetiva, como é encontrado na ciência, medicina, sistemas biológicos, manufatura e no dia a dia. (PANGARO; DUBBERLY, 2015, p. 74 apud DUBBERLY et al., 2009)

A visão holística e interdisciplinar da cibernética contribui para o desenvolvimento de metodologias sistêmicas para processos complexos, resultando em efetivos trabalhos de gestão em processos colaborativos que podem ser aplicados nas mais diversas áreas. No entanto para a aplicação da cibernética é necessário o domínio dos requisitos da área a ser implantada.

Figura 53: Mapa conceitual relacionando cibernética e design

Fonte: Peter Solderitsch

O mapa conceitual acima, desenvolvido por Peter Solderitsch, onde o pesquisador relaciona a cibernética com o processo de projeto. Relevante notar que o autor coloca atributos ao processo de design como uma atividade iterativa e recursiva, isto é, que trabalha com loopings de feedback, tópico discutido por esta

pesquisa nos capítulos 1 e 2. Outro fator relevante dessa associação, da cibernética com o processo de projeto, é que as metas, como mostrado pelo mapa do autor, sofrem atuações do ambiente, dos projetistas, usuários e clientes, todos pontos relevantes suportados por um processo de projeto colaborativo.

A cibernética possui relevantes trabalhos em relação a processos colaborativos com eficiências comprovadas, assim como o Viable System Model (VSM) e Syntegrity do ciberneticista Anthony Stafford Beer. Tais modelos foram estudados pela pesquisadora ao longo da pesquisa, no entanto devido à dimensão teórica fica a abordagem de seus benefícios aos processos de projeto colaborativos em BIM para uma futura pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

ABDELMOHSEN, S.; EL- KHOLY, T. Representing Reflective Practice in a Remot Design Collaboration Process.

ABDI. **Classificação da Informação no BIM: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC**. Brasília. 2017.

AHMAD, ; DEMIAN, P.; PRICE, A. D. F. **BIM implementation plans: A comparative analysis**. Annual ARCOM Conference. Edinburgh: Association of Researchers in Construction. 2012. p. 33-42.

ASH, R. First Building your tools. **designing coding building** , 2013.

ALÃO, R. S. D. **Projeto e complexidade. Reflexões sobre um design colaborativo**. São Paulo. 2015.

ALDERMAN, N.; IVORY, C. Translation and Convergence in Projects: An Organizational Perspective on Project Success. **Project Management Journal**, v. 42, n. 5, p. 17-30, 2011.

ALEXANDER, C. **Notes on the Synthesis of Form**. [S.l.]: Harvard University Press, 1964.

AMBROSE, M. A.; FRY, K. M. Re:Thinking BIM in the Design Studio. Beyond tools... Approaching Ways of Thinking. 71-80.

ANDRADE, L. V. X. D.; RUSCHEL, C. Interoperabilidade De Aplicativos Bim Usados Em Arquitetura Por Meio Do Formato Ifc. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, p. 76-11, 2009.

ANDRADE, M. L. V. X. D.; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. D. C. O processo e os Métodos. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K., et al. **O Processo de Projeto em Arquitetura da Teoria à Tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 80-99.

ARANTES, P. F. O fio da Meada. In: ARANTES, P. F. **Arquitetura Nova: Sergio Ferro , Flávio Império e Rodrigo Lefèvre, de Artigas aos Mutirões**. São Paulo: Editora 34, 2002. p. 256.

ARNSTEIN, S. R. A Ladder Of Citizen Participation. **Journal of the American Planning Association**, p. 216-224, 1969.

ASHBY, R. Ross Ashby's Journals. **Ross Ashby**, 1945. Disponível em: <<http://www.rossashby.info/>>. Acesso em: agosto 2017.

ASHBY, W. R. **Design for a Brain: The origin of adaptative behaviour**. Second Edition Revised. ed. London: Chapman and Hall, 1960.

ASHCRAFT, H. W. **Building Information Modeling: A Framework for Collaboration**. [S.l.]: [s.n.]. 2008.

ASHTON, K. **That 'Internet of Things' Thing**. [S.l.]. 1999.

AUTODESK. **Dynamo: Visual Programming for Design**. [S.l.].

AZUMA, M. H. **Customização em Massa de Projeto de Habitação de Interesse Social por Meio de Modelos Físicos Paramétricos**. [S.l.]. 2016.

BARISON, M. B. **Introdução da Modelagem da Informação da Construção (BIM) no Currículo. Uma contribuição para a formação do projetista.** Sao Paulo. 2015.

BATESON, G. **Steps to an ecology of mind:** Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology. Northvale, New Jersey, London: Jason Aronson Inc., 1987.

BEER, A. S. **A platform for change.** New York: John Wiley and Sons, 1975.

BEER, A. S. **The Heart of Enterprise:** The Managerial Cybernetics of Organization. New York: Wiley, 1979.

BEER, A. S. **Brain of the Firm.** 2nd. ed. [S.l.]: Wiley, 1981.

BEER, A. S. The Viable System Model: Its Provenance, Development, Methodology and Pathology. **The Journal of the Operational Research Society**, V. 35, n. N. 1, Janeiro 1984. 7-25.

BEER, A. S. **Diagnosing the System for Organization.** [S.l.]: Wiley, 1985.

BEER, A. S. **Beyond Dispute.** Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore: John Wiley & Sons Ltd., 1994.

BEER, A. S. What is cybernetics? **Kybernetes**, 31, Issue 2, 2002. 209-219.

BEER, S. **Beyond Disput:** The Invention of Team Syntegrity. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1994.

BEER, S. What is cybernetics? **Kybernetes**, 2002. 209-219.

BEHYMER, K. J.; FLACH, J. M. From Autonomous Systems to Sociotechnical Systems: Designing Effective Collaborations. **she ji The Journal of Design, Economics, and Innovation**, p. 105-114, 2016.

BERTALANFFY, K. L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** [S.l.]: [s.n.], 1993.

BERTALANFFY, L. V. **General System Theory:** Foundations, Development, Applications. New York: George Braziller, Inc., 1969.

BIJL, A. **Ourselves and computers:** difference in minds and machines. Londres: Macmillan Press, 1995.

BIM FORUM. **Level of Development Specification.** [S.l.]. 2015.

BIMBER, O.; RASKAR, R. **Spatial augmented reality:** merging real and virtual worlds. [S.l.]: [s.n.], 2005.

BRAMMER, F.; FRANKEN, B. Authorship and Collaboration in Digital Architecture. In: SHAMIYEH, M. **Towards an Interactive and Integrative Design Process.** Linz; Austria: DOM Publications, 2006. p. 271.

BUCKMINSTER FULLER INSTITUTE. Geodesic Domes. **BFI**, 2019. Disponível em: <<https://www.bfi.org/about-fuller/big-ideas/geodesic-domes>>. Acesso em: janeiro 2019.

BUILDING SMART ALIANCE. **Project Execution Planning Guide.** [S.l.]: [s.n.]. 16 Abril 2010.

CATELANI, S.; SANTOS, J. **Normas brasileiras sobre BIM**. [S.l.]: [s.n.].

CBIC. **Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília. 2016.

CELANI, G.; PUPO, R. T. Prototipagem Rápida E Fabricação Digital Para Arquitetura E Construção: Definições E Estado Da Arte No Brasil. **Cadernos de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, 30 jun. 2008.

CHEN, F. et al. **A Collaborative Project Management Architecture**. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences - 2003. [S.l.]: [s.n.]. Fevereiro 2003.

CHEN, P.-H. et al. Implementation of IFC-based web server for collaborative building design between architects and structural engineers. **Automation in Construction**, 27 agosto 2005. 115-128.

DACHYAR, M.; ZAGLOEL, T. Y. M.; SARAGIH, L. R. Knowledge growth and Development: Internet of Things (IoT) Research, 2006 - 2018. **Elsevier**, 2019.

DEUTSCH, R. **BIM and Integrated Design Strategies For Architectural Practice**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

DIAS, F.; TRAMONTANO, M. **BIM no Brasil: Atores, tecnologias e questões**. São Carlos. 2016.

DUBBERLY, H. Design in the age of biology: Shifting from a mechanical-object ethos to an organic-systems ethos. **Interactions**, v. 15, n. 5, p. 35-41, 2008.

DUBBERLY, H. ON MODELING Design in the age of biology: shifting from a mechanical-object ethos to an organic-systems ethos. **Interactions**, v. 15, n. 5 2008. 35-41.

DUBBERLY, H. Convergence 2.0 = Service + Social + Physical. **ACM Interactions**, p. 1-6, 2011.

DUBBERLY, H. Connecting Things: Broadening design to include systems, platforms, and product service ecologies. In: ATZMON, ; BORADKAR, **Encountering Things: Design and Theories of Things**. [S.l.]: [s.n.], 2017.

DUBBERLY, H. The relevance of cybernetics to design and AI systems. **ACM — Interactions**, 2018.

DUBBERLY, H.; PANGARO, P. Cybernetics and Service-Craft: Language for Behavior-Focused Design. **Kybernetes**, 19 janeiro 2007. 23.

DUNCAN, D. 'Bucky Dome' receives Historic Preservation Award. **The Southern Illinoisan**, 2015. Disponível em: <https://thesouthern.com/news/local/communities/carbondale/bucky-dome-receives-historic-preservation-award/article_f5578cb8-9eb4-59eb-b448-656fd70a58a6.html>. Acesso em: janeiro 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

EDMONDSON, A. C. **A Fuller Explanation: The Synergetic Geometry of R. Buckminster Fuller**. Boston: Birkhäuser Boston, Inc, 1987.

ESPINOSA, A. Governance for sustainability: learning from VSM practice. **Kybernetes**, v. 44, p. 955-969, 2015. ISSN 6/7.

ESPINOSA, A.; HARNDEN, R.; WALKER, J. A complexity approach to sustainability—Stafford Beer revisited. **European Journal of Operational Research**, v. 187, p. 636-651, 2008. ISSN 2.

FRAZER, J. H. **An Evolutionary Architecture**. London: Architecture Association, 1995.

FRAZER, J. H. The architectural relevance of cybernetics. **Systems Research**, v. 10, p. 43-48, 2007. ISSN 3.

FULLER DOME HOME. Fuller Dome Home. **Fuller Dome Home**, 2019. Acesso em: <https://www.fullerdomehome.com/> janeiro 2019.

FULLER, B. **Synergetics**: Explorations in the Geometry of Thinking. [S.l.]: Macmillan Publishing Co. Inc., 1975-79.

FULLER, B. **The artifacts of R. Buckminster Fuller**: a comprehensive collection of his designs and drawings. New Yor, London: Garland, v. 4: The Geodesic Revolution, Part 2, 1960-1983, 1985.

FULLER, R. B. **Synergetics**: Explorations in the Geometry of Thinking. Nova Iorque: Macmillan Publishing Company, 1982.

GILCHRIST, A. **Industry 4.0 the Industrial Internet of Things**. Bangken: Apress, 2016.

GILL IN LEE, E. A. The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems:A Focus on Models. **Sensors**, p. 4837-4869, 2015.

GORDON, A. War Shelters, Short-Lived Yet Living On. **The New York Times**, 2013. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2014/01/02/garden/war-shelters-short-lived-yet-living-on.html>>. Acesso em: Julho 2017.

GRAAF, R. D. The Architectural Review. **Architectural Review**, 26 Julho 2016. Disponível em: <<https://www.architectural-review.com/rethink/viewpoints/few-architects-have-embraced-the-idea-of-user-participation-a-new-movement-is-needed>>. Acesso em: 17 Fevereiro 2018.

GRAÇA, V. A. C. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. O Projeto Axiomático. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K., et al. **O Processo de Projeto em Arquitetura da Teoria à Tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 151-180.

HENDERSON JR., E. E. The Machine and the Craftsman: The Hope for Technology in Prefabricated American Architecture. **TournaTalk**, 2014. Disponível em: <<https://tournatalk.wordpress.com/2014/10/11/the-machine-and-the-craftsman-the-hope-for-technology-in-prefabricated-american-architecture/>>. Acesso em: Julho 2017.

HILDER, T. The Viable System Model. **Cavendish Software Ltd.**, 12 Junho 1995. 1-49.

HRDINA, ; MATĚJKA,. BIM Execution Plan in Czech Republic. **Business & IT**, fev. 2016. 17-23.

HUGH , D. **How Do You Design**. São Franciso: [s.n.], 2004.

ISIKDAG,. **BIM and IoT**: A Synopsis from GIS Perspective. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Kuala Lumpur: [s.n.]. 2015. p. 33-38.

JIN, X. et al. Significado e Desafios da Pesquisa em Big Data. **Big Data Research**, junho 2015. 59-64.

KASSEM, M.; DAWOOD, N. **Synchronous Building Information Model-Based Collaboration in the Cloud: A Proposed Low Cost IT Platform and a Case Study**. COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING. [S.l.]: [s.n.]. 2014. p. 89-96.

KILSON, K. Forget Geodesic Domes, Buckminster Fuller's Dymaxion House Was His Masterpiece. **Inverse**, 2016. Disponível em: <<https://www.inverse.com/article/13715-forget-geodesic-domes-buckminster-fuller-s-dymaxion-house-was-his-masterpiece>>. Acesso em: maio 2016.

KIVINIEMI, A.; FISCHER, M.; BAZJANAC, V. **Integration of Multiple Product Models: IFC Model Servers as a Potential Solution**. [S.l.]: [s.n.].

KLEINSMANN, M. S. **Understanding Collaborative Design**. [S.l.]. 2006.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O Processo de Projeto em Arquitetura. Da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KROLL, L. **An Architecture of Complexity**. [S.l.]: The MIT Press, 1987.

LEE, E. A. The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models. **Sensors**, p. 4837-4869, 2015.

LEONARD, A.; BEER, S. **The System Perspective: Methods and Models for the Future**, 1994.

LIU, S. et al. Critical Barriers to BIM Implementation in the AEC Industry. **International Journal of Marketing Studies**, 30 Novembro 2015. 162-171.

LU, W.; ZHANG, D.; ROWLINSON, J. **BIM COLLABORATION: A CONCEPTUAL MODEL AND ITS CHARACTERISTICS**, Reading, 2-4 Setembro 2013.

LUHMANN, N. **Ecological communication**. [S.l.]: University of Chicago Press, 1989.

MACHADO, F. ; RUSCHEL, C. SOLUÇÕES INTEGRANDO BIM E INTERNET DAS COISAS NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO: UMA REVISÃO CRÍTICA. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Setembro 2018. 204-222.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão de Processo de Projeto Colaborativo com o Uso do BIM**. São Paulo. 2013.

MEIRA, S. Sinais do Futuro Imediato Internet das Coisas, Plataformas, Mercados em Rede e Transformação Digital, abril 2017.

MORRIN, E. **O Método**. [S.l.]: [s.n.], 2005.

MORRIN, E. **Pensamento Complexo**. [S.l.]: [s.n.], 2015.

NEGROPONTE, N. **Toward a Theory of Architecture Machines**, Massachusetts, 1969.

OLSON, N.; NOLIN, ; NELHANS, J. Semantic Web, Ubiquitous Computing, or Internet of Things? – A Macro-Analysis of Scholarly Publications, Setembro 2015. 1-31.

PANGARO, P.; DUBBERLY, H. Cybernetics and Design: Conversations for Action. **Cybernetics and Human Knowing**, n. 2-3 Vol.22 2015. 73-82.

PASK, G. The architectural relevance of cybernetics. **Architectural Design**, Setembro 1969.

PASK, G. **The architectural relevance of cybernetics**. [S.l.]. 1969.

PASK, G. FOREWORD. In: FRAZER, J. **An Evolutionary Architecture**. London: Architecture Association, 1995. p. 6-7.

PASK, G. **Cybernetics And Conversation**. [S.l.].

PRATSCHKE, A.; MOREIRA, E. S. **Interface Usuário-computador: Realidade Virtual como meio de comunicação**. São Carlos. 2000.

PRATSCHKE, A.; RIBEIRO, C.; LA ROCCA,. Da Participação à Colaboração_Estruturando Ambientes Digitais de Conhecimento., Lima, 2005.

RIBEIRO, ; PRATSCHKE, A. Transdisciplinaridade e complexidade na arquitetura.

ROSCELLE, ; TEASLEY, S. The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving, Janeiro 1995. 71-97.

ROSCELLE, J. Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change. **Taylor And Francis. The Journal of the Learning Sciences. Vol. 2, No. 3**, Janeiro 1992. 235-276.

ROWE, D. Eden to celebrate 20 million visitors on Monday (April 9) with The Hunt for the Golden Biome. **Eden Project**, 2018. Disponível em: <<https://www.edenproject.com/media/2018/04/eden-to-celebrate-20-million-visitors-with-hunt-for-golden-biome>>. Acesso em: abril 2019.

ROY, E. A. New Zealand river granted same legal rights as human being. **The Guardian**, 2017. Disponível em: <https://www.theguardian.com/world/2017/mar/16/new-zealand-river-granted-same-legal-rights-as-human-being?fbclid=IwAR3KiaZW1ojtr95Fy1vZJx5mz2_X4l6eXYfM333IVpnQ9QIjCK3E-eP-YM>. Acesso em: abril 2019.

RUSCHEL, R. C.; BIZELLO, S. A. Avaliação de Sistemas CAD livres. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; AL, E. **O Processo de Projeto em Arquitetura. Da teoria à Tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 395-420.

SANDERS, E. B.-N.; STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design, Co-design. **Vol. 4, N. 1**, março 2008. 5-18.

SILVA, C. B.; AMORIM, R. L. D. **A CONTRIBUIÇÃO DOS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO PARA A TECNOLOGIA BIM - UMA ABORDAGEM TEÓRICA**. V TIC. Salvador: [s.n.]. 2011.

SINGER, D. J.; CAPTAIN DOERRY, ; BUCKLEY, M. E. **What is Set-Based Design?** [S.l.]: [s.n.].

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, Newcastle, v. 18, p. 357–375, 2009.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Maturity Matrix. In: UNDERWOOD, ; ISIKDAG, U. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**. [S.l.]: Information Science Publishing, 2010. p. 02-50.

SUCCAR, B. **Building Information Modelling: conceptual constructs and performance improvement tools**. [S.l.]. 2013.

SUCCAR, B. et al. **A PROPOSED FRAMEWORK TO INVESTIGATE BUILDING INFORMATION MODELLING THROUGH KNOWLEDGE ELICITATION AND VISUAL MODELS**. 2007 Conference of the Australasian Universities Building Education Association. Proceedings of the 2007 Conference of the Australasian Universities Building Education Association. Melbourne: AUBEA. 2007. p. 308-325.

SUCCAR, B.; SHER, W. **A Competency Knowledge-Base for BIM Learning**. Auckland. 2013.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: Five metrics. **ARCHITECTURAL ENGINEERING AND DESIGN MANAGEMENT**, p. 120-142, 2012.

TOTONCHI, A. T. **Smart Buildings Based On Internet Of Things: A Systematic Review**. Kuala Lumpur. 2018.

TRUSS, J.; CULLEN, C.; LEONARD, A. **The Coherent Architecture of Team Syntegrity: From Small to Mega Forms**. Toronto. 2000.

VALKENBURG, R. C. **The Reflective Practice in Product Design Teams**. [S.l.]. 2000.

WEISER, J. The Computer for the 21 st Century. **SCIENTIFIC AMERICAN** , Setembro 1991. 94-104.