

LUCIANA TEIXEIRA BATISTA

O PROCESSO DE PROJETO NA ERA DIGITAL.

UM NOVO DESLOCAMENTO DA PRÁTICA PROFISSIONAL

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LUCIANA TEIXEIRA BATISTA

O PROCESSO DE PROJETO NA ERA DIGITAL.

UM NOVO DESLOCAMENTO DA PRÁTICA PROFISSIONAL

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da
Escola de Arquitetura da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção
de título de Mestre em Arquitetura

Área de concentração: Produção, projeto e
experiência do espaço e suas relações com as
tecnologias digitais

Orientador: PhD. José dos Santos Cabral Filho

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura da UFMG

2010

AGRADECIMENTOS

O trabalho de escrever uma dissertação de mestrado é uma tarefa muito solitária, mas para se concretizar é necessário o apoio de várias pessoas. Razão pelo qual agradeço a todos que colaboraram de alguma forma para a realização deste, mesmo que não sejam citados diretamente neste texto.

Agradeço ao apoio da minha família Nandi, Liv, Tia Lu, minha madrinha Pat em especial a minha mãe pela ajuda nas horas mais difíceis. Ao meu marido Luiz pela compreensão nos momentos de ausência.

Ao Felipe, meu anjinho, que mesmo com tão pouco tempo de vida soube compreender a vida atarefada da sua mãe.

A amigos como o Alexandre e a Flávia me incentivaram a iniciar este processo, a Peex pela liberação para que eu pudesse frequentar as aulas e a todos outros que não estou citando aqui e que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

Ao meu orientador Cabral que com sua tranquilidade me ensinou muito mais que conceitos acadêmicos.

Finalmente aos mestres de luz que me guiaram e me deram força para que eu chegasse até o fim desta caminhada.

RESUMO

A expansão das TICs e o desenvolvimento das ferramentas digitais aplicada ao projeto estão abrindo novos horizontes para os projetistas. A intenção deste trabalho é apresentar um panorama das principais tendências das ferramentas digitais aplicadas ao projeto que vem sendo pesquisadas pelo mundo. E apontar de que maneira os profissionais brasileiros estão inseridos neste movimento. A ferramenta digital aplicado ao processo de projeto que apresenta maior destaque em relação ao número de adeptos e publicações, tanto intencionalmente como no Brasil é o BIM. Razão pela qual investigamos esta tendência mais profundamente a fim de discutir as implicações de sua adoção no país levando em consideração o âmbito nacional assim como caracterizar o mercado regional baseando na cidade de Belo Horizonte.

Palavras chaves: processo de projeto digital, Digital Design, BIM

ABSTRACT

The TICs expansion and the development of the digital tools applied to design are open new horizons to designers. The intending of this work is present a view of the main trends of the digital tools applied to design, which have been research all around the world. And appoint how manner Brazilian professionals are inserted in this movement. The digital tool applied to the project process which stands out in relation of the publication and follower's number, as internationally as in Brazil is BIM. That's why we investigate deeply, in order to discuss the implications of its adoption in country, in national scope, to take regional market in consideration, based on Belo Horizonte city.

Key words: digital design process, Digital Design, BIM

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Observação da prática profissional	10
1.2 A estrutura do trabalho	12
2. Surgimento da concepção contemporânea de projeto	14
3. Crise na prática profissional	25
4. A instituição e evolução do campo de pesquisa sobre processo de projeto	33
5. A introdução da informática no processo de projeto	41
5.1 A primeira geração das ferramentas digitais aplicadas à arquitetura	44
5.2 Reflexões sobre a segunda geração de tecnologias digitais aplicadas à arquitetura	55
6. Tendências para um processo de projeto digital	61
6.1 CAD	61
6.1.1 CAD descritivo	62
6.1.2 CAD prescritivo	62
6.1.3 CAD 4D	62
6.1.4 Prototipagem rápida	63
6.1.5 Processo digital bidirecional	63
6.2 Modelos de Formação	64
6.3 Modelos Gerativos	68
6.3.1 Gramática da forma (shape grammar)	69
6.3.2 Processo evolucionário	71
6.3.3 Modelo de performance	72
7. BIM	73
7.1 Benefícios esperados	75

7.1.1 – Obtenção de informações no estágio inicial do projeto	75
7.1.2 – Aumento da performance e qualidade da edificação	76
7.1.3 – Melhor visualização do projeto e desenhos 2D mais exatos	77
7.1.4 – Potencialização do trabalho colaborativo	78
7.1.5- Sincronia entre projeto e execução	79
7.1.6 – Facilidade de experimentação	79
7.1.7 – O uso do modelo como base para componentes pré-fabricados	80
7.1.8 – Gerenciamento da operação e manutenção do prédio	82
7.2 –Possíveis implicações	82
7.2.1 – Mudanças culturais	82
7.2.2 – Aspectos econômicos	85
7.2.3- Aspectos legais	85
7.3 – Ferramentas	86
7.4 – Interoperabilidade	88
7.5 – Estudo de casos internacionais	89
8.0- Processos de projeto Digital e a realidade brasileira	94
8.1 – Contexto nacional	94
8.2 – Contexto de Belo Horizonte	106
8.3 – Prática profissional mineira	107
8.3.1 – Relatório de uma empresa de projetos de médio porte ligada à área industrial	108
8.3.2 – Entrevistas	113
9.0 – CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	119

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Desenho feito por Sansedoni no período Gótico p.17
- FIGURA 2 – Diagrama que demonstra os principais agentes no processo de projeto p.28
- FIGURA 3 – Ilustra o processo de pensamento do projetista em que ele não tem percepção clara do raciocínio p.35
- FIGURA 4 – Ilustra o processo do pensamento do projetista no qual ele tem claro e organizado seu raciocínio p.35
- FIGURA 5 – Ilustra o processo do pensamento do projetista na qual ele usa o método conjugado com o intuitivo p.36
- FIGURA 6 - Primeiro modelo do Intelligent Physical Modeling (à esquerda) Redução do modelo (à direita) p.50.
- FIGURA 7- Exemplo de utilização das datastructures p.53
- FIGURA 8 – Ilustração do sistema 4D p.63
- FIGURA 9 – Processo de projeto – sistema dinâmico envolvendo as particularidades do terreno p.66.
- FIGURA 10 – processo de projeto. Ajuste de forma de acordo com trajetórias e densidades p.66.
- FIGURA 11 - Modelo 3D dos painéis p.67
- FIGURA 12 – Modelo 3D da estrutura p.67
- FIGURA 13 – Vista da loja depois de executada p.68
- FIGURA 14 - Vista da loja depois de executada p68
- FIGURA 15 – Ilustração dos princípios básicos da gramática da forma p.70
- FIGURA 16 – Exemplo de utilização da gramática da forma – cultural History Museu in Los Angeles p.70
- FIGURA 17 - Exemplo da fase inicial dos estudos do modelo evolucionário, criado em 1969 p.71
- FIGURA 18- Plano geral projeto NOX p.71
- FIGURA 19- Exemplo de aplicativo BIM p.76
- FIGURA 20 - Escultura Janet Echelman p.80
- FIGURA 21 - Projeto Memorial das vítimas do atentado de 11 de setembro p.81

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Evolução dos programas CAD p.44 e 45

LISTA DE SIGLAS

AEC-Architecture, Engineering, Construction

BIM – Building Information Modeling

CAAD- Computer Aided Architectural Design

CAD – Computer Aided Design

CAVE – Computer Automated Virtual Environment

CIS/2 – Cim Steel Integration

CNC- Computer Numeric Control

DXF-Data Exchange Format

IAI- International Alliance for Interoperability

IFC- Industry Foundation Classes

SAT-Spatial Technology

TIC – Tecnologia da Informação de Comunicação

USGBC- United States Green Building Council

XML – Extensible Markup Language

1. INTRODUÇÃO

1.1 Observação da prática profissional

Esta pesquisa surgiu da observação e reflexão sobre minha prática profissional. Mesmo quando trabalhava como estagiária já sentia as dificuldades geradas pela metodologia de projeto baseada pela representação e a conseqüente produção de desenhos técnicos, porém a situação que se tornou mais evidente com o meu amadurecimento profissional. Quando me formei no ano 2000, trabalhei em escritórios tradicionais de arquitetura onde somente trabalham arquitetos e os projetos complementares são executados fora. Eram freqüentes os atrasos, retrabalhos gerados por falhas de comunicação entre os projetistas, desenhos inconsistentes, etc. Até então acreditava que esses problemas eram inerentes ao processo e não havia como escapar deles.

Há cinco anos comecei a trabalhar em uma empresa de engenharia que atua no segmento industrial nos setores de mineração, metalurgia e siderurgia que apresenta um procedimento diferenciado devido as exigências impostas pelo setor. A área industrial traz algumas particularidades que implicam em características importantes nos projetos: as condicionantes projetuais são muito rigorosas porque envolvem mega-estruturas e complexos processos industriais. A arquitetura, neste contexto, passa a exercer uma função de apoio, sendo assim, sua integração com as várias disciplinas é crucial para o sucesso do projeto.

Para melhorar sua eficiência, a empresa incorporou como ferramenta a seu processo de projeto o modelamento 3D, feito com o software AutoCAD. Inicialmente, esta ferramenta era usada apenas nos projetos de estrutura metálica e de equipamentos industriais tais como: transportadores, silos e moegas. Estes modelos 3D são elaborados com extremo rigor, chegando ao nível do detalhamento de parafusos, onde são tiradas vistas que são usados como base para a confecção dos desenhos 2D . Auxiliam também no cálculo do peso da estrutura, reuniões com clientes e elaboração de relatórios como o objetivo de informar aos clientes sobre quais as interferências que o projeto causará na infra-estrutura existente e facilitar a visualização da solução proposta. Estes relatórios são usados também para que os clientes dinamizem sua comunicação interna e promovam a discussão do empreendimento entre os vários setores da empresa envolvidos.

Ao longo do tempo percebeu-se a importância da compressão global dos projetos e os estudos 3D das disciplinas de arquitetura e engenharia civil foram sendo incorporadas a este processo.

Foi a partir desta experiência de integração entre as disciplinas por meio do modelamento 3D que comecei a me interessar pela tecnologia digital aplicada à arquitetura. Embora eu já utilizasse programas como o Arqui-3D e 3D Studio para fazer maquetes eletrônicas em outras empresas, as mesmas eram confeccionadas somente com o propósito de apresentação final de uma proposta ao cliente.

Se por um lado, o modelamento 3D do AutoCAD apresenta várias limitações, tais como: na extração de vistas do modelo ser feita em apenas dois layers (ou penas), havendo a necessidade de retrabalhar todo o desenho; a falta de uma biblioteca específica (sendo preciso modelar todos os elementos do projeto: portas, janelas, peças sanitárias, etc.); a produção de operações mecanizadas e repetitivas no seu modelamento; e a dificuldade de efetuar alterações depois que o modelo foi executado. Por outro, abre a possibilidade de efetuar desenhos mais consistentes, melhora a capacidade de comunicação entre os diversos projetistas, facilita a visualização de interferências e permite a representação de formas complexas.

Percebi, então, que a tecnologia digital poderia ser uma ferramenta de incremento ao processo de projeto tradicional. Após uma investigação inicial e observei que a área do processo projetivo realmente vem sofrendo transformações motivadas pelo uso de novas tecnologias digitais e que grupos de discussão teórica estão sendo desenvolvidos. Conjuntamente notei um movimento, através de pesquisas e estudos acadêmicos, que busca a melhoria da qualidade construtiva dos projetos, aumentando a pressão exercida pela indústria da construção civil sobre os projetistas. E a grande repercussão gerada por partidos arquitetônicos arrogados gerados a partir de ferramentas digitais que influenciam muitos projetistas ao redor do mundo. Criando grande expectativa em relação ao uso de novos softwares, impulsionando a indústria de aplicativos que aproveita esses resultados para o lançamento de novos produtos ditos “revolucionários”.

O grande problema é que os profissionais tendem a incorporar estas novidades tecnológicas na sua prática sem questionamentos ou reflexões. Por esta razão, uma pesquisa que se proponha a acrescentar uma contribuição no sentido de esclarecer as implicações do uso indiscriminado destas ferramentas é justificada.

Entendo o processo de projeto como o conjunto de atividades relacionadas à elaboração e confecção de projetos que objetivem a construção de um objeto arquitetônico. No contexto deste trabalho iremos focar especificamente o projeto de arquitetura, ou seja, na elaboração da proposta e produção dos documentos necessários à execução da obra sem, no entanto, envolver a atividade de construção propriamente dita.

1.2 A estrutura do trabalho

Este trabalho analisará criticamente de que forma a introdução de ferramentas digitais aplicadas ao processo de projeto de edificações estão repercutindo na prática da arquitetura brasileira mais especificamente no contexto do mercado mineiro representado pelos arquitetos da capital.

Verificamos um crescente interesse pelo tema da tecnologia digital que pode ser observado através do grande número de publicações, revistas, eventos, concursos e artigos envolvendo o assunto.

Preocupamo-nos primeiramente em entender quais as bases teóricas do processo de projeto que conhecemos atualmente. Por este motivo, o trabalho inicia-se no capítulo 2 discutindo o surgimento da idéia contemporânea de processo de projeto amparado na representação do objeto por meio da produção de desenhos técnicos.

No capítulo 3 analisamos como o processo de projeto tradicional passa por uma crise e como ela influenciou uma busca por novas alternativas

No capítulo 4 buscamos em que momento da história o processo de projeto passa ser objeto de investigação científica, como se institui o campo e quais foram as mudanças ideológicas ocorridas desde então.

No capítulo 5 analisamos como a informática entrou neste processo: a evolução do desenho feito à mão para a prancheta digital com a introdução dos programas de CAD. Outro fator preponderante na alteração da prática profissional e que, do mesmo modo, é fruto da introdução da informática são as ferramentas de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação). Cofrontamos autores relevantes neste campo para examinar o tipo e a profundidade das alterações sofridas pelo processo de projeto neste momento.

Um panorama sobre as principais tendências nacionais e internacionais sobre as ferramentas que levariam a um processo de projeto digital são apresentadas no capítulo 6.

A maioria destas ferramentas não encontra ressonância no contexto brasileiro, exceto no caso da plataforma BIM¹ (Building Information Modeling) que é encontrada tanto em pesquisas acadêmicas como na prática profissional com adoção do sistema pelos arquitetos. Por esta razão este conceito foi escolhido para um maior aprofundamento.

No capítulo 7 são descritas a origem desta tecnologia, ferramentas essenciais, as experiências obtidas por arquitetos estrangeiros, suas desvantagens e questionamentos.

Descobrir qual é a realidade brasileira com relação à utilização das tecnologias digitais aplicadas ao projeto – com especial enfoque para o contexto mineiro – foi o tema discutido no capítulo 8. Investigamos os principais grupos de pesquisa do Brasil assim como os eventos e publicações nacionais mais importantes para caracterizar a adoção da tecnologia BIM no país, tomando como base centros mais avançados como é o caso de São Paulo e assim, criamos um termo de referência para comparar com a situação específica de Belo Horizonte. Para caracterizar o contexto local realizamos entrevistas com profissionais que atuassem no mercado mineiro e representassem setores diferentes do campo da arquitetura para delinear de que maneira os profissionais mineiros estão se inserindo no contexto nacional nesta transição.

Tínhamos como hipótese que as ferramentas digitais liberam os arquitetos de tarefas mecânicas como a produção de desenhos técnicos, ao mesmo tempo em que propiciam uma arquitetura desvinculada da representação. O que amplia os horizontes para a realização de experimentações inéditas, deixando a tomada de decisão projetual mais consciente.

¹ Building Information Modeling ou Modelo de Informação da Edificação é um termo que será detalhado posteriormente, mas cuja concepção básica é: uma metodologia de projeto que tenta automatizar o trabalho gerado pela produção dos desenhos 2D e tirar proveito do modelamento 3D para realização de simulações que auxiliem em decisões projetuais. Utilizando como base principalmente o CAD paramétrico cujo objetivo é transformar o projeto em um banco de dados digitais que permitem a construção virtual do edifício e a obtenção de informações de forma automática (por exemplo planilhas de quantitativos e desenhos técnicos) .

Verificamos que as ferramentas digitais aplicadas ao projeto podem provocar um novo deslocamento da prática profissional, comparáveis aquela realizado pela descoberta da perspectiva no Renascimento. Mas conforme vimos na conclusão, nós os arquitetos brasileiros, estamos apenas engatinhando neste processo. No âmbito geral os projetistas, mesmo os pesquisadores ainda não se deram conta da importância deste momento. Se prendendo, na grande parte dos casos, a exploração da tecnologia estrangeira mais comercial representada pela plataforma BIM. O que apesar de ser o nível menos avançado das pesquisas internacionais sobre tecnologias digitais aplicadas já representa um progresso em relação à metodologia tradicional e o começo de uma conscientização por parte dos profissionais brasileiros para este momento histórico.

2. SURGIMENTO DA CONCEPÇÃO CONTEMPORÂNEA DE PROJETO

Nem sempre o projeto de arquitetura foi realizado da forma como conhecemos atualmente. Porém, a noção de projeto surgida na Renascença se consolidou de um modo tão preponderante que hoje, para pensarmos o projeto fora desta concepção, é extremamente difícil. É fundamental identificar as raízes de um processo para torná-lo acessível e passível de análise. Iniciamos este trabalho dedicando-nos a esta tarefa.

A instituição do desenho como ferramenta essencial à arquitetura foi um divisor de águas. Como nos explica Edward Robbins (1994), um antropólogo que se dedicou a estudar a função do desenho dentro do campo da arquitetura. Para ele, o desenho não pode ser considerado o único fator na mudança de mentalidade ocorrida na prática profissional do arquiteto iniciada na Idade Média, mas sem dúvida foi um suporte extraordinário. Uma ferramenta que consegue tornar a tarefa do arquiteto especial e única, conferindo-lhe um papel de destaque dentro da sociedade. Ela é marcada por duas características fundamentais e contraditórias na conformação deste campo: a social e a cultural. Social quando é usada como meio de concepção do projeto e Cultural quando serve de instrumento para execução da obra, ordenando as interações sociais de todos os atores que participam deste processo.

Robbins trabalha com um conceito bem definido de cultura e sociedade que vamos reproduzir, por considerar relevante para a contextualização de seu trabalho.

“Se sociedade é aquilo aparentemente objetivo, assemelhando ao inflexível e imutável de rede diária de instituições, regras e formas sociais, então a cultura segue o caminho oposto. Cultura é a manifestação subjetiva e flexível do mundo cotidiano de visões, idéias e a infinitude de possibilidades definida pela nossa capacidade de criar símbolos.” (ROBBINS,1994) p.8².

O desenho faz parte da produção cultural do homem há muito tempo. Robbins afirma que há indícios de desenhos nas sociedades pré históricas dos caçadores-coletores, e que se tais evidências estiverem corretas, os homens desenhavam antes de construir já no período Mesolítico. De qualquer forma, os desenhos serviram e servem como um instrumento importantíssimo na expressão da criatividade do homem. E em certos casos, as representações passam a ser autônomas de sua própria produção. Como por exemplo, na passagem descrita por Robbins sobre as imagens religiosas, que por vezes se tornam elas mesmas objeto de poder e adoração.

Na arquitetura, o autor relaciona a utilização dos desenhos com a transformação de sua prática ao longo da história.

No Egito, foram encontradas evidências do emprego de desenhos na produção da arquitetura: plantas baseadas em malhas quadradas, imagens pictóricas dos edifícios e alguns croquis. Estes desenhos eram usados para dar instruções aos operários. Entretanto, fica claro que o “arquiteto” não tinha ferramentas que o permitissem se afastar do canteiro de obras ou que houvesse um plano global onde a edificação como um todo já tivesse sido preconcebida.

Alguns autores apresentados no texto de Robbins comentam a utilização do desenho em outros momentos da história da arquitetura e demonstram que não havia o emprego de desenhos no planejamento e execução das obras como uma ferramenta primordial. Coulton e Kostof afirmam que o desenho não fazia parte da arquitetura Grega e as instruções eram passadas verbalmente aos trabalhadores. Já outros como Lothar Haselberg e Vitruvius afirmam que o desenho exerceu forte

² If society is the apparently objective, seemingly unyielding and intractable web of everyday institutions, rules and social forms, then culture is the manifestly subjective and tractable everyday world of visions, ideas, and the infinitude of possibility defined by our capacity to symbol.

influência. Contudo, Robbins afirma que qualquer que tenha sido o papel do desenho naquele período, era apenas um instrumento dentre outros, e o mais importante para o “arquiteto” era a geometria e não o desenho em si mesmo. Além disso, a presença do “arquiteto” na execução era indispensável, porque era nesta fase onde as decisões arquitetônicas eram realmente tomadas.

Na Idade Média, todas as funções atualmente conhecidas (arquiteto, engenheiro, construtor, supervisor), sintetizavam na figura do mestre-de-obra, o que explica certo declínio no uso do desenho em relação à arquitetura da antiguidade. Embora Robert Branner sugerisse não haver um plano geral, existia desenho de partes de edifícios regidos por princípio de simetria e senso de tamanho.

Foi a partir da arquitetura gótica que esta história começa a mudar.

“Se Bucher estiver certo, o desenho, próximo ao período Gótico, começou a desempenhar um papel mais dinâmico no processo de projeto, um papel mais parecido com aquilo que é desenho hoje.” (ROBBINS, 1994) p12³

Essa evolução pode ser ilustrada por um desenho encontrado daquela época: a elevação feita por Sansedoni e descoberta por Franklin Toker. É ainda muito incipiente no que diz respeito ao desenvolvimento da técnica do desenho e de sua utilização. Mas sem dúvida é muito representativo, pois expressa um novo modo de pensar o trabalho do profissional, até então conhecido como mestre construtor, e possibilitou um redirecionamento e remodelamento das profissões. Podemos dizer que este desenho é um exemplo do movimento que seria responsável por ser o precursor da prática profissional dos arquitetos atualmente. Primeiro, porque se assemelha muito ao desenho a que estamos hoje habituados: um desenho ortogonal, feito em escala, acompanhado de anotações escritas para guiar a execução.

³ If Bucher is right, drawing, by the Gothic period, had begun to play, a more dynamic role in process of design, a role that begins to resemble that of drawing today.

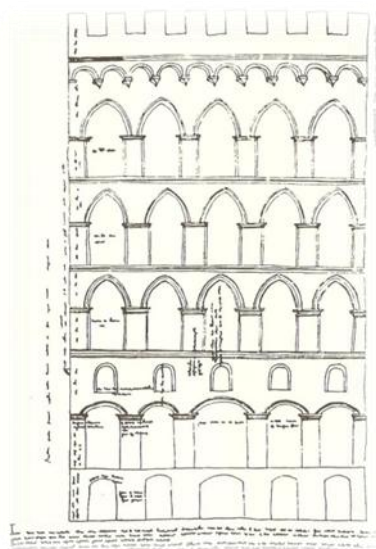


FIGURA 1-[Desenho feito por Sansedoni no período Gótico]

Fonte: ROBBINS, Edward, 1944, p.14

Por outro lado, ficam manifestas as características próprias da produção arquitetônica do seu tempo. Este desenho representa uma orientação geral da intenção do arquiteto ou mestre-de-obras. Não tem o objetivo de ser um desenho executivo como conhecemos contemporaneamente e está explícita a flexibilidade para que as decisões fossem tomadas no campo

A necessidade de representar a idéia geral do arquiteto ou mestre-de-obras é a inovação que sugere este desenho. Reflete uma necessidade de mudança na maneira de pensar a prática profissional e anuncia, ainda que de modo muito elementar, uma introdução de novos valores na arquitetura como: a noção de autoria, a distinção entre o trabalho intelectual e o manual, e a função da representação como forma de simular o prédio antes de sua construção. Percebeu-se que esta ferramenta se mostrava poderosa porque poderia ser usada na persuasão das pessoas para angariar fundos para as obras ou como um meio de testar as opções de projeto. Mais que isso, a introdução deste tipo de desenho permitiu que as idéias do criador fossem passadas aos operários da obra sem a necessidade de sua presença no local, permitindo que um arquiteto se dedicasse a várias obras ao mesmo tempo e criando uma espécie de “arquiteto por controle

remoto”⁴ como chamou Toker. Esta tendência verificada no período gótico encontra no Renascimento conjuntura ideal para o fortalecimento e expansão deste processo.

O desenvolvimento do desenho ocorrido na Renascença com a criação da perspectiva linear proporcionou aos arquitetos a separação do trabalho intelectual do trabalho manual:

“foi imperativo para os arquitetos o uso de um instrumento que poderia ser claramente definido como intelectual equivalente à escrita e à matemática: um que poderia ser usado sem erros e sem trabalho manual significativa.” (ROBBINS, 1994).

Assim, o arquiteto passou a reivindicar o status de cavalheiro na sociedade. Ilustrado pelo autor no trecho de seu livro em que descreve uma passagem na qual Leonardo da Vinci sugere que os pintores do mesmo modo que os desenhistas fossem civilizados, ao contrário dos escultores, porque estes trabalhavam em grande bagunça e não poderiam manter-se bem vestidos assim como não eram capazes de manterem suas casas limpas.

O desenho foi eficaz em outro aspecto decisivo na história da arquitetura: a divulgação e consolidação de correntes artísticas e estilísticas. Foi através da reprodução do desenho dos projetos nos tratados de arquitetura que os estilos artísticos puderam ser disseminados e a cultura arquitetônica passou a influenciar profissionais e aristocracia, fortalecendo a idéia de autoria. Propiciou, igualmente, o resgate das formas clássicas, reproduzindo através de estudos de desenhos que conseguiam reproduzir exatamente suas regras e proporções. Este movimento ganhou força e influenciou os arquitetos até o final do século XIX.

“Com as mudanças na prática arquitetural primeiro experimentada na Renascença, o desenho se tornou como instrumento dominante do projeto e como símbolo que fez do arquiteto como único. (...) pelo século vinte o desenho teria se tornado uma natural e universal corrente do discurso arquitetural e mudança social.”⁵ (ROBBINS, 1994) p19 e 20.

⁴ “design by remote control.” p.15.

⁵ (...) with the changes in architectural practice first undertaken in the Renaissance, drawing took hold as the dominant instrument of design and as the symbol of what makes the architect unique. By the twentieth century, drawing would become a natural and universal currency of architectural discourse and social exchange.

Muito se fala sobre a importância do Renascimento para a arquitetura. Porém, muitas vezes de forma superficial enfatizando apenas o lado estético. As origens e consequências deste período não são explicadas de modo aprofundado. E até mesmo seu personagem mais famoso Filippo Brunelleschi aparece em muitos textos de forma caricatural, um herói que desenvolveu sozinho uma teoria, sem referências ou influências. Giorgio Santillana (1957) escreve um artigo convergindo essas afirmativas porque acredita que este período da história é extremamente importante e não foi ainda estudado com a devida atenção.

Santillana defende que o Renascimento representa uma mudança determinante no pensamento teórico da época porque influenciou o estabelecimento da ciência como conhecemos hoje; e compara a descoberta do instrumento ótico de Brunelleschi à descoberta do telescópio por Galileu. O autor define Brunelleschi como um gênio, uma personalidade única, capaz de captar as influências e enxergar a profundidade e a importância dos acontecimentos de sua época. Soube aproveitar o contexto no qual estava inserido para desenvolver suas inquietações e através de sua persistência pessoal conseguir seus objetivos. Filho de uma importante família aristocrata italiana decidiu-se por seguir uma carreira artística ingressando na L'arte della Setta aos 21 anos como aprendiz de ourives, começando sua carreira como escultor. Desde o início possuía um vasto círculo de amigos influentes e ao longo da vida esteve em contato com artistas e pensadores mais importantes da época (Manetti, Ghiberti, Donatello, Mosaccio, Ucello, Luca della Robbia e Leon Battista Alberti). Em 1402, participou de um concurso para as portas do batistério em frente uma catedral. Decepcionado com o resultado, onde os jurados não conseguiram decidir entre o seu trabalho e o de Lorenzo Ghiberti declarando empate, declinou da oportunidade de dividir o trabalho e passou a se dedicar à arquitetura. Acredita-se serem desta época as experiências com as tabuletas. Por meio destes experimentos Brunelleschi construiu um instrumento ótico mais antigo depois dos óculos e desenvolveu a teoria da perspectiva. *“Mas para que serve esse aparelho? Para ajudar-nos a retratar corretamente o que vemos ao nosso redor, essencialmente para dar a ilusão disso.”*

Contudo, esse novo método de representar a imagem refletia uma nova maneira de pensar o mundo. Até aquele momento, os pensadores atribuíam uma *“função ativa’ da visão, como que um prolongamento da alma”*. Esse paradigma é

quebrado pela perspectiva de Brunelleschi, uma vez que seus experimentos demonstravam um aspecto passivo da visão. Abriu-se um longo caminho para a instituição de uma nova filosofia natural, “*uma nova idéia concernente à natureza da luz*”. Essas novas idéias estavam sendo introduzidas por artistas que de certa maneira tinham maior tolerância por parte do poder eclesiástico da época, permitindo que essa transição de pensamento se desse de forma suave, sem choques ou impasses intelectuais. “*Ao transformar o conceito da substância em algo que podia ser projetado e construído graças a sua ciência da proporção, os artistas matemáticos venceram a distância, de outra maneira intransponível, entre a Substância e a Função*”. Santillana argumenta que a ‘faísca’ que promove esse encontro entre a arte e a ciência é a arquitetura.

A transição do pensamento escolástico para a matemática influi no estabelecimento de um novo papel para a arte dentro da sociedade, menos ligado à incorporação e exaltação do sagrado e com maior ênfase nas “*produções e a magnificência dos espetáculos da corte e da cidade*”. Juntamente com a criação de um novo tipo de patrocínio oferecido por uma nova classe dominante, criam a conjuntura ideal para o desenvolvimento do desenho e suas conseqüentes mudanças sociais ocorridas a partir do período do Renascimento.

Este fato fica claro com a descrição que Santillana faz das circunstâncias da construção da cúpula para a catedral de Santa Maria Del Fiore. Primeiramente, os motivos que levaram os donos da obra a darem liberdade para que Brunelleschi pudesse realizar seus planos para a construção do domus foram puramente econômicos e práticos. Os planos originais foram desenvolvidos por Arnolfo di Cambio duzentos anos antes e seus planos aprovados, porém na época da construção não havia carpinteiros habilitados e nem a madeira era tão abundante como antes. Foi então que os homens de negócio responsáveis pela obra decidiram procurar uma solução alternativa. Brunelleschi, então, ganha a concorrência por apresentar um plano mais pragmático para a construção. Para garantir seu controle sobre a obra, tão logo assume a direção demite os mestres-de-obras para depois recontratá-los sob suas condições. Travou ainda uma luta contra a Corporação de Ofício dos Mestres Pedreiros e Carpinteiros que se recusaram a seguir seus planos.

“Encontramos aqui pela primeira vez, o Mestre Engenheiro de um novo tipo apoiado no prestígio da matemática e nos ‘segredos recônditos da perspectiva’ (...) o homem cuja capacidade supõe não depender de uma longa experiência e dos segredos do ofício, mas da força do intelecto e da audácia teórica, que zomba e se esquiva das decisões em grupo, que expressa o seu pensamento nos conselhos da cidade e que recebe patentes por seus inventos de engenharia, (...), ou outra do mesmo ano de um batelão fluvial, equipado com guindastes.” SANTILLANA, 1957⁶ p.35.

Contudo Alberto Pérez Gómez e Louise Pellerier (1992) argumentam que o arquiteto renascentista não tinha capacidade de conceber a sua visão de mundo reduzida às duas dimensões contidas na representação visual e, portanto, a utilização dos métodos de perspectiva linear não se deram de fato como ferramenta de concepção de projeto. E afirmam ainda que, mesmo *“Brunelleschi, que [eles] consideram como primeiro exemplo da perspectiva linear, trabalhou principalmente com modelos na sua prática de arquitetura”⁷*. Como vimos anteriormente, os desenhos renascentistas são fruto de uma quebra de paradigma sobre a percepção de mundo, por isso é compreensível que seus contemporâneos não tenham alcançado a profundidade desta transformação. E como apresentam os autores, os desenhos não mostravam a mesma função e significado que encontramos hoje. Eram desenhos muito mais autônomos dos edifícios. Plantas e elevações não eram ainda coordenadas pela estrutura da geometria descritiva.

Durante o século XVI houve esforços teóricos para desenvolver as experiências empíricas realizadas no século anterior, embora tivessem acontecido avanços, permaneceram no âmbito teórico e não contiveram aplicações práticas. Dois fatos deste período são destacados pelos autores: o trabalho dos desenhos de Durer and Philibert de l’Orne, que são vistos como um dos precursores do reducionismo da computação gráfica. Eles introduziram o conceito de que a realidade poderia ser espelhada pela representação. Ou seja, as projeções geradas pela geometria perspectiva poderiam ser assumidas como representantes autênticas do espaço real. Como contraponto, *“o trabalho arquitetônico de Michelangelo, talvez*

⁶ Esta citação se refere à tradução da conferência de 1957 in Critical problems in the history of science por Eunice R. Ribeiro Costa in O papel da arte no Renascimento Científico, 1981.

⁷ Brunelleschi, to whom we attribute the earliest example of linear perspectiva, worked mostly from models em his architectural practice p.27.

*o mais notável do seu século*⁸”, criticou a tentativa de Durer fixar a imagem estática do corpo humano por acreditar que este só poderia ser considerado sob sua noção de movimento. E concebia toda sua intenção arquitetônica por meio do croqui.

O homem do século XVII se dividia entre a racionalidade dada pelo fortalecimento da ciência moderna e pelos princípios filosóficos do barroco. O conflito entre essas duas visões de mundo permitiu a perspectiva se tornar um modelo do conhecimento humano, porque conseguia reunir o método científico e racional com a percepção infinita do mundo. *“Enquanto o homem se considerava como autônomo da realidade externa, a perspectiva permitia a ele morar significativamente no mundo físico através da modificação de sua dimensão geométrica”*⁹.

Desargues, porém, de acordo com os autores, é contra a corrente de pensamento da época e apresenta seu trabalho no qual defende que a geometria é um resultado puramente matemático, não existindo nenhum aspecto simbólico. É considerado como o primeiro a desenvolver o ponto de fuga. Seu sistema permitia a construção de formas complexas antes de sua construção, utilizando-se uma operação de dedução lógica, tornando-se assim, uma ciência de prescrição para controlar a prática.

*“Uma vez que a geometria perdeu seu atributo simbólico na especulação da filosofia tradicional, a perspectiva parou de ser o veículo preferido para transformar o mundo em uma ordem significativa. De fato, transformou-se em uma simples representação da realidade, um tipo de verificação empírica do modo no qual o mundo externo é apresentado à visão humana.”*¹⁰ (PÉREZ GÓMEZ e ALBERTO PELLERIER, 1992 p.27).

No século XVIII, o principal foco de interesse foi a descoberta de Newton e a perspectiva perde o interesse para artistas, cientistas e filósofos.

⁸ Michelangelo's architectural work, perhaps the most outstanding of his century (...) p27.

⁹ (...) while man considered himself autonomous from external reality, perspective allowed him to dwell meaningfully in the physical world by changing its geometric dimension p31.

¹⁰ Once geometry lost its symbolic attributes in traditional philosophical speculation, perspective ceased to be a preferred vehicle for transforming the world into a meaningful human order. Instead, it became a simple representation of a reality, a sort of empirical verification of the way in which the external world is present to human vision.

Somente depois do século XIX, com a sistematização dos métodos de desenho mediante o progresso da geometria descritiva, que o processo de transformar desenhos em prédios tornou-se descomplicado e eficaz. A geometria descritiva tinha como principal aplicação a redução dos objetos tridimensionais em projeções 2D. Sendo muito útil à Revolução Industrial porque permitia o planejamento de produtos com precisão e controle. *“Sem essa ferramenta conceitual nosso mundo tecnológico não poderia ter tido existência”*¹¹. Desse momento em diante passou a ser disciplina obrigatória, tanto para engenheiros como para arquitetos.

*“(…) o uso de grids e eixos, papel transparente, e precisão decimal de medidas permitiram o planejamento e a estimativa de custos. A geometria descritiva tornou-se a ‘suposição’ por trás de todo esforço da arquitetura moderna, surgindo da frequente superficialidade dos desenhos artísticos da Escola de Belas Artes até projetos funcionais da Bauhaus.”*¹² (PÉREZ GÓMEZ e ALBERTO PELLERIER, 1992 p.27).

Essa panorâmica pela historia do surgimento da noção contemporânea do projeto teve como objetivo demonstrar que essa concepção, embora possa estar impregnada em nossa visão de mundo corrente e parecer natural, é recente e foi construída aos poucos ao longo do tempo. É desta evolução que nos baseamos para adotar o conceito de processo de projeto tradicional.

Este modelo é predominante na prática arquitetônica contemporânea. Caracteriza-se pela elaboração do projeto arquitetônico em etapas bem definidas e seqüenciais, baseadas em representações decodificadas em desenhos técnicos que pretendem espelhar antecipadamente qual será o resultado final da obra. Outra particularidade deste processo é a separação entre a concepção do projeto e a execução da obra, além da valorização do saber técnico com o objetivo de ‘assegurar’ a posição singular do arquiteto (e de outros profissionais) dentro da sociedade. Tecnicamente, constitui-se de estudo preliminar, onde as informações importantes sobre o projeto são colhidas e o escopo definido. O projeto básico, onde os arquitetos esboçam as alternativas para o projeto e apresentam para o cliente,

¹¹ Without this conceptual tool our technological Word could not have come into existence p.34.

¹² Descriptive geometry became the “assumption” behind all modern architectural endeavors, ranging from the often superficially artistic drawings of the Ecole des Beaux-Arts to the functional projects of the Bauhaus.

muitas vezes em forma de maquete física ou eletrônica ou planta “humanizada”. Anteprojeto, que é a fase onde o arquiteto decide por uma opção e começa a desenvolver essa idéia de uma forma mais sistemática por meio de um desenho técnico (plantas, corte e elevações com cotas e especificações), geralmente é quando os projetos de infra-estrutura (estrutural, hidrossanitário, elétrico, etc.) entram no processo. E projeto executivo, no qual os desenhos são aprimorados, detalhes são inseridos visando à execução da obra. Estes desenhos contêm (ou deveriam conter) todas as informações necessárias para que a etapa da execução ocorra sem imprevistos. É importante ressaltar que geralmente a responsabilidade dos arquitetos termina na fase do projeto e comumente eles não participam da execução do mesmo.

Este modelo embrionário na Renascença evoluiu e tornou-se cada vez mais complexo. Não no aspecto processual porque, neste sentido, pouco se alterou. Entretanto, cada vez mais as disciplinas se especializam, envolvendo um maior número de profissionais. Conforme as disciplinas vão se especializando, os profissionais passam a dominar apenas uma pequena parte do processo e não tendo capacidade de julgamento e interação com as demais áreas. Os arquitetos, na sua maioria, especializaram-se em desenhar e não conhecem mais a parte construtiva de seu trabalho.

O resultado desta equação é a falta de sintonia entre esses profissionais que se refletem em projetos de baixa qualidade construtiva, onde erros e problemas na execução são freqüentes. O que acarreta prejuízos financeiros para os construtores, baixa habitabilidade para usuários, além de alto custo de manutenção para proprietários devido a patologias precoces.

Salvo raras exceções verificamos também a baixa qualidade dos projetos no que se refere ao espaço arquitetônico e à paisagem urbana. Estamos convictos quanto à importância dada ao processo de projeto dentro deste sistema complexo da construção, onde as questões envolvidas são múltiplas.

Estas constatações ressoam na reflexão que Hanuu Penttila (2006) faz sobre os parâmetros que comumente são usados para classificar um projeto arquitetônico de qualidade e outro comum. Segundo o autor, a arquitetura ocidental dos últimos duzentos anos se caracteriza por ser “*convencional como uma caixa, horizontal-*

*vertical, plana e chapada*¹³”, devido ao fato de a construção com estas ‘qualidades’ serem mais baratas para construir. Já as arquiteturas com formas livres serem consideradas como boas arquiteturas, tornando-se ícones da cultura ao longo da história, apesar de seu alto custo de produção. Conclui seu ensaio argumentando que as novas tecnologias digitais são ferramentas que poderão propiciar aos projetistas o uso de sua criatividade para produzir edifícios com melhor qualidade arquitetônica. “*Desenvolvimento em direção [a projetos] cada vez mais complexos, mas com edifícios arquitetonicamente mais ricos, ambientes construídos e projetos melhor dirigidos*”¹⁴.

Baseados nesta discussão adotaremos como qualidade arquitetônica o projeto e conseqüentemente a edificação capaz de resolver de forma mais adequada essa complicada equação que envolve um projeto de edificação contemporâneo composto das mais diversas variáveis (conforto térmico, sustentabilidade econômica e ambiental, paisagem urbana, bem-estar do usuário, funcionalidade, dentre outros).

Nosso objetivo é estudar de que forma a tecnologia digital aplicada ao processo de projeto pode ser útil nesta tarefa, limitando o escopo deste trabalho à realidade brasileira e à fase da produção do projeto. Com este intuito, pesquisaremos as correntes teóricas nesta área para uma avaliação crítica.

3. CRISE NA PRÁTICA PROFISSIONAL

Vimos como o chamado processo de projeto tradicional se institui. Nosso objetivo agora é apontar as razões que motivaram a criação de um campo de pesquisa dedicado a estudar as deficiências deste processo e a procurar por novas soluções. E entender o contexto pelo qual muitos autores acreditam que a prática profissional dos arquitetos e projetistas está em crise.

Chris Jones (1992), em 1970, fez uma crítica ao método tradicional de projeto por considerar que o mundo já havia evoluído e que, obviamente, a conjuntura do período no qual este método havia sido criado já não era a mesma.

¹³ Convencional box-like, horizontal-vertical, flat-plate architecture p.395.

¹⁴ (...) development toward even more complex, but architecturally richer buildings,built environments and better driven projects. p.405.

“O que, em toda essa diversidade, aconteceu com os projetistas? Estariam eles debaixo da pressão moderna para se tornarem mais científicos, para participarem e unirem-se, falta a qualidade especial que os distingue daqueles que fazem um trabalho [comum] ‘sem criatividade’? Certamente a resposta é sim. Sim porque o desenho está crescendo em confiança acima dos mistérios de ser capaz de desenhar e ser capaz de prever situações futuras de forma visual: e sim porque todas as profissões de não-projetistas têm agora que planejar suas atividades nas bases industriais, fazendo uso dos sistemas de automatização sempre que possível.” (J. CHRISTOPHER, 1992). p515.

O mundo se modernizou, a realidade se tornou mais complexa e os projetistas ainda usam o paradigma empregado na Renascença no qual se acreditava que o mundo poderia ser totalmente decodificado à luz dos desenhos e assim pensados e resolvidos os problemas de projeto. Essa idéia fica implícita no texto acima, mas é explicitada quando o autor expõe as razões pelas quais temos a necessidade de novos métodos de trabalho.

O projeto tradicional tem dificuldades intrínsecas. Nele o projetista transforma em representações gráficas uma gama de informações sobre um determinado problema. Essa decodificação gera um número absurdo de possibilidades a serem exploradas, ao mesmo tempo em que aliena o profissional; porque ele passa a focar somente naquele ‘quebra-cabeças’ que está na sua frente e acaba ignorando as várias influências externas que fazem parte daquela realidade. A principal ferramenta usada para desvendar esse quebra-cabeças é sua própria experiência e imaginação, ficando em segundo plano cálculos e testes de avaliação de performance.

Em outras palavras, o projeto pelo desenho juntamente com a teoria sobre o pensamento criativo¹⁶ são o meio pelo qual os projetistas conseguem reduzir

¹⁵ Have they, under the modern pressure to become more scientific, to participate and to coalesce, lost the special quality that distinguished them from those do ‘uncreative work’? Surely the answer is ‘yes’. ‘Yes’ because designing is outgrowing its reliance upon mysteries of being able to draw and of being able to foresee future situations in visual form: and ‘yes’ because all the non-designing professions have now to plan their activities on industrial basis making use of man-machine systems wherever possible.

¹⁶ Apresentaremos aqui as bases do pensamento criativo. Este processo é composto por três fases. A primeira fase é marcada por um longo período onde a pessoa aparentemente não produz nada, mas está reunindo informações. Trabalha mais aspectos triviais dos problemas e dá atenção até aos problemas que não estão inicialmente relacionados.

Na fase 2, a solução do problema difícil ou ocorrência da idéia original é encontrada. Ela ocorre geralmente de forma repentina, um ‘insight’ que transforma radicalmente a forma como o

problemas complexos em simples. Essa transformação é conseguida determinando um único conceito para permear todo o projeto. Assim, definimos uma forma ou posição que fixa os parâmetros, reduzindo consideravelmente o número de alternativas.

Além dos problemas estruturais que o desenho apresenta, outros fatores contribuem para a necessidade de uma revisão nos métodos projetuais. O mais forte deles é a constatação dos inúmeros problemas insolúveis (ou extremamente complicados) que são fruto da própria produção da sociedade industrial em que vivemos. Como por exemplo, congestionamento de veículos, falta de estacionamento, poluições sonora (inclusive de aeroportos), visual, da atmosfera, dos rios, alterações no clima, armazenamento de lixo, dentre outros. Problemas que tornam mais desafiadores os projetos contemporâneos. Porque demanda equipes multidisciplinares e englobam esferas mais abrangentes : não somente de técnicos, mas também comunidade, políticos, investidores, fornecedores, produtores, compradores, e de usuários que precisam se juntar para a produção de um projeto mais coerente. Embora essa situação, a princípio, pareça inviável. Todas essas dificuldades pressupõem que o projeto faz parte de um sistema interconectado de agentes, uma cadeia produtiva complexa que envolve todas essas forças, que muitas vezes são antagônicas.

problema é **percebido**. Passa de insolúvel a uma questão acessível de solução e, de certa maneira, até mesmo simples.

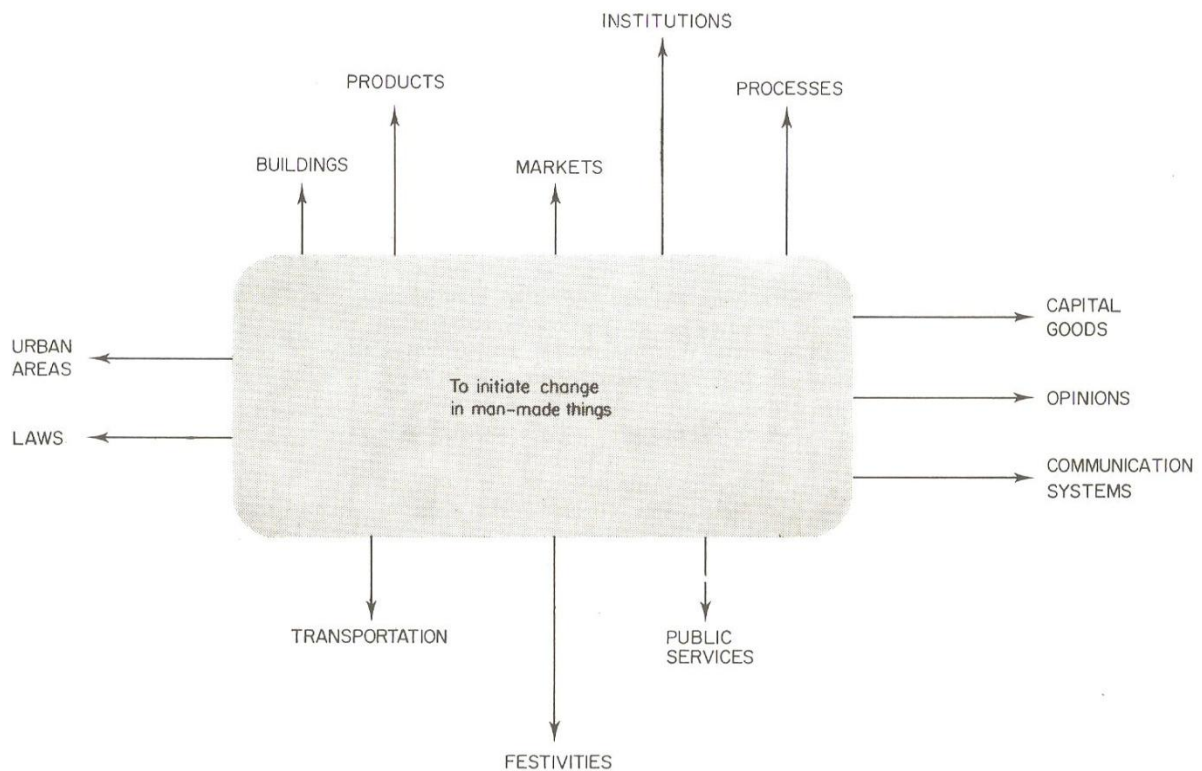


FIGURA 2-[Diagrama que demonstra os principais agentes envolvidos no processo de projeto]

Fonte: JONES, Chris John, 1992, p.5

Nessa disputa por interesses há uma desigualdade na representação destas forças. Muitas vezes a sociedade não participa do processo, a luta por suas aspirações fica a cargo dos arquitetos. Essa responsabilidade acaba gerando um conflito moral para eles. Divididos entre atender fielmente aos anseios dos investidores ou escolher o caminho mais difícil e considerar também a sociedade, assumindo todos os conflitos e dificuldades que esta escolha causa. Recorrendo a um exemplo do autor: para reduzir 50% do tempo de viagem dos viajantes aéreos, não seria necessário investir em novos aviões ou aeroportos mais tecnológicos, mas em uma reformulação e agilização dos check-in, assim como em toda a rede de serviços envolvidos. Mas essas mudanças demandariam investimentos altos e para alguns setores não trariam o retorno esperado.

Não apenas as relações entre os diversos agentes são complicadas nesse processo. As relações entre profissionais e interpessoais são igualmente frágeis e provocam erros, atrasos e desentendimentos. Os comitês de trabalho são um bom

exemplo dado por Jones. Neles existem profissionais de diversas áreas que não estão preparados para trabalharem colaborativamente, além de não se entenderem – visto a tendência de cada profissional olhar para o problema de maneira segmentada, considerando seus próprios parâmetros e a especificidade de cada setor e impedindo que cada um compreenda a área do outro.

Cumulativamente a esses pontos colocados anteriormente, a corrida tecnológica gera outra série de questionamentos que podem ser resumidos no seguinte argumento. Há uma constante pressão para o desenvolvimento de novas tecnologias e os produtos destas pesquisas irão influenciar diretamente a vida cotidiana e conseqüentemente o processo de projeto. Seja com a introdução e/ou o aperfeiçoamento de novos produtos (como por exemplo, já foram o vidro e o aço na arquitetura) ou a apresentação de novos produtos que irão alterar o comportamento das pessoas e também refletem em novas demandas para o processo de projeto (recentemente podemos citar a ‘febre’ dos aparelhos home theater e a introdução do uso do computador pessoal). Este processo acaba gerando uma necessidade de padronização (padrão de cores das TVs, dos plugs elétricos, dos componentes da construção) que vai se espalhando por vários países sem levar em conta a especificidade de cada um.

Muitas vezes essas novidades vão se atropelando, não dando espaço para reflexões sobre se são realmente necessárias, quais as implicações na sua produção e utilização.

Existem ainda assuntos internos ao próprio processo. As decisões de projeto acarretam grandes decorrências econômicas, por isso cresce a cada dia a pressão sobre os projetistas, não permitindo experimentações ou erros. Cresce também a dificuldade de uma tomada de decisão racional diante de tantas mudanças e alternativas: novas necessidades, novos materiais, novas tecnologias e novas idéias.

Por todos esses motivos, Jones acredita ser preciso que o projeto deixe de focar no produto e ser apenas um instrumento que atenda às necessidades de um investidor, construtor ou fabricante para ser produzido. Para ele o projeto é apenas um modo de iniciar uma mudança na maneira do homem produzir as coisas e, como tal, devem ser considerados todos os objetivos desta mudança e como eles vão impactar na vida das pessoas envolvidas.

Donald Schon (1991), seguindo esta mesma linha, faz uma reflexão sobre a crise de credibilidade pela qual passam as profissões técnicas na primeira parte de seu livro *The Reflective Practitioner* e afirma que, a partir dos anos 60, ocorreu uma invasão de profissões técnicas em todos os campos da sociedade.

Invasão esta promovida pelo avanço da industrialização, que conforme o autor resultou na segunda revolução científica organizada em torno da competência profissional. Contudo, após os anos 70, esta euforia cedeu lugar à descrença generalizada por parte da sociedade e dos próprios profissionais.

O agravamento de situações existentes, provocadas por soluções técnicas inadequadas que, a princípio, deveriam solucionar o problema. Em outras palavras, o progresso e o bem-estar anunciado pelo avanço da tecnologia geram conseqüências indesejadas (falta de energia, poluição, deterioração das cidades, pobreza). Isto porque, na maioria das vezes, os técnicos e cientistas pensam em curto prazo e não conseguem relacionar todas as variáveis envolvidas na questão, produzindo soluções isoladas. Para o autor, as razões desta crise estão enraizadas

“(...) em questões profissionais de próprio interesse, a burocratização e subordinação aos interesses capitalistas ou do governo. Mas também crescem certamente na questão do conhecimento técnico. É o conhecimento técnico adequado para enfrentar as questões morais propostas para a profissão? É suficiente a resposta à demanda social na qual os profissionais têm ajudado a criar?” (SCHON, 1991 p.13)¹⁷.

Essa falta de sintonia entre os interesses da sociedade e o conhecimento profissional pode explicar, em parte, a carência de qualidade dos objetos arquitetônicos e dos ambientes proporcionados pelas nossas cidades. Embora tenhamos a consciência de que este tema faça parte de um contexto muito mais amplo, principalmente no caso de países em desenvolvimento como o Brasil, onde outras questões estruturais como as econômicas e sociais estão envolvidas.

A questão tecnológica não é capaz de resolver questões estruturais da prática profissional e temos visto que da forma rotineira como vem sendo empregada, tem se prestado mais a sedimentar velhos valores do que a incentivar uma conduta

¹⁷ (...) is bound up with the questions of professional self-interest, bureaucratization, and subordination to the interests of business or government. But it also hinges centrally on the question of professional knowledge. Is professional knowledge adequate to fulfill the espoused purposes of the professions? Is it sufficient to meet the societal demands which the professions have helped to create?

inovadora. Contrariando estas constatações, pesquisas nesta área apontam que a tecnologia pode ser uma aliada na busca de processos de projetos mais coerentes.

Alberto Pérez Gómez e Louise Pelletier (1992) estão de acordo com o pensamento de Schon sobre a existência de uma crise no pensamento científico. Citam uma pequena lista de filósofos que estariam trabalhando nesta linha (Friedrich Nietzsche, E. Husserl, Martin Heidegger, Jose Ortega, Gasset e George Gusdorf) e alegam que essas preocupações poderiam ser incorporadas pela arquitetura.

O argumento é que atualmente os arquitetos estariam dispensando demasiada preocupação com a representação dos projetos em detrimento do conteúdo significativo e humano.

Para a sua fundamentação, recorre à origem do projeto baseado no desenho como conhecemos hoje e explicitado na seção anterior para demonstrar como a valorização da imagem foi acontecendo ao longo da história, em decorrência de mudanças filosóficas do homem. Até chegar ao enaltecimento da imagem contemporânea, fruto das necessidades pragmáticas e destituídas de qualquer valor simbólico.

Os autores chamam a atenção para o fato dos arquitetos, na sua rotina de trabalho, usarem os recursos de representação (desenhos, fotografias, modelos e a computação gráfica) como elementos neutros, isentos de qualquer valor e que podem ser usados como substituto dos prédios. Gómez explica que essa atitude reducionista no processo de criação é crucial para o declínio na qualidade dos projetos. Defende que:

“nossa responsabilidade profissional demanda da nossa preocupação em fazer um mundo [e conseqüentemente os projetos que fazemos para construí-lo] não ser meramente um abrigo confortável ou pragmático, mas oferecer ao habitante um [espaço] físico, formal que reflita a profundidade da nossa condição humana.”¹⁸ (PÉREZ GÓMEZ E LOISE PELLETIER, 1992 p.22).

Outro aspecto que o autor destaca é a falsa impressão dada pela computação gráfica, quando se refere aos programas de CAD. Sendo estes os mais utilizados pelos projetistas, nada mais são que ferramentas sofisticadas que usam os mesmos

¹⁸ Our professional responsibility demands our concern for making world that is not merely a comfortable or pragmatic shelter, but offers the inhabitant a physical, formal order that reflects the depth of our human condition p.22

princípios da perspectiva renascentista. Embora seduzam pela simplicidade de uso e rapidez, desencadeiam uma tendência obsessiva pelo aumento da produtividade e racionalização do método. Essa busca compromete todo o trabalho porque acelera o processo criativo, avançando para etapas posteriores focadas somente na representação do prédio, de forma automática, sem que a idéia inicial ou a compreensão plena do projeto tenha sido ainda amadurecida.

Na busca de uma solução para este quadro preocupante, Pérez Gómez apresenta exemplos de arquitetos e artistas que estão trabalhando de forma crítica e buscam novos caminhos para o paradigma da representação. Destaca arquitetos como Giovanni Battista Piranesi, que buscou alternativas de superar as bases da perspectiva e pesquisou novos modos de representações significativas e as investigações artísticas de Marcel Duchamp. São projetos teóricos, mas que o autor defende como mais verdadeiros que os projetos contemporâneos: principalmente porque eles não pretendem ser substituídos por um objeto construído e, por isso mesmo, aprofundam-se no que mais importa à arquitetura. Trazendo à tona a dimensão poética daquela perdida na objetificação e instrumentalização da tecnologia industrial. É uma crítica à supervalorização das imagens e das simulações que invadiram as cidades e estão por toda parte, *“seja velha Europa ou na moderna tecnologia, são simulações vazias. Elas não carregam significado algum exceto da fraqueza de reafirmar a repressiva estrutura de poder à qual as imagens pertencem.”*¹⁹

Resumindo:

“Quando projeções funcionam como substitutos das construções, quando um conjunto de desenhos tenta nos providenciar um “retrato” de um espaço ou um objeto arquitetônico produzido por certas técnicas que devem necessariamente refletir uma profética qualidade na sua concepção: a possibilidade de uma dimensão reveladora ser abandonada e a atualização da imaginação do arquiteto ser inevitavelmente perdida nessa interpretação.” (PÉREZ GÓMEZ E LOISE PELLETIER, 1992 p.22)

¹⁹ (...) whether of old Europe or modern technology, are empty simulations. They carry no meaning except to weakly reaffirm the repressive structures of power those images speak. p.39.

4. A INSTITUIÇÃO E EVOLUÇÃO DO CAMPO DE PESQUISA SOBRE PROCESSO DE PROJETO

Nigel Cross (2001) afirma que a primeira tentativa de pensar o projeto sob o prisma da ciência foi no movimento moderno, no início dos anos 20. A pesquisa em projetos de produtos científicos (*scientific products design*) e a necessidade de projetar de forma racional e objetiva demonstram isto. Visto que racionalidade e objetividade são valores caros à ciência.

Usualmente, considera-se os anos 60 como ponto de partida para a pesquisa do processo de projeto. Cross (2007) faz um balanço dos 40 anos da pesquisa sobre o processo de projeto, expondo desde os acontecimentos que antecederam a sua origem até a criação de vários grupos de pesquisa ao redor mundo, formando uma rede internacionalizada. Seguem aqui seus principais argumentos porque conflui com os demais documentos encontrados, contudo com objetividade e clareza.

Nos anos 50, houve o desenvolvimento de técnicas criativas originadas de pesquisas sobre metodologias que envolviam a tomada de decisão. Metodologias originadas sob influência de novas teorias que tratavam sobre a aplicação de métodos científicos na solução dos problemas decorrentes da 2ª Guerra Mundial. O lançamento do satélite soviético 'Sputnik' (em 1957) representou uma afronta aos cientistas americanos que se sentiram obrigados a dar uma resposta à altura.

Estas influências chegaram até os anos 60 e motivaram a realização de um congresso em Londres que pode ser considerado como marco inicial da metodologia do processo de projeto como disciplina e campo de pesquisa.

A Conferência Métodos Sistemáticos e Intuitivos na Engenharia, Desenho Industrial, Arquitetura e Comunicações (The Conference on Systematic and Intuitive Methods in Engineering, Industrial Design, Architecture and Communications), foi realizada em Londres em 1962. Seu organizador foi o engenheiro Joseph Christopher, que se tornaria uma das principais referências da área. Outros eventos se seguiram e consolidaram o movimento iniciado: a conferência The Design Method em Birmingham, no Reino Unido, em 1965, e o congresso em Portsmouth, nos Estados Unidos (Design Methods in Architecture Symposium), em 1967, organizado por Geoffrey Broadbent e Anthony Ward.

Outro nome importante desta primeira fase é John Chris Jones. Vimos anteriormente as críticas à prática profissional feita por Chris Jones. Elas estão

presentes em um livro que foi editado pela primeira vez nos anos 70, *Design Methods*, e tornou-se um importante referencial sobre o que afligia os profissionais de diversas áreas e que de alguma forma estava relacionado ao projeto.

Contrariando o argumento de Nigel Cross de que até somente a partir dos anos 70 os projetistas começaram a se questionavam a respeito do processo de projeto. Jones demonstra que já nos anos 60 havia vários profissionais que passaram a fazer questionamentos e a publicar novos métodos que eles haviam criado na tentativa de substituir o método tradicional.

O mais curioso para Jones é perceber que não existe um consenso sobre a definição de projeto. E que, entre as diversas definições, a palavra desenho não era sequer mencionada. Para o autor, essa diversidade é a chave para a solução dos problemas do processo de projeto. Desconsiderar o desenho e utilizar a riqueza de experiências presentes nos mais variados campos profissionais, concentrando-se não nas ferramentas, mas nos resultados para desenvolver uma nova teoria para o processo de projeto.

O autor apresenta as três principais correntes de pensamento, ainda hoje usadas, para classificar o processo de projeto.

Caixa preta

Este termo surgiu na cibernética²⁰, ciência que envolve vários campos de atuação, e que foi empregado pelos teóricos da criatividade para tentar explicar o

²⁰ “Foi a palavra *Cibernética* (do grego, ``kybernetiké”, piloto, no sentido utilizado por Platão para qualificar a ação da alma) cunhada por Norbert Wiener (1894-1964), em 1948, como o nome de uma nova ciência que visava à compreensão dos fenômenos naturais e artificiais através do estudo dos processos de comunicação e controle nos seres vivos, nas máquinas e nos processos sociais.

(...) As idéias iniciais da cibernética tiveram origem em trabalhos desenvolvidos por Wiener e seu colega Julian Bigelow, durante a Segunda Guerra Mundial. Esses trabalhos visavam ao aperfeiçoamento de canhões antiaéreos e resultaram na formalização da noção de *realimentação negativa*. Esta noção foi então utilizada como base para modelos de controle de sistemas artificiais e até do sistema nervoso central.

(...) A abrangência pretendida pela cibernética tornou-a um fórum adequado para a discussão sobre temas emergentes na época como a comunicação de massas e a tomada de decisão nos níveis político, econômico e social. No entanto, essa mesma abrangência acabou por esvaziar os temas propriamente científicos da cibernética, que hoje incluiriam boa parte na neurofisiologia e da ecologia, além da informática e das disciplinas de automática e controle. <http://www.das.ufsc.br/gia/computer/node7.html> Acessado dia 24/09/09.

funcionamento do cérebro para o pensamento criativo. Nesta teoria, acredita-se que o projetista, através de inputs (informações racionais que o mesmo conhece sobre o processo), obterá outputs totalmente desconhecidos a priori e que este processo que passa pela cabeça do projetista é inacessível. Em outras palavras, *“portanto é racional acreditar que ações habilidosas (técnicas) são inconscientemente controladas e é irracional esperar que o design como um todo seja explicado de forma racional.”*²¹

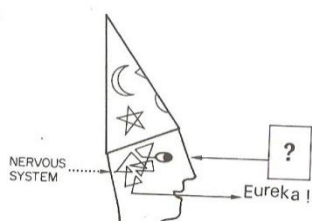


Fig. 4.1. Designer as magician

FIGURA 3- [Ilustra processo do pensamento do projetista, em que ele não tem percepção clara do seu raciocínio]

Fonte: JONES, Chris John, 1992, p.4

Caixa de vidro

Neste método, todas as ações dos projetistas são racionais e explicáveis. Tem como características principais: fixação de objetivos bem definidos, decisões são tomadas mediante análises, sínteses e estratégias de planejamento do processo pensadas de forma a obter uma otimização. O que gera processo de projeto, normalmente seqüenciais, mas que nesta seqüência pode ser retroalimentado por novas informações ou haver um desenvolvimento paralelo ou condicional.

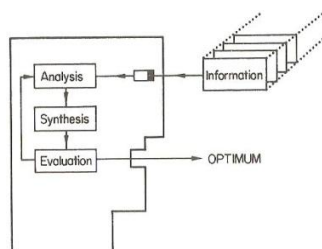


Fig. 4.3. Designer as computer

FIGURA 4- [Ilustra processo do pensamento do projetista no qual ele tem claro e organizado seu raciocínio]

²¹ It is therefore rational to believe that skilled actions are unconsciously controlled and irrational to expect designing to be wholly capable of rational explanation. p.46.

Fonte: JONES, Chris John, 1992, p.50

Sistema auto-organizado

Este processo é constituído por duas partes: uma concentrada na pesquisa por projeto viável e outra no controle e avaliação dos parâmetros de modelos. O objetivo é substituir uma procura cega que envolve uma quantidade muito grande de variáveis (a exemplo da caixa branca e preta) por uma pesquisa direcionada.

“(...) A condição essencial para esta detalhada avaliação ser alcançada é que o resultado de cada sub-ação da estratégia de projeto é testada se compatível ou incompatível com uma consequência desejada de estratégia de projeto como um todo.(JONES, Chris John, 1992 P.56)²² .

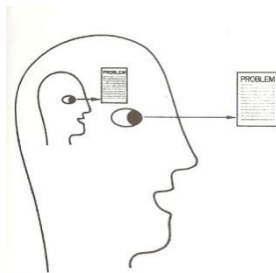


Fig. 4.5. Designer as a self-organizing system

FIGURA 5- [Ilustra processo do pensamento do projetista no qual ele usa o método racional conjugado com o intuitivo]

Fonte: JONES, Chris John, 1992, p.55

Contudo, Jones deixa claro que não existe um método único que consiga englobar todos os aspectos do projeto ou que a corrente intuitiva (black blox) seja melhor que a racional (glass blox). O que existe são tentativas e pesquisas na busca por racionalizar o processo, e nessa investigação resultaram muitos caminhos. Natural que tenha sido assim, uma vez que este momento representa apenas o começo de uma nova linha de pesquisa. O autor reuniu 35 métodos de projetos que estavam sendo investigados na época e coloca em seu livro uma espécie de manual na tentativa de incentivar uma mudança de postura na prática profissional dos projetistas. Sem embargo, faz um balanço bastante honesto e consciente desta fase. Pondera que estes métodos trouxeram uma pulverização do processo. Sustenta que nenhum deles é capaz de responder de forma satisfatória aos questionamentos propostos pela pesquisa, sendo necessário dois ou mais deles para concluir um

²² The essencial condition for this detailed evaluation to be achieved is that the outcome of each sub-action of a design strategy is shown to be compatible, or incompatible with desired consequences of the strategy as a whole.

projeto por completo e que não existe uma maneira de se aplicar integralmente experiências passadas. A cada novo projeto é preciso recomeçar a busca no processo de tentativa e erro, não sendo possível ainda a produção de um conhecimento sistematizado.

Todo esse esforço é uma tentativa de externalizar o pensamento do projetista de modo que outros envolvidos no processo, inclusive usuários, possam compartilhar experiências, conhecimentos e participar do momento decisivo que é a concepção do projeto. Além de deixar o processo menos abstrato e mais racional. Outro objetivo é automatizar certos procedimentos. É por isso que esse primeiro momento na pesquisa de métodos ficou marcado pela utilização de modelos, matrizes e diagramas matemáticos que poderiam ser transformados em linguagem de computador e promover a automatização do projeto. Jones atenta, contudo, que apesar de algumas relações terem sido compostas de parâmetros físicos que poderiam ser medidos, muitas outras não o eram. Muitos parâmetros de projeto são 'problemas mal resolvidos' ou situações complexas que podem ser interpretadas de várias maneiras, dependendo da experiência individual de cada projetista. É essa a crítica de Jones à automatização presente nos novos métodos.

*"(...) E, no entanto, muito fácil esquecer a conexão destas relações com o mundo real (existente ou possível) e se auto-enganar acreditando que qualquer coisa que possa ser desenhada como uma série de relações poderia ser também produzida."*²³ p62.

Apesar das críticas, Jones acredita que essas novas metodologias são úteis para promover uma reformulação do processo de projeto por desenho (ou tradicional) e expõe as principais pesquisas realizadas nesta área neste período. Ele seleciona 35 métodos, incluindo experiências próprias, e os descreve de forma a serem utilizados por outros interessados. Para isto, apresenta uma espécie de ficha de cada um contendo: título objetivo, resumo, exemplos, comentários sobre sua aplicação, recursos necessários para sua aprendizagem, tempo e custo envolvidos e referências.

²³ "It is, however, only too easy to forget about the relationship between the network and the real Word (existing or possible) and to deceive oneself into believing that whatever can be drawn as a network can also be produced." p.62.

O autor esclarece que o desenvolvimento tecnológico deve ser usado para incrementar o processo de projeto de modo a possibilitar uma conversa “*sobre tudo que poderia ser feito [projetado] para acontecer*”. Uma conversa porque deveria permitir a participação de todos, mesmo sem conhecimento prévio e um objetivo definido. Uma ponte entre técnicos e sociedade, entre passado (projeto por desenho) e futuro (novos métodos) de forma a permitir resultados inesperados e livres de pré-determinações. Seria apenas um dispositivo de ajuda e quando fosse mais valorizado do que isto perderia totalmente sua função e validade.

Ele conclui que a primeira tentativa nesse sentido tornou os métodos muito rígidos e, às vezes, até insensíveis às necessidades humanas, mas não deveriam ser descartados, e sim, aperfeiçoados. Serviram, também, de alerta para que os projetistas refletissem sobre novas possibilidades de projeto e sobre a tendência de tornar o processo concentrado em apenas uma pessoa, onde a primeira idéia gerada é desenvolvida sem a possibilidade de discussão com outros agentes envolvidos.

Lawson (1980) pactua com o pensamento de Jones quanto à rigidez dos métodos e à importância da iniciativa da primeira fase de pesquisa da área. Para o autor, o que motivou Christopher Alexander a escrever seu famoso artigo *Notes on the Synthesis of Form* (1964) foi a deficiência apresentada pelos projetos, em especial os de arquitetura. Neste artigo, Alexander propõe um método que permite aos projetistas enxergar, através de uma estruturação gráfica, os problemas não visuais do projeto. Reconhece a importância deste trabalho por ter influenciado o pensamento acadêmico de uma época. Mas argumenta que este tipo de abordagem não é adequada pela diversidade e complexidade dos problemas que envolvem o projeto. A contribuição crucial que Alexander teria propiciado seria a abertura irreversível da crítica e análise sobre o processo de trabalho do profissional.

Estas pesquisas acabaram perdendo o foco. A metodologia empregada para a racionalização das premissas do projeto eram tão complexas e abstratas que se tornaram pouco aplicáveis na prática. Discutiu-se sobre o próprio processo, mas o objetivo do projeto, que é dedicar-se a pensar sobre as necessidades humanas, foi negligenciado. Essa insatisfação se torna clara com a saída de Christopher Alexander e J. Christopher Jones, principais referências desta época, deste campo de pesquisa.

Voltando a Nigel Cross (2007), os anos 70 foram marcados por três fatores essenciais: 1.º) a proposta feita por Horst Rittel's de dividir os acontecimentos sobre métodos em gerações (deste modo, os anos 60 representariam a primeira geração marcada por limitações e simplificações inerentes à fase inicial de qualquer atividade); 2.º) o lançamento do conceito do problema mal-estruturado (wicked problem) proposto por Rittel e Webber, em 1993, significando que no projeto e no planejamento os problemas não podem ser objetivados de maneira precisa, razão pela qual é inadequado o emprego de técnicas de engenharia e metodologias científicas na sua solução; 3.º) a tentativa de diminuir a onipotência dos projetistas percebida através da adoção de processos participativos que envolvam clientes, usuários e a comunidade.

Os anos 80 exprimiram a consolidação deste campo, firmando-se como uma disciplina coerente de estudo com questões específicas e caminhos próprios para investigá-los. Despontam a criação dos seus primeiros jornais: *Design Studies*, em 1979; *Design Issues*, em 1984; *Research in Engineering Design*, em 1989; *The Journal of Engineering Design* and the *Journal of Design Management*, em 1990; *Languages of Design*, em 1993 e o *Design Journal*, em 1997.

O campo da engenharia e certas áreas do projeto industrial ganharam força neste período. O desenvolvimento desta metodologia é sublinhado por uma série de conferências internacionais. Em um primeiro momento, despontam a Alemanha e o Japão. Posteriormente, os Estados Unidos que também efetua progressos nesta área com a criação de importantes grupos de pesquisa *Design Methods Group* e *The American Society of Mechanical Engineers (ASME)*.

Dois livros escritos no início dos anos 80 destacaram-se e tornaram-se referência. O primeiro *How Designers Think? (1980)*, escrito por Bryan Lawson, acredita que a solução racional para o projeto pode emergir a partir de uma análise racional entre as diversas variáveis envolvidas. O segundo, *The Reflexive Practitioner*, escrito por Donald Schon em 1983, tem uma concepção construtivista, onde considera que a solução para um problema técnico²⁴ é encontrada em função da relação entre o profissional e a situação única, com a qual ele se depara.

²⁴ No livro *The Reflexive Practitioner*, Donald Schon não se limita ao projeto, mas é uma reflexão mais ampla sobre as profissões técnicas.

Lawson (1980) continua na linha da desmistificação do processo de projeto, mas faz uma crítica à linha de pensamento anterior e sua produção de mapas e matrizes matemáticas para expressar as premissas. Para ele, o projeto não é uma seqüência linear onde cada parte pode ser claramente identificada.

Seu argumento é que o projeto pode (e deve) ser melhorado através de uma análise minuciosa dos vários tipos de problema a serem enfrentados e suas relações.

“Essa análise será baseada na investigação dos geradores dos problemas de projeto que geram o projeto, seu domínio de responsabilidades e de suas funções. Baseado neste estudo, nós devemos ser capazes de agrupar os componentes que originam um modelo, o que nos permitirá entender a natureza dos problemas de projeto em todas as suas variações.” (LAWSON 1980 p.83)²⁵.

Apesar do modelo oferecido para solucionar as contradições encontradas nas atividades de projeto apresentar limitações; sua análise da estrutura do processo de projeto, assim como análise da função do desenho e do profissional permanece atual e pertinente. Essa linha de pensamento foi usada por Oxman (2005)²⁶ como um dos parâmetros para balizar as diferenças entre o processo digital e o tradicional.

Schon (1983) faz uma crítica ao conhecimento profissional e destaca o distanciamento entre academia e prática profissional. Argumenta que existe um conhecimento intuitivo na prática que precisa dialogar com o conhecimento acadêmico para que este fique menos burocrático. E introduz o conceito ‘reflection-in-action’, onde novas possibilidades são descobertas a partir de uma situação única e incerta e são resolvidas pelo esforço do profissional em mudá-las. Mas nessa tentativa ele percebe que a própria mudança também é uma maneira de entender a

²⁵ (...) This analysis will be based on an investigation of the generators of design problems, their domain of concern and their function. From this study we shall be able to assemble the building blocks which make up a model enabling us to understand the nature of design problems in all their variations.

²⁶ Prior research in design methodology and design thinking has frequently been centered on the analysis and formal modeling of behavioral, procedural and the cognitive activities of designing (Cross, 1984, Mitchell, 1990, Lawson, 1997). Certain of these leading studies may now provide a sound basis for identifying, comparing and transfiguring the differences between conventional paper based design and mediated design environments.

situação proposta. Assim, o mecanismo se caracteriza pela apreciação, ação e reapreciação.²⁷

Por fim, as décadas de 1990 a 2010 assinalam a internacionalização do campo, marcado pelo surgimento de novos jornais (*The Design Journal*, *the Journal of Design Research* e *CoDesign*), o crescimento de conferências e a aliança entre *Design Research Society* e *Asian Design Research Societies*, criando a *International Association of Societies of Design Reserach*, em 2005

A instituição de um campo de pesquisa como o foco no processo de projeto sugere a existência de falhas no processo a serem solucionadas. Contudo, verificou-se que nessa trajetória destaca-se mais a tentativa de resolução dos problemas dentro do próprio processo do que a alteração de sua estrutura. Seja na tentativa de prever as respostas projetuais por meio de matrizes matemáticas características da 1ª geração, ou na procura da melhor solução para um problema de natureza mal formulado da 2ª geração. Até mesmo na ação refletida proposta por Schon apoia-se na forma tradicional de projetar. Essa quebra de paradigma só começa a ser experimentada com o suporte dado pela inserção de ferramentas digitais mais avançadas.

5. A INTRODUÇÃO DA INFORMÁTICA NO PROCESSO DE PROJETO

De fato, a introdução da informática no processo de projeto coincide com a primeira fase da pesquisa de métodos na década de 60 na tentativa de usar algoritmos e matrizes matemáticas para racionalizar o projeto. Desde então, a informática vem influenciando a prática profissional dos projetistas. Um trabalho seminal na conceituação do termo CAD é a tese de Ivan Sutherland que, em 1963, introduziu conceitos (como interatividade, projeto modular, modelo de objeto orientado) que influenciaram não apenas a arquitetura como a engenharia em geral e que ainda hoje são pertinentes. Em 1977, o livro *Computer Aided Architectural Design* (CAAD), escrito por Mitchell, descreve o desenvolvimento do campo neste

²⁷ In this reflective conversation, the practioner's effort to solve the reframed problems yields new discoveries wich call for new refection-in-action. The process spirals throught stages of appreciation, action, and reappreciation. The unique and uncertain situation comes to be understood throught the attempt to change it, and changed throught the attempt to understand it.

período e insere os princípios do CAAD, demonstrando a grande significância do termo.

Baseamo-nos na esquematização feita por Hanuu Penttila (2006) para descrever a evolução do processo de substituição da prancheta e adoção do computador como ferramenta da prática profissional. O autor explica que esta pode ser dividida em três fases. Acrescentaremos, porém, algumas adaptações em relação à caracterização original por pensarmos que haverá uma contribuição que proporcionará um melhor entendimento de tais etapas:

1980-85 - era que representa os últimos dias do projeto feito à mão, inicia-se a adoção do sistema CAD. Caracteriza-se pela predominância da produção dos projetos em papel manteiga e vegetal, das reuniões presenciais e dos documentos enviados pelo correio ou com mensageiros.

1993-98 - os profissionais consolidam a substituição da prancheta pelo uso dos programas de CAD, que se tornam uma realidade irrefutável e irreversível impulsionada, principalmente, pela popularização dos computadores e impressoras. Além de contar com a facilidade provocada pela semelhança conceitual entre a metodologia tradicional e a dos programas de CAD. Refletido, também, na rotina operacional que os projetos apresentam nos escritórios. As pranchas de projeto continuam sendo enviadas em papel através do correio ou mensageiros, porém as cópias de projetos foram substituídas por plotagem ou impressões. Essa situação era reforçada pelos problemas causados pela incipiente internet, que ainda era lenta e o envio de arquivos 'pesados' era complicado.

2000-05 - o desenvolvimento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), inclusive da internet, geraram novas possibilidades que influenciaram toda a sociedade. Os projetistas não seriam exceção. A comunicação e o envio de documentos, inclusive de pranchas de projeto entre profissionais, passou a ser feita através do formato digital. Os celulares, notebooks, datashow, permitiram novas modalidades de trabalho colaborativos ou reuniões onde os profissionais não precisavam ocupar o mesmo espaço físico para realizar trabalhos. Em outra vertente, o aperfeiçoamento dos computadores e desenvolvimento dos softwares levou muitos profissionais e acadêmicos a pesquisarem novas alternativas para o processo de projeto digital como veremos posteriormente.

Como mencionado acima, a ampliação e enriquecimento das TICs foram responsáveis pelo remodelamento da sociedade contemporânea, representando um capítulo à parte neste processo, uma vez que revolucionou tanto a prática quanto o processo do projeto. Schimitt (1999) demonstra como a informação cada vez mais está se tornando uma das principais ferramentas da arquitetura. Para o autor, a informação deveria ser declarada contemporaneamente como a quinta dimensão da arquitetura. Essa informação poderia ser classificada em quatro categorias:

“(1) a informação que está na memória do projetista que influencia diretamente em seu projeto; (2) a informação externa que se formaliza através de referências externas; (3) informação gerada no processo de projeto e construção em si mesmo, e (4) a informação que surge durante a vida útil do edifício.” (SCHIMITT, 1999) p.9, 10²⁸.

O advento da computação propiciou a troca de enormes volumes de dados além de disponibilizar toda uma gama de informações a disposição dos profissionais para serem usadas na elaboração do projeto. Outra vertente viabilizada pela computação é a possibilidade de experimentação seja no uso de formas inusitadas ou estilos inovadores de projetar.

“Este parece ser o caso das Tecnologias da Informação e Comunicação - TICs em nossos dias, pois, ainda que seu desenvolvimento e aplicação intensiva tenham imposto a todas as categorias profissionais e à sociedade em geral, a necessidade de absorção de novas habilidades nesta matéria, essa absorção tem se dado de forma tão intensa e voluntária que se poderia dizer que, atualmente, assim como a eletricidade, as TICs, permeiam todas as atividades humanas, sem que os próprios usuários a percebam.” (NARDELLI, 2007) p.29.

Esta afirmação evidencia como as TICs desempenham um papel fundamental na sociedade atual e se irradia por todos os campos. Na arquitetura, novas formas de projetar foram potencializadas. A criação do espaço virtual implementou a quebra de paradigma do tempo e espaço tradicional. Algo que gera novas oportunidades na arquitetura: não apenas na necessidade de projetarmos ou tiramos partido deste ciberespaço, como também na medida em que essas novas

²⁸ This information can be classified in four categories: (1) information residing in the designer's memory, directly influencing the design, (2) information from outside, formalized external references, (3) information generated in the design and construction process itself, and (4) information coming into existence during the lifetime of the building.

ferramentas afetam o cotidiano das pessoas e, conseqüentemente, as premissas de projeto.

Outro vetor desta influência é o desenvolvimento de novos produtos de tecnologia digital que estão dando suporte a pesquisas de vanguarda e viabilizando a execução de obras até então inexecutáveis.

“Para Kolarevic (2003) [apud Nardelli (2007)], não resta dúvida: uma nova arquitetura está emergindo da revolução digital, ao encontrar sua expressão em formas curvilíneas de alta complexidade que, pouco a pouco, vão se incorporando às principais tendências.” (NARDELLI, 2007) p.29.

Estes recursos inéditos disponíveis aos arquitetos viabilizam inúmeras possibilidades que vão além da mera automatização de desenhos técnicos. Permitem um processo de projeto inovador independente das representações e capazes de compilar várias condicionantes projetuais complexas, de modo a obter uma melhoria na qualidade dos objetos arquitetônicos. Porém, para que isso aconteça, é necessário que os profissionais consigam quebrar o paradigma do processo de projeto tradicional renascentista.

5.1 A primeira geração das ferramentas digitais aplicadas à arquitetura

No contexto deste trabalho, abordaremos a utilização da informática na arquitetura em duas fases. Para fazer esta distinção nos baseamos na busca pela quebra do paradigma da representação apresentados pelos autores como uma característica importante capaz de promover uma investigação pela reformulação da metodologia tradicional.

A primeira geração é marcada pelo predomínio dos programas CAD que possuem como característica básica a semelhança com o modelo originado na Renascença, onde o objeto a ser construído é representado por desenhos e tem a pretensão de ser a projeção real daquilo que será construído. A segunda geração tem como característica a tentativa de quebra deste paradigma, explorando as potencialidades inerentes ao computador como ferramenta de concepção de projeto, onde o projetista interage com a máquina de modo a obter a melhor solução a partir de inputs dados, mas os resultados (outputs) não são inicialmente previsíveis.

Sabemos que atualmente os programas tipo CAD dominam o mercado de softwares para projetistas. Uma das explicações para este fenômeno está associada à influência das grandes companhias de softwares que lançam no mercado os

produtos que são mais convenientes comercialmente. Estes são absorvidos pelos profissionais de forma quase automática, sem uma análise crítica que balize sua opinião, ficando a cargo da academia esta tarefa.

Apresentaremos, a seguir, um quadro-resumo da evolução desta indústria para entendermos de que forma ocorreu o desenvolvimento dos softwares desde os primeiros programas de CAD até softwares paramétricos, e os que utilizam o conceito do BIM, que nos últimos anos têm ganhado muita repercussão tanto na área acadêmica quanto na prática profissional. Fenômeno provocado principalmente pelo marketing da indústria, o qual divulga os resultados “maravilhosos” que vêm sendo alcançados por projetos derivados da utilização de seus softwares. É preciso, porém, analisar criticamente esses lançamentos para verificarmos até que ponto estas facilidades oferecidas representam uma melhoria efetiva na atividade de processo de projeto, na qualidade final do objeto construído e no cotidiano dos profissionais.

QUADRO 1 – Evolução dos programas CAD

350 a.C - o matemático Euclides de Alexandria escreve o livro The Elements, tratado que seria utilizado anos mais tarde como embasamento teórico para criação dos programas CAD.

1957- Dr Patrick J. Hanratty lança um software comercial CAM (Computer Aided Maching) chamado PRONTO.

1963- Ivan Sutherland apresenta como parte de sua tese de PhD no MIT um dispositivo chamado sketchpad que pode ser considerado como o precursor dos programas CAD. Neste dispositivo o usuário interage graficamente usando uma caneta de luz para desenhar no monitor do computador. Considerado como primeira pesquisa de alcance mundial.

Devido ao alto custo dos computadores deste período somente as grandes empresas eram usuárias do software, especialmente a indústria de aviões e automotiva.

A primeira geração de programas era tipicamente 2D e foi desenvolvida por pesquisadores universitários.

Em meados da década 60, Digigraphics lançou o primeiro software CAD comercialmente viável.

No primeiro momento, as pesquisas se concentram nos Estados Unidos, mas por volta de 65, trabalhos de pesquisadores europeus começam a aparecer, inclusive com desenvolvimento na área 3D com curvas complexas e modelamento de superfície.

Fim dos anos 60, começo dos 70, inicia-se um processo de deslocamento da produção de pesquisa que passa da área acadêmica para a comercial. Muitas companhias de desenvolvimento de software CAD são estabelecidas. Como por exemplo, Auto Trol, MCS (Manufacturing and Consulting Services), Computervision. Paralelamente pesquisas eram realizadas também por grupos internos as grandes companhias como Ford (PDGS), General Motors (CADANCE), Mercedes-Benz (SYRGO), Nissan (CAD-I). O mais famoso e que continua a ser usado ainda hoje é o CADAM (Computer Augmented Drafting and Manufacturing), criado pela equipe da Lockheed Companhia de Aviação.

1977, a companhia de aviação Marcel Dassault desenvolve o programa 3D chamado CATIA com base no CADAM, da qual tinham comprado a licença em 1975.

Cresce o interesse e a pesquisa no software 3D durante toda a década de 70. Dois grupos distintos se formaram: Charles Lang (Universidade Cambridge) realizou pesquisa na aplicação do conceito b-rep (B Baumgart) que obteve como resultado o programa BUILD solid modeler, o primeiro que empregou a representação verdadeira de bordas e ferramentas de modelamento.

Herb Voelcker (Universidade de Produção e Automação Rochester) focou sua pesquisa em GSG Solid Modeling que resultou em 78 no PADL (Part and Assembly Description Language) que serviu como embasamento de muitos softwares que foram lançados somente no início dos anos 80.

O incremento do hardware ocorrido nos anos 80 permitiu que computadores mais potentes fossem vendidos por

menores preços, incentivando o uso do software entre os projetistas. Fato que impulsionou e deu um novo horizonte para a indústria do software.

Num período de 9 anos (1970-79), o mercado de software CAD e hardware apresentou um crescimento extraordinário, passando da soma de \$25mi para \$1Bi, atraindo cada vez mais investidores e estimulando a competição entre os fornecedores.

O lançamento de um novo processador - o UNIX provocou uma nova onda de aperfeiçoamento dos hardwares. Máquinas de alta performance que permitiam um melhor processamento de aplicativos para engenharia e ciência. Muitos lançamentos nesta área marcaram época: a IBM lançou o primeiro PC, em 1981, Bentley System lançou o Microstation, em 1984 e Apple o primeiro Macintosh, em 1985.

Durante todos os anos 80, essa nova geração de computadores e a emergência dos programas de rendering alteraram o mercado de software.

A AutoCAD foi criada em 1982, alcançando logo nos primeiros anos uma fatia significativa do mercado, mas não fazia frente as demais empresas porque era voltada aos PCs e estas ainda não trabalhavam com o sistema UNIX.

Diehl Graphsoft lançou, em 85, o Minicad para Macs e rapidamente se tornou campeã de vendas.

Romulus b-rep solid modeler, fruto do grupo de pesquisa de Ian Braid e Charles Lang, foi lançado em 1981 como o primeiro programa comercial de projeto 3D que trabalha em conjunto com programas de CAD.

Em 1984, foi criado na Europa PDES (Product Data Exchange Specification) para atender às novas solicitações feitas ao software de CAD para gerenciamento de características do banco de dados do produto tais como: propriedades dos materiais, acabamentos, tolerância de engenharia, etc.

Em 1985, A Parametric Technology Corp (PTC), um novo fornecedor de software 3D, agita novamente o mercado e lança o PRO/Engineer.

O PRO/Engineer foi pensado para tirar o melhor proveito da tecnologia UNIX e se destacou no mercado pela interface amigável e funcional que proporcionou ao usuário melhorar a velocidade do modelamento do sólido. Neste contexto, as empresas concorrentes, de repente, passaram a ter produtos obsoletos, lentos e até 'desajeitados' aos olhos dos usuários.

grandes companhias, durante da década de 80, adotaram a estratégia de desenvolver o software em intercâmbio com os programas comerciais. Essa estratégia beneficiou o mercado através de resultados positivos que estas experiências trouxeram. Um exemplo foi da Boeing, que utilizou os programas do TIGER 3D CAD e o comercial CATIA para desenvolver o projeto do Boeing 777. Este método resultou em um projeto sem papel e com a utilização da ferramenta PDM (Product Data Management) para o gerenciamento dos bancos de dados sobre o produto. O que possibilitou economia e redução do tempo de projeto.

Como reação ao PRO/Engineer, John Owen e sua equipe projetaram o Parasolid, usado pela Dassault para o lançamento, em 1989, do programa UG/Solids. Ian Braid e Charles Lang devolveram o ACIS solid modeling kernel e os pesquisadores japoneses, que também tinham acesso ao mercado americano, criaram o DesignBase solid kernel que utilizavam Gregory superfases (em oposição aos NURBS). Começa, então, uma guerra entre fornecedores.

Devido a grande concorrência nos anos 90, os softwares estavam muito parecidos entre si. Consequentemente os preços baixaram, o que possibilitou até as pequenas empresas incorporarem o modelamento em seus softwares. Em 1993, uma pequena empresa chamada Solid Works começa a operar.

Em 1994, dois lançamentos do sistema 32 bit para PCs: um pela Microsoft utilizando o Windows NT e outro pela Intel, com sistema Pentium Pro chips promove nova reviravolta no mercado. A Autodesk 2D, apoiada por estes lançamentos e sua popularidade (que já tinha vendido um milhão de licenças) lança o Autocad Release 13 com funções 3D baseado no ACIS mais barato que os demais, mas com desenvolvimento satisfatório.

Em 1995, a Solid Works obriga mais uma vez que seus concorrentes façam uma reformulação em seus softwares. Lança o programa SolidWorks 95 3D CAD, que possui 80% da eficiência do PRO/Engineer, mas custando apenas 20% de seu valor.

A reação provocada não envolveu uma alteração dramática de suas plataformas como na ocasião do lançamento do PRO/Engineer, mas forçou que as empresas tomassem uma decisão entre a utilização entre o sistema UNIX ou Windows NT e adaptassem seus programas. O Windows NT foi o escolhido, porque seu desempenho havia crescido muito com o aprimoramento de ferramentas como o MFC, Visual C++, etc, E também era a opção mais barata. Combinação que conquistava os usuários.

Pressionada, a Autodesk lança em 1996 seu primeiro full-function 3D modeling CAD – Mechanical Desktop. Torna-se rapidamente a número um em vendas no mundo.

A ferramenta PDM trouxe a oportunidade para que as empresas de softwares se renovassem. Uma vez que os programas CAD 3D ficaram muito parecidos entre si. E para conseguir alcançar uma inovação, ficou mais difícil a demanda por investimentos maiores. Além disso, nos anos 90 aconteceu um aumento de mais de 20% por ano das vendas deste tipo de produto e os lucros chegaram a \$1,1 bi em 97.

No fim dos anos 90 e início dos 2000 não houve nenhuma inovação tecnológica que rompesse paradigmas e promovesse uma mudança repentina no mercado. O que caracteriza esta época foram as seguintes tendências: a aquisição e consolidação de empresas, a disputa para dividir o mercado de PDM e a corrida para oferecer produtos que possibilitassem o compartilhamento pela Internet

Fonte: elaborado pela pesquisadora baseado no site www.cadazz.com

Analisando o quadro, podemos constatar que o desenvolvimento da informática destinada à arquitetura está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento do mercado de hardware e software, embora tenha se iniciado como fruto da pesquisa acadêmica durante os anos 60. A partir dos anos 70, o desenvolvimento destes aplicativos foi marcado, principalmente, pelas respostas positivas geradas pelo emprego destes softwares no desenvolvimento de projeto de novos produtos nas indústrias da aviação e automobilística traduzido em lucro nas linhas de produção. Ao longo do tempo, essa influência se amplia e engloba, não só os resultados positivos obtidos pela indústria (atualmente pela indústria da construção civil), mas também pela disputa interna entre os fornecedores para conquistar fatias cada vez maiores de mercado pautadas ainda nos últimos lançamentos de hardware e das TICs.

Analisando a linha de desenvolvimento dos programas CAD fica evidenciada a busca pela melhoria da produtividade no processo de projeto, produzida em ferramentas que visem a automatização de desenhos. São raras, no entanto, encontrar ferramentas de auxílio ao projeto propriamente dito, com foco na qualidade objeto arquitetônico construído. Mesmo que essas qualidades estejam incluídas no discurso de promoção destes produtos.

Percebemos como essas características se refletem na prática profissional que marcam a primeira fase da computação aplicada à arquitetura. Nesta etapa, não houve a preocupação, por parte dos profissionais, em explorar de forma mais especulativa a utilização do computador na arquitetura. Ao contrário, este foi um fator facilitador para a consolidação da metodologia tradicional. Como os programas de CAD não representaram uma ruptura no modo de projetar renascentista, tornaram-se, apenas, pranchetas eletrônicas que promoviam a continuidade do raciocínio. Os programas de CAD vêm ganhando força com o desenvolvimento das ferramentas de rendering proporcionadas pela computação gráfica e, posteriormente, pela realidade virtual que permitem a criação de maquetes eletrônicas cada vez mais reais. De uma maneira geral, são usados apenas para a produção de maquetes eletrônicas e de imagens realísticas de apresentação para clientes ou para peças publicitárias. Tendência que pode ser entendida sob o prisma da supervalorização da imagem na qual a sociedade pós-industrial está mergulhada.

Vários programas específicos para esta função surgiram no mercado. Para citar os mais populares: 3D Studio Max, Photoshop, Rhino3D, CorelDraw e, mais recentemente, SktechUp.

O conceito da realidade virtual foi criado há pelo menos 20 anos, porém sua aplicação na arquitetura de forma expressiva é mais recente (cerca de 10 anos). Este termo foi criado por Jaron Lanier, em 1989, para designar as interações imersivas entre o mundo físico e aquele criado digitalmente. Esta tecnologia teve como precursores os simuladores de vôos criados pela Força Aérea Norte-americana na década de 50.

“(...) nós estamos falando de tecnologias que usam roupas computadorizadas [óculos e luvas] para sintetizar a realidade compartilhada. É recriar nossa relação com o mundo físico em um novo plano nem mais nem menos.”²⁹

A partir deste momento, o conceito de realidade virtual tem sido empregado em grande escala para designar a criação de uma realidade específica ou a simulação de uma condição existente por meio do computador

Mas é preciso deixar claro, como coloca Baltazar dos Santos (2005), que:

Virtual e digital não são sinônimos, embora o termo virtual seja bastante usado para qualquer coisa digital. Virtual não é necessariamente digital, embora possa ser. E o digital, na maioria das vezes, não é virtual.

(...) Para Lévy, existem duas ordens para as coisas: uma da substância, em que estão situados o potencial e o real, e uma do evento, onde estão situados o virtual e o atual. Porém, ambas as ordens permeiam todas as coisas, se concordamos que estas existem em suas relações com o mundo e não como objetos absolutos. Assim, podemos identificar as duas ordens atuando também na arquitetura.

(...) Quando projetamos espaços geralmente pré-definimos suas possibilidades de uso deixando muito poucas alternativas para usos que não foram pré-determinados. Assim, estamos, no mínimo, limitando muito, senão desconsiderando totalmente, a virtualidade da arquitetura, por estarmos preterindo do projeto eventos que não foram definidos a priori. Porém, podemos projetar espaços-eventos, ou seja, espaços virtuais. Podemos vislumbrar tanto um processo de projeto quanto uma arquitetura que sejam verdadeiramente virtuais, que sejam pensados como processo aberto estabelecendo continuidade entre projeto e uso, e não como produto acabado estabelecendo ruptura entre projeto e uso.

O campo da simulação, embora não seja uma aplicação clássica de realidade virtual uma vez que não envolve a imersão, também vem afetando a arquitetura em pesquisas sobre processos de projeto alternativos como veremos posteriormente.

²⁹ We are speaking about a technology that uses computerized clothing to synthesize shared reality. It recreates our relationship with the physical world in a new plane, no more, no less.

Ao mesmo tempo em que assistimos a uma exaltação das inovações tecnológicas, vivemos um momento de desconfiança em relação à eficácia dos programas de CAD, principalmente junto ao meio acadêmico.

Schmitt (1990) atenta para o fato de hoje em dia existir muita tecnologia disponível aos arquitetos, porém estes a usam de maneira inadequada. Deveriam explorar mais as possibilidades que estas ferramentas oferecem para aprimorar o processo de projeto ao invés de usá-las somente como canetas eletrônicas.

Outros autores seguem a mesma linha de crítica ao uso tradicional dos programas de CAD e defendem o uso da metodologia do BIM, que em nosso ponto de vista apresenta melhorias, mas ainda está preso ao processo de projeto tradicional.

“Sejam capazes de representações mais simples ou mais complexas, os programas CAD e CAAD são programas que representam a ‘imagem’ ou a geometria dos edifícios, ao passo que os programas BIM são simuladores de edifícios.” Kieram, Timberlake (2004) apud Vincent, Charles (2006, p.237).

Segundo Ayres e Scheer (2007) o CAD geométrico não apresenta nenhuma vantagem sobre a prancheta, uma vez que seu processo é baseado na produção de desenhos que não têm conexão entre si e gera um percentual de erros muito grande.

Hanna e Tuner (2006), professores e pesquisadores da *University College London*, escrevem um artigo em que discutem a importância do arquiteto em manter uma estreita relação do processo de projeto com a execução. Para alcançar este objetivo, os profissionais devem alinhar-se à orientação atual do uso do processo de projeto digital. Acreditam que o CAD tradicional deve ser substituído por softwares gerativos que privilegiem a capacidade de geração da forma pela interpretação e análise de problemas de projeto e não apenas pela geometria da forma.

Paralelamente ao desenvolvimento dos softwares de CAD, a academia vem pesquisando o uso alternativo do computador como ferramenta ativa no processo de planejamento. E muitas vezes, essas pesquisas são a base destas novas tendências apresentadas contemporaneamente. Apresentaremos, então, a trajetória do trabalho do pesquisador inglês John Frazer como forma de explicitar as raízes das pesquisas que foram divulgadas recentemente.

Frazer não se preocupava apenas com o desenvolvimento do software em si, mas sentia a necessidade de aprimorar a interface entre o usuário e o hardware. Sua primeira tentativa nesta área foi o Intelligent Physical Modelling, que se constituía de uma ligação por meio de componentes eletrônicos entre uma maquete física e um computador. Foram desenvolvidas técnicas de investigação para esses componentes que permitiam o uso dessas informações na construção de um modelo virtual. Em 1980, trabalhou no desenvolvimento de um cubo autorreplicante, onde demonstrou que era possível operar em 3D empregando técnicas eletrônicas diferentes. Cada face do cubo reconhecia sua vizinha e lhe mandava uma mensagem informando que a tinha encontrado e onde. A luz obtida pelos diodos permitia saber o caminho que essas informações tinham percorrido para construir suas interconexões. O próximo passo foi reduzir consideravelmente o tamanho do dispositivo.

“Isto significava que era possível construir um modelo arquitetônico com um tijolo de brinquedo e interrogá-lo através de um processador de controle: o resultado foi um modelo virtual do qual desenhos completos, perspectivas e cálculos poderiam ser produzidos.” (FRAZER, JOHN, 1995) p.39 30.

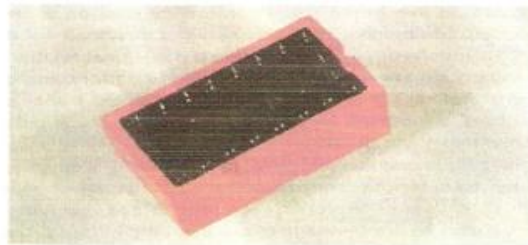
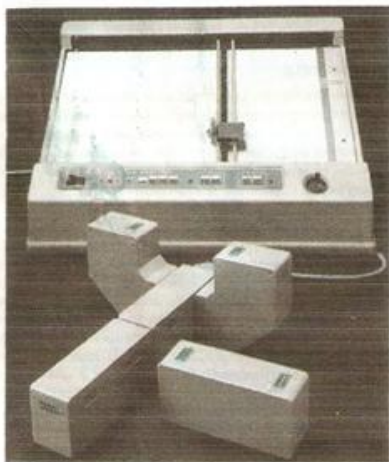


FIGURA 6: [Primeiro modelo do Intelligent Physical Modelling (à esquerda)]

[Redução do modelo, à direita]

Fonte: FRAZER, John, 1995, p.39

³⁰ This meant that it was possible to build an architectural model with toy bricks and interrogate it by means of a controlling processor: the result was a virtual model from which complete drawings, perspectives and calculations could be produced.

Em 1990, foi construída uma versão mais ambiciosa do dispositivo do cubo, chamado The Universal Constructor. Mais que uma representação mais precisa, suas características possibilitavam representar qualquer coisa e em qualquer escala. Cada célula tinha 12x12 como base e a mesma estrutura nos cubos verticais com 12 níveis para armazenamento. Criando um espaço de 12x12x12x256 que eram monitoradas pelo processador por 8 emissores de luz de diodo (LEDs). Assim, 8 bits de códigos poderiam ser usados para mapear qualquer forma ou estrutura e condições ambientais como o vento ou o som. Foi usado como um instrumento para defender uma nova forma de projetar e provocou atenções quando apresentado para a Architectural Association no Reino Unido, em Groningen e Tokyo.

Voltando a pesquisa de software, Frazer apresenta conceitos da computação que mais tarde seriam usados na aplicação de softwares para a arquitetura. Polyautomata, um ramo da teoria computacional que estuda a multiplicidade de interconexões de autômatos, atuando em paralelo para formar uma automação completa. Essa teoria se divide em:

Cellular automata – uma classe especial da Polyautomata que se interessa pela compreensão de como estruturas complexas podem se originar a partir de regras simples. O estado de uma automação inteira é determinado pelo estado do instante anterior onde a transmissão de regras é feita de modo sincronizado a todas as células de maneira igual e ao mesmo tempo, de forma análoga a um pulso de relógio. Existem regras que afetam as células localmente e outras que afetam o comportamento global do sistema. Tecnicamente, pode ser considerada uma classe de computador.

Self-Replicating Automata – um de seus principais nomes, John Von Neumann, investigou a capacidade da automação de replicar autômatos físicos em si mesmo e originar cada vez formas mais complexas. Ou seja, sua intenção era projetar um edifício que se autoprojetasse a partir dos autômatos. Porém, sua idéia ficou somente no papel porque embora tenha pensado num dispositivo para este fim, era muito complexo e inexecutável.

Foi a partir destas ferramentas que surgiram as primeiras técnicas evolutivas. Adaptive models – foi a primeira estrutura teórica desenvolvida a requerer uma base biológica. John Holland propôs uma base matemática na qual um grupo de

estruturas apropriadas a um campo de interesse usava todas as possibilidades combinatórias dos elementos (cromossomos) para responder às necessidades de um ambiente pré-definido. O plano era que nessa tarefa elas passassem por um sistema de mutações estruturais para se adaptarem às mudanças do ambiente e que as performances das diferentes estruturas pudessem ser medidas.

Genetic Algorithms – caracteriza-se por uma estrutura em seqüência semelhante ao modelo do cromossomo encontrado na natureza. Representa uma forma codificada que controla os parâmetros que são investigados. Sua estrutura permite que a procura não seja simplesmente randômica ou focada em uma solução ideal apenas, mas a pesquisa é feita usando o potencial das populações.

Classifier Systems – o foco muda da pesquisa por uma solução ideal para a produção de uma população que responda de forma satisfatória aos inputs específicos que foram delimitados.

Conflicting Criteria – algoritmos genéricos são inicialmente desenvolvidos para solucionar problemas científicos que requerem pesquisa e otimização de técnicas que demandam precisão quanto as suas aplicações. A seleção dos cromossomos é baseada na simulação de suas performances de acordo com determinados critérios, onde serão selecionados aqueles que obtiverem os melhores resultados (seleção natural).

Em um primeiro momento, essas técnicas não tiveram uma aplicação prática expressiva devido, principalmente, à limitação dos recursos computacionais, mas comprovaram a viabilidade desta estrutura teórica. A combinação entre essas técnicas permitiram a construção de modelos evolucionários mais elaborados. A última versão do modelo evolucionário apresentada por John Frazer foi uma tentativa de tornar mais complexos os critérios de seleção e incluir de forma efetiva os parâmetros ambientais. Para isto, entre 1991 e 1992, experimentou uma interação maior entre o modelo e o ambiente por meio de antenas que captasse ou recebessem informações. Estas informações alimentariam o modelo ambiental originalmente simplificado com formulações de respostas baseadas em um algoritmo evolucionário. O código genético que origina as populações é desenvolvido em modelos abstratos apropriados para a evolução em um ambiente simulado. Os modelos abstratos podem ser, então, externalizados para análise ou prototipagem a qualquer momento. O autor explica que para a realização desta técnica foi

necessário estabelecer um ambiente computacional adequado para modelar sem escala qualquer estrutura, espaço ou ambiente (Universal State Modeller) “essa propriedade recursiva permite hierarquias de complexibilidade serem descritas em um mesmo espaço lógico”.³¹ Uma base de dados (datastructure) composta por uma unidade lógica constituída de pontos arranjados geometricamente, sem dimensão e igualmente distribuídos, chamada “mote” (partícula), que carregam as informações sobre a localização e a relação entre os demais pontos que são repassadas aos vizinhos. Esta estrutura pode se estender de forma indefinida e compor outras que envolvam uma estrutura ou objeto particular que poderá afetar o ambiente. Isto significa que o comportamento e a performance desta estrutura pode ser modelada por um ambiente particular.

Em outras palavras essas estruturas básicas (motes) podem se agrupar e estabelecer novas configurações espaciais, gerando uma nova unidade hierárquica lógica. É estabelecido um roteiro para que as informações determinem certas características desejadas, uma espécie de código genético ou ‘semente’. E, como tal, podem sofrer mutação, serem fertilizadas e/ou multiplicarem-se em resposta a regras internas ao próprio código genético e a pressões exercidas pelo ambiente. Estas regras podem afetar o comportamento apenas de um “mote” ou afetar o modelo de uma maneira global.

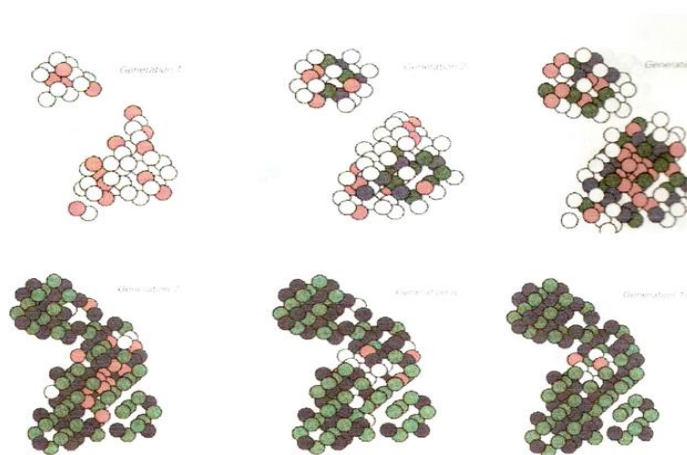


FIGURA 7: [Diagrama datastructures – exemplo de utilização - pesquisa de Frazer e Peter Graham de uma viga artificial emergente]

Fonte: FRAZER, John, 1995, p.98 e 100

³¹ This recursive property allows hierarchies of complexity to be described em the same logical space”p.83

Existe ainda uma linguagem genética (Genetic Language), uma hierarquia mais abrangente que fornece a sintaxe de todo o modelo, gerenciando desde o código binário das células até roteiros genéticos inteiros para todos os requerimentos esperados. É importante deixar claro que o código genético não é usado para definir fenótipos, mas constituem instruções que descrevem os processos que definirão os fenótipos do prédio.

John Frazer defende uma nova alternativa para o método de trabalho, onde se privilegiam as relações lógicas inerentes ao modelo de prédio resultante da utilização diferenciada da computação aplicada à arquitetura. Assim, poderíamos resgatar os princípios da arquitetura vernacular e a realização da prototipagem por meio de ferramentas computacionais como o modelamento e a simulação. Além de usarmos as potencialidades da computação para customizarmos os projetos de acordo com as necessidades e, ainda assim, serem viáveis construtiva e economicamente.

Verificamos que a utilização da informática aplicada à arquitetura apresenta uma gama de possibilidades. Apesar de, corriqueiramente, prevalecer o uso dos programas para a execução de desenhos técnicos, perspectivas e imagens, vimos que os mesmos representam uma vertente mais comercial do campo de pesquisa que se popularizou devido à afinidade encontrada pelos profissionais com seu método de trabalho tradicional.

A pesquisa de Frazer exemplifica o esforço dos teóricos para encontrar novas aplicações para o uso da computação na arquitetura e constitui a base para pesquisas mais elaboradas – que estamos chamando no contexto deste trabalho de segunda geração de tecnologias aplicadas à arquitetura –, amparadas pela grande evolução dos computadores, das Tecnologias da Informação e Comunicação e materiais e tecnologia da construção.

Essas novas técnicas estão tornando possíveis construções até hoje inexecutáveis com formas e métodos construtivos revolucionários. O Museu Guggenheim de Bilbao, do arquiteto Frank Gehry, concluído em 97, representa um marco histórico desta tendência. Projetos como este passaram a influenciar arquitetos e motivar a produção de pesquisas acadêmicas. É este movimento que analisaremos no próximo tópico.

5.2 Reflexões sobre a segunda geração de tecnologias digitais aplicadas à arquitetura

Nesta seção, trataremos da discussão em torno da necessidade de conexão entre teoria e prática envolvendo a utilização das ferramentas digitais.

Como mencionamos anteriormente, existe um movimento que vem pressionando projetistas e profissionais para a adoção das tecnologias digitais. O objetivo desta seção é investigar as razões que levaram a esta ascensão. Para isto, selecionamos autores que abordam este tema. E embora tenhamos ciência de que existam diferenças acerca do alcance e repercussão científica dentre os autores (mesmo porque pesquisadores de países em desenvolvimento encontram mais dificuldade para realizar suas pesquisas), decidimos incluir autores nacionais e da América Latina que apesar de não possuir prestígio internacional apresentam textos de conteúdo significativo que refletem o patamar e o interesse dos pesquisadores pelo assunto fora do eixo dos países industrializados.

A arquiteta israelense Rivka Oxman³² (2005) constata, durante os anos 90, que o argumento sobre processo de projeto digital ganha proeminência dentro das várias esferas do campo não apenas da arquitetura, como também das matérias ligadas ao projeto em geral. Pode-se perceber através do grande número de publicações, conferências, concursos e exposições sobre o tema e ainda como resultado de produções arquitetônicas inesperadas. Tudo isso, segundo a autora, catalisa a necessidade de uma formulação teórica que estude as características, conseqüências, virtudes e implicações deste novo método. Duas questões são essenciais:

1 – Distinguir se o processo de projeto digital é o único metodologicamente capaz de produzir projetos com resultados significativos.

³² Rivka Oxman é uma autora e pesquisadora importante no campo do processo de projeto digital, renomada internacionalmente. (foi professora visitante na Universidade de Stanford, E.U.A., Delft University of Technology, Holanda, participou de pesquisa realizada no MIT e Berkeley, EUA, na Universidade de Sydney e na Universidade de Kaiserslautern, na Alemanha. Em 2007/8, durante sua estada no Reino Unido, foi uma das fundadoras e diretora de um programa inovador de Mestrado em Architectural Design Digital na Universidade de Salford no Reino Unido também atua como vice-reitora e integrante do grupo de pesquisa da Universidade de Technion Haifa em Israel, editora associada do Journal Design Studies e outros jornais internacionais. <http://www.technion.ac.il/~rivkao/> Acessado em 25/10/2009.

2 – Definir o conjunto de assuntos e conceitos que são inerentes ao conteúdo teórico do processo de projeto digital.

Oxman analisa as principais características da metodologia digital, comparando-as com conceitos já consagrados da metodologia tradicional, no intuito de estabelecer estas particularidades. O modo de interação do projetista com as informações que ele manipula para a definição do projeto é baseado em processos algorítmicos, dispensando a necessidade da representação tradicional. O que o torna a característica essencial do processo de projeto digital. Quanto mais digital o processo se torna, menos intuitivo ele se apresenta, pois é necessário o conhecimento claro das informações para que estas sejam manipuladas pelos programas computacionais. Mas é preciso que fique claro que a relação muda, uma vez que no método tradicional o projetista manipula livremente a forma por meio da representação do desenho, seja ele no papel ou digital (CAD) caracterizando uma relação intuitiva. Já no uso da tecnologia digital, o projetista manipula o resultado digital gerado por regras que compõem um software ou manipula o próprio software para que este responda segundo suas necessidades.

“Pensamento do projeto digital é não tipológico e não determinístico na sua fundamentação e preferindo o discreto e diferenciado mais que o genético e tipológico. Mais que um simples grupo de preferências formais ou o abandono de uma teoria tradicional e tipológica do conhecimento (...) explora novas formas e relações entre o projetista, a imagem e a informação. Nesse caso, o ‘choque do novo’ não é simplesmente a descoberta formal de novos vocabulários, mas estabelecer novos caminhos para o projeto.” 33 p.262.

Paradoxalmente, à medida que o processo de projeto digital racionaliza o método, permite que novas relações sejam criadas no intuito de torná-lo menos determinístico. A manipulação das informações passa pelo filtro computacional, permitindo um aumento na quantidade e complexidade de variáveis consideradas, além da confiabilidade das respostas (fugindo da interpretação pessoal do projetista). Se por um lado isso pode parecer, à primeira vista, uma limitação, por

³³ Digital design thinking is non-typological and non-deterministic in supporting and preferring the discrete and differentiated over the generic and the typological. More than simply a set of formal preferences, or the abandonment of traditional approaches to formal and typological knowledge (e.g. formal languages, typological classes and generic design, design cases, etc.) it explores new forms and relationships between the designer, image, and information. In this case, the ‘shock of the new’ is not simply in the discovery of new formal vocabularies, but in the establishment of new approaches to design.

outro permite que um mesmo projeto seja submetido a diversas hipóteses de análise e garante respostas improváveis e inesperadas.

Ainda que os aspectos estéticos tenham se mostrado nesta fase como um componente importante de propaganda e divulgação desta metodologia, é a análise funcional e de inserção urbana destes projetos que revelarão sua eficácia. A autora avalia que existe uma tendência na academia em considerar apenas o aspecto metodológico e teórico do processo digital, ficando em segundo plano a preocupação pelas mudanças formais que esses processos imprimem. As pesquisas estão mais focadas em investigar os vários tipos de inovações tecnológicas, e como essas mídias vêm transformando a prática profissional e a definição tradicional de projeto.

Kalay³⁴ (2005) argumenta que a sociedade e o desenvolvimento tecnológico estão interconectados, por conseguinte o incremento de um acarreta conseqüências no outro. A convergência é a interação entre arquitetura, engenharia e construção. O BIM seria uma ferramenta tecnológica com essa finalidade, embora o ganho de eficiência esteja focado somente no processo e não na qualidade arquitetônica.

Para o autor, novas oportunidades se apresentam como, por exemplo: a automação da construção, *smart materials* (materiais que se adaptam ao ambiente), os prédios inteligentes e a possibilidade do arquiteto de projetar lugares de encontro nos cyber espaços. São possibilidades que explicitam a necessidade de pensar os paradigmas da questão tecnológica para que estes não fiquem aquém de suas capacidades, o que é metaforizado pelo autor como 'passar uma peça quadrada por um buraco redondo' ou 'uma carruagem sem cavalos'.

Encontramos no artigo de Lyon (2006), arquiteto chileno³⁵, uma ressonância das constatações que Oxman faz sobre o declínio do processo projetivo atual, centrado na representação do objeto. Contudo, o autor não é tão explícito quanto ao

³⁴ Yehuda E. Kalay - é professor da *University of California*, EUA, onde foi um dos fundadores do Center for New Media. Fundador e ex-presidente da ACADIA (Association for Computer Aided Design in Architecture). Editor-chefe do Journal (Architecture) of *Automation in Construction* e autor de sete livros e vários artigos.

³⁵ Eduardo Lyon- PHD em arquitetura pelo *Georgia Institute of Technology* professor da universidade do Chile, participa como consultor de instituições Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT), Programa para el Mejoramiento de la Educación Superior (MECESUP) entre outros. Ao mesmo tempo em que é membro do comitê científico internacional de SIGRADI, desde 2004.

uso das tecnologias digitais. Para ele, o processo de projeto precisa ser reformulado segundo uma nova taxonomia baseada no conceito de cognição distribuída.

Lyon afirma que o processo de projeto pode ser focado sob dois ângulos diferentes: sobre o objeto a ser construído ou sob o processo em si mesmo. Predominantemente, privilegia-se a primeira opção, tanto nas pesquisas acadêmicas (que ignoram os mecanismos que geram a concepção), quanto na prática (onde o método cria sistemas e subsistemas que objetivam a transformação da idéia em um objeto tangível, a qual necessita de negociações entre vários atores arquitetos, construtores, usuários, financiadores, dentre outros gerando, conseqüentemente, falta de comunicação e conflito de interesses.)

Ele introduz o conceito de cognição distribuída, que se fundamenta 'no fenômeno da cognição em oposição da individualidade, artefatos e na representação externa'³⁶.

O autor se apoia na idéia de Maturana, que argumenta que não há como separar nossa percepção do mundo e o próprio mundo. Por isso, não existe um conhecimento objetivo puro, uma vez que as percepções do mundo são sempre originadas a partir do filtro daquele está observando. Ou seja, *nosso mundo é o mundo que percebemos*³⁷. Ao aplicar este conceito ao projeto, Lyon declara que não devemos privilegiar as significações individuais em detrimento da coletiva – como fazemos no processo de projeto tradicional.

Outro conceito utilizado pelo autor é que os pensamentos, reflexões ou sentimentos humanos não são atividades intrínsecas a um indivíduo, mas resultantes de um fenômeno histórico-social. Ou seja, não é aquilo que deriva do cérebro do homem individualmente a fração mais importante do processo, contrariando o modelo atual.

“A cognição distribuída explora como o processo inteligente nas atividades humanas transcende aos limites do cérebro. Conseqüentemente, ao invés de focar na atividade humana em termos de processo mental, atuando nas representações internas, o método busca aplicar os mesmos conceitos cognitivos, mas desta vez, sobre as interações

³⁶ (...) distributed nature of cognitive phenomena across individuals, artifacts and external representations p.34

³⁷ Our world is the world that we perceive.

entre um número de atores humanos e aparatos tecnológicos para uma dada atividade".³⁸ p.34.

O terceiro conceito empregado pelo autor na construção de sua hipótese é dos artefatos. Do mesmo modo que nossa percepção do mundo não é direta, nossas ações sobre ele também não o são. Elas são *intermediadas por objetos socialmente e culturalmente construídos*³⁹, os artefatos. Objetos já existem no mundo, mas necessitam da interação humana para ganharem novos significados. Neste momento é que passam a ser instrumentos de mediação nesta relação. Podemos dar o exemplo os arquitetos, que se utilizam de artefatos para mediar, hierarquizar e organizar as interações sociais.

Este conceito é interessante para o processo de projeto por ser mediado através de vários artefatos (desenhos, métodos, técnicas, ferramentas...). O desenvolvimento das tecnologias digitais segue nesta direção ao promover novas mediações e possibilidades entre projetistas, usuários, empreendedores, etc. Além de privilegiar os entendimentos comuns e não-individuais para ganho da atividade como um todo.

Cabral Filho⁴⁰ abarca a questão tecnológica de forma mais abrangente. Não se detém a destrinchar ou defender uma abordagem específica, mas assim como Oxman, argumenta que as tecnologias digitais podem ser a saída para a crise no processo de projeto. O autor propõe quatro deslocamentos para explicar como se apresenta o ato de projetar contemporâneo.

(i) na prática criativa do arquiteto (do desenho de objetos ao desenho de processos), (ii) nos processos de representação do

³⁸ The distributed cognition approach explores how intelligent process in human activity transcend , the boundaries of the brain. Consequently, instead of focusing on human activity in terms of mental process acting upon internal representation the method seek to apply the same cognitive concepts, but this time, to interactions among a number of human actors and technological devices for given activity.

³⁹ Ours actions in the world are not direct, bur mediate by socially and culturally constructed objects.

⁴⁰ José dos Santos Cabral Filho - professor na Universidade Federal de Minas Gerais, mestrado em Architectural Studies - University of Sheffield (1993), doutorado em Architectural Studies - University of Sheffield (1996) e pós-doutorado pela McGill University (Montreal). É membro do corpo editorial de Chora: Intervals in the Philosophy of Architecture, revisor do periódico Kybernetes. Coodernador de um grupo de pesquisa sobre tecnologias digitais aplicadas à arquitetura e do laboratório LAGEAR na UFMG.

projeto (do desenho projetivo ao modelamento experimentável), (iii) na arquitetura enquanto espaço construído (da arquitetura como resistência à arquitetura como plasticidade), (iv) na identidade do habitante (de usuário a sujeito arquitetônico). (CABRAL FILHO, 2004).

Finaliza seu artigo alegando que, por um lado, as abstrações trazidas pelas mídias digitais impõem um certo distanciamento entre o homem e aquilo que é representado ou o mundo. Por outro, oferece novas oportunidades.

“No entanto, a exploração em profundidade do potencial e das características específicas das novas ferramentas e mídias nos permite uma prática que estimula a percepção e viabiliza uma representação mais abrangente. Isto talvez nos abra a possibilidade de uma ação mais vasta e pertinente sobre a totalidade do mundo, justamente por viabilizar a criação de um ambiente construído que dê suporte à experiência humana de forma expandida, operando a junção entre níveis pragmáticos e simbólicos de uma maneira mais efetiva que qualquer outro instrumento de nossa cultura tecnológica.” (CABRAL FILHO, 2004).

Para finalizar, as pesquisadoras brasileiras da Universidade de São Paulo, Ribeiro e Prashke (2006), ressaltam a importância do uso das tecnologias digitais na prática dos projetos para torná-los compatíveis com as premissas contemporâneas.

“Podemos, enfim, considerar que os sistemas computacionais capazes de suportar processos de design emergentes, auto-organizacionais, em experimentos morfogenéticos, constituem importantes passos em direção a uma arquitetura capaz de efetivamente promover a ampliação de diálogo via tecnologias computacionais, entre sujeito, objetos (sistemas) e ambiente, entre ordem, desordem e organização, articulados em uma trama dinâmica.” p93.

Procuramos apresentar neste capítulo de que forma a informática foi introduzida na arquitetura e quais foram as consequências geradas. O CAD possibilitou uma automação de vários procedimentos que envolvem o desenho técnico. Contudo, ao invés de liberar os profissionais para pensar de forma mais conceitual nos projetos, tornou os projetistas reféns das representações e da perfeição do desenho (de uma maneira tão forte que em muitos casos o objeto arquitetônico real fica em segundo plano e os problemas de planejamento só serão percebidos após sua execução). Este quadro, porém, está mudando, impulsionado pela pesquisas acadêmicas. E, passada esta primeira fase, novos potenciais de uso para ferramentas digitais estão surgindo e ganhando cada vez mais espaço, não somente na arquitetura, como em várias disciplinas que envolvem o projeto.

Apesar disso, os arquitetos de uma maneira geral estão presenciando estas mudanças de forma passiva e desacreditada. Sem contar que, mais cedo ou mais tarde, estas transformações atingirão de forma inexorável a nossa prática (assim como foi com o CAD). É preciso, então, estabelecer uma reflexão teórica que nos ajude a decidir quais métodos realmente se adaptam às condições construtivas e à prática profissional, social e econômica da realidade brasileira. Especialmente considerando que estas ferramentas são importadas de países desenvolvidos inseridos em contextos totalmente diversos.

6. TENDÊNCIAS PARA UM PROCESSO DE PROJETO DIGITAL

Após discutirmos o contexto em que se insere o destaque dado às tecnologias digitais na atualidade, vamos investigar quais são realmente essas tendências.

O interesse em torno do processo do projeto digital tem levado pesquisadores e profissionais a examinarem várias correntes de pensamento em busca de alternativas na melhoria do projeto. Uma quantidade considerável de profissionais apresenta insatisfação em relação ao processo de projeto tradicional. Múltiplas questões são apontadas: a qualidade estética e funcional do objeto construído, as falhas e atrasos na execução da obra devido à falta de comunicação entre os profissionais envolvidos, patologias precoces decorrentes de equívocos de projetos, ineficiência energética, ambiental e no conforto térmico. Profissionais, construtores e usuários sentem as conseqüências da ineficiência deste processo. As pesquisas que investigam soluções podem ser qualificadas nas seguintes direções: ⁴¹

6.1 CAD

Considerado o ponto de partida para a decadência do processo de projeto tradicional. Esta linha de pesquisa tem como foco os programas de CAD que são divididos em dois grupos pelos autores.

⁴¹ Estamos usando a classificação baseada no artigo de Oxman 2005 – Theory and Design in the first Digital Age.

6.1.1 CAD descritivo

O CAD descritivo é aquele que se caracteriza pela manipulação gráfica dos elementos digitais (2D ou 3D) com intuito de representar o objeto a ser construído. São os programas comumente usados pelos profissionais e representam o modo vigente de projetar.

6.1.2 CAD prescritivo

Já o CAD prescritivo é uma evolução do primeiro porque alguns processos analíticos foram aprimorados, permitindo a obtenção automática de informações sobre a base de dados do modelo, tais como estimativa de custos, comportamentos estruturais e performance ambientais, além da interação imediata entre os desenhos 2D e o modelo tridimensional. Um exemplo desta concepção é a metodologia que é conhecida atualmente como BIM, que será detalhada posteriormente.

6.1.3 CAD 4D

Este conceito entrou em discussão no final dos anos 1980 e representa mais uma etapa da evolução na linha do CAD prescritivo. Apesar de não representar um processo de projeto pleno, mas uma ferramenta complementar. Será apresentado aqui por se tratar de um tema presente no desenvolvimento de pesquisas acadêmicas brasileiras e motivar o interesse das construtoras para que seja incorporada à sua rotina. É marcado pela adição do tempo no processo de projeto. Este recurso permite simular as etapas da construção, utilizando-se o modelamento 3D integrado a base de dados única de projeto característica da metodologia BIM para analisar as etapas da construção antes de iniciar a execução, tendo como objetivo verificar a construtibilidade da obra e evitar atrasos e surpresas durante a construção de fato.

No Brasil, encontramos pesquisas nesta área sendo realizadas no âmbito acadêmico. Um exemplo é a experiência realizada com alunos de arquitetura e engenharia da Unicamp, onde foi usada a tecnologia de CAD 4D descrita no artigo de Ruschel e Guimarães Filho, 2008. Os resultados obtidos foram bastante produtivos e mostraram que embora utilizada em uma experiência de pequeno porte, a tecnologia 4D foi usada com sucesso e pode ser útil na quebra de barreiras culturais que dificultam a modernização da construção civil. E conclui que as razões para a não-adoção do 4D no país é decorrente da baixo investimento tecnológico, o arraigamento cultural e de negócios. E a iniciativa se mostrou capaz de derrubar este

mito. Nascimento e Santos, 2003 acompanham na assertiva. Afirmam que, apesar da pesquisa acadêmica estar bastante avançada nesta área, ainda é pequena sua adoção prática pelas empresas devido a muitos fatores tais como: falta de qualificação dos trabalhadores no canteiro de obras, falta de investimento do setor da construção em pesquisas de TI, além da resistência dos profissionais que atuam nesta área representar um obstáculo para a sua implementação.



FIGURA 8: [Ilustração do sistema 4D]

Fonte: SALLES C. Sergio Barbosa, 2008, p.42

6.1.4 Prototipagem rápida

Assim como o item anterior, a prototipagem rápida também é uma ferramenta para auxiliar no processo de projeto que vem provocando interesse no Brasil. São maquetes físicas rápidas feitas a partir da impressão do modelo 3D em impressoras especiais. De acordo com Bonaldo (2008) os objetivos são testar as alternativas de projeto, mostrar as idéias para clientes e produzir protótipos de detalhes construtivos para melhorar a comunicação entre arquitetos e construtores.

A prototipagem rápida também é usada como instrumento pedagógico para auxiliar o desempenho dos estudantes de arquitetura nas matérias de projeto, como descrito no artigo de Pupo e Celani (2008), onde é exibido o resultado parcial de uma experiência realizada com estudantes de arquitetura do último ano e que tinham a prototipagem como ferramenta de investigação de seus projetos. Apesar de parcial, a pesquisa apresentou resultados positivos.

6.1.5 Processo digital bidirecional

Neste modelo, há um intercâmbio entre os modelos digitais e os modelos físicos. Seu exemplo mais notório é do arquiteto americano Frank Gehry. Sua

metodologia consiste em criar maquetes físicas usadas para a concepção que são “escaneadas” e transformadas em um modelo virtual. Uma vez em meio digital, este modelo tridimensional permite que uma série de análises seja feita para viabilizar sua execução: análises estruturais, de conforto térmico, de resistências de materiais, etc. Permite também a execução de peças diretamente do modelo 3D, dispensando o uso de desenhos. Para isto, foi usado o software CATIA, inicialmente desenvolvido para a indústria de automóvel e aeronaves. Por último, uma nova maquete física era feita para a verificação dos últimos detalhes. Essa interação entre o digital e o físico permitiu que projetos considerados inexecutáveis na representação tradicional fossem construídos.

6.2 Modelos de Formação

Explora a interação entre o projetista e o meio digital de forma a romper a representação tradicional, substituindo a experimentação visual do processo convencional por uma relação onde o projetista controla diretamente os elementos digitais que determinam o processo de formação do projeto. É a partir dessas técnicas digitais que os contornos e as formas do projeto são indiretamente definidos. Em outras palavras, os aspectos da geometria estrutural são definidos, mas suas qualidades formais não. Para estabelecerem estas relações, os softwares substituem a lógica da geometria Euclidiana por relações topológicas⁴². Podem ser construídos por modelos de formação associativos fundamentados em modelos paramétricos que exploram a geometria associativa ou modelos de formação baseados no movimento, onde a animação (ou outro elemento que dê a noção de tempo e/ou movimento) é incorporada, provocando transformações morfológicas que se multiplicam descontinuamente num ritmo dinâmico.

Para exemplificar, apresentaremos um projeto que foi elaborado pelo escritório de Nova York chamado CAP Design⁴³ (Contemporary Architecture Practice): Reebok Flagship Store – Shanghai, China, 2004

⁴² A topologia é o estudo entre as relações estruturais de um objeto em oposição a um estudo geométrico. Topology is the study of the relational structure of objects rather than of geometry. Oxman, 2006 p.251

⁴³ Criado em 1999, em SoHo, Nova York, o escritório foi vencedor do prêmio em trabalhos futurísticos usando o projeto digital e produção de técnicas. Um de seus fundadores, Ali Rahim, é membro-permanente da Faculdade de Design da Universidade da Pensilvânia. Atualmente, é

A loja distribuidora da Reebok em Shanghai foi planejada para ser a primeira de uma rede de lojas a serem instaladas na China nos próximos 10 anos. A principal premissa seria unir os elementos do imaginário local com a filosofia global da marca. Por isso, cada loja deveria ter sua própria identidade. Para responder a estes pré-requisitos, os arquitetos Ali Rahim e Hina Jamelle desenvolveram o projeto a partir de um processo de projeto digital de formação. Foi usado o programa Maya para criar um sistema de análise das condicionantes de projeto. Especificamente para a loja de Shanghai, o projeto deveria seguir as seguintes premissas: atender à venda de varejo, ter um espaço de um showroom para revendedores e um lugar para realização de eventos e apresentações de produtos da marca. Foi criado no software um sistema de pressões (constante fluxo de materiais, mercadorias e pessoas, pressões externas no perímetro da loja, etc.) que determinasse a melhor solução para o projeto.

Um máximo de efeitos foi conseguido através deste sistema dinâmico, permitindo a criação de um espaço flexível que pode ser modificado de acordo com a interação de usuários e as necessidades da loja. No lobby, o mesmo espaço serve como área de exposição, lugar para eventos ou mesmo para clientes se sentarem ou crianças escalarem.

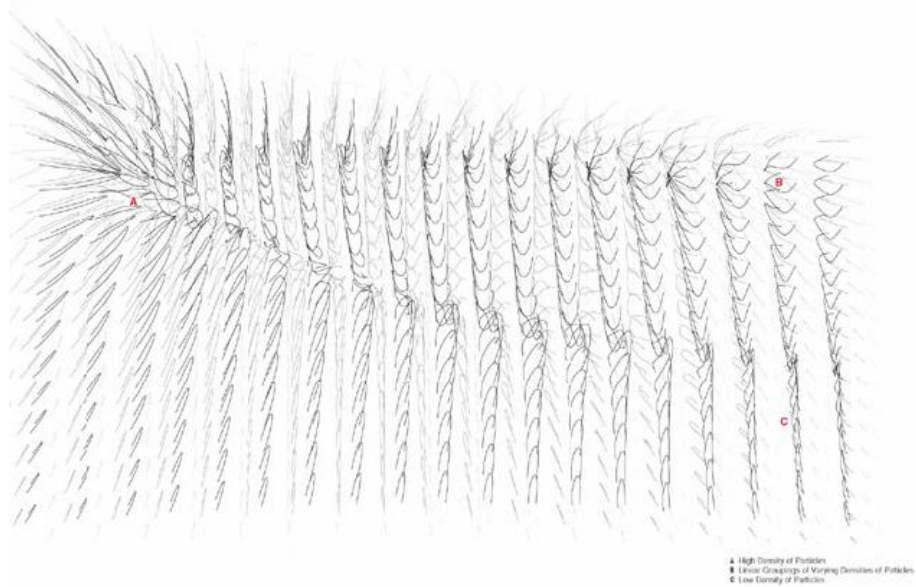


FIGURA 9: [Processo de projeto – Sistema dinâmico envolvendo as particularidades do terreno]
 Fonte: < http://c-a-p.net/Feidad/capflash_06.swf> Acesso em 12 fev. 2010.

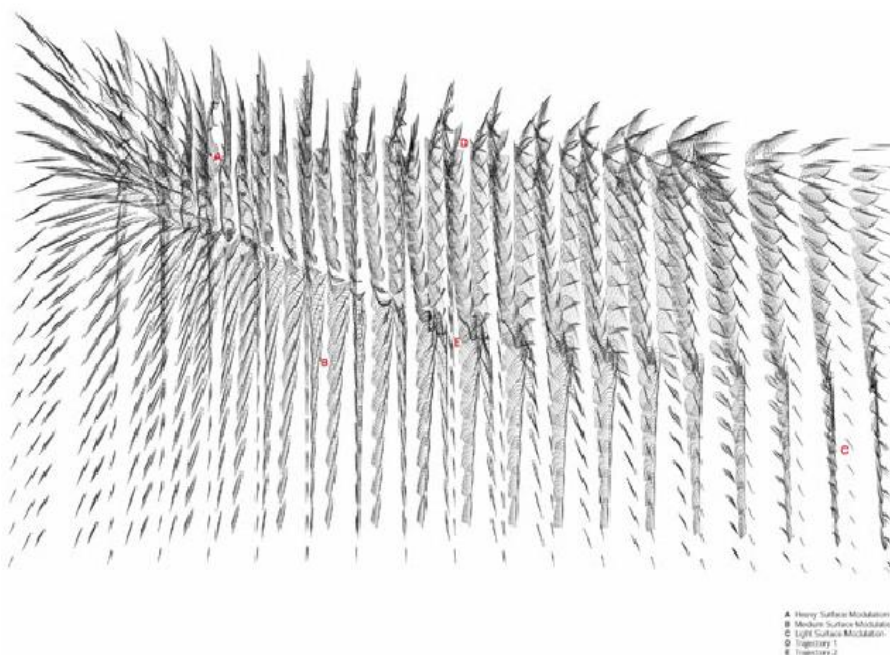


FIGURA 10: [Processo de projeto – Sistema dinâmico – Ajuste da forma de acordo com as trajetórias e densidades]
 Fonte: < http://c-a-p.net/Feidad/capflash_06.swf> Acesso em 12 fev. 2010.

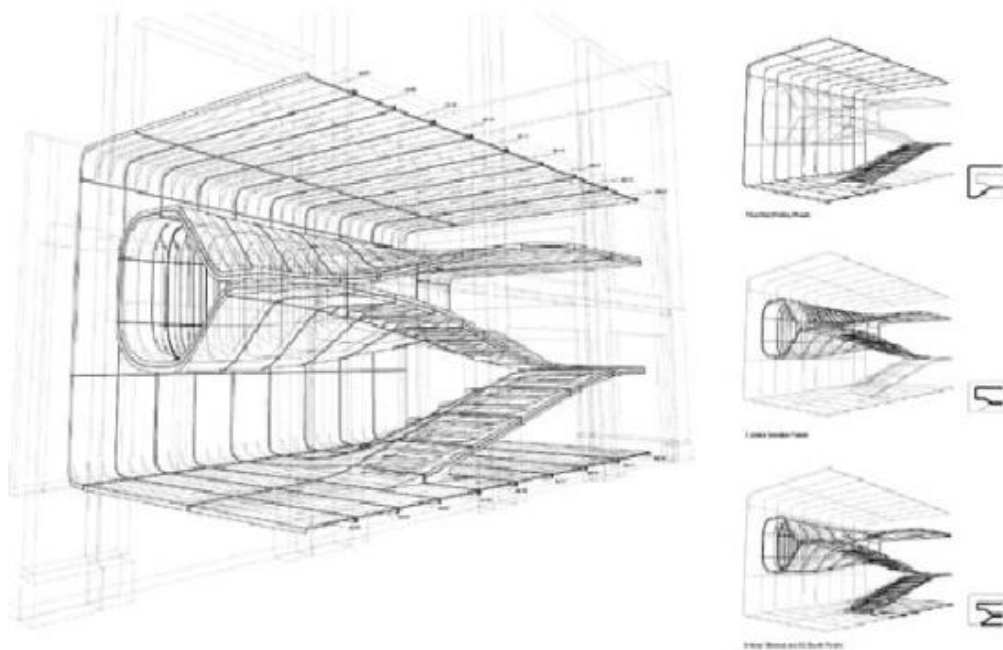


FIGURA 11: [Modelo 3D dos painéis]

Fonte: < http://c-a-p.net/Feidad/capflash_06.swf> Acesso em 12 fev. 2010.

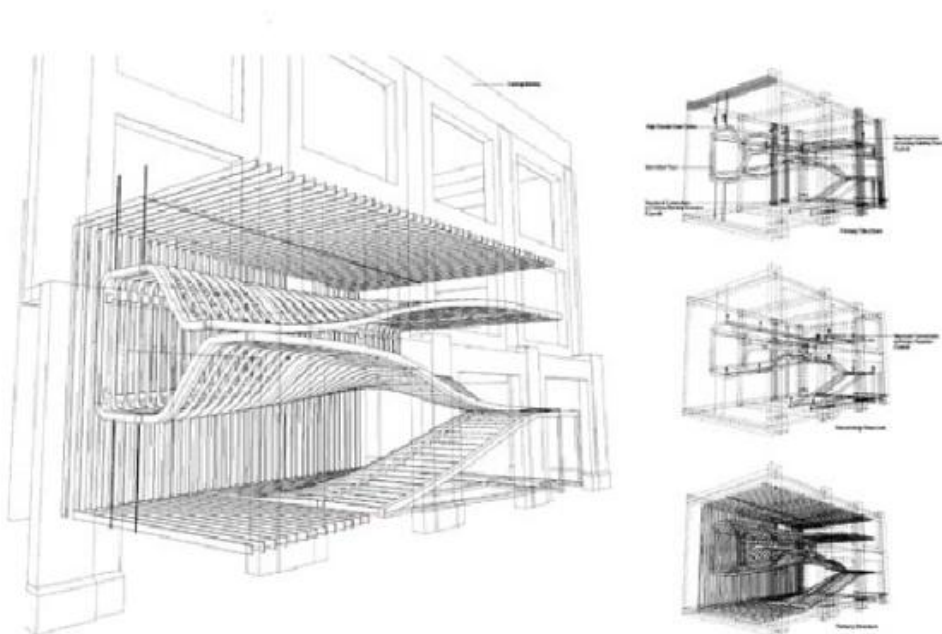


FIGURA 12: [Modelo 3D da estrutura]

Fonte: < http://c-a-p.net/Feidad/capflash_06.swf> Acesso em 12 fev. 2010.



FIGURA 13: [Vista da loja depois de executada]

Fonte: http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/archives/0412_5_CAP.asp Acesso em fev. 2010.



FIGURA 14: [Vista da loja executada]

Fonte: http://archrecord.construction.com/projects/portfolio/archives/0412_5_CAP.asp Acesso em fev. 2010.

6.3 Modelos Gerativos

Segue o mesmo princípio que o anterior, mas existe uma diferença sutil. A interação do projetista com o modelo digital gerador da forma faz-se por meio de

regras, relações e princípios pré-determinados e não pela manipulação do modelo em si. Caracterizados por providenciar mecanismos computacionais para a formalização de processos de geração. Os contornos e formas são resultado de um mecanismo gerativo pré-formulado.

6.3.1 Gramática da forma (shape grammar)

*“A gramática da forma são expressões matemáticas para mecanismos computacionais que dirigem o processo de formação da forma através de regras de transformação.”*⁴⁴ (OXMAN, 2005 p.255)

O conceito da gramática da forma foi proposto por Stiny and Gips, em 1972, inicialmente como uma ferramenta de pintura. Seu princípio básico vem do sistema de produção do matemático Emil Post (1943) e na gramática gerativa do lingüista Noam Chomsky. Uma gramática formal é uma estrutura computacional capaz de descrever uma linguagem formal por meio de regras e um alfabeto.

Somente anos mais tarde (1980) foi que o conceito passou por uma apuração e sua gênese explicitada para ser aplicada à área de projeto. Os símbolos matemáticos e a substituição de caracteres foram trocados por formas geométricas. Os autores propõem uma programação que poderia ser usada como alternativa à prática de projeto convencional baseada na intuição. Composto de cinco princípios básicos: vocabulário de formas, relações espaciais, regras, forma inicial e projeto.

Além de auxiliar a geração de formas arquitetônicas, é usado também como ferramenta de análise em estudos de linguagem arquitetônica. Foi empregado no estudo estilístico de arquitetos famosos, como Frank Lord Wright, nas vilas de Palladio, dentre outros.

⁴⁴ (...) Shape grammars are mathematical expressions for computational mechanism that drive shape generation process through transformational rules.

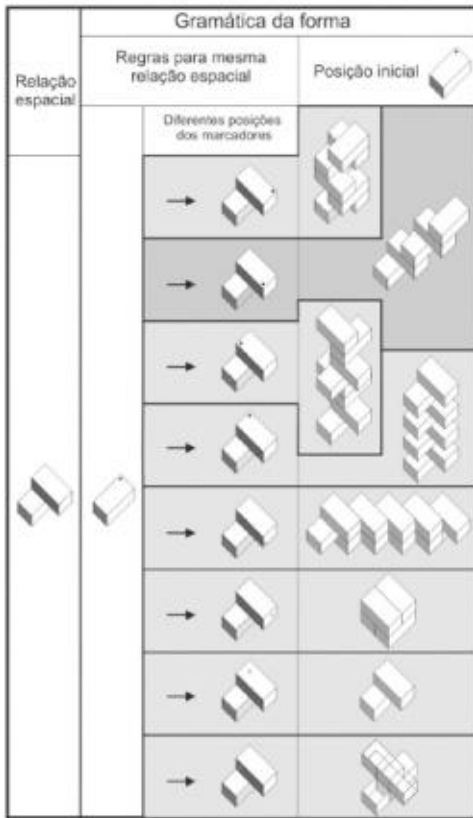


FIGURA 15: [Ilustração dos princípios básicos da Gramática da forma]

Fonte: CELANI, Gabriela *et al*, p.9

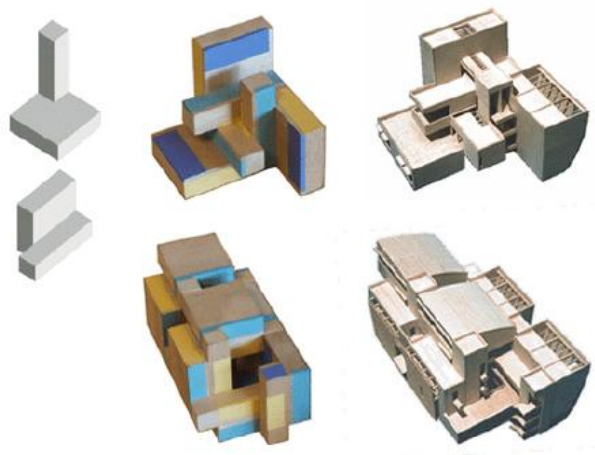


FIGURA 16: [Exemplo de utilização da Gramática da forma – Cultural History Museum in Los Angeles]

Fonte: MIT. http://search.mit.edu/search?client=mithome&site=mit&output=xml_no_dtd&proxystylesheet=mithome&num=15&submit=Search&as_q=SHAPE+GRAMMAR – Acesso em abril 2010.

6.3.2 Processo evolucionário

*“Processos evolucionários são baseados em modelos evolucionários da geração natural que são aplicados ao processo gerativo de projeto.”*⁴⁵ (OXMAN, 2005 p.255).

A geração de formas pode evoluir com base na sua performance em resposta a determinados ambientes simulados. Em outras palavras, a forma criada é derivada de algoritmos programados segundo regras gerativas que definem sua evolução, que pode ser mapeada de acordo com o contexto de projeto. De acordo com o exposto anteriormente, esta linha de pesquisa não é recente, também foi iniciada nos anos 70 por pesquisadores como John Frazer.

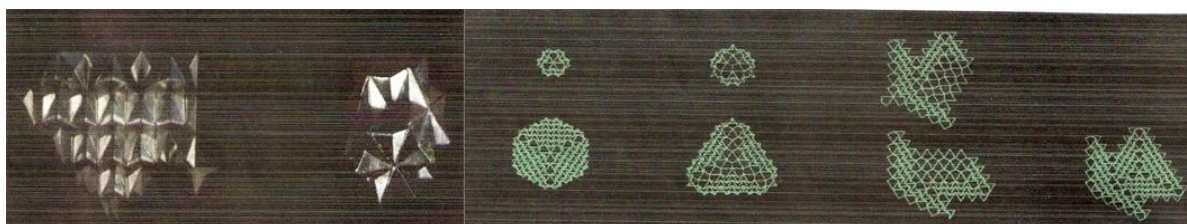


FIGURA 17: [Reptile Structural System – Exemplo da fase inicial dos estudos do modelo evolucionário, criado em 1969]

Fonte: FRAZER, John, 1995, p. 68 e 69

Atualmente, um exemplo interessante desta tendência na pesquisa de modelos evolucionários é o escritório holandês chamado NOX, chefiado pelo arquiteto Lars Spuybroek. Para um projeto que previa a construção de 1.050 casas pré-fabricadas em Eindhoven, nos países baixos o arquiteto usou como método de projeto técnicas gerativas empregando ferramentas ‘emprestadas’ da indústria automobilística e do cinema como Alias/Wavefront. Como ponto de partida, queria um projeto que considerasse, simultaneamente do plano geral e as unidades individuais das casas. Desenvolveu um sistema dinâmico que considerava a elasticidade como princípio e modelou no computador 100 linhas elásticas que foram esticadas pelo terreno perpendicularmente às quatro ruas locais já existentes que dividia a área. Como parâmetros, o arquiteto definiu a velocidade e direções da rodovia principal e as características encontradas nas ruas locais. Outros inputs locais foram incorporados ao sistema e controlados numericamente no intuito de tornar o processo mais rico e resultar em um processo não-linear.

⁴⁵ (...) Evolutionary form-generation that can be applied to generative process in design.

Uma escala de valores foi definida como parâmetro: atividades de alta intensidade como, por exemplo, estacionar; de intensidade média como cozinhar e de baixa intensidade como ler. Como resultado, as casas não foram geradas baseadas somente nas informações do tráfego, mas por uma combinação de densidades que representam o micro e o macro.

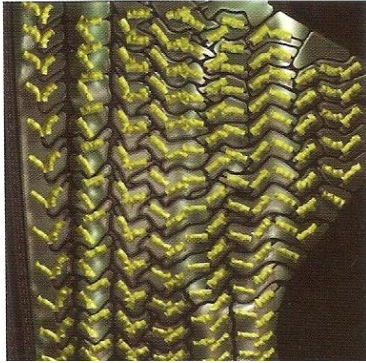


FIGURA 18: [Plano geral projeto NOX]

Fonte: RAHIM, Ali, 2006 p.27

6.3.3 Modelo de performance

“O projeto é obtido por meio de simulações de forças externas que são aplicadas e geram a forma. Estas forças externas podem ser: conforto termo-acústico, custo, percepção espacial, aspectos culturais, sociais e tecnológicos e perspectivas tecnológicas.” (OXMAN, 2005 p.257)⁴⁶.

Ajusta-se às duas categorias vistas anteriormente: modelos de formação e gerativos.

O objetivo deste capítulo é apresentar a diversidade de caminhos descobertas nas experiências realizadas no campo do projeto digital E ao contrário das ferramentas da 1ª geração, buscam revolucionar o processo fixando novos conceitos e procedimentos.

Podemos inferir que o CAD prescritivo, de onde se originou o BIM, representa a fase incipiente destas tendências. Entretanto, é aquela que possui mais representatividade entre os profissionais inclusive no Brasil devido dentre outras

⁴⁶ Formation-based design can be regarded as performance-based design when digital simulation of external forces are applied in driving a formation process. Design performance may include among the following parameters: environmental performance, financial cost, spatial, social, cultural, ecological and technological perspectives.

coisas a seu apelo comercial. É por esta razão que o escolhemos para um melhor detalhamento.

7. BIM

Apresentamos acima as principais tendências contemporâneas do processo de projeto digital. E, como vimos, o BIM se enquadra em um aprimoramento da metodologia CAD, que representa a continuidade do modelo tradicional de projetar. Então, qual a razão para destacá-lo e dedicar um capítulo para sua investigação? Nos últimos anos, essa metodologia vem ganhando grande projeção, tanto no meio acadêmico quanto na prática profissional. É grande a quantidade de artigos, conferências, concursos e livros que abordam o tema. Também vem crescendo o número de profissionais dispostos a aderir à nova tecnologia. Outro indício que aponta tal influência é o grande interesse da indústria de softwares em desenvolver programas que empregam esta plataforma. O lançamento de novas opções e as constantes atualizações destes programas faz parte de uma guerra para conquistar as maiores fatias do mercado. A abrangência deste movimento é muito ampla. Encontramos autores nos Estados Unidos, Europa, América Latina e nos países asiáticos. Das tendências apresentadas na seção anterior, é a única que tem repercussão concreta no Brasil, tanto na área comercial como na acadêmica.

Não podemos precisar as razões para este fato. Contudo, especulamos que a continuidade da maneira de pensar dos profissionais em relação ao modo de projetar, a disponibilidade de softwares comerciais associado à pressão exercida sobre os projetistas pelos construtores e investidores para obtenção da melhoria da produtividade (principalmente na redução do tempo de projeto e obra e diminuição dos erros de execução) ajudam a entender este fenômeno.

As falhas na metodologia tradicional de projeto já chamavam a atenção nos anos 1960. O aumento da complexidade dos projetos foi proporcional ao surgimento de especialistas. O que fez com que os projetos fossem se subdividindo em 'caixinhas', que são desenvolvidas separadamente e se unem somente no final do processo. É por este motivo que o gerenciamento de informações se tornou fundamental para o sucesso da tarefa de projetar.

O termo BIM de uns anos para cá ganhou projeção e começou a fazer parte do vocabulário de muitos profissionais como se fosse uma novidade recente e às vezes é confundido como um nome de aplicativo. Contudo, ao pesquisar sobre a origem do termo encontramos versões que dão conta que essa terminologia foi cunhada pela indústria de software. Jerry Laiserin no prólogo do livro BIM Handbook (2008) traz uma breve história que nos baseamos para escrever a retrospectiva deste conceito.

“Esta metodologia foi primeiramente empregada com sucesso em indústrias como a automobilística para o aprimoramento qualitativo e quantitativo de seus produtos. Nem sempre foi empregado o nome BIM. Esta terminologia está em circulação há aproximadamente 15 anos e não podemos atribuí-la ao trabalho de única pessoa, mas de uma conjuntura que surgiu ao redor de uma metodologia nos anos 1970. Nos Estados Unidos, o pioneiro neste tipo de pesquisa foi Chuck Eastman, que escreveu, em 1975, um artigo descrevendo um modelo que chamou de ‘Building Description System’, com características que atualmente reconhecemos no BIM. Mais tarde, essa abordagem ficou conhecida por ‘Building Product Models’. Na Europa, especialmente no Reino Unido, pesquisas nesta direção também foram desenvolvidas durante este período e a nomenclatura utilizada era ‘Product Information Models’. A indagação é se a junção de nomenclaturas teria originado o termo Building Information Models (e mais tarde Modeling) – BIM. Paralelamente ao empenho acadêmico, havia um esforço para a comercialização desta tecnologia. Vários softwares de muitos países foram lançados no mercado: RUCAPS, Oxsys (Reino Unido), Cheops e Anchtrion (França), Brics (Bélgica), Intergraph (Estados Unidos). Aplicativos que serviram de base para o desenvolvimento dos programas que conhecemos hoje: AllPlan, ArchiCAD, Autodesk Revit, Bentley Building, Digital Project. Já por volta dos anos 2000, autores como Jerry Laiserin se dedicaram à tarefa de divulgação do termo através de demonstrações práticas que aconteceram especialmente na Finlândia”. Em decorrência da sua origem prolixa, não existe clareza em relação ao conceito a que essa terminologia se refere: a um software ou a um método. No contexto deste trabalho, em consonância com vários autores, consideramos o BIM como uma metodologia para um processo de projeto digital.

O BIM (Building Information Modeling ou Modelo de Informação da Edificação) tem como princípio a construção virtual do edifício. Feita através de um

modelamento 3D que utiliza como elemento básico objetos parametrizados, que permitem associações de informações não-geométricas sobre o projeto. Tais propriedades trazem como atributos: extração automática de desenhos 2D e planilhas (quantitativos de material e/ou estimativa de custo), atualização instantânea de informações em todos os aspectos do projeto (por exemplo, pode-se mudar a dimensão de uma janela no modelo 3D e, todas as vistas, cotas, detalhes e planilhas alterar-se-ão na mesma hora) e possibilidade de realizar simulações (estruturais, de conforto térmico, análise energética, etc.).

Alguns guias profissionais sobre BIM foram escritos nos últimos anos: *Building Information Modeling: A Strategic Guide for Architects, Engineers, Contractors, and Real Estate Asset Managers* (2009, por Dana K. Smith and Michael Tardif), *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling* (2008, Eddy Krygiel, Brad Nies) e *BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2008, por Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks e Katheen Liston) – este último foi utilizado como suporte para delinear as principais características desta tecnologia nesta pesquisa.

7.1 Benefícios esperados

7.1.1 – Obtenção de informações no estágio inicial do projeto

O modelamento 3D BIM dá aos projetistas ferramentas para que, mesmo num estágio inicial do projeto, informações importantes e precisas sejam extraídas de forma rápida. Recurso que garante que estudos de viabilidade e estimativas de custos possam ser feitos de forma mais confiável, diminuindo a margem de erro. Além de facilitar o estudo de alternativas e avaliação de vários cenários para um mesmo projeto.

Essa facilidade fornece subsídios aos projetistas para tomarem decisões de forma mais consciente e menos intuitiva numa fase do projeto em que o peso das decisões é bastante grande e influencia toda a seqüência do trabalho.

No artigo de Glenn (2006), encontramos ressonância com esta assertiva de Eastman *at al.* O programa Affinity é apresentado como um exemplo de aplicativo BIM desenvolvido para ser usado em todas as fases do projeto, inclusive nas iniciais. E aponta que a possibilidade de extrair dados sobre o projeto na forma de

planilha é muito útil na tarefa de fazer uma estimativa de custos inicial e um orçamento confiável. Ademais da transformação do projeto em uma base de dados única favorece o registro de informações de todas as fases do processo, propiciando a obtenção de um histórico.

7.1.2 – Aumento da performance e qualidade da edificação

Para avaliações de parâmetros de, por exemplo, absorção de calor pelas fachadas em determinadas épocas do ano, exigem-se cálculos trabalhosos e conhecimentos muito específicos, explicando porque muito raramente esses dados são incorporados ao projeto. Ainda mais complicado é o trabalho de compilar o resultado de vários destes parâmetros simultaneamente.

As ferramentas de simulação em aplicativos do BIM tornam esses cálculos automáticos, criando as condições necessárias para que os profissionais incorporem ao projeto um maior número de variáveis com grau elevado de complexidade. Análises dos mais variados tipos (consumo de água e energia, a simulação da utilização de equipamentos para estudar o lay out mais adequado, análise térmica ou ainda a simulação do comportamento de multidões) podem ser usados para projetar edifícios sustentáveis ou que alcancem uma melhor performance.

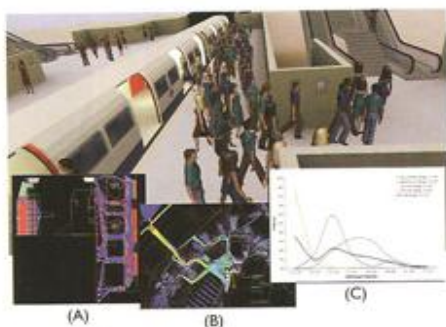


FIGURA 19: [Exemplo de aplicativo BIM]

Fonte: Eastman, 2008 p.295

Apontando para a tendência de utilizar a ferramenta BIM para desenvolver edificações mais sustentáveis, o artigo de Barbara B. Horwitz (2008) descreve a parceria entre a Autodesk e USGBC (United States Green Building Council) para desenvolver um software de projetos chamado Greenbuild 2007 empregando o conceito "dashboard concept" ou painel de instrumentos, que permite a avaliação do

comportamento do edifício antes de ser construído para parâmetros sustentáveis como o consumo de água.

Ainda nesta linha, encontramos um artigo na publicação Concrete Products (2007) que apresenta o Green Building Studio. Uma ferramenta na plataforma BIM, que auxilia no projeto de neutralização de carbono emitido pela edificação. Os parâmetros considerados são: potencial de neutralização das emissões de carbono usando banco de dados local, contagem de Energy Star, potencial de utilização da energia eólica e fotovoltaica, análise de uso da água, aproveitamento da luz do dia e potencial de ventilação natural.

7.1.3 – Melhor visualização do projeto e desenhos 2D mais exatos

Essas propriedades são decorrentes da base de dados única e o modelamento 3D. Como o projeto é concebido diretamente em 3D, não existe uma fase de transição de desenhos 2D para o modelo 3D. Dessa maneira a visualização do projeto é sempre exata e clara, igualmente em todas as suas vistas, pois não permite que o projetista ‘roube’ nas dimensões. Ele já concebe o projeto em 3D, ampliando a sua capacidade de visualização de pontos problemáticos da proposta, assim como sua comunicação com os clientes e outros membros da equipe. Os desenhos 2D são mais precisos, uma vez que são extraídos automaticamente do modelo 3D.

Outra consequência do emprego deste modelo único são as atualizações automáticas. Quando há uma mudança no modelo 3D, por exemplo, essa modificação é instantaneamente transferida para todas as pranchas de desenhos 2D, planilhas, cotas, detalhes, diminuindo consideravelmente o retrabalho e a chance de erros e omissões.

Thorton Broadley (2008) defende que a maior vantagem do uso do BIM é a visualização em 3D, porque ela possibilita a melhoria na comunicação entre os diversos profissionais da construção. Permitindo que as interferências entre os projetos sejam detectadas antes da execução da obra, o que gera economia de materiais e de horas trabalhadas.

Outros autores sugerem que o BIM realmente promoveria um avanço em relação à produção dos desenhos 2D. Porém, esta propriedade estaria muito aquém das expectativas esperadas para a produção de um processo de projeto digital. Um

aperfeiçoamento do CAD é a maneira como geralmente os projetistas estariam usando o BIM. Em outras palavras, a ansiedade por gerar desenhos melhores está superando a preocupação com a melhoria na qualidade do projeto. O arquiteto Nat Oppenheimer (2009) descreve esta situação e expõe sua preocupação em relação à super-simplificação das ferramentas BIM. Para ele, o BIM nasceu a partir da noção de colaboração e integração verdadeira entre a equipe de profissionais que atuam durante um projeto e que o mercado insistiu em separar ao longo dos últimos anos.

7.1.4 – Potencialização do trabalho colaborativo

O sistema comporta que vários profissionais trabalhem em uma mesma base de dados ao mesmo tempo. O trabalho em um mesmo ambiente favorece a visualização das interferências entre disciplinas diferentes e facilita a comunicação e resolução de problemas. A incorporação destes problemas já na concepção do projeto promove a ampliação da confiabilidade do trabalho.

A experiência da implantação do BIM em um escritório com 600 funcionários em Nova York, descrita em um artigo por Bernstein (2007) aponta a interação da equipe como a principal mudança alcançada. Ressalta, ainda, a importância da escolha do software a ser adquirido. Este deve ser compatível com os objetivos da empresa e com os aplicativos já utilizados por seus parceiros e que, para o treinamento da equipe, devem ser empregados projetos reais para um melhor aproveitamento.

Jeff Yoders (2007) reconhece que o uso desta ferramenta leva a uma melhoria na fase de execução da obra, minimizando os conflitos no campo. Mas argumenta que o BIM, sozinho, não é capaz de melhorar a coordenação entre os projetos. Exemplifica com o projeto do Aeroporto Internacional de Doha. Tanto arquitetos, quanto engenheiros entrevistados para este artigo disseram que as ferramentas para o projeto colaborativo devem ser mais simples que aquelas existentes no programa Ghafari, que foi usado no projeto. Demandando um empenho pessoal dos projetistas, traduzido na ampliação do número de horas trabalhadas para conseguir se adequarem ao programa.

7.1.5- Sincronia entre projeto e execução

Os autores assinalam o uso da ferramenta CAD 4D como um recurso imprescindível para tornar mais perfeito o planejamento da obra. Porque o modelo 3D é usado para simular o processo de construção, onde os gráficos gerados nos dão com considerável exatidão o dia a dia da obra, antevendo seus possíveis problemas e facilitando o planejamento da contratação de serviços diversos e a compra de material para entrega *just in time*. Por outro lado, a precisão do modelo também gera planilhas de quantitativos e custos com menores margens de erro, garantindo aos construtores e investidores maior previsibilidade e gerenciamento de recursos e obtenção de resultados.

Três obras de grande porte, cujos projetos foram feitos utilizando o BIM, são apresentadas por Yoders (2008) como experiências bem-sucedidas e exemplificam a idéia de sincronia entre obra e projeto citada pelos autores. Nestes projetos, ganhos de produtividade foram conquistados pelo aperfeiçoamento da integração entre o projeto e a obra. Alcançados através da minimização das interferências em campo, melhoria na coordenação dos projetos e aumento do uso de pré-fabricados. Em contrapartida, mudanças na forma de contratação das empresas de projeto envolvidas foram necessárias. Foi estabelecida uma parceria onde o lucro ou o prejuízo seriam divididos igualmente.

7.1.6 – Facilidade de experimentação

Apesar de Eastman et al (2008) autores do livro *BIM Handbook (adotado por nós como uma obra de referência)* adotarem uma abordagem mais pragmática em relação aos recursos que a metodologia apresenta, buscamos autores que utilizassem as ferramentas BIM para explorar aspectos conceituais do projeto.

Um exemplo é a escultora norte-americana Janet Echelman (2009), que apresenta o resultado de um trabalho em que tinha como missão criar esculturas que interagissem com a comunidade da cidade de instalação. Para cada projeto era considerado o terreno, a geografia, a história cultural e política e os materiais locais para o mesmo. Na Praça de Salvador, em Portugal, por exemplo, foi criada uma estrutura de 100 metros de diâmetro, sustentada por três hastes e que se move com o vento. Após uma pesquisa com a população local foi verificado que a escultura deu margem a várias interpretações: 'rede de pesca, criaturas ou as ondas do mar,

chaminé das áreas industriais' do passado dentre outros. O projeto foi realizado em parceria com o arquiteto Eduardo Souto de Moura e Speranza Architects.



FIGURA 20: [Escultura Janet Echelman – modelo 3D (esquerda) e obra executada (direita)]

Fonte: AD Architectural Design, March/April, 2009 p.78 e 79

7.1.7 – O uso do modelo como base para componentes pré-fabricados

A construção virtual do projeto facilita a utilização de componentes pré-fabricados porque permite que aconteça uma pré-montagem no ambiente digital, possibilitando que problemas que possivelmente seriam detectados somente no campo fossem previamente resolvidos. Outras vertentes para a utilização do modelo 3D: a criação de um protótipo virtual detalhado do componente para simular sua fabricação e instalação ou a criação de um arquivo CNC (Controle Numérico Computadorizado) para que a peça fosse fabricada automaticamente sem a necessidade de desenhos. O sucesso desta prática é determinado pelo grau de detalhamento do modelo 3D. Esta técnica pode ser utilizada, por exemplo, na fabricação de componentes metálicos, pré-moldados e vidros.

No projeto Eagle Ridge Residential, um conjunto habitacional composto de 3.700 unidades no Canadá, o emprego do BIM foi um facilitador para o desenvolvimento da estrutura em concreto pré-moldado. Este sistema construtivo foi adotado pela sua economia e velocidade de execução. Contudo, Cho (2008) explica que só foi possível manter-se dentro do cronograma beneficiando-se do modelo 3D construído, utilizando a ferramenta BIM para a estrutura TEKLA. Neste caso, o modelo 3D não foi usado para fabricação direta, mas foi fundamental para o desenvolvimento de peças que chegariam à obra sem erros refletindo a perfeita harmonia entre os

projetos de arquitetura e o estrutural. Determinando uma obra mais rápida e dentro da estimativa de custos prevista.

Outro exemplo onde a pré fabricação facilitada pelo BIM foi determinante para o sucesso do projeto é exemplificado por Jeff Yoders (2007) em um projeto de arquitetura hospitalar. O autor considera que na arquitetura hospitalar o mais caro não é o prédio em si, mas os equipamentos médicos necessários. No artigo, o autor expõe experiências do seu escritório, usando o BIM e o Lean (derivado da indústria automobilística) para a construção de um novo tipo de unidade hospitalar chamada Medical Office Building, que ao mesmo tempo são unidades autônomas, mas estão conectadas ao hospital para ter acesso aos equipamentos mais sofisticados. Esta solução seria vantajosa tanto para médicos como para pacientes, pois permitiria a flexibilidade de uso de equipamentos caros e diminuiria o risco de contaminação de um hospital comum. O BIM teria facilitado esse tipo de construção porque, ao promover a integração entre arquitetura e os demais projetos (que no caso de hospital é o principal desafio), cria condições para que haja uma pré-fabricação eficiente de peças e a obra acontece sem interferências. O que oferece condições para que projetistas tenham mais liberdade para propor soluções criativas como, por exemplo, o compartilhamento de equipamentos.

As epígrafes que compõem o Memorial do Pentágono, erguido em homenagem às vítimas do vôo 177, seqüestrado nos ataques de 11 de Setembro, é um exemplo onde a fabricação automatizada via CNC foi fundamental para a concretização do projeto. Keith Kaseman (2009) expõe que para respeitar ao máximo a intenção do projeto vencedor do concurso foram necessárias 28 empresas trabalhando integradas. Um modelo digital foi construído para que os profissionais refinassem o projeto até que o modelo estivesse pronto para a fabricação via CNC.

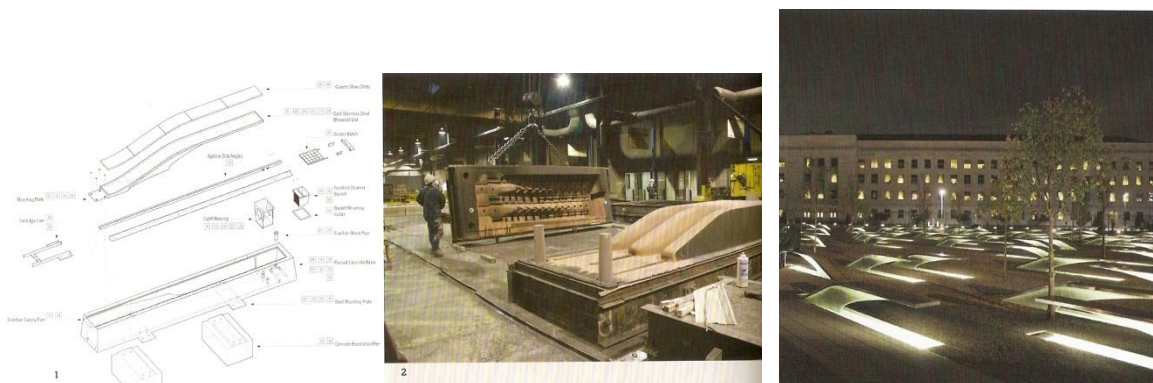


FIGURA 21: [projeto (esquerda), fabricação (centro) e obra acabada (direita) do memorial das vítimas do atentado de 11 de setembro]

Fonte: Fonte: AD Architectural Design, March/April, 2009 p.78 e 79

7.1.8 – Gerenciamento da operação e manutenção do prédio

O modelo 3D contém as informações sobre todos os sistemas que foram usados na construção do prédio, podendo ser empregado para verificar se eles estão funcionando de acordo como o projeto e também como fonte de consulta para a manutenção que terá, por exemplo, a localização de tubulações. Contudo, esta ferramenta se encontra ainda pouco desenvolvida e espera-se que, num futuro próximo, seja utilizada para o monitoramento de sistemas do prédio em tempo real.

7.2 – Possíveis implicações

7.2.1 – Mudanças culturais

A decisão sobre qual método a ser usado para compartilhar as informações torna-se um fator importante para a definição do tipo de trabalho da equipe. Pode-se optar pela organização clássica, onde geralmente o arquiteto é o centralizador das informações, mas cada disciplina trabalha separadamente. Ou definir um coordenador externo ao grupo para gerenciar todas as disciplinas. Outra alternativa ainda é o trabalho colaborativo onde a equipe compartilhe as informações do modelo 3D em um arquivo único desde o início do processo, sendo necessário eleger uma pessoa que responda legalmente pelo projeto e administre as informações.

De um modo ou de outro, para que haja pleno uso das potencialidades do BIM é necessário que haja uma mudança cultural na forma de trabalhar dos profissionais. Em outras palavras, é preciso rever a idéia que se reflete no comportamento dos projetistas de que o projeto da edificação pode ser subdividido em disciplinas estanques que se juntam para formar o todo. O projeto deve, ao contrário, ser visto de uma forma global, uma tarefa multidisciplinar onde uma especialidade interfere e depende da outra, exigindo que os profissionais trabalhem de maneira integrada.

Com relação ao trabalho do arquiteto, outras mudanças culturais são notadas, como a necessidade de um conhecimento prático sobre a execução já no início do processo.

O compartilhamento deste pensamento é percebido na descrição que o autor Glenn W. Birx (2006) faz sobre sua experiência de implantação do Building Information Modeling em seu escritório. No artigo, o autor aponta várias dificuldades e vantagens encontradas durante o processo, mas sua ênfase maior é na mudança cultural provocada. Inicia seu texto declarando que o BIM não é apenas uma ferramenta de desenho 3D, mas uma ferramenta de projeto. Acredita que, na medida em que o arquiteto não precisa se preocupar com a produção dos desenhos 2D porque eles são extraídos automaticamente, pode dedicar mais tempo à atividade de projetar. Ressalta que os inputs no aplicativo BIM exigem dos projetistas um conhecimento na parte construtiva do processo. Explicando o aumento do número de horas de trabalho do arquiteto principal e a diminuição das horas de estagiários e jovens arquitetos. Outro aspecto destacado é a transformação do projeto em uma base de dados única. Característica que promove a ampliação da capacidade do trabalho colaborativo da equipe, pois a base única torna mais fácil a consulta dos dados e alterações, possibilitando também o acesso simultâneo do arquivo que permite que incompatibilidades sejam detectadas precocemente.

Vários pontos de paridade são encontrados entre artigo de David Scheer (2005) e o texto de Glenn W. Birx como, por exemplo, a necessidade de que o arquiteto tenha conhecimento construtivo para manusear programas de BIM. Ou seja, a inversão da proporção das tarefas em relação à metodologia tradicional. Ficando para a fase inicial a parte mais trabalhosa do processo e, requerendo uma revisão nos contratos atuais. Contudo, o argumento principal do texto é a pressão exercida pelos investidores para que os projetistas adotem o BIM devido ao aumento da eficiência: economia de tempo e custos na fase de projeto e construção, como vem sendo amplamente divulgado. O questionamento não se consiste em se haverá ou não a implantação do BIM (para David é inevitável). “*A questão é como essa tecnologia emergente deveria ser implantada para ajudar-nos a conseguir o que nós queremos para nossa profissão.*”⁴⁷ “Porque a profissão dos arquitetos é a junção do tecnicismo com o lado artístico. Os edifícios representam a sociedade e a cultura de nosso tempo. A missão desta profissão é reconhecer o que nos rodeia, é unir as

⁴⁷ The questions is *how this emerginig technology should be implemented* to help us get what we want from our work.

necessidades. Engajar-se neste movimento é exercer pressão para que as ferramentas sejam desenvolvidas de acordo com a necessidade dos arquitetos. É a oportunidade de reaproximação do processo construtivo e retomada da sua posição de autoridade perdida em meio à proliferação dos especialistas – para que os benefícios desta tecnologia não fiquem apenas nas mãos dos proprietários, como aconteceu na mudança do desenho feito a mão para o CAD”. Segundo o autor, nos últimos 15 anos o salário dos arquitetos diminuiu, enquanto houve um aumento na sua produtividade promovida pela substituição dos desenhos feitos a mão para automatização gerada pelos programas de CAD.

“Isso não é apenas sobre eficiência e oportunidades empresariais, embora isso seja importante. É sobre a liberdade criativa e a expansão dos horizontes de que pode imaginar e construir. Muitos arquitetos sentem que nossa profissão tem sido incrivelmente marginalizada como a perda de influência com nossos clientes para uma profusão de especialistas. A proliferação dos especialistas pode fazer com que criadores do projeto percam de vista seus propósitos maiores. *Cada especialista tem um estreito foco e no final o projeto corre o risco de se tornar nada mais que uma coleção de soluções para problemas estreitos.*”⁴⁸ (SCHEER, 2005) p.6.

O retorno ao canteiro de obras e a retomada do prestígio da profissão de arquiteto perdida ao longo dos tempos é um assunto recorrente em vários artigos. Richard Garber (2009) evidencia a diferença que Alberti e Brunelleschi faziam em relação ao uso do modelo físico em seus projetos. Para Alberti, não é possível construir um modelo fiel do projeto porque ele é concebido na cabeça do arquiteto e precisa ser interpretado pelo construtor. O modelo é somente uma maneira de explicá-lo. Já Brunelleschi usava o modelo como um modo de testar suas idéias e planejar sua execução. Essas duas concepções, segundo o autor, contrapõem-se e sobrepõem-se no discurso de adoção do BIM atualmente. Garber considera a capacidade de atualização da base de dados do seu estado virtual uma

⁴⁸ It is not only about efficiency and business opportunities, though these are important. It is also about creative freedom and expanding the horizons of what we can imagine and build. Many architects feel that our profession has been increasingly marginalized as we lose influence with our clients to a welter of specialists. The proliferation of specialists can cause a project's creators to lose sight of its greater purpose. Each specialist has a narrow focus and in the end the project risks becoming nothing more than a collection of solutions to narrow problems.

característica importante que ajuda a aproximar o arquiteto do construtor. A possibilidade de testar as idéias, estudar técnicas construtivas e seqüência de execução. Diminuindo “o vazio entre o arquiteto e a obra conceitualizado por Alberti na Renascença e que perdurou por todo o século XX e finalmente no século XXI será fechado.”⁴⁹

7.2.2 – Aspectos econômicos

Podemos depreender dos artigos apresentados que a adoção dessa tecnologia pelos profissionais acarretará mudanças culturais importantes dentro da prática profissional. E mesmo que as empresas acreditem que essas mudanças são positivas, não podemos esquecer, entretanto, de que esta decisão envolve custos. O alto preço dos programas e o treinamento dos funcionários representam a maior parcela destes custos e, por isso, são fatores determinantes nesta decisão. Mesmo porque, como mencionado anteriormente, para usufruir de todas as facilidades esperadas do BIM são necessários vários softwares diferentes e profissionais habilitados em cada uma dessas especialidades, além de computadores com maior poder de processamento. Talvez esses fatores expliquem porque os estudos de casos apresentados freqüentemente sejam relativos a obras de grande porte.

A desigualdade na capacidade de absorção pelas empresas desta nova técnica é questionada no artigo de Dokonal e Knight (2008), onde afirmam que na União Européia existem pressões para que a indústria da construção civil alcance taxas de desempenho que somente serão alcançadas com a utilização do BIM. Argumentam que as grandes empresas não encontram empecilhos e estão preparadas para acompanhar o desenvolvimento dos aplicativos, enquanto as pequenas empresas do interior ainda usam o CAD 2D como ferramenta de projeto e não alcançaram esse patamar tecnológico.

7.2.3- Aspectos legais

A substituição das pranchas de papel por um modelo digital único levanta questões legais em relação à propriedade do modelo (o cliente, os projetistas, o arquiteto ou o coordenador?), uma vez que ele reúne informação referente a várias

⁴⁹ (...) seem to indicate that the gap between design and building, conceptualised by Alberti and wich existed throughout the 20 th century and into the 21 st century, will finally be closed. p.93.

disciplinas. Igualmente desconhecida é a definição de um profissional que responda legalmente pela precisão do projeto. Altera também o modo de cobrar dos contratos: muitas vezes, a unidade considerada é o número de pranchas do projeto.

Em outro ponto do artigo Glenn W. Birx (2006) aborda o aspecto legal relacionado à adoção do BIM quando realça a necessidade de mudança na forma de cobrança do projeto. No modelo tradicional da AIA (American Institute of Architecture): 15% fase conceitual, 20% fase de desenvolvimento, 40% fase de documentos para a obra (projeto executivo). A forma como a empresa passou a cobrar: 25% fase conceitual, 25% fase de desenvolvimento e 25% documentos para a obra. Essa mudança foi necessária devido ao maior empenho na fase de concepção do projeto e conseqüente redução do trabalho na fase de produção de desenhos.

7.3 – Ferramentas

As ferramentas do BIM têm como embasamento conceitual os objetos paramétricos – fruto do desdobramento das pesquisas que envolveram o modelamento 3D na década de 70. No início da década de 80, como já citado anteriormente, havia um esforço em algumas áreas como a engenharia, mecânica e aeronáutica no desenvolvendo dos conceitos de ‘product modeling’, análise integrada e simulação. O ‘building product’ surgiu como parte deste movimento. Nesta primeira fase, suas ferramentas ainda não estavam bem desenvolvidas, os programas tinham custo muito elevado e requeriam computadores poderosos. Soma-se a isto ao fato de trabalhar conjuntamente em 3D ser um conceito estranho aos projetistas. Tais fatos limitaram o uso da nova tecnologia pela indústria e levaram os projetistas a adotarem os programas de geração digital dos desenhos 2D como o Autocad e o Microstation.

De acordo com de Eastman *at* (2008),” uma parceria entre a universidade e a indústria firmada durante os anos 80 promoveu um incremento da pesquisa sobre sistema de projeto mecanizado e as ferramentas de objeto paramétrico deram um salto de qualidade. Tornaram-se base para a elaboração dos softwares hoje mais conhecidos, como o Autodesk Revit, Bentley e Tekla Structures, SDS/2 e Structureworks, lançados no início dos anos 2000.

No projeto paramétrico, ao invés de projetar um objeto isolado como uma porta ou janela, o projetista define um modelo de família, um grupo de relações e regras para controlar os parâmetros no qual o objeto poderá ser gerado, variando de acordo com o contexto.

Para ilustrar a diversidade de softwares existentes no mercado, apresentarei as principais características dos programas destinados especificamente à arquitetura. A base utilizada é ainda o livro de Eastman *at al.*

Revit: é o líder de mercado, lançado pela Autodesk em 2002. É uma família composta pelo Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP. É fácil de aprender porque tem uma interface amigável, possui uma excelente biblioteca e suporta múltiplos usuários compartilhando um mesmo arquivo. Suas desvantagens: não suporta curvas e superfícies complexas e tem certas limitações a regras paramétricas que envolvem ângulos.

Bentley Systems: sua ferramenta de arquitetura foi lançada em 2004, derivada do Triforma. É composto por uma gama de softwares (Architecture, Structural, Mechanical Systems, Electrical Systems, Facilities, PowerCivil e Generative Components). Suas qualidades são a variedade de programas que atendem a quase todos os aspectos da indústria da construção e arquitetura, permitindo modelar vários elementos paramétricos empregados em grandes projetos e permite a definição de geometrias complexas. Suas desvantagens são a falta de integração entre os programas, plataforma de difícil aprendizagem e interface pouco intuitiva.

ArchiCAD: é a tecnologia BIM mais velha do mercado. Foi introduzida no início dos anos 80. Suas vantagens são interface intuitiva de fácil manipulação, compatível com um grande número de aplicativos de construção e gerenciamento, sendo o único sistema compatível com a plataforma Mac. Desvantagens: algumas limitações na capacidade de modelamento paramétrico”.

Katie Gerfen (2007) argumenta que é preciso cautela para que os escritórios efetuem a mudança para a tecnologia BIM, porque sua implantação é bastante onerosa e a indústria de software ainda briga pelo domínio do mercado. Portanto, as ferramentas não estão plenamente desenvolvidas.

7.4 – Interoperabilidade

A interoperabilidade representa a necessidade de passar os dados entre os programas, permitindo que haja interação entre eles. Propriedade importante, pois não existe um único programa que seja capaz de executar todas as funções que o conceito do BIM propõe. Segundo Eastman *et al* (2008) “São quatro as formas de exportar formatos:

1 – Conexão direta – é a integração de dois programas através de uma conexão direta entre ambos, usualmente acessada por interfaces presente em um deles ou nos dois programas.

2 – Formatos de exportação particular (Proprietary file exchange formats) – são uma extensão criada por uma empresa comercial para a interface com produtos da mesma companhia. Em alguns casos particulares, tornaram-se padrão. Por exemplo, a extensão padrão usada pela associação AEC (Architecture, Engineering, Construction) é DXF (Data Exchange Format), definida pela Autodesk ou SAT criada pela (Spatial Technology)

3 – Formatos de exportação públicos (Public product data model exchange formats) – são padrões de modelos abertos que buscam que a interação entre programas seja feita de forma completa, de modo que os aplicativos possam comunicar. Esses formatos carregam informações não apenas do objeto e material, mas também as interações e regras que definem sua geometria. Alguns grupos foram criados no intuito de garantir a interoperabilidade dos programas envolvidos no BIM: o IFC (Industry Foundation Classes) representa as indústrias envolvidas em todo o ciclo de vida da construção de um edifício, desde o projeto até a manutenção. Iniciativa apoiada pela IAI⁵⁰ (International Alliance for Interoperability) e o CIS/2 (CimSteel Integration Standard, Version 2) que representa as indústrias ligadas ao projeto, fabricação e análise das estruturas em aço, suportada pela American Institute of Steel e Construction Steel Institute do Reino Unido.

⁵⁰ Inicialmente, a IAI (Industry Alliance for Interoperability) era um consórcio de empresas criado, em 1994 pela Autodesk, para desenvolver um programa, usando a linguagem C++, no intuito de criar um suporte para melhorar a integração entre seus aplicativos. Em 1997, houve a mudança do nome para IAI (International Alliance for Interoperability) abrindo a aliança a qualquer interessado, construindo-se uma organização internacional de aliança industrial de fins não-lucrativos com o objetivo de divulgar a Industry Foundation Classes (IFC) como uma database neutra da AEC para responder a todo o ciclo de vida da edificação.

4 – Formato XML (Extensible Markup Language) – é uma extensão da HTML, uma linguagem usada para enviar informações na internet. O XML permite a definição de uma base de dados de interesse chamado *schema*. Essas estruturas permitem exportar vários tipos de arquivos entre os softwares. Alguns exemplos de schema usados pela AEC: gbXML (Green Building XML), schema usado para transferir dados para a realização de análises primárias de energia que envolvem edificações, aecXML, usado para enviar dados referentes a contratos e documentos de projetos.

Dois formatos amplamente usados para troca de dados na internet – 3D PDF (Portable Document Format), criado pela Adobe, e DWF (Design Web Format), criado pela Autodesk – permitem que os arquivos sejam visualizados e marcados para indicar revisões e comentários, porém não admitem ser modificados”.

A interoperabilidade é uma característica fundamental para que os objetivos propostos pela tecnologia BIM sejam alcançados. Entretanto, embora haja um esforço neste sentido, a possibilidade de interação entre os programas é muito deficiente. Assunto presente no artigo de Mandell (2004), nele o autor discute até que ponto os programas de BIM existentes no mercado conseguem fazer a interoperabilidade de modo satisfatório. Segundo o mesmo, ainda não existe um programa de estrutura que permita a integração perfeita com o modelo de arquitetura. Outro problema é que os programas seriam preparados apenas para as estruturas convencionais, tornando-se sem praticidade para estruturas mais ousadas.

7.5 – Estudo de casos internacionais

Para avaliar a aplicabilidade desta tecnologia na prática construtiva estrangeira, recorro novamente ao livro de Eastman *et al* (2008). No livro, os autores descrevem dez projetos que utilizaram o BIM e avaliam quais são os aspectos positivos e negativos de cada experiência. São eles:

— Planta de produção da General Motors

Localização: Flint-EUA, escritório responsável: Ghafari Associates e LLC

— United States Coast Guard

Localização: várias cidades dos EUA, escritório responsável: Divisão interna de engenharia

— Camino Group Medical

Localização: Mountain View-EUA, escritório responsável : HPS Architecture

— Centro Aquático Nacional

Localização: Beijing-China, escritório responsável: PTW Architects eChina State Construction International

— Prédio Federal de escritórios

Localização: São Francisco-EUA, escritórios responsáveis: Morphosis e, Smith Group

— Torre de apartamentos na 11^a Avenida

Localização: New York-EUA, escritório responsável: Ateliers Jean Nouvel

— Torre de escritórios Uma Ilha Leste

Localização: Hong Kong-China, escritório responsável: Wong & Ouyang (HK) limited

— Estrutura do Estacionamento Nacional Penn

Localização: Grantville-EUA, escritório responsável : Urban Design Group Inc

— Comercial Hillwood

Localização: Dallas – EUA, escritório responsável: Beck Group

— Palácio da Justiça Federal

Localização: Jackson, Mississippi-EUA, escritório responsável:: H3 Hardy collaboration Architecture, LLC

A primeira coisa notável em relação a esses estudos de caso é a magnitude dos projetos (o menor tem 32.000 m² de painéis de cortina de vidro para as fachadas de um prédio).

Podemos perceber que as facilidades prometidas pelo BIM não foram alcançadas em sua totalidade em nenhum dos casos. Porém, em cada um deles algum tipo de melhoria decorrente destas habilidades foi encontrado. A proporção em que algumas delas aparecem chama a atenção. A maior confiabilidade e rapidez na produção dos desenhos 2D, detecção prévia de conflitos entre as disciplinas antes da execução, facilidade de atualização das informações, maior integração entre a equipe e entendimento do projeto pelo cliente e a melhoria do gerenciamento da obra formam apontados como pontos positivos por todos os exemplos onde houve a execução do projeto. Em dois casos, os resultados obtidos são mais contundentes em relação à agilidade do processo: no projeto da planta da produção da GM, o gerenciador conseguiu entregar a obra com cinco semanas de

antecedência – 12,5% antes do tempo estipulado de um prazo que já era exíguo. E o projeto do hospital Camino Group Medical, em que o projeto ficou pronto com seis meses antes do previsto (baseado em um processo de projeto tradicional) e permitiu a construção do edifício com raros imprevistos (os poucos que tiveram foram motivados pela passagem de projetos 2D em 3D devido à falta de experiência em 3D de alguns fornecedores). Para a torre de escritórios em Hong Kong, um prédio com 70 andares, embora sua construção ainda não tivesse terminado quando da publicação do livro e o projeto tenha se iniciado em 2D e depois mudado a metodologia, a avaliação parcial é semelhante à dos projetos anteriores. Também é o caso do projeto do Estacionamento Nacional Penn onde “o fornecedor da estrutura pré-fabricada de concreto tinha utilizado o BIM apenas no seu processo interno em um projeto anterior e obteve sucesso. Então, quando mesma equipe ganhou um projeto maior, mas com a mesma tipologia, decidiram usar a mesma metodologia. Já na fase conceitual houve um engajamento de toda a equipe. Um modelo conceitual foi desenvolvido pelo fornecedor da estrutura pré-fabricada de concreto em apenas 9 horas e apresentou aos demais projetistas para aprovação. Após 6 horas, o modelo tinha sido modificado para dar seqüência ao processo. Na fase de desenvolvimento, a interação entre a equipe foi mantida e o modelo 3D foi peça importante para aumentar a visualização de todos sobre o projeto (inclusive do cliente), definir claramente a responsabilidade de cada um e a detecção de interferências. Uma maquete física que estava prevista para definir detalhes entre interfaces do projeto foi cancelada devido à qualidade do modelamento 3D. A montagem aconteceu sem problemas ou erros que demandassem retrabalho, o que é raro neste tipo de estrutura. No balanço geral, houve uma redução do projeto de engenharia e nas horas de desenho”.

Os progressos alcançados nestes projetos são o que podemos dizer de casos ‘clássicos’ na implantação da metodologia BIM, pelo menos até o presente momento.

Foi pequena a porcentagem de projetos que se beneficiaram desta tecnologia para concepção do trabalho. Apenas três: o Cubo d’água ou Centro Aquático Nacional de Beijing, a Torre de apartamentos na 11^a Avenida em Nova Iorque o Palácio da Justiça Federal na cidade de Jackson, Mississippi-EUA

“No projeto do Cubo d’água, o recurso digital foi usado desde a fase de concepção, quando a geometria, crucial para a viabilização da idéia do arquiteto, foi definida usando o Microstation VBA. O modelo foi usado na apresentação do conceito para os jurados do concurso. Os projetistas exportaram arquivos para outros programas para confeccionar uma maquete física usando a prototipagem rápida e uma animação do projeto. Já durante o desenvolvimento do mesmo, a exploração exaustiva do modelo pelos engenheiros proporcionou um refinamento do projeto estrutural até que fosse encontrada uma versão mais econômica para esta estrutura não-convencional que demandava muitas conexões diferentes. Isto só foi possível porque o modelamento de toda a estrutura era feito em apenas 25 minutos e permitia a atualização de todas as pranchas em apenas um fim de semana. O modelo 3D construído permitiu também que houvesse uma pré-montagem na fabricação para diminuir o tempo e a possibilidade de erros na obra. Mas a proposta não foi aceita pelo cliente chinês, que preferiu que toda a estrutura fosse soldada no local. A questão ambiental foi outra premissa importante do projeto e ferramentas de BIM para a sustentabilidade foram usadas para alcançar a reutilização e a reciclagem de 80% da água através da captação por coletores no telhado e sistema de filtro das piscinas.

Situação semelhante encontramos no projeto da fachada da torre da 11ª Avenida, em Nova York. Nela, o arquiteto Jean Nouvel propõe uma fachada com painéis de vidro divididos de maneira aleatória. Já na fase conceitual, a empresa Front Inc. foi chamada para verificar e garantir a exeqüibilidade da proposta. Trabalharam durante seis meses na equipe na fase conceitual. O escritório dos arquitetos providenciaram um mapa contendo todas as posições dos painéis, para resolver o problema e a empresa propôs um modelo paramétrico no qual as informações foram repassadas para uma planilha que organizava as informações entre as dimensões dos painéis de vidro e associava a regras paramétricas através da ferramenta do Digital Project. O resultado encontrado foi a definição de um módulo básico (mega painel), onde somente modificando suas subdivisões formavam algumas tipologias diferentes. Visualmente, a regularidade da grelha foi quebrada pela complexidade das subdivisões, chegando muito perto do resultado esperado pelo arquiteto”.

Já o Palácio da Justiça foi inicialmente desenvolvido pela ferramenta realidade virtual CAVE⁵¹, que permitia a visualização realística do lay out da sala de audiência e uma tomada de decisão mais consciente por parte dos projetistas e clientes. “Foram feitas simulações do projeto acústico e de iluminação, economizando cerca de 40% do que se gastaria para fazer um protótipo em compensado. Na avaliação dos projetistas, as simulações foram bem-sucedidas. Porém em relação ao projeto de iluminação, apresenta restrições devido a raios que são contrastes para o olho humano, mas invisíveis no ambiente virtual. Outra particularidade deste projeto é a preocupação com a circulação dos usuários que requeriam rotas distintas para juízes, jurados e funcionários, prisioneiros e acusados. Georgia Tech GSA foi contratada para desenvolver, por meio do modelo BIM, um aplicativo para validar a resolução da circulação. Regras foram elaboradas para guiar o projeto de circulação entre as 12 salas de julgamento e mais 300 outros espaços fechados do projeto, possibilitando examinar quase 50.000 opções diferentes de caminhos”.

Também foi pequena a porcentagem dos projetos que se beneficiaram das ferramentas de estimativa de custo. Apesar de esta facilidade ser mencionada no projeto do Palácio da Justiça, apenas em dois projetos foi descrita como qualidade essencial: “da United States Coast Guard e Comercial Hillwood. A Coast Guard é um braço das forças armadas norte-americana e tem um portfólio de 8.000 itens entre prédios próprios ou alugados e terras arrendadas. Em 2001, decidiu fazer um esquema, utilizando a tecnologia BIM, para convergir as informações de várias de suas unidades para auxiliar no gerenciamento e na tomada de decisões de seus empreendimentos. A questão elementar para essa implantação era garantir que os objetos uma vez modelados (em qualquer fase do processo de projeto, construção ou pós-ocupação) pudessem ser associados a informações úteis aos profissionais que fariam as avaliações futuras. O sistema era composto de um modelo 3D BIM, associado a um banco de dados central conectado a um portal da internet para possibilitar a visualização do modelo e entrada de dados como, por exemplo, Google Earth. O resultado alcançado foi uma redução drástica em relação ao custo e tempo (um projeto que no processo tradicional levaria 10 meses para ser catalogado passa

⁵¹ Computer Automated Virtual Environment da Walt Disney.

a precisar de 1 mês no novo sistema) destas avaliações. Proporcionando aos profissionais subsídios para que eles previssem com mais precisão os resultados esperados dos empreendimentos, elevando em conta muitos possíveis cenários”.

De maneira análoga, o projeto Comercial Hillwood utiliza-se da ferramenta de extração de planilhas e estimativa de custo do BIM. “Mas a avaliação é usada para auxiliar na tomada de decisão do projeto ainda na sua fase de concepção. Os arquitetos desenvolveram um modelo 3D conceitual, em que uma base de dados continha os elementos construtivos já associados a informações sobre o custo. O que possibilitou que várias versões do projeto fossem feitas para a avaliação da equipe e fosse apresentada ao cliente uma proposta mais consistente. Os componentes em 3D utilizados nesta metodologia facilitavam a detecção da falta de algum componente, por exemplo, evitando erros na quantificação. Importante notar que é preciso sincronia e integração entre a equipe de projetistas para uma correta seleção dos elementos (ou padrões) construtivos utilizados”.

8.0- PROCESSOS DE PROJETO DIGITAL E A REALIDADE BRASILEIRA

8.1 – Contexto nacional

Vimos nas seções anteriores como a tecnologia digital tem influenciado o processo de projeto desde as primeiras pesquisas realizadas nos anos 60. Do mesmo modo, vimos que o desenvolvimento do CAD, juntamente com o barateamento dos computadores e a expansão das TICs promoveram a popularização do uso da tecnologia digital aplicada ao processo de projeto, tornando a prática comum no dia a dia dos profissionais. Atualmente, vivemos um momento estratégico na história do processo de projeto, onde as tecnologias digitais e da informação trazem novas perspectivas ao mesmo. Essas tendências vêm influenciando profissionais de todo o mundo, inclusive no Brasil. O objetivo deste capítulo é apresentar de que forma nosso país está sendo afetado por este movimento.

Após uma revisão bibliográfica na literatura brasileira podemos constatar que o tema é bastante incipiente no país. Segundo a classificação da Oxman, estamos apenas na fase mais elementar desta pesquisa representados pelos sistemas CAD, incluindo o CAD paramétrico ou BIM e o CAD 4D. Patamares mais avançados onde

a dependência da representação é menor, como os modelos de formação, gerativo ou de performance, raramente são encontrados no país. Localizar pesquisadores brasileiros que exploram este tema da gramática da forma é uma tarefa árdua. Um exemplo é o trabalho de Gabriela Celani, da UNICAMP, demonstrando que a aplicação da gramática da forma tem grande potencial para fins pedagógicos. Outra vertente é usar a gramática da forma como base metodológica para analisar estilos/períodos arquitetônicos ou obras de autores importantes. Três dissertações de mestrado de alunos da FEC-UNICAMP foram desenvolvidas recentemente nesta área.

Não é escopo deste trabalho levantar os motivos pelos quais não existem pesquisas aprofundadas de aplicação de tecnologias digitais ao projeto. Porém, podemos especular sobre alguns indícios: a falta de uma tradição em pesquisas desta natureza, refletindo em escolas de arquitetura que privilegiam a exploração de modelos já consolidados, a falta de incentivo governamental para que profissionais e empresas invistam em tecnologia, os baixos preços dos projetos que desestimulam as atualizações profissionais, os prazos extremamente curtos para a execução do projeto, a excessiva preocupação por parte dos clientes em reduzir custos, a desvalorização do projeto arquitetônico, a má distribuição de recursos nas universidades públicas dentre outros.

Outro fator que explica a aceitação que o BIM tem recebido internacionalmente (e também no país) é o fato dessa tecnologia não romper bruscamente com o paradigma metodológico que temos atualmente. Apesar de ser a construção digital da edificação, as ferramentas de geração de desenhos 2D criam um vínculo com o projeto tradicional: a possibilidade de integração direta com o AutoCAD (no caso do Revit) auxiliando no estágio da transição e a produção automática de maquetes eletrônicas.

Existe, tradicionalmente, um paradoxo no mercado brasileiro da construção. Porque, ao mesmo tempo em que o setor da construção civil desempenha um importante papel na economia brasileira, as pesquisas que investigam o processo de projeto (que é a base desta cadeia) são escassas. Contudo, nos últimos anos essa situação tende a se alterar. Os prejuízos e atrasos causados por falhas no processo de projeto tradicional ficam cada vez mais evidentes, mobilizando dirigentes do setor a buscarem alternativas.

“Em meados dos anos 80, o Estado tomou para si a responsabilidade de implantação de um plano composto por uma série de ações para o desenvolvimento tecnológico do setor.” (GODOY, 2005). Organismos como o Instituto Brasileiro de Tecnologia e Qualidade na Construção Civil (ITQC) e a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (1987) foram criados. Questões envolvendo a produtividade no setor foram levantadas. Um exemplo é o trabalho realizado em 1996 pelo ITQC, mobilizando uma equipe de 128 pesquisadores de 16 universidades para investigar as razões que elevam os índices de perdas de materiais/componentes em uma obra (concluiu-se que o projeto tem um papel relevante nesta porcentagem). Outra pesquisa buscava entender a origem das patologias da construção (concluiu-se que 58% das patologias se devem a conceito e desenvolvimento do projeto)⁵².

Nos anos 90, foi instituído o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat) e dentro deste projeto um conjunto de normas destinadas a certificar as empresas e construtores: o SIQ (Sistema de Qualificação de Empresas e Obras). Normas que passaram a ser exigidas pelos agentes financiadores e de fomento (*que atualmente destinam 65% dos recursos da poupança em financiamento imobiliário para a habitação*)⁵³. Desde então, a busca pela qualidade (que neste contexto é igual a produtividade) estava presente em muitas pesquisas da área do projeto.

Num segundo momento, passou-se a explorar de que maneira as novas ferramentas da tecnologia digital poderiam ser aplicadas ao setor da construção civil de maneira a auxiliar na busca deste desempenho. Scheer et al (2007) *apud Sérgio Salles* apresentou o levantamento dos grupos de pesquisas brasileiros cujas informações foram complementadas por notas da autora:

Grupo de Pesquisa em Informática Aplicada em Engenharia e Arquitetura – GRUA – CETEC/UNOCHAPECÓ (Universidade Comunitária Regional de Chapecó)
Criação: 2003

⁵² Dados de Arantes *apud* Maciel, Melhado (1995).

⁵³ Fonte: ISTO É. Pesadelo e sonho: medidas do governo de incentivo à construção precisam da queda dos juros para sair do papel. Disponível em:

<http://www.terra.com.br/istoe/1/96/economia_pesadelo_sonho_htm *apud* GODOY, 2005.

Linha de pesquisa: Interoperabilidade de sistemas computacionais em construção civil (ambientes colaborativos, Gerenciamento Virtual de Projetos – GVIP – e as pesquisas com BIM a partir do uso de IFC) e Sistemas de Informações Geográficas.

Site: <http://www2.unochapeco.edu.br/~grua/>

Grupo de Pesquisa em Construção – UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina)

Criação: 1991

Linha de pesquisa: Sistemas de Informação.

Grupo de Pesquisa em Gestão e Tecnologia de Edificações – GTE –

UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas)

Linhas de pesquisa: Sistemas de Gestão Integrada: qualidade, segurança e meio ambiente; construção enxuta; Racionalização gerencial de técnicas e processos em edificações; Planejamento e controle operacional de construções; Planejamento econômico e financeiro de empreendimentos; Tecnologia da Informação na gestão de projeto e construção (inclusive da tecnologia BIM).

Site : <http://www.e-science.unicamp.br/gte/>

Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Informação e Comunicação – Grupo TIC – UFPR (Universidade Federal do Paraná)

Criação: 1982

Linhas de pesquisa: Projeto Integrado por computador; Gerenciamento Eletrônico de Documentos; Modelagem de Produto e Processos de Projeto.

Site: <http://www.cesec.ufpr.br/apresen.htm>

Tecnologia Computacional para Construção Civil – TEC – USP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo)

Criação: 1970 (criação do PCC do Departamento de Engenharia de Construção Civil e, em 1989, foi criado o CPqDCC – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Construção Civil.

Linhas de pesquisa: têm por objetivo estudar a aplicação de modelos matemáticos computacionais no projeto de sistemas de engenharia, visando a otimização de recursos, bem como a aplicação do computador na atividade de projeto. Entre os modelos matemáticos estudados, destacam-se os da pesquisa operacional, dos projetos probabilísticos, da lógica *Fuzzy* e da Computação Gráfica. Dentre as Tecnologias, destacam-se o BIM, a Realidade Virtual e a Soft Computing.

Site: <http://gepe-sup.pcc.usp.br/>

Laboratório de Ambientes Colaborativos Computacionais – LACC –
DEMC/UFMG (Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Minas Gerais)

Linhas de pesquisa: Tecnologia da Informação aplicada à gestão de projetos e produção na indústria da Construção Civil.

Como resultado da sua pesquisa em Tecnologia da Informação aplicada, o professor Doutor Eduardo Marques, em janeiro de 2006, lançou um sistema computacional para o gerenciamento de informações voltado para atender às necessidades do setor de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) – o Sistema de Ambientes Colaborativos (SISAC).

Site: <http://www.portalsisac.com.br/portalsisac/system.php>

Núcleo de Desenvolvimento de Produtos – NPD – UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Criação: 2002

Linhas de pesquisa: Sistemas de produção (implantação de métodos de produção em consonância com o produto e metodologia de segurança no trabalho); Estudos de Design (aprimorar o fluxo de informações e a coordenação entre projetistas); Análise Mercadológica (pesquisa de satisfação com os clientes para obter subsídios para a criação de novos produtos).

Site: <http://www.ndp.ufrgs.br/>

NITCON – Aplicações de novas tecnologias de informação no setor de AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção – UFF (Universidade Federal Fluminense)

Criação: 2002

Linhas de pesquisa: ONTOARQ, GEDOC (A Gestão dos Projetos e a Padronização dos Documentos Informatizados – PRODOC – CAPES); Modernização da construção; Estudo prospectivo para construção; BIM aplicado a projetos, TI na Arquitetura e Construção, Rede BIM Brasil (Modelagem e representação de produto para projetos de engenharia de construção em múltiplas dimensões e a integração de Sistemas- CAPES-Pro-Enge).

Site: <http://www.uff.br/Nitcon/>

Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE – UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Criação: 1974 (em 1991 foi criado o Grupo de Gerenciamento e Economia da Construção – GEC)

Linhas de pesquisa: Grupo de Edificações e Comunidades Sustentáveis; Grupo de Gerenciamento e Economia na Construção; Grupo de Tecnologia de Materiais e Sistemas Construtivos.

Site: <http://noriegec.cpgec.ufrgs.br/norie/>

Arquitetura, processo de projeto e análise digital – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Criação: 2005

Linhas de pesquisa: Cognição, criatividade e formação de repertório em arquitetura; Modelagem paramétrica e Fabricação digital de componentes não-padronizados em Arquitetura; O papel da experimentação no Processo de Projeto em Arquitetura; Protótipos rápidos no processo de projeto em Arquitetura.

Teoria e Projeto na Era Digital – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Criação: 2005

Linhas de pesquisa: Arquitetura Moderna e Contemporânea – Representação e Intervenção; Design Moderno e Contemporâneo – Representação e Intervenção.

O interesse da academia pelo tema é estimulado pela política do Governo Federal de incentivo à adoção da tecnologia no Brasil, sendo ele o responsável pelo financiamento de muitos grupos de pesquisa. Um destes estudos foi desenvolvido, em 2007, pelo Departamento da Indústria da Construção Civil da FIESP (Deconci) com o apoio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior (MDIC), Ministério das Cidades, da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) e Sindicato da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon/SP). Este trabalho fez um diagnóstico detalhado do setor da construção civil no país, comparando-o com situações encontradas nos Estados Unidos e na União Européia. Concluindo que, para haver um aprimoramento do desempenho do setor, este deve se industrializar. Um dos itens apontados como meio para alcançar este resultado foi a intensificação do uso das ferramentas de Tecnologia da Informação. Os autores assinalam que a utilização de tecnologias móveis, como celulares e computadores wireless e a introdução de sistemas de projeto baseados no BIM são capazes de servir como importantes ferramentas para a melhoria de desempenho da construção. Mas argumentam que os serviços de internet móvel apresentam um alto

custo, limitando seu acesso pelos profissionais. Nascimento Santos *apud* DECONCIC (2008) apresenta um quadro completo a respeito das barreiras enfrentadas pelos profissionais para o emprego de novas tecnologias:

“Pessoal dos níveis superiores das companhias normalmente não possui desenvoltura com a aplicação de TI, nem está preparado para especificar ou avaliar as ferramentas.

Ainda há falta de padronização na comunicação. O desenvolvimento de padrões e classificações em promover a interoperabilidade e integração para a indústria da construção tem demonstrado ser uma atividade complexa.

A maioria das empresas não possui área de TI e, mesmo quando existe, não estabelece orçamento significativo que permita investimento adequado para alavancar resultados positivos.

O impacto das poucas empresas que investem em TI torna-se incipiente, pois a indústria da Construção Civil é muito grande, diversificada e segmentada. Em conseqüência, menores serão os benefícios destes investimentos quanto menos agentes usarem a TI, dificultando a sua integração.

Problemas com custos de aquisição e manutenção de equipamentos e software. Apesar do barateamento do custo, este fator foi identificado como a barreira mais significativa em estudos realizados no Canadá. Provavelmente, no Brasil, não seja diferente.

As estruturas curriculares das universidades não dão uma ênfase maior nas aplicações de TI para os futuros profissionais.

Outras barreiras que limitam a evolução da indústria da construção, no que diz respeito aos softwares em uso:

Alto custo dos softwares de projeto;

Monopólio do sistema operacional Windows, entre outros produtos da Microsoft e da plataforma CAD, em especial do Autocad, da Autodesk, tanto em setores públicos quanto privados;

Mercado cíclico que inibe os responsáveis pelo setor ou serviço de um maior investimento nos(as) seus(suas) negócios/empresas;

Maior parte do mercado formado por pequenas empresas e profissionais autônomos, com capital limitado para investimentos e de baixa formalidade.” (DECONCIC, 2008 p.131-132).

Um panorama sobre as pesquisas relativas ao tema realizadas no Brasil é apresentado por Ruschel Andrade (2009). A autora usou como parâmetro a publicação de artigos publicados em eventos relevantes no país. Foram pesquisadas todas as edições do Seminário de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil (TIC) [iniciado em 2002] e no Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios (WBGPPCE) [1ª edição em 2001]. Constatou que apenas em 2007 foram publicados artigos usando a terminologia BIM. De uma maneira geral, os trabalhos abordam o conceito e os benefícios associados ao processo de projeto de arquitetura e a construção, o sistema de colaboração, a interoperabilidade e customização. Ruschel adota uma classificação usada por alguns autores onde a implantação do BIM pode ser dividida em três fases: BIM 1.0 fase em que a metodologia é usada somente pelo arquiteto como uma

evolução do CAD e existe a substituição de modelos em duas dimensões para modelos tridimensionais com informações agregadas que permite a produção rápida de documentos. O BIM 2.0 *“é quando diversas galáxias de projetistas e de construtores, que viviam em constantes conflitos, repentinamente convergem para um ponto comum, desfrutando do potencial da tecnologia.”* (Tobim 2008 *apud* Ruschel). E o BIM 3.0 é quando o projeto passa a ser feito por uma equipe multidisciplinar que trabalha em um modelo único e cujo fluxo de informações é feito de forma contínua, sem perdas ou sobreposições. A autora explica que o Brasil se encontra na fase BIM 1.0 porque somente os arquitetos estão usando a tecnologia e, por isso, os estudos encontram-se em uma fase muito preliminar, precisando ser aprofundados. Outros assuntos como as vantagens e desafios do uso do BIM em fábricas de componentes precisam ser discutidos. Assim como ampliar o número de análises de estudos de caso contemplando, inclusive, sua construção.

No trabalho de Mikaldo e Scheer 2007, encontramos elementos de concordância com a fala de Ruschel. Pois faz um balanço sobre ferramentas digitais e conclui que o CAD BIM pode trazer avanços para o processo de projeto, mas no estágio atual deixaria o profissional isolado. Inicia o artigo fazendo uma análise comparativa entre o CAD geométrico, CAD 3D e CAD BIM. Esclarece que o CAD geométrico, não traz nenhuma vantagem sobre a prancheta tradicional, porque gera projetos desconectados da mesma forma. O CAD 3D, apesar de apresentar algum avanço, mantém a mesma metodologia tradicional. Já o CAD BIM traria uma profunda modificação, pois concebe o edifício de maneira global através da construção de um modelo digital parametrizado, permitindo a extração automática de desenhos e planilhas. Mas poderia deixar o profissional isolado, devido à pequena presença hoje no mercado brasileiro.

No intuito de acompanhar mais de perto a fala de pesquisadores brasileiros sobre o tema, participei de um evento relacionado ao tema. O VIII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos, realizado em novembro de 2008, na cidade de São Paulo, apresentou um temário interessante além de uma sessão técnica dedicada ao Building Information Modeling. A mesa foi composta por pesquisadores brasileiros que lideram os grupos de pesquisa renomados no assunto.

Sérgio Scheer, engenheiro, professor doutor e pesquisador da UFPR (Grupo TIC e Rede BIM Brasil) apresentou a palestra *Desafio da tecnologia BIM em um país emergente*. Discute a evolução dos computadores pessoais e o desenvolvimento de novas formas de armazenar e distribuir informações aliado à necessidade de solucionar a complexidade crescente da construção e os motivos para a divulgação do BIM nos dias atuais, apesar de suas pesquisas terem se iniciado na década de 70.

Argumenta que o uso de uma tecnologia importada impõe uma reflexão sobre os ajustes necessários à realidade do mercado brasileiro. O processo construtivo brasileiro é especialmente dominado pelo modo artesanal e a baixa taxa de industrialização. Por esta razão, a precisão milimétrica gerada pelo modelo digital não encontra correspondência com a realidade da obra. Identificar a real demanda por modelagem, controlar o nível de informação gerado de acordo com o tipo de empreendimento, a falta de uma biblioteca de modelos paramétricos ajustada à prática construtiva do país, dentre outros são obstáculos a serem enfrentados. Assim como a dificuldade de resolver situações incomuns e não-convencionais.

Scheer explica que, embora seja considerado um avanço em relação aos sistemas CAD, ainda não liberou o desenhista de tarefas repetitivas e não é possível automatizar a criação de informações complementares.

Arremata sua fala, ponderando que a eficácia da tecnologia BIM depende da sua adoção por toda a cadeia produtiva, que existe uma resistência a essa integração e faltam ferramentas especializadas para as diferentes etapas e colaboradores.

Eduardo Toledo Santos, engenheiro, professor doutor da POLI-USP responsável pelo grupo de pesquisa Tecnologia Computacional para Construção Civil, apresentou o trabalho *BIM e a Gestão de Projetos*, no qual levanta questões relativas à modificação do processo de projeto e da prática profissional.

Ele diz que o BIM apresenta um deslocamento no processo de projeto do desenho (documentação) para o projeto (modelo consolidado). E diferencia-se por se pautar no trabalho colaborativo.

Discorre sobre as mudanças que o uso da metodologia BIM acarreta nas funções profissionais. Toledo espera que o arquiteto passe a trabalhar mais diretamente com a ferramenta de modelagem, desenvolvendo estudo de volumetria, estudos conceituais e compatibilização em 3D dos projetos complementares. E possibilitar o

desenvolvimento de novas habilidades como, por exemplo, realizar estudos de simulação para análise de parâmetros sustentáveis (consumo de água e energia, aproveitamento da ventilação natural). O cadista, ao invés de desenhar as pranchas 2D, passa a modelar as famílias necessárias ao projeto, detalhar o modelo tridimensional e customizar as ferramentas de desenho do aplicativo BIM para atender às exigências de cada cliente.

Nesse novo formato, há um aumento das horas do arquiteto sênior e consequente diminuição das horas de estagiários e jovens arquitetos. Em outras palavras, o método exigirá que o profissional gaste mais tempo projetando e menos horas desenhando. Acarretando uma melhora sensível na qualidade do projeto, mas criando a necessidade de reformular sua remuneração. Outras variáveis também devem ser consideradas: a necessidade de máquinas mais potentes, aquisição de diversos aplicativos, profissionais com capacitação diferenciada e maior grau de risco para os iniciantes.

Outros impactos envolvidos: a definição sobre a responsabilidade legal do modelo (como definir a responsabilidade de cada profissional envolvido?), definição do grau de detalhamento do modelo, especificação do escopo e do proprietário do modelo.

A documentação no BIM acontece de forma integrada ao modelo e semi-automatizada. E ocupa, segundo o autor, a posição certa: o final do processo.

Já Sergio R. Leusim, arquiteto doutor na UFF, líder do grupo NITCON, apresentou os resultados, que na época, eram parciais de uma pesquisa de mestrado, na qual era o orientador e que será posteriormente detalhada.

Por um lado, percebemos que os trabalhos apresentados por estes pesquisadores apresentam um viés mais pragmático, ligado à prática profissional. Uma resposta às questões relativas ao ganho de produtividade na prática profissional e no setor da construção.

Por outro, encontramos trabalhos como de Wilson Florio (2007) que estuda as contribuições do Building Information Modeling nas ações cognitivas realizadas pelo projetista durante o processo de criação e de desenvolvimento de projeto de arquitetura.

Para o autor, cada fase do projeto implica em um tipo diferente de percepção. A fase de concepção é marcada pela incerteza, onde o projetista deverá testar muitas possibilidades. Na fase de desenvolvimento, a tarefa é adequar a idéia inicial

de modo a torná-la viável tecnicamente e, para isto, é necessário focar no objeto. Por isso, todos os meios de expressão: croquis, desenhos, maquetes e modelos são importantes em alguma fase do projeto.

A Tecnologia da Informação e Comunicação entra no processo para facilitar a disseminação de informações, substituindo o processo hierárquico por um projeto colaborativo. E o BIM seria uma ferramenta preciosa nesta tarefa para também facilitar as experimentações, diminuir os erros e facilitar as revisões.

Apresenta uma experiência feita com estudantes de arquitetura do 3º ano, alternando-se croqui e modelos digitais. Aponta como positiva a inclusão do BIM no ensino de arquitetura, pois facilita a compreensão da articulação entre elementos construtivos do edifício, tornando mais clara e precisa a comunicação das informações e intenções projetuais.

Nardelli (2008) vai além, ao afirmar que o BIM modifica a maneira de pensar o projeto arquitetônico e que os arquitetos brasileiros ainda não estão preparados para esta mudança. Corre-se o risco de utilizar o processo só como uma forma de automatizar o trabalho e não usufruir de toda a sua potencialidade. Alerta para a necessidade de uma formulação da estruturação dos cursos de arquitetura, sintonizando as disciplinas de projeto e informática aplicada. Finaliza considerando que o BIM talvez não seja adequado nas fases iniciais de projeto e salienta que para cada item deve haver espaço na fase de concepção.

Nas investigações dos pesquisadores brasileiros, descobrimos análises mais teóricas concernentes à metodologia em si mesma e suas implicações como também encontramos pesquisas focadas em quantificar o número de profissionais que aderiram à nova tecnologia e quais as dificuldades enfrentadas por eles.

Nardelli (2009) apresentou um relatório-síntese do projeto de pesquisa cujo objetivo era fazer um levantamento dos recursos decorrentes das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs que são utilizados atualmente pelos escritórios de arquitetura de São Paulo. E determinar, segundo o modelo teórico proposto por Oxman, qual seria o patamar ocupado pelos profissionais brasileiros neste contexto.

É interessante destacar que os pesquisadores, mesmo contando uma ampla divulgação da pesquisa, tiveram dificuldade para alcançar o número definido como amostra ideal – que era de 299 escritórios. Conseguindo apenas 104 respostas. Dentro deste universo os autores depreendem que as TICs são largamente

empregadas pelos arquitetos paulistas em seus escritórios, que possuem uma *“considerável atualidade em relação aos recursos de tecnologia digital aplicada à concepção e desenvolvimento de projetos de arquitetura disponíveis no mercado.”*

Um dado inesperado é o fato de 5,6% dos entrevistados possuírem uma máquina CNC (usada para prototipagem rápida) e 2,8% de duas a cinco máquinas. O AutoCAD, como previsto, é o software mais utilizado para desenhar em 2D e o Sketch up vem se firmando como um programa preferido para a modelagem inicial na fase de concepção devido a sua interface amigável e de fácil assimilação. Os dados indicam também que 32,3% dos arquitetos indicaram o Revit como solução para modelagem arquitetônica (BIM) e 12,9% o Archicad, demonstrando que os profissionais têm o conhecimento da nova tecnologia e que começam a associar a marca Revit a ela. Nardelli conclui que os escritórios paulistanos se encontram ainda na primeira etapa de transição para a era digital proposta por Oxman e se preparam para dar o passo seguinte ao adotarem a tecnologia BIM. Uma tarefa colossal, porque é necessário o envolvimento de todos os profissionais da cadeia produtiva e não apenas os escritórios de arquitetura.

Há dois anos, quando iniciamos esta pesquisa, dissertações de mestrado que apresentassem dados sobre a utilização do BIM eram escassas no país. Atualmente, torna-se mais fácil encontrar trabalhos que abordem o tema. Um exemplo é a dissertação de Livia Laubmeyer (2009), que desenvolveu um diagnóstico sobre o uso do BIM nos escritórios de arquitetura. Foi realizado um levantamento junto aos fornecedores e centro de treinamento dos softwares. A partir de um primeiro contato, muitas empresas afirmaram que, apesar de terem adquirido o programa, ainda não o tinham utilizado. *“Segundo o arquiteto, ligado ao fornecedor, Luiz Augusto Contier, em 2006, foram vendidas em São Paulo 600 licenças de determinado software BIM. No entanto, apenas seis escritórios estavam utilizando efetivamente o programa naquele ano.”*

Foram selecionadas 13 empresas nas cidades de São Paulo, Rio de Janeiro e Curitiba para a continuação da pesquisa. Os resultados obtidos foram: 46,15% das empresas estavam empregando o programa em projetos-pilotos ou em uma equipe de projeto. 30,77% estavam utilizando o programa há menos de 1 ano, enquanto 23,08% há menos de dois. Ao contrário do esperado, os arquitetos disseram que não houve modificação na equipe e nem no prazo de entrega do projeto. Porém,

afirmaram que os projetos ficaram mais consistentes. 21,21% indicam menos erros, 21,21% antecipação de problemas de projetos e 18,18% afirmam que facilita na definição de soluções de projetos.

Laubmeyer explica que o que motivou a busca pela tecnologia foi a necessidade de diminuir os erros e aumentar a qualidade dos projetos. A falta de domínio das novas ferramentas usadas pelos arquitetos é um fator que impede que as potencialidades esperadas pela tecnologia BIM sejam plenamente alcançadas. Outro fator que bloqueia esse desenvolvimento, segundo a autora, é o fato de a tecnologia estar restrita aos escritórios de arquitetura. Não sendo possível que um modelo completo do edifício seja construído e que as soluções de projeto de outras disciplinas sejam “testadas”. Ela encerra argumentando que a implantação do BIM no Brasil se encontra em uma fase muito preliminar. E que este processo será catalisado pelas construtoras que reconhecerão as vantagens obtidas pelos projetos desenvolvidos em BIM e passarão a exigir que os escritórios parceiros trabalhem desta forma.

8.2 – Contexto de Belo Horizonte

O objetivo deste trabalho não se resume a fazer apenas uma análise sobre operacionalização dos softwares BIM nos escritórios de arquitetura. No entanto, este dado seria importante para descobrirmos qual a repercussão que esta nova tecnologia tem entre os arquitetos mineiros e compará-la com os resultados de estudos feitos em outras cidades proeminentes do país. Em janeiro de 2009, fomos a campo com o objetivo de entrevistar arquitetos que estivessem implantando o BIM em seus escritórios para avaliar este processo. A primeira dificuldade com que nos deparamos foi encontrar profissionais que estivessem dispostos a nos atender. De aproximadamente 30 arquitetos selecionados, apenas oito responderam, sendo quatro em entrevistas presenciais e quatro via e-mail.

Diante desta amostra averiguamos que apenas dois arquitetos ligados à área acadêmica estavam informados sobre o assunto. Um estava iniciando o processo de implantação do Revit em seu escritório e o outro tinha feito uma tentativa ainda no ano 2000, contudo não gostou do aplicativo. Em um das entrevistas o arquiteto José E. Ferolla explica que as ferramentas paramétricas são adequadas para o sistema construtivo marcado pelo uso de um grande número de elementos industrializados, o que não se aplica ao sistema construtivo brasileiro. “(...) *no nosso contexto, o uso de*

ferramentas paramétricas é pura perda de tempo, a não ser em projetos muito específicos.” Levantamos também o número de cursos na cidade, além de buscarmos os sites de entidades de classe mineiras para ponderar sobre a procura pela tecnologia entre estudantes e profissionais. Buscamos cursos de Revit e ArchiCAD que são os softwares comerciais BIM para arquitetura mais populares. Foram encontrados apenas três cursos na cidade: um deles é uma iniciativa de arquitetos formados em 2008, que montaram um curso em maio daquele ano e, até dezembro, tinham formado 40 alunos (14 arquitetos e 26 estudantes).⁵⁴ A outra empresa é uma revendedora oficial de produtos da Autodesk na cidade desde 1994. Foi contatada por nós, mas se negou a fornecer dados sobre seu curso. Ao enviar um e-mail solicitando informações à terceira empresa, foi-nos respondido que: *“Divulgamos o curso de Revit a título de pesquisa de mercado para sabermos se há demanda. Constatamos que o Revit ainda não é um curso conhecido aqui em BH, portanto descartamos a possibilidade de formulação do curso.”*⁵⁵

As páginas eletrônicas do IAB-MG e o CREA-MG foram consultadas para buscar informações sobre o assunto e contextualizar a situação local, todavia não existem quaisquer informes publicados. O que assinala certa negligência destas entidades em relação a importantes questões concernentes à atualização profissional que vem repercutindo em escala nacional e internacional. A título de comparação: no site da AIA (American Institute of Architects), pesquisando o termo BIM, encontramos 297 ocorrências.⁵⁶

8.3 – Prática profissional mineira

A primeira pesquisa de campo constatou que a tecnologia BIM não está difundida entre os arquitetos mineiros. Decidimos voltar a campo com outro propósito: analisar como os arquitetos avaliavam a metodologia tradicional de projeto e se reconheciam as tecnologias digitais aplicadas a ele como respostas aos

⁵⁴ A autora está incluída entre os profissionais que fizeram o curso. Para compreender melhor a fala dos autores e criar um parâmetro próprio, decidi fazer o curso de Revit e, deste modo, ter uma experiência prática da utilização do programa e noção de suas potencialidades e deficiências.

⁵⁵ DESENHAR, Re: Informação [mensagem pessoal] mensagem recebida por <contato@desenhar.arq.br> em 07 de junho de 2010.

⁵⁶ <http://www.aia.org/index.htm> Acessado dia 05/06/2010.

problemas encontrados no modelo atual e assim verificar se o BIM atenderia a essas demandas.

Para sondar estas questões, selecionamos cinco arquitetos para a realização de uma entrevista. Juntamente será apresentada uma análise de minha experiência pessoal baseada no trabalho de cinco anos em uma empresa de projetos de médio porte que atua de modo interdisciplinar no campo do projeto industrial ligado à área de mineração.

8.3.1 – Relatório de uma empresa de projetos de médio porte ligada à área industrial

Esta empresa apresenta um modo peculiar para desenvolver os projetos. Utiliza o máximo do rigor que a ferramenta de modelamento 3D do AutoCAD permite como base metodológica. Foi observando o dia a dia desse escritório que podemos perceber como esse modo de projetar, mesmo que de forma rudimentar, sinaliza de como as ferramentas digitais podem representar ganhos sobre o processo de projeto tradicional e tornou-se o ponto de partida para esta pesquisa.

As vantagens percebidas foram: a facilidade de visualização dos projetos e na identificação das interferências, melhora na comunicabilidade entre os profissionais de disciplinas diferentes e com os clientes. Além de possibilitar desenhos 2D com mais qualidade técnica e, determinar o peso das peças metálicas e volume de concreto com mais precisão. O que poderíamos chamar de uma fase pré-BIM porque estas características que lembram aquelas encontradas nos softwares BIM. Mas que aqui está sendo utilizado um software genérico AutoCAD o que implica em muitas dificuldades como, por exemplo, o peso dos arquivos e a necessidade de muitos ajustes das vistas tiradas para a composição dos desenhos 2D.

E mesmo com esses entraves oferecem ganhos sobre a metodologia tradicional e, demonstram a lacuna que os softwares BIM pretendem preencher.

O relato a seguir representa a visão de uma profissional que está inserida neste processo e por este motivo pode avaliar com mais propriedade este exemplo. E foi baseado nesta experiência profissional que apresentaremos um fluxograma do quadro técnico e de informações dentro da empresa a fim de evidenciar as falhas presente no processo de projeto tradicional que pensamos ser um exemplo comum nas empresas desta área.

A equipe é composta por:

Equipe de projetos (interna):

Responsáveis técnicos: uma arquiteta um engenheiro civil sênior (que também é coordenador na parte civil), um engenheiro eletricitista, um engenheiro mecânico e um técnico em mineração. Tem somada à função de fazer projeto a utilização do estudo 3D do AutoCAD. Precisam fazer planilhas de quantitativos, orçamentos, correções de desenhos de terceirizados e estagiários e produzir as pranchas 2D de seus projetos, além de participarem de visitas técnicas e reuniões com clientes.

Projetistas: cinco projetistas, oito desenhistas, uma engenheira civil júnior. São responsáveis por desenvolver os projetos mecânicos em 3D sob a supervisão de um responsável técnico.

Produção de desenhos: oito desenhistas e três estagiários. Os desenhistas fazem o detalhamento do projeto em 2D a partir de vistas tiradas dos estudos 3D, podendo também modelar partes menores do projeto que serão incorporadas aos estudos globais. Os estagiários fazem as correções nas pranchas 2D apontadas pelo setor de controle de qualidade.

Equipe de controle de qualidade: um engenheiro mecânico (também coordenador da área) e quatro conferencistas. Realizam as correções nas pranchas 2D, usando os estudos 3D como base.

Coordenação: um gerente-geral da área de projetos (geral) que também é coordenador dos projetos mecânicos. Tem como função acompanhar o cronograma de entrega dos projetos para os clientes, participar de reuniões com os mesmos e internas e de visitas técnicas.

Equipe terceirizada (externa): um engenheiro eletricitista, três engenheiros civis e dois engenheiros agrimensores. Desenvolvem projetos em 2D, segundo informações repassadas pelos responsáveis técnicos. Interagem com a sede via reuniões presenciais, e-mail e telefônica.

Fluxo de informações

Primeiro a empresa estabelece um contrato global com o cliente (não representa o cliente final). Os principais clientes são a VALE e V&M Vallourec & Mannesmann Tube.

O setor da contratante que demanda o projeto (cliente final) solicita uma ordem de serviço para empresa.

O gerente de projeto e o responsável técnico de cada disciplina envolvida vão a campo para reunião no local a fim de conhecer a solicitação do cliente.

É feito um levantamento de campo (manual ou escaneamento a laser), registro de fotos e pesquisa de documentos existentes (projetos, memórias de cálculo, etc.).

A empresa entrega um plano de trabalho para o cliente, contendo a definição do escopo, o cronograma de projeto e a previsão quantidade de pranchas necessárias.

O cliente deve aprovar o plano para iniciar o projeto.

É feita uma reunião interna para repassar as informações aos profissionais envolvidos no projeto.

O projeto é iniciado utilizando o modelamento 3D do AutoCAD ao qual damos o nome de estudo.

Um relatório técnico é elaborado mostrando o problema e/ou a situação atual e a solução criada pela empresa. O documento é ilustrado com “fotos” tiradas do estudo 3D com o objetivo de esclarecer a solução para o cliente e apontar quais são as interferências a serem encontradas na execução.

Após a aprovação do cliente, o modelo 3D (estudo) é detalhado.

Reunião para discutir o projeto com o cliente é feita utilizando o estudo 3D projetado no telão. Em certa ocasião, um filme de animação foi solicitado pelo cliente. O resultado foi tão positivo que passou a ser um serviço a mais oferecido pela empresa.

O estudo 3D é passado para que o desenhista tire as vistas para elaboração dos desenhos 2D e elabore o rol de materiais. O modelo 3D é importante nesta fase para calcular o peso das peças ou a quantidade de concreto, utilizando a ferramenta de cálculo do volume do desenho.

Os desenhos 2D vão para o controle de qualidade para serem corrigidos de acordo com o estudo 3D. Na correção, as pranchas são marcadas em amarelo para indicar os acertos e em vermelho para apontar os erros. Após a verificação, os desenhos são repassados para que os estagiários façam a

correção dos equívocos encontrados. Um carimbo é preenchido para que sejam identificadas as pessoas responsáveis pela correção e pela verificação. É feita uma guia de envio, contendo as informações de todas as pranchas a serem enviadas.

As pranchas 2D são enviadas pela secretária, que preenche outro documento (o formulário de envio) que contém os dados fundamentais de cada prancha para a empresa gerenciadora contratada pelo cliente para fazer a revisão.

Caso haja alguma correção a ser feita, as pranchas são devolvidas à empresa para serem novamente revisadas. Este processo continua até esta empresa gerenciadora considerar o projeto aprovado.

As pranchas 2D são enviadas ao cliente para execução.

Apresentamos o detalhamento do fluxo de informações para demonstrar a complexidade e o grande número de pessoas envolvidas neste processo. Este fluxograma representa um modelo teórico onde o andamento do processo se daria de forma ideal. E assim mesmo já se mostra complicado. Todavia a prática se mostra muito mais dinâmica. A todo momento sofremos com as interferências dos clientes: as urgências mudam todos os dias, influenciando no andamento dos projetos dentro do escritório, escopos e premissas são alterados no meio do processo (mesmo depois de aprovados), são constantes os atrasos nas aprovações, além de existirem muitas informações desconexas. Para atender à demanda dos clientes, é necessário que freqüentemente etapas sejam queimadas.

Tudo isso acarreta o descumprimento dos prazos de entrega e desgastes na relação com os clientes. Internamente sobrecarrega a equipe por causa dos grandes retrabalhos (uma simples mudança no carimbo, depois de 30 pranchas prontas, torna-se um enorme transtorno). O que gera diminuição da produtividade e prejuízos para a empresa.

Os fatores mencionados acima são criados pelos clientes e, por este motivo, difíceis de serem solucionados. Mas existem também falhas internas:

Depois da reunião onde as informações são repassadas, o projeto específico de cada disciplina é desenvolvido separadamente, levando a que, muitas vezes, a compatibilização se dê numa fase já avançada do processo. O que acarreta muito retrabalho (ou, por acaso, quando um colega tira uma dúvida como o outro) e atrasos no cronograma.

De maneira análoga, quando o projeto é muito grande e é dividido entre vários projetistas da empresa ou há necessidade de terceirizar alguns serviços, a mesma situação se repete.

Os projetistas de elétrica, topografia e de estrutura (externa) não trabalham em 3D, sendo necessário deslocar um funcionário da sua função para completar o estudo.

As correções dos desenhos 2D dão margem para interpretações e estilos pessoais, mesmo que exista um a ser seguido. Gerando preocupação excessiva com a representação e simbologia do projeto, o que também ocasiona perda de tempo.

O tamanho dos arquivos dos estudos é um problema a ser superado. Quando são feitos, os projetistas usam como metodologia a criação de blocos para diminuir o arquivo, porém para a extração das vistas os blocos devem ser explodidos. O que acarreta o travamento e lentidão dos computadores. O que se torna outro fator de atraso no cronograma.

A possibilidade de alteração do modelo 3D é bastante complicada. Difícil também é a alteração dos desenhos 2D. Uma simples mudança no carimbo, por exemplo, em um projeto de 30 pranchas, torna-se uma tarefa árdua.

As deficiências apresentadas estão ligadas mais ao gerenciamento do fluxo das informações e à falta de sincronia entre a equipe, juntamente com os problemas intrínsecos ao processo de projeto tradicional (fragmentação do projeto e da valorização da representação).

Quando a empresa optou por introduzir o modelamento 3D na sua metodologia, o objetivo foi auxiliar a elaboração de projetos, porque estes são marcados pela complexidade na área industrial. Outros benefícios foram percebidos neste processo: a produção de desenhos mais precisos, a facilidade de visualização da equipe e dos clientes, a possibilidade de fazer uma montagem virtual das peças para antever erros de projetos e interferências e o progresso na integração das equipes de áreas diferentes dentro da empresa, o que propiciou um aumento na qualidade final do projeto. Qualidade esta que se tornou um diferencial da empresa dentro do mercado. Porém, como vimos, para que ela seja alcançada, muitos atrasos e a retrabalhos são necessários.

8.3.2 – Entrevistas

As entrevistas, com o objetivo de avaliar a repercussão do BIM, foram realizadas com profissionais que representassem diferentes gerações. Formaram-se em 1972, 1983, 1997 e 2004. Três deles representam escritórios de médio porte, onde trabalham de 2 a 4 arquitetos titulares além dos colaboradores e um escritório de grande porte, que conta 5 arquitetos titulares na equipe e uma das arquitetas coordenadoras do Departamento de Planejamento Físico e Projetos (*DPFP*) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), órgão responsável por todos os projetos de reforma e/ou edificações novas dentro do campus.

A primeira pergunta tinha como objetivo avaliar de que forma o computador é usado na prática profissional e quais os programas mais utilizados. Como era esperado, o AutoCAD continua sendo o programa mais utilizado para desenhar. Contudo, chamou a atenção o fato de os arquitetos estarem usando o modelamento 3D (Sketch up, CAD, Vector e outros) como ferramenta de investigação do projeto na fase de concepção.

Um dos arquitetos entrevistados, além de ser o titular do seu escritório, trabalha como professor em uma universidade. Ele incorporou as ferramentas digitais a sua prática profissional desde 1994, utilizando o programa Vector em todas as fases do projeto – inclusive na fase inicial para fazer simulações e na fase mais avançada para o gerenciamento das informações. Curiosamente, foi o único profissional a responder que estava satisfeito com o processo de projeto tradicional. Os demais alegaram estar parcialmente satisfeitos, destacando a compatibilização dos projetos e o retrabalho excessivo gerado pela utilização do CAD como principais queixas. Assim como a falta de tempo para a investigação do projeto, decorrente dos prazos cada vez mais curtos.

Quando perguntado se reconhecia o desenvolvimento de novas tecnologias digitais como meio para o aprimoramento do processo de projeto, a resposta positiva foi unânime. A possibilidade de realizar simulações, testar parâmetros para investigar contextos variados e assim auxiliar na concepção foi apontado por quatro arquitetos como expectativa de aprimoramento de projeto. Um arquiteto indicou as ferramentas de apoio ao trabalho em equipe e “redução das inconsistências de representação permitidas pela tecnologia BIM” como capazes de trazer avanços para o processo de projeto.

O fluxo de informações não apresenta muita variação de escritório para escritório, seguindo o modelo básico: captação do projeto, coleta de informações, elaboração de proposta, desenvolvimento de projeto, entrega (às vezes), acompanhamento da obra. Semelhante à seqüência vivenciada em nossa prática profissional. Conseqüentemente, os problemas enfrentados são análogos: falhas de comunicação entre as equipes interna e externa, dificuldade em estimar e cumprir prazos com os clientes, compatibilização entre os projetos, problemas na obra, retrabalho de desenhos.

Nenhum dos entrevistados usa um programa específico para o gerenciamento do projeto. Freqüentemente, as planilhas de Excel é que são usadas com este objetivo.

A intenção da última pergunta era avaliar o grau de informação que os arquitetos possuíam a respeito da tecnologia BIM e se pretendiam implantá-la no escritório. O primeiro fato observado foi que alguns profissionais não associavam os nomes comerciais dos softwares à metodologia BIM.

No Departamento de Planejamento Físico e Projetos (*DPFP*) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi iniciado o treinamento dos arquitetos em Revit. Embora estejam ainda na fase de adaptação, a arquiteta coordenadora fez algumas considerações: destacou como vantagem do programa a facilidade de modelar em 3D; ser usado tanto como ferramenta de apresentação ao cliente como maquete eletrônica que possibilita a simulação da incidência dos raios solares; e de estudos importantes para uma tomada de decisão mais consciente. Em contrapartida, as ferramentas relativas ao desenho 2D não atenderam às expectativas: foram difíceis e a finalização das pranchas demandaram ainda muito retrabalho. Declarou que o treinamento dos arquitetos do departamento é para auxiliar somente no projeto de arquitetura e que a UFMG não pretende impor o uso desta metodologia aos profissionais terceirizados, devido à dificuldade de encontrar no mercado profissionais que estejam habilitados a usá-la.

Dois dos escritórios entrevistados também passam por este processo. O primeiro está na fase de treinamento dos funcionários e o segundo avaliando as opções de programas do mercado porque pretende implantar o BIM brevemente. Os arquitetos testaram o Revit e o Archicad e o segundo foi escolhido por apresentar melhor usabilidade. Já o terceiro escritório, apesar de conhecer, não pretende

implantar a tecnologia em curto prazo porque acredita que ainda não seja possível a operacionalização no Brasil devido à falta de projetistas complementares que estejam habilitados. Vale ressaltar que o segundo escritório cogita a possibilidade de adoção do BIM, mas o preço do programa e a necessidade de treinamento dos funcionários ainda são empecilhos.

9.0 – CONCLUSÕES

Para entender quais as implicações impostas pelas as ferramentas digitais sobre o processo de projeto contemporâneo foi necessário primeiro compreender como se deu a intuição deste modelo e como este modelo passou a ser questionado se transformando em uma linha de pesquisa dentro da academia.

Como vimos no capítulo 2 uma nova ferramenta introduzida no Renascimento marcou uma reviravolta na prática da arquitetura – a perspectiva. Sabe-se que somente a introdução de um instrumento não seria capaz de sustentar todas as mudanças ocorridas. A importância da perspectiva, no entanto, é inegável, porque foi através desta ferramenta que se possibilitou a consolidação da figura do arquiteto e a instituição do modo de projetar que ainda hoje usamos para trabalhar.

No capítulo 3 discutiu-se o momento que este modelo passou a ser questionado e a crise de descrédito, descrita por Schon, que as profissões técnicas sofreram nos anos 70. Toda essa insatisfação estimulou a criação de um campo de pesquisa dedicado ao processo de projeto discutido no capítulo 4. Até aqui construímos uma base teórica para compreender o processo de projeto na qual estamos inseridos e que muitas vezes o aceitamos como padrão sem questionar suas raízes e implicações.

A introdução da informática neste processo, vista no capítulo 5, apontou como o computador entrou neste processo. O advento da computação gráfica e a popularização dos computadores, ocorrida nos anos 80, geraram uma primeira alteração na prática profissional. O processo de adesão pelos profissionais ao sistema CAD se deu de forma continuada, mas hoje responde quase pela totalidade da prática contemporânea dos projetistas. Como visto, porém, estas primeiras ferramentas não significaram a quebra do paradigma da representação. E que o desenvolvimento delas foi fruto do esforço de pesquisa acadêmico juntamente como

a iniciativa privada representada principalmente pelas indústrias da aviação e automobilísticas.

Paralelamente, a era da informação e o desenvolvimento das TICs trouxeram novos horizontes para o campo da arquitetura. Como foi visto no item sobre as primeiras ferramentas digitais, o surgimento do ciberespaço abriu um leque de possibilidades para a arquitetura. Agora o espaço físico precisa mediar toda uma série de relações inéditas. Por outro lado vivemos em uma sociedade cada vez mais complexa, onde a atualização das informações torna-se imprescindível para o sucesso das ações. Na arquitetura não é diferente: novos parâmetros e exigências são incorporados ao projeto a cada dia. O fluxo e a credibilidade das informações são fundamentais para a concepção e desenvolvimento do projeto, bem como para a sua execução.

O desenvolvimento das TICs combinadas com os programas aplicados ao processo de projeto estão propiciando recursos inéditos para os arquitetos apresentados no capítulo 6. São ferramentas capazes de provocar um novo deslocamento da prática profissional, valorizam a experimentação (através de simulações ou algoritmos onde se prioriza a performance do edifício) em substituição da mera representação cartesiana para o desenvolvimento do projeto e, assim, incorporam uma quantidade de informações que não seria possível no método tradicional.

“Estariamos, portanto, diante de uma nova tendência, que poderia ser classificada como “Arquitetura Digital”, no sentido de uma metodologia inédita, baseada num corpo teórico exclusivo, cultural e prático, apoiado em novas tecnologias e capaz de produzir uma categoria inédita de objetos.” (NARDELLI, 2009, p.11).

Muitos caminhos se abriram, muitos deles se encontram ainda dentro das universidades, pouco acessíveis a prática dos profissionais, principalmente da realidade brasileira que não tem tradição neste tipo de pesquisa. Dentre as tendências pesquisadas no capítulo 6 aquela que encontra uma maior penetração na prática profissional e no meio acadêmico tanto nacional como internacionalmente é o BIM, talvez pelo seu apelo comercial, por estar mais disponível para os profissionais e ser uma solução mais próxima da sua metodologia tradicional de projeto e assim de assimilação mais simples. Apesar de, como vimos, representar o nível mais baixo de inovação.

Essa pluralidade de pesquisas e publicações indica que mais uma vez, estamos vivenciando uma conjuntura onde o desenvolvimento de uma ferramenta poderá ser capaz de revolucionar a prática da arquitetura. As ferramentas digitais apresentam essa oportunidade de modificar os padrões da prática de projeto atual, valorizando a arquitetura em detrimento da representação. Mas, para que isto aconteça, é necessário que os profissionais modifiquem sua maneira de pensar e estejam dispostos a fazer uma mudança no modo de projetar. A tomada de consciência pelos profissionais é fundamental neste processo, porque senão um momento que se apresenta como favorável à evolução da prática atual poderá ser esvaziado e se perder em meio a uma busca desmedida pelo aumento da produtividade demandados por investidores e construtores.

O BIM, discutido no capítulo 7, representa muito bem esse dilema. Sua origem está ligada ao afeiçoamento do processo de produção (conceito de product modelling) com o foco para o desenvolvimento de ferramentas de automatização dos desenhos 2D . O que talvez explique seu viés comercial. Contudo, não podemos negar que ele apresenta um avanço em relação ao programa de CAD tradicional e oferece ganhos para o processo de projeto atual como: a diminuição do trabalho braçal de execução dos desenhos técnicos, possibilidade de extração das informações de formas diferentes como, por exemplo, planilhas de quantitativos, diferente dos programas usuais onde o output era apenas elementos gráficos, além de permitir a tomada de decisão projetual baseada em avaliações técnicas com associações de parâmetros (consumo de energia, ventilação natural, iluminação natural, etc.) que no modo tradicional de projetar demandariam especialistas que custam caro e consomem tempo. Embora as ferramentas de auxílio a tomada de decisões projetuais estejam ainda engatinhando, representam a faceta mais intrigante desta metodologia porque estimulam os projetistas avaliarem com mais autoridade suas decisões de projeto, propiciando não apenas que os edifícios tenham melhores desempenhos técnicos (o que já é um grande progresso), mas também num futuro próximo esses aplicativos possam desempenhar novas funções como, por exemplo, a oportunidade de simular aplicação de um novo parâmetro urbanístico para a cidade, ou a inserção do projeto de um novo edifício na paisagem urbana a fim de promover um debate com a população local e avaliar os impactos de sua construção sobre o entorno, ou ainda a pesquisa de novos materiais.

O BIM representa entre as tendências para o projeto digital a opção mais viável economicamente para a aplicação prática.

Tem potencial para aliar resultados econômicos exigidos pelos investidores obtidos através da racionalização do processo de projeto e com a melhoria da qualidade arquitetônica das construções. Mesmo possibilitando todas essas inovações continuam sendo apenas ferramentas, e como tal necessitam da interação humana, o que faz com que seu destino seja determinado pelo uso da qual fazemos delas. Exigindo que os profissionais adotem uma postura mais crítica frente as inovações tecnológicas.

Por fim no capítulo 8 vimos como o Brasil se encontra atrasado em relação às pesquisas sobre o processo de projeto digital e que de todas as tendências apresentadas na seção 6 apenas a plataforma BIM é encontrada de forma mais sistematizada no país. Sua adoção ainda é pequena, embora tenha aumento o número de adeptos principalmente na cidade de São Paulo e exista um movimento no governo federal de incentivo a sua adoção, inclusive com a elaboração de uma norma técnica específica. Já em Belo Horizonte embora seja esteja entre as principais capitais do país, a utilização da tecnologia por parte dos profissionais ainda é muito pequena.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AYRES FILHO, Cervantes e SCHEER, Sérgio. Diferentes abordagens do uso do CAD no processo do projeto arquitetônico in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2007, Curitiba. Disponível em: < <http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007>> Acesso em 8/7/2008.

HORWITZ-BENNETT, Barbara. Leading LEED. In Contract (San Francisco) janeiro 2008, p.48-50

BALTAZAR DOS SANTOS, Ana Paula. Por uma arquitetura virtual. A&U - Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, n. 131, p. 57-60, 2005.

BERNSTEIN, Fred A. Software Guru. In Architecture (Washington) vol.95 no 11, 2007 p.59-62

BONALDO, Clarissa et al Prototipagem rápida no processo de produção Digital de Edificações in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2008, São Paulo (CD Rom) 8p.

BROADLEY D, Thornton. A model Performance. In American School & University v. 80 no. 9, 2008 p. 50-52

CABRAL FILHO, José dos Santos. De volta às origens – por uma arquitetura sempre contemporânea. 2004. Disponível em:<[www. Arquitetura. ufmg.br/lager/textos.html](http://www.Arquitetura.ufmg.br/lager/textos.html)> Acesso em 8/7/2008.

CASTELLS, Eduardo e HEINECK, Luiz Fernando M. Aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica – uma visão crítica in Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2001, São Carlos. Disponível em: < <http://www.eesc.usp.br/sap/workshop/workshop-projeto.html>> Acesso em 27/8/2008.

CLARKE, Charles. Model winner in The Engineer vol. 293, 2008

CROSS, Nigel. Designerly ways of knowing: design discipline versus design science. Design Issue: vol. 17, Número 3, 2001, p.49-55.

CROSS, Nigel. Forty years of design research. Design Studies vol.28, 2007 p.1-4.

DOKONAL, Wolfgang e KNIGHT, Michael W. What is the state of digital architectural design? In SIGRADI XII, 2008, Cuba (CD Rom) 5p.

EASTMAN, Chuck et al. BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors New Jersey: John Wiley & Sons, 2008 490p

ECHELMAN, Janet Her secret is patient and she changes in Architectural Design vol.79 Março/Abril 2009, p.76-79

FRAZER J.H., An Evolutionary Architecture, Architectural Association, London, 1995 p.127(versão eletrônica). Disponível em:
<http://www.aaschool.ac.uk/publications/ea/intro.html>

GARBER, Richard, Alberti's Paradigm in Architectural Design vol.79 Março/Abril 2009, p.88-93

GLENN, Heidi. The program program. In Contract (Washington)vol.49,2006 n 5 p.192

HANNA, Sean e TURNER, Alasdair in SIGRADI X, 2006, Chile. Anais 158-161.

HORWITZ-BENNETT, Barbara. Leading LEED in Contract (San Francisco), 2008 p.48-50

JONES, J. Christopher Design Methods 2a ed - New York: Van Nostrand Reinhold, 1992 407p

LAISERIN, Jerry. Foreword in ESTMAN, Chuck et al. BIM Handbook. New Jersey: John Wiley, 2008 490p.

LANIER. Jaron. A Vintage Virtual Reality Interview disponível em <<http://www.jaronlanier.com/vrint.html> > acessado dia 17/02/2009.

LAWSON, Bryan. How designers Think: The design Process Demystified – 3ª edição Architectural Press, 1997. 318p.

LINDSEY, Bruce. Digital Gehry: Material Resistance Digital Construction. Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser, 2001 (The IT Revolution in Architecture)

LYON, Eduardo. Design Process Taxonomy: Notes on Design Theories, Methods and Instruments in SIGRADI X, 2006, Chile. Anais p.30-37

MALARD, Maria Lucia. As aparências em arquitetura. Belo Horizonte: editora UFMG, 2006, 144p.

MC MORROW, Eileen. Eureka! A Tower's Evolution in 3-D in Architecture vol.94 no 256, 2005

MIKALDO JR, Jorge e SCHEER, Sérgio. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea. Qual é a melhor opção. in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2007, Curitiba. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007>> Acesso em 27/8/2008.

NARDELLI, Eduardo Sampaio. Arquitetura e Projeto na era digital. *Arquiteturarevista* vol.3, 2007 p28-36.

NARDELLI, Eduardo Sampaio. O Estado da Arte das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICS – e a Realidade Contemporânea da Prática de Projetos nos Escritórios de Arquitetura Paulistanos in. [Http://www.arquitetos.com/E.A/Estado da Arte.pdf](http://www.arquitetos.com/E.A/Estado da Arte.pdf) acessado em maio de 2010

OLIVEIRA, Juliano Cecílio. Construindo com Bits: análise do processo de projeto assistido por computador. 2007.322f. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2007.

OPPENHEIMER, Nat An enthusiastic Sceptic in *Architectural Design* vol.79 Março/Abril 2009, p.100-105

OXMAN, Rivka. Theory and design in the first digital age. *Design Studies* vol. 27, 2006. p.229-265.

PENTTILA, Hannu Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression in *Itcon* vol.11, 2006 p.395-408

PENTTILA, Hannu Managing the Changes within the Architectural Practice - The Effects of Information and Communication Technology (ICT), *Communicating Space(s)* [24rd eCAADe Conference Proceedings Volos (Greece) Setembro 2006, p. 252-260

PÉREZ-GOMEZ, Alberto e PELLETIER, Louise. Architectural Representation beyond Perspectivism. In *Perspecta*, Vol. 27 (1992), pp. 21-39

PUPO, Regiane e CELANI, Gabriela. A fabricação digital no ensino de projeto: um estudo de caso in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2008, São Paulo (CD Rom) 6p.

RAHIM, Ali. *Catalytic Formations Architecture and Digital Design* New York: Taylor & Francis, 2006 219p

RIBEIRO, Clarissa e PRATSCHE, Anja. Arquitetura Irreversível – Tempo e Complexidade. in *SIGRADI X*, 2006, Chile. Anais p.90-93.

ROBBINS, Edward. The social uses of Drawing. In _____ *Why Architects Draw* London: MIT Press, 1994 315p

RUSCHEL, Regina C. e ANDRADE, Autímio Max Lira Veras X. BIM: Conceitos, Cenário das pesquisas publicadas no Brasil e Tendências in Simpósio de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído na Construção de Edifícios, 2009, São Carlos

RUSCHEL, Regina C. e GUIMARÃES FILHO, Autímio Batista. Iniciando em CAD 4D in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2008, São Paulo (CD Rom) 8p.

SCHEER et al Impacto do uso do sistema CAD Geométrico e do uso do CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura. in VII Workshop Brasileiro de gestão do processo de projetos na construção civil, 2007, Curitiba. Disponível em: <<http://www.cesec.ufpr.br/workshop2007>> Acesso em 15/9/2008

SCHMITT, Gerhard. Information Architecture: basis and Future of CAAD. Basel,Boston,Berlin: Birkauer,1999.93p. (The IT Revolution in Architecture)

SCHON, Donald A. The Reflective Practitioner:how professionals think in action. England:Arena, 1995 374p.

SHARPLES, Coren Unifield Out with BIM in Architectural Design vol.79 Março/Abril 2009, p.42-47

SOUZA, Livia Laubmeyer Alves de.Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de Arquitetura. 2009. 121 f.Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

THOMSON, Dean B. & MINER, Ryan G. BIM: contractual risks are changing with new technology in Consulting-Specifying Engineer 40 no 2, 2006 p.54-66

VICENT, Charles C. Ensino de projeto Digital ou Manual? in SIGRADI X, 2006, Chile. Anais p.236-240.

VICENT, Charles C. Ensino de projeto Digital ou Manual? in SIGRADI X, 2006, Chile. Anais p.236-240.

www.cadazz.com/cad-software-history.htm acessado em 30/11/2009

YELUDA, Kalay.The impact of information technology on design methods, products and practices. Design Studies vol. 27, 2006 p.3572-380.

YODERS, Jef Senior Associate Editors b. Further down the merry road to BIM in Building Design & Construction vol.48 no 14,2007

YODERS, Jef Senior Associate Editors a. 3 Case Studies: Integrated Project Delivery Using BIM. In Building Design & Construction vol.49 n5,2008 p.30-44

APÊNDICE

Entrevista 1

Nome da empresa: Arquitetos Associados

Estrutura funcional: (não respondeu)

Arquiteto titular ou responsável: Alexandre Brasil, André Luiz Prado, Bruno Santa Cecília, Carlos Alberto Maciel, Paula Zasnicoff

Ano de formatura: 1997 / 1998 / 1999 / 1997 / 2000

Data da entrevista: 25/05/2010 (email)

Perguntas:

1-O computador influencia seu processo de projeto? Em qual fase? E qual o software é utilizado cada uma delas?

Sim, especialmente na fase de modelamento, entre estudo preliminar e anteprojeto, em que o desenvolvimento tridimensional/construtivo do projeto é realizado/testado.

2-Você está satisfeito com a metodologia atual de projeto? Quais seus pontos positivos e negativos?

Em parte. Pontos positivos: clareza na definição dos dados de entrada, bom desenvolvimento conceitual e bom nível de detalhamento do produto final. Pontos negativos: interfaces com complementares e gerenciamento são excessivamente trabalhosos. Retrabalho excessivo e inconsistência de informação entre desenhos no desenvolvimento utilizando ferramentas tradicionais de cad.

3-Acredita na possibilidade que o uso de novas tecnologias digitais possa trazer avanços no processo de projeto? De que tipo?

Sim, especialmente no trabalho em equipe no desenvolvimento do projeto, como a ferramenta Teamwork do Archicad. Além da redução de inconsistências de representação permitida pela tecnologia BIM.

4-Qual o fluxo de informações dentro do escritório? (do fechamento do contrato até a entrega final para o cliente.)

coleta de dados de entrada com cliente / concepção inicial por sócio(s) arquiteto(s) / desenvolvimento supervisionado do anteprojeto pela equipe de produção / apresentação ao cliente / revisão parcial – equipe de produção + arquitetos / reapresentação ao cliente – aprovação / levantamento de documentação para aprovação legal / desenvolvimento do projeto legal / validação do projeto com cliente / aprovação junto aos órgãos competentes / desenvolvimento de projeto básico para

subsidiar elaboração de projetos complementares / validação com cliente e envio de projeto para complementares / recebimento dos projetos complementares preliminares / compatibilização e retorno de revisões aos complementares / recebimento dos projetos complementares finais / consolidação da compatibilização / elaboração de desenhos de execução com especificação e detalhamento completo / Entrega final ao cliente.

5-O computador auxilia neste gerenciamento? É utilizado algum software genérico como Excel ou um programa específico é empregado?

Não

6- Quais as dificuldades encontradas no gerenciamento destas informações?

cumprimento de prazos e retrabalho.

7-Você conhece a tecnologia BIM (Building Information Modeling)? Pretende implantá-la em substituição do CAD?

Sim, Revit e Archicad. Já testamos ambos e pretendemos implantar o Archicad brevemente no escritório, por reduzir inconsistências de representação, ampliar a qualidade final do projeto (sob o ponto de vista técnico e de representação) e por apresentar melhor usabilidade em relação aos concorrentes

Entrevista 2

Departamento de Planejamento Físico e Projetos (DPFP) – UFMG

(responsável por todos os projetos dentro da universidade seja de reforma ou edificações novas)

Arquiteto titular ou responsável: Cristina Furlan

Ano de formatura:

Data da entrevista:

Perguntas:

1-O computador influencia seu processo de projeto? Em qual fase? E qual o software é utilizado cada uma delas?

Ele é fundamental hoje em dia, né. Eu trabalho tudo no computador tudo, tudo, tudo, trabalho assim direto *[em todas as fases desde a concepção?]* desde o início

2-Você está satisfeito com a metodologia atual de projeto?

a gente usa o AutoCAD, usa o Revit eu particularmente uso o Vector Works, também outros softwares de texto, Word e planilha

[e quais os pontos positivos e negativos?]

Você me pegando de surpresa não dá para pensar [eu to falando o projeto tradicional com prancha, desenho porque ele geralmente trás muitos erros, retrabalho, gera incompatibilidades...], mas isso todo projeto tem [é nesse sentido que eu estou perguntando. Se você também sente essas dificuldades?]

Todo projeto... Errar é humano, né todo projeto tem. A gente evita não ter erro, a gente procura não ter erro. Mas é claro que com milhões de pessoas trabalhando, vários profissionais. O projeto é um processo, né. Desde o momento que está iniciando até acabar a obra tem vários projetos complementares sendo feitos juntos em paralelo. Então é uma seqüência de coisas que tem ser compatibilizando vai corrigindo e quando a gente fecha, a gente acha que tá tudo certo.

[é igual você falou que usa o Revit. Você usa o Revit só na parte de arquitetura ou com os complementares também?] não os complementares só usa o AutoCAD, ninguém trabalha com outro programa senão o CAD.

[e mesmo quando você trabalha com o Revit na arquitetura, você acha que diminuiu um pouco esses problemas de desenho? Você acha que a automatização que ele gera é boa?] depende o Revit é usado para algumas coisas para outras não é usado. Por exemplo, os desenhos em 2D, apresentação em 2D o Revit não tem atendido. Ele é bom para trabalhar já em três dimensões, tem toda uma planilha, né então isso facilita mostrar. Já apresenta desenho de apresentação, depois você joga nos programas complementares, então, vai te orientando. Também para levantar área ele é bom. Mas assim para trabalhar em 2D não é não. Não tem ajudado muito aqui. Mas a gente ainda tá no processo ainda um programa tá trabalhando, que todo mundo já sabe, não. Não é. É um programa que tá muito em fase de experiência.

3-Acredita na possibilidade que o uso de novas tecnologias digitais possa trazer avanços no processo de projeto? De que tipo?

Claro, né se não teria nem computador, né. A gente tem sempre que acreditar [e qual tipo que você acha que pode ajudar, na fase de concepção? Na fase de elaboração do projeto executivo?]

Eu acho que em todas as fases, eu acho que...

Você não sabe o que vem pela frente, você não sabe o tipo de tecnologia nova que vem. Mas eu acho que até na fase de concepção de chance de melhorar sempre.

[e você acha já usou o Revit na fase de concepção de projeto? para fazer algum tipo de simulação para ajudar na concepção? Algum tipo de estudo de isolamento?]

A gente usa direto. De vez em quando a gente estuda, ao mesmo tempo que a gente vai direto pra o computador discutindo os princípios o Revit e outros programas também não só o Revit. Um vai ajudando o outro, um vai complementando o outro. Você não tem um programa único *[mas vocês estão tem procurando usar softwares para ajudar o processo?]*

sempre, sempre...

4-Qual o fluxo de informações dentro do departamento? Chega a solicitação do cliente interno que é a UFMG. Como acontece? Vocês vão dividindo os projetos por arquitetos? Aí essas informações vão para o arquiteto que coordena os estagiários... Como funciona o fluxo de informações?

[e como é feito a compatibilização?] é feito por um arquiteto coordenador as vezes dependendo do tamanho do trabalho ele vai para o chefe aqui do projeto ... aí e feita toda a compatibilização de todos os projetos. Nivelando o projeto de arquitetura com todos os outros que vão chegando. *[vocês fazem o acompanhamento da obra, também?]* o arquiteto só sai do processo na entrega da obra para o usuário.

5-Vocês usam algum programa para fazer esse gerenciamento de informações? O Excel ou um programa específico para gerenciar as informações?

Depende não tem um do departamento que centraliza tudo não tem. Mas tem alguns todos assim, para obra, para gente saber qual o desenho que foi encaminhado para a obra, para gente fazer o controle, porque toda hora vai duas vezes, precisa saber qual a última versão então a gente controla. E tem todo um fluxo de correspondência, de comunicação, tem um programa para programar projetos também que é aqueles softwares de projetos esqueci o nome dele *[para acompanhamento de projeto?]* eu já usei todos os deles... depende do tamanho do projeto. *[eu li que tem um departamento da federal que está desenvolvendo um software específico para o gerenciamento. Vocês usam ele aqui?]* não

6-Quais as dificuldades encontradas no gerenciamento destas informações?

Eu acho que depende da experiência de cada profissional. Acho difícil falar qual maior dificuldade. As vezes em determinado momento você tem um tipo de dificuldade porque as vezes um coisa pode não ficar muito clara. Eu já tenho uma

experiência muito grande nesta área de gerenciar. se você perguntar para outros arquitetos eles vão ter muito mais dificuldade do que eu. Eu acho que depende muito da experiência de cada profissional, do conhecimento que ele tem da instituição. Então varia entendeu, eu não tenho muita dificuldade em gerenciar projeto. É claro que você tem outras interfaces com outros departamentos, isto pode dar alguma dificuldade *[um tipo de dificuldade que eu penso é isso. Você tem sempre que estar em contato com outros profissionais. Igual os complementares são feitos fora, então tem ter revisão, aí a revisão chega... você tem sempre que estar atualizando projeto. Este tipo de dificuldade você não tem?]* Tem claro que tem, mas isso não é dificuldade faz parte do processo. Acho todo mundo enfrenta essas coisas. Acho que o processo de projeto tem isso, tem que passar por isso. Então seria dificuldade se uma empresa de outro estado não tiver cumprindo o cronograma entendeu? Isso seria mais dificuldade. Mas assim acompanhar, corrigir, sentar em reunião isso já faz parte da rotina do trabalho então.... dificuldade todo trabalho tem. Então não é nada assim , nada de tão extraordinário a gente já conhece e sabe que vai ter que enfrentar toda vez. E claro que todo mundo tem que enfrentar

7-Você conhece a tecnologia BIM (Building Information Modeling)? Pretende implantá-la em substituição do CAD?

Não, não conheço. *[porque o Revit é um exemplo]* eu sei o que é um pouco. O Vector é também. E o Revit ... tenta copiar o vector. É difícil porque a gente usar programas novos, a dificuldade é com o mercado externo. Porque ele não acompanha, né então todos os projetos de engenharia e arquitetura a gente faz aqui. Mas todos os complementares eles só usam para representar, mas é claro que eles usam os programas de cálculos deles, mas na hora da representação eles usam o AutoCAD , todas as firmas usam o AutoCAD. Então a gente não tem como... a gente tenta traz. Ele ajuda no nosso trabalho, mas na hora de mandar o projeto para fora, para o completares eles tem que ser todos compatíveis com o CAD , e eles já são todos compatíveis com o CAD.

[mas isso não vai ser tipo uma premissa que vocês vão começar a exigir por exemplo daqui a tantos anos?] isso não a gente já tentou fazer isso pra eles se adequarem a gente com outros programas, mas não adianta os programas são caríssimos e o mercado trabalha com os programas que eles já conhecem, que eles já sabem. O pessoal dessas firmas ai fora não vão ficar gastando tempo pra ficar

procurando novas tecnologias, a não ser que seja muito favoráveis para eles. O que o Revit vai fazer pra um projetista de elétrica? Entendeu? Já o que o desenho 2D que é o eles usam mais ele nem faz, ainda é ruim, ainda é difícil trabalhar em 2D no Revit não tem sentido no caso do Revit. O vector não tem sentido porque a plataforma Macintosh é muito cara, então ninguém usa. Tem o Vector para PC. Eu mesma tenho e uso o Vector para PC. Como não é muito difundido não é muita vantagem para ele porque o CAD ele usa no dia a dia, no feijão com arroz dele. No caso da arquitetura esses programas são muito mais eficientes usar o 3D não é o caso dos projetistas de elétrica e de hidráulica porque eles não precisam ficar mostrando 3D para o cliente.

Entrevista 3

Nome da empresa: B&L Arquitetura

Estrutura funcional: 2 arquitetos titulares, 2 arquitetos colaboradores e 3 estagiários

Arquiteto titular ou responsável: Eduardo Beggioto

Ano de formatura: 1983

Data da entrevista: 28/05/2010

1-O computador influencia seu processo de projeto?

Sim desde.. o computador para mim... Eu formei e trabalhei 10 anos na prancheta depois e que veio o computador e não teve como fugir. Eu acho que o computador é uma ferramenta muita poderosa.

Em qual fase? Qual o programa que você usa?

O programa que a gente usa é o AutoCAD, o sketch up e depois programas de tratamento da imagem. Nós estamos migrando para o Revit agora, eu já fiz curso de Revit, mas não tem ainda nenhuma experiência com ele. Eu acho que é realmente uma ferramenta forte ainda.

Qual o motivo que vocês querem migrar para o Revit? é pressão do mercado?

Não é uma decisão.... Eu conheci o Revit e acho que ele é um avanço em relação ao AutoCAD. O AutoCAD quando iniciou ele era um jogo de esquadro e compasso bacana, ele foi melhorando mas ele ainda era... pelo menos o jeito que é usado ainda é uma prancheta eletrônica. O Revit não. A vantagem Revit é que é você tem que entender de construção. Você tem que entender de construção e isso é.uma.. se você tem esse conhecimento, ele será uma ferramenta muito boa, um auxílio

muito bom senão será um entrave. Mas isso qualquer programa é. Se você não conhece a ferramenta o projeto fica parado porque você não conhece a ferramenta. Aí é onde se domina o programa ou o programa te domina.

2-Você está satisfeito com a metodologia atual de projeto?

A minha metodologia? [a metodologia que eu quero dizer é no sentido da metodologia tradicional com prancha de papel , ante projeto, projeto e projeto executivo. Porque igual você está falando o Revit vem também para mudar esta metodologia. Como você falou você precisa saber de construção, então acaba que a fase inicial do projeto vai exigir mais]

Eu acho que a fase inicial do projeto vai exigir mais. E minha esperança é que ele diminua o retrabalho. Porque o retrabalho do AutoCAD ainda é muito grande. Né isso ainda como era na prancheta. É claro que alterar o projeto é mais fácil entre aspas, mas ele te possibilita ... por exemplo, antigamente você fazia o projeto não mudava de jeito nenhum, você perdia tudo. Hoje você altera, mas o retrabalho do AutoCAD é muito grande. O retrabalho do Revit é menor. Ele tende a ser menor porque vai mudar um pouco a metodologia de projeto. Não sei como que eu vou me adaptar ao Revit porque a forma como eu me adaptei ao AutoCAD. Eu trabalho, faço a concepção, ela não inicia no AutoCAD [*você faz a concepção no croqui?*] eu faço o croqui, o croqui a mão aí eu vou para o AutoCAD desenho mais ou menos o que estou pensando, imprimo aí eu rabisco por cima quilos de papel para voltar para no AutoCAD. Aí agora nós vamos estamos indo para o Sketch u. Aí no Sketch up eu consigo mudar alguma coisa e volto no estudo para ajustar.

Você acredita que o uso de novas tecnologias digitais pode trazer avanços neste processo de projeto? E de tipo?

Claro, na fase inicial uma investigação maior. Eu acho que o avanço que o Autocad já deu a essa investigação já foi muito grande porque ele te garante... era muito demorado você primeiro: alterar, segundo até fazer uma perspectiva para montar para vê se tava bom. Era um processo muito longo. Essas coisas aconteciam até por causa de prazo. Hoje a ferramenta agilizou, para você tem que usar como ferramenta, ela não projeta.

O Revit vai primeiro: você tem outros recursos tipo estudar a iluminação, estudar conforto e outros dados que a metodologia vai te permitir. E de alguma forma eles

vão interferir, eles vão retornar para o estudo: vão modificar, vão ajustar, mas por enquanto ele é mais difícil.

4- E qual o fluxo de informações dentro do escritório? Do fechamento do contrato até a entrega final para o cliente?

Fluxo do projeto? [por exemplo, você fecha o contrato, vai para fase de concepção.... O que eu quero saber e entender com essa pergunta é assim: o projeto tem retrabalho, e além do retrabalho você tem que saber a fase do projeto está cada contrato? Qual revisão está? ... ter o gerenciamento dessas informações.]

A gente tá instalando um outro sistema de gerenciamento de projeto até pelo fato do tempo gasto no projeto. Porque a gente tem volume de projeto muito grande e estamos precisando avançar nisto. Nós temos um controle por arquiteto e por projeto de tempo gasto nas etapas. Agora ... como era a pergunta? [*qual o fluxo de informações*] É o fluxo de informações. O projeto é contratado eu ou minha sócia fazemos uma entrevista, um briefing do projeto. Fazemos a concepção deste projeto juntamente com arquitetos colaboradores. Aí é feito o estudo preliminar, perspectiva do estudo preliminar para ser apresentado. Volta do cliente com as observações, com as demandas, ou solicitações ou aprova. Aí é feito o projeto legal depois o projeto executivo, depois o detalhamento.

[*vocês acompanham a obra também?*] a gente acompanha a obra também durante o acompanhamento da obra você tem é um retrabalho, mas eu chamo de ajuste. O projeto quando termina para mim nunca está pronto. Tem um monte. Primeiro de intercorrências da própria obra que vão acontecer, né, que vão acontecer: tem surpresas, impossibilidades, tem erros de construção, tem um monte de coisa que por isso é importante acompanhar. Porque você volta refaz, você corrige, você melhora. [*e a compatibilização com os projetos complementares vocês fazem aqui também?*] no projeto executivo. Nem todos os projetos, mas a maioria tem alguns projetos que o cliente não quer [*mas, os complementares são feitos fora? Aqui é só arquitetura?*] aqui só arquitetura

5-Eu queria saber se nesse gerenciamento de informações. Você falou que está implantando um software. Você usa um software genérico , um Excel? Ou você tem um programa específico?

Foi nos oferecido um software específico para isso, mas a gente ainda vai fazer um teste, vai implantar um software no escritório , mas por enquanto é um software

genérico , uma planilha, não é uma coisa sistematizada não. Na verdade a gente precisa ter. Porque também não adianta você ter tudo escrito se o projeto tá ruim, *[com certeza]* se o projeto tá ruim, mas precisa de um software mais sistematizado. Eu acho que tem haver um equilíbrio nisso. O projeto muito sistematizado... ah você não pode voltar? Não! Eu acho que não ainda, acho que projeto você tem que voltar na hora ... *[tem que se adequar ao seu trabalho, né]* é eu acho que se adequar ao que precisar ser, enquanto não construiu se precisar mudar nós vamos mudar.

6- Quais as dificuldades você encontra nesse gerenciamento?

Mão de obra, controle de tempo, estimar, estimativa de prazo, isso é uma coisa que fura muito, estipular os prazos com o próprio cliente. Ele sempre quer para ontem então às vezes a gente é obrigado a não nos dar prazo para cumprir as etapas. Aí isso gera retrabalho. Alguma coisa de compatibilização ou de contato com outros profissionais envolvidos, isso gera muitos problemas também, problema de obra ..., projeto que não é cumprido na obra, projeto de arquitetura e detalhamento que às vezes é modificado em obra. Isso acontece “ah não vi”, aí “não vi” fica por isso mesmo e aí nós somos chamados para corrigir erros dos outros , mas não te jeito de desmanchar...

7-você conhece a tecnologia BIM e pretende imantá-la no seu escritório? Por que?

O que é BIM? Não conheço [o Revit é um exemplo do BIM. É uma tentativa de fazer um modelo virtual do projeto, vai ficar tudo concentrado num modelo só, aí voce vai conseguir tirar planilhas...]

Sim porque me parece mais inteligente

[você acredita que pode melhorar estas dificuldades que você tem?]

Com certeza, com certeza. primeiro porque o Revit te mostra as incompatibilidades que o 2D não mostra, errar um corte ...fácil. Quando você trabalha num projeto onde a parede deixa de ser dois traços e vira uma parede você pode errar a altura dela, você pode errar a altura do pé direito, mas você não consegue mentir. A construção tá ali, se tiver coisas ruins é porque o projeto precisa ser corrigido. Então eu acho que isso é um grande...

Fora as planilhas, os quantitativos. Ontem eu estava conversando nesse sentido. Olha ,a turma tá fazendo o curso, agente tem que aprender... a gente não pode ficar preso a uma biblioteca padrão, eu acho que isso pode limitar o projeto. então nós

que aprender a fazer paredes com espessuras diferentes, acabamento diferente. Usar sem ... [não ficar limitado] não ficar limitado a janelinhas que tiver, as portinhas que tiver. Agora isso em uma equipe grande igual a nossa. O que um criar tem que compartilhar com os outros. Aí você vai aumentado as possibilidades. O que não é muito diferente de um... porque não é ficar limitado ao programa. A gente tem uma certa limitação de materiais e ao sistema construtivo. Não adianta querer um revestimento que não existe no Brasil, porque não existe. Então acaba que a gente fica limitado a tinta, a cor, ao material disponível. Hoje é muito fácil , tem um limite. Eu acho que diminuiria estes limites que o programa pode impor. Não ficar limitado ao programa, se não for aquele programa lançar a mão de outras ferramentas nem que seja um croqui a mão para alcançar o objetivo.

[as ferramentas tem fazer aquilo que você quer...] usar aquela ferramenta para aquilo, agora se precisar de outra ferramenta, você busca esse ferramenta. Se essa ferramenta for um croqui, vai ser um croqui, se essa ferramenta for um lápis na obra, vai ser um lápis na parede da obra.

Entrevista 4

Nome da empresa: Horizontes Arquitetura

Estrutura funcional: 4 arquitetos , 6 estagiários ,2 escritórios satélites

Arquiteto titular ou responsável: Gabriel Velloso da Rocha Pereira

Ano de formatura: 2004

Data da entrevista: 04/06/2010 (email)

Perguntas:

1-O computador influência seu processo de projeto? Em qual fase? E qual o software é utilizado cada uma delas?

Sim, sktch, photoshop, cad, Google Earth.

2-Você está satisfeito com a metodologia atual de projeto? Quais seus pontos positivos e negativos?

Em termos, o problema é que o mercado brasileiro deixa pouco tempo para desenvolvermos os estudos, estratégias e conceitos de projeto.

3-Acredita na possibilidade que o uso de novas tecnologias digitais possa trazer avanços no processo de projeto? De que tipo?

Sim, realidade virtual, programas que com parâmetros e que simulem situações de contextos diferentes.

4-Qual o fluxo de informações dentro do escritório? (do fechamento do contrato até a entrega final para o cliente.)

Captação do projeto e análise dos requisitos (financeiros, legais e conceituais), elaboração de proposta, desenvolvimento do projeto e entrega.

5-O computador auxilia neste gerenciamento? É utilizado algum software genérico como Excel ou um programa específico é empregado?

Sim, o tempo todo. O “ Office’ é usado o tempo todo.

6-Quais as dificuldades encontradas no gerenciamento destas informações?

A comunicação interna às vezes falha.

7-Você conhece a tecnologia BIM (Building Information Modeling)? Pretende implantá-la no escritório? Por quê?

Sim, pretendemos implantá-la assim que capacitarmos a equipe de produção e ela for acessível.

Entrevista 5

Nome da empresa: Arqui Studio

Estrutura funcional: 5 arquitetos e estagiários

Arquiteto titular ou responsável: Joel campolina

Ano de formatura: 1972

Data da entrevista: 31/05/2010

Perguntas:

1-O computador influencia seu processo de projeto? Em qual fase? E qual o software é utilizado cada uma delas?

Desde a concepção eu utilizo que é software o Vector works que permite você trabalhar com simulações, uma espécie de ensaio iniciais com uma resolução baixa compatível com o estudo. É um croqui eletrônico, modelagem 3D. Tudo isso em fases diferentes a fase inicial é mais rústica, mais básica como se fosse uma maquete de papelão só que digital

2-Você está satisfeito com a metodologia atual de projeto? Quais seus pontos positivos e negativos?

Eu acredito que facilita o controle das dimensões, dos compartimentos que você está organizando, facilita ensaios, etc

3-Acredita na possibilidade que o uso de novas tecnologias digitais possa trazer avanços no processo de projeto? De que tipo?

Eu utilizo este tipo de recurso desde 94 então fui desenvolvendo. Existiam pontos que podia melhorar aperfeiçoar então a evolução foi a utilização tipo tablet que você croquia eletronicamente quando for o caso. Eu acho que estou satisfeito *[mas na verdade você usa a tecnologia digital mesclado com a tecnologia tradicional que é prancha de desenhos...]*

Eu uso predominantemente a tecnologia digital essa parte de croqui que eu fazia bastante. Eu transferir mesmo esta pratica de uso de manipulação do software que escalas diferentes de resolução, vamos dizer assim

4-Qual o fluxo de informações dentro do escritório? (do fechamento do contrato até a entrega final para o cliente.)

Eu acredito por uma razão muito simples. Quando você utiliza o computador e tem até um grupo de colegas da universidade de Zurik que colocam o computador como órgão ausente do arquiteto. Porque no computador você consegue simular dinamicamente o que você imagina no tempo bastante preciso, quase o tempo real. Uma vez que você faz uma modelagem de determinado ensaio volumétrico que seja. Você pode ter n vistas diferentes sem a necessidade de recomeçar o processo de modelagem geométrica daquelas vistas do que quando você faz o croqui. Além disso, é preciso. Então eu acredito que um avanço assim do número de alternativas que você pode pesquisar no menor espaço de tempo. Então se esse número maior de alternativas maior influencia na obtenção de situações inéditas mais contributivas é um fator que você consegue só através do computador você pode obter. Porque você não tem órgãos físicos capazes de dar saídas rápidas em termo de imagem. O que acontece em termo de voz. A voz tem saída em tempo real em que eu to imaginando. Eu to pensando no som, mas a imagem eu não posso dar a não ser mímica ou com croqui. Mas o croqui é lento em relação a essa possibilidade de você ter múltiplos ensaios e variantes em tempo real. Tem que saber usar o computador com esse tipo de efeito. A maior parte do treinamento é CAD geométrico, CAD convencional.

5-O computador auxilia neste gerenciamento? É utilizado algum software genérico como Excel ou um programa específico é empregado?

Nós desenvolvemos um fluxo que tem diversas etapas que vai desde a coleta de informações junto ao cliente aos possíveis pontos de interesse até no final na entrega da obra e análise de pós ocupação

6- Quais as dificuldades encontradas no gerenciamento destas informações?

Todo o processo é dentro do Vector porque o Vector ele é completo em termos de recursos ele tem desde a planilha tipo Excel para a especificação até um banco de dados de especificações que você vai direto através de um índice ID. Você consegue pegar informações como materiais *[você consegue também gerenciar em qual a fase do projeto que tá?]* sim, eu uso essencialmente o Vector

6-Quais as dificuldades encontradas no gerenciamento destas informações?

Bom, as dificuldades variam de acordo com a complexidade do caso. Projetos mais simples sem nenhuma complicação. Agora projetos mais elaborados você tem contar com maior nível de equipe

7-Você conhece a tecnologia BIM (Building Information Modeling)?

Pretende implantá-la no escritório? Por quê?

A tecnologia BIM está entrando agora eu acho nos projetos, mas ela não tá ainda viável ao ponto de vista operacional no Brasil porque na cadeia que precisaria de ter para usar esta tecnologia. Não encontra com facilidade, tem poucos profissionais que trabalham com projetos complementares que poderiam estar vinculados num processo destes. Eu conheço, mas não pretendo implantar por enquanto.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)