

DIGITALIZAÇÃO NO PROCESSO PROJETUAL ARQUITETÔNICO

Claudia de Andrade Silva (IC) e Daniel Candia (Orientador)

Apoio: PIBIC Mackenzie

RESUMO

Em um contexto de inserção de tecnologias computacionais no processo projetual é relevante refletir sobre as mudanças que ocorrem com o uso de ferramentas digitais, ao mesmo tempo que se extrai a potencialidade para concepção de projetos diferenciados. É nesse sentido a relevância do estudo da Parametrização na projeção arquitetônica, com a investigação do processo que desencadeou do manual para o digital, como também a análise de projetos que utilizaram de diferentes linguagens, ou ainda, projetos que necessitaram construir uma nova linguagem para que fossem concretizados. Com isso, se tem a ambiguidade se a ferramenta surge para responder a uma demanda ou esta enquanto tal potencializa diferentes concepção arquitetônicas. Portanto, esse trabalho percorre uma linha de raciocínio que parti do desenvolvimento tecnológico e da evolução da digitação do processo criativo projetual arquitetônico, estudo do processo de criação na arquitetura, comparação entre os processos projetuais e as tecnologias envolvidas, o vínculo que há entre método, linguagem e resposta projetual, a relação entre projeto e linguagem como também a relação entre os projetos contemporâneos e a parametrização, para por fim ter embasamento para refletir sobre as mudanças no espaço arquitetônico. Por ser um tema recente, no qual seu processo está se desenrolando, não é possível estabelecer diversas conclusões, por isso há um cunho mais investigativo do que conclusivo.

PALAVRAS CHAVES: parametrização, método, linguagem.

ABSTRATIC

In the context of insertion of computer technology in the design process it is relevant to consider the changes that occur with the use of digital tools at the same time it can improve the capability to design differentiated projects. For this reason, it is relevant the study of Parameterization in the architectural design process, investigating the method that triggered the change of manual language for digital as well as analyzing the projects that used different languages, or even projects that had to build a new one so they could be materialized. As a consequence, there is the ambiguity of the tool being used in response to a demand or the tool, as such, stimulating different architectural concepts. Therefore, this work discusses the technological development and the evolution of the digital process with regard to architectural design; analyzes the creative process in architecture; compares the design process and the

technologies involved; investigates the bond that exists between method, language and design response; and examines the relationship between design and language as well as the relationship between contemporary design and parameterization. In doing so, it is possible to reflect on the changes in the architectural space. For being a recent topic in which its process is still happening, it is not possible to establish several conclusions, and this work has more an investigative nature than conclusive.

KEYWORDS: parameterization, method, language

INTRODUÇÃO

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) tem se expandido para administrar os complexos projetos contemporâneos, uma vez que esses tipos de projetos requerem novos procedimentos de gerenciamento de informações, tanto para controlar dados digitais dos projetos com geometria mais complexa, quanto programar a sequência de atividades relativas à construção. Levando em consideração que o mais relevante é o processo pelo qual se atinge o produto final, e não a ferramenta usada. Afinal, o poder e o ato criativo pertencem ao arquiteto que usou o programa, não ao computador.

Para alcançar possíveis conclusões foi levado em consideração a importância do método no projeto de arquitetura e na reflexão da ação cognitiva do arquiteto. A partir disso, a linguagem enquanto processo, sua evolução e diferenças para depois tratar especificamente do sistema BIM e consequentemente da Parametrização.

A fim de ilustrar o conteúdo abordado foram realizados três estudos de caso. Primeiramente, uma comparação entre o Pavilhão de Barcelona, Mies Van Der Rohe, e o Pavilion 21 MINI Opera Space, CoopHimmelmblau, no que se refere ao uso da linguagem na arquitetura. E por fim, a metodologia desenvolvida por Frank Gehry para concepção e execução do Guggenheim de Bilbao.

Durante o estudo, BIM é entendido enquanto linguagem e o foco será em sua relação com o projeto do edifício, e não em outras escalas, como urbanismo ou mobiliário. O objetivo da pesquisa foi, em suma, refletir sobre a digitalização no processo projetual arquitetônico, tendo como eixos norteadores: método, linguagem e resposta projetual.

MÉTODO

O procedimento da pesquisa foi bibliográfico dissertativo argumentativo, sendo que as muitas das reflexões foram através de comparações. Os dados foram coletados principalmente de referências bibliográficas e iconográficas, palestras e congressos e visita a projetos analisados durante esse trabalho. Nesse sentido reside a importância da realização do intercâmbio realizado entre agosto/2014 a agosto/2015 que propiciou a coleta de novos materiais, a participação em disciplinas que envolviam esse tema, visita em obras emblemáticas, como também palestras.

Para realização da pesquisa alguns assuntos e comparações a respeito dos processos criativos e produtivos da arquitetura contemporânea, a partir da história do desenvolvimento tecnológico da computação gráfica e sua influência sobre a atividade profissional do arquiteto,

foram fundamentais para resolver o problema e atingir os objetivos. Primeiramente, foi necessário analisar o processo de digitalização que ocorreu na arquitetura e como isso se refletiu no fazer projeto, seguindo o viés da evolução das novas tecnologias e os softwares que estão surgindo. Esse estudo inicial serviu de base para contextualizar a inserção da tecnologia no processo de projeto para ser possível, posteriormente, analisar a evolução e os diferentes tipos de processos.

A partir dessa contextualização foi possível estabelecer um comparativo entre os processos de projeto. Estabelecer um paralelo entre a prancheta e o CAD para posteriormente entre o CAD e BIM, no qual a parametrização está inserida. Com isso, analisar processos de projetos em diferentes épocas que se utilizaram de diferentes ferramentas. A partir dessas comparações a pesquisa se voltou mais especificamente para a TIC, analisando os conceitos de modelagem 4D (modelagem+tempo) e 5D (modelagem+tempo+custos), que entraram em discussão no final da década de 90, e como eles modificaram a construtibilidade antes da execução, assim como as etapas da construção, uma vez que foi possível controlar tanto as atividades críticas que se sobrepõem durante a execução, como um melhor entendimento e controle visual do projeto final.

Foi preciso primeiramente analisar estudos feitos sobre como é processo de criação para depois investigar como é esse processo com a inserção da tecnologia, pois nesse sentido foi possível constatar que a parametrização causa um impacto nesse processo. Portanto, nessa etapa da pesquisa foi interessante pesquisar tais impactos, mudanças, vantagens e desvantagens de utilização, como também sua importância e necessidade nos projetos contemporâneos complexos.

1. PROJETAÇÃO ARQUITETÔNICA

As ciências naturais e as ciências sociais partem sempre de problemáticas; para resolvê-las elas usam o método que resulta em soluções. A capacidade de manter presente na mente grande número de relações é que distingue todo o desempenho mental, seja um compositor, um artista ou um arquiteto. Isso pode ser entendido através de uma reflexão sobre o processo de projeto em arquitetura, pois parte-se de um problema (ou situação problema) que precisa de uma solução arquitetônica; são elaboradas hipóteses de projeto (tentativas de solução); são eliminadas aquelas que não resolvem o problema (considerados todos os seus aspectos estéticos, tecnológicos e funcionais) e é escolhida aquela que parece a melhor solução. Para a eliminação das soluções ruins (ou dos erros) é usada a crítica.

A projeção arquitetônica pode ser entendida como a transformação das ideias das pessoas em formas, através de um método que gera uma resposta projetual, expresso por

uma determinada linguagem. Nesse sentido o processo projetual, que através da relação entre o (s) arquiteto (s) com a ideia, desenvolve a concepção e formalização do espaço arquitetônico, explicitado por meio da representação gráfica (desenho) e física (maquete).

A partir de 1960 começa a exploração de como um projetista cria e desenvolve ideias. Esses estudos tiveram a contribuição de cientistas da cognição, que identificam as ações cognitivas em cada etapa da projeção. Um dos resultados desse estudo são os processos híbridos, ou seja, aqueles que utilizam recursos manuais e computacionais. Foi possível constatar também que os esboços ambíguos são fundamentais para levantar novas hipóteses de projeto. De acordo com Donald Schön (2000), enquanto o croqui é feito as ideias são estimuladas, estabelecendo um pensamento visual, ou seja, realiza uma série de ações cognitivas a partir do registro e interpretação do que foi desenhado. A utilização de recursos, manuais ou computacionais, determinam as ações cognitivas que influenciam a projeção arquitetônica, determinando e conduzindo certas escolhas projetuais. Os arquitetos desenharam para pensar/projetar e não simplesmente representar, a reflexão se realiza durante a ação. Portanto, essa reflexão na ação é importante na projeção arquitetônica e permite que o projetista pense enquanto faz. Nesse sentido, tanto esboços e maquetes físicas como modelos digitais e protótipos rápidos são fundamentais para a concepção e comunicação do projeto. (FLORIO, 2005). Conclui-se que a cognição, entendida como o ato de pensar, desenvolve-se por meio de artefatos, ou seja, através de sistemas de representação, seja desenho, modelo físico ou virtual.

O segredo em arquitetura é alternar entre a geração e a exploração de ideias. E o interessante é que sempre há diferentes interpretações e soluções para o mesmo problema, por mais que se tenha, por exemplo, um mesmo programa de necessidades como em um concurso de arquitetura. Essa diferenciação se dá por quatro áreas:

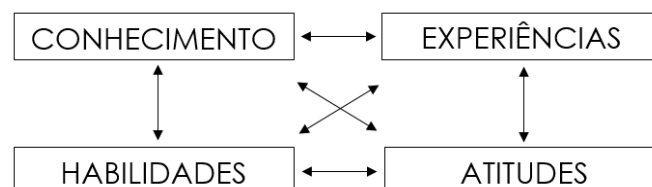


Figura 1: Áreas que diferenciam os projetos arquitetônicos.

Fonte: autoria própria.

Os pensamentos são estruturais, pois uma ideia leva a outra, mas dependem de conhecimento anterior e, como mostra o diagrama, um problema resultará em inúmeras respostas projetuais possíveis. São os conhecimentos e conceitos que direcionam as ações, guiados pelo repertório. Além disso, o pensamento é sensível ao ambiente físico onde ocorrem as ações. Entendendo essas características do pensamento cotidiano, é possível

refletir sobre o processo de projeto, em que o processo é entendido como o percurso, enquanto o projeto é o produto. Esse processo não é linear, é preciso voltar muitas vezes em alguns pontos para que haja o avanço, pois, a ideia surge do fazer. Por isso Vinod Goel (1995) expressa que projeto é um problema mal estruturado, uma ideia não leva a outra, se desenvolve por tentativa e erro. As decisões são tomadas durante a ação projetual, pois os objetivos não estão definidos no início do projeto, sendo decorrentes das ações cognitivas físicas, perceptivas, funcionais e conceituais (SUWA, 1998).

No início desse processo projetual o projetista necessita de um pensamento divergente, ou seja, precisa estender os limites de uma dada situação de modo a explorar possíveis soluções. É o momento em que se testa hipóteses, os objetivos são revistos e reformulados, pois o problema não está definido. Por isso que a criação do projeto inicia com croquis, um meio que levanta possibilidades e faz emergir ideias durante reflexão-na-ação. Em contrapartida, no desenvolvimento do projeto há o pensamento convergente. É o momento em que necessita escolher alternativas que inicialmente foram testadas, uma vez que o problema e os objetivos já estão definidos. Devido a isso, esse estágio é mais facilmente realizado por meios computacionais, nos quais necessitam de maior precisão e definição dos elementos. Atualmente, com as novas tecnologias, essa divisão está se diluindo, já que é possível antecipar algumas decisões projetuais e fazer experimentações utilizando ferramentas digitais no início do projeto (FLORIO, 2007).

A partir disso é possível perceber a importância para as ideias e soluções que a linguagem exerce sobre o projetista durante a projeção. Donald Schön (2000) escreve que o profissional experimenta e repensa seu processo de conhecer-na-ação de modo a levantar novas questões e possibilidades a partir do problema de projeto. Portanto, para uma resposta projetual, o método necessita de uma linguagem, enquanto processo e não como resultado. Se por acaso o método é alterado, há uma mudança na resposta projetual. Um exemplo disso é o que ocorreu com a proposta de um método científico que teve grande repercussão com arquiteto Le Corbusier.

O chamado método científico, desenvolvido por Galileu Galilei, caracteriza-se por relacionar a produção científica do conhecimento a uma metodologia definida que se inicia com a observação dos fenômenos da natureza, seguida da formulação de uma tese que o explique. A diferença é que, no método científico, esta tese deve ser verificada por um experimento cujo resultado deve predizer. Caso o resultado do experimento não seja o esperado, o cientista deve reformular sua tese a partir da nova observação. Se, ao contrário, o experimento confirmar a tese, uma nova lei é determinada e passa a compor o conhecimento científico. No caso da arquitetura e do urbanismo, é possível destacar dois pontos importantes em relação as teorias do arquiteto moderno Le Corbusier. Em primeiro lugar, as metáforas

mecanicistas tradicionalmente utilizadas pelo arquiteto – o avião, o navio, a casa como máquina de morar – demonstram a predisposição em fazer da arquitetura uma ciência baseada em princípios de racionalidade, funcionalidade e eficiência, em detrimento de subjetividades artísticas ou estéticas. Em segundo lugar, nota-se uma estrutura de raciocínio baseada no método científico tradicional, observação, tese e experimento, com o declarado objetivo de formular leis de urbanismo. Sua tese sobre o Urbanismo é dividida em três partes que correspondem ao modelo de Galileu: *diagnóstico* -uma observação da situação das cidades-, *teoria* - teorização sobre os problemas urbanos e suas soluções- e *experimento*- proposta de aplicação dessas teorias urbanas em uma cidade real, em um plano conhecido como Plan Voisin para o centro de Paris. A não construção do Plan Voisin deixou o processo incompleto, já que o experimento não realizado não pode confirmar a tese que se propunha.

De fato, a verificação empírica das teses propostas parece ter sido, ao longo do tempo, o principal empecilho tanto para Le Corbusier como para outros arquitetos que procuraram a mesma aproximação. Normalmente, depois de construído, o projeto não era mais visto como experimento capaz de aferir a veracidade da tese, e a culpa por seu não raro fracasso passou a ser distribuída entre vários agentes – alterações no projeto, erros de execução, incompreensão do cliente – de modo a proteger a integridade da tese que estava, por definição, correta e convertida em lei. Essa postura, evidentemente questionável, provoca diversos questionamentos sobre a validade desse tipo de transposição e sobre outras interpretações possíveis sobre a natureza da criação arquitetônica.

2. MÉTODO E LINGUAGEM

O desenvolvimento de novas técnicas auxilia na projeção arquitetônica, à medida que o método necessita de uma linguagem, como também com o escopo de tornar a comunicação mais clara e fiel, afim que se potencialize a viabilidade construtiva do projeto. Além disso, a tecnologia pode potencializar as transformações na linguagem. O diagrama a seguir demonstra a evolução histórica das tecnologias usadas na projeção arquitetônica.

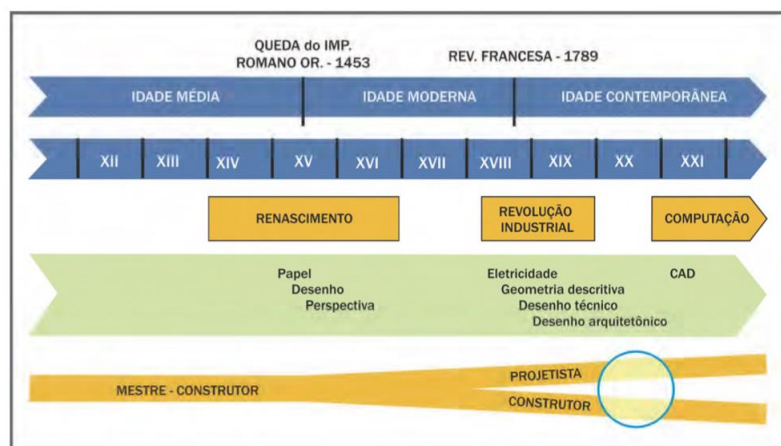


Figura 3: Evolução das tecnologias em arquitetura.

Fonte: Disponível em <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/07.076/318>> Acesso em 20/09/2015.

Desde o renascimento o desenho tem sido o principal meio de comunicação dos projetos arquitetônicos. Esse meio foi difundido à medida que novas relações produtivas se separavam, aqueles que pensavam dos que executavam, e conseqüentemente, a necessidade de comunicação entre eles. Nessa época não havia conhecimentos sobre geometria descritiva, resultando em um processo sem normatização, mais livre.

Também no Renascimento há uma mudança de concepção de mundo, o homem é o centro e não mais Deus. Esses novos pensamentos, juntamente com novos métodos construtivos, necessitaram de uma nova forma para representar o mundo, pois desafiavam os sistemas de representação existentes. Nesse contexto Brunelleschi cria a perspectiva, necessária para construção da cúpula da Igreja de Santa Maria del Fiori, pois dessa forma conseguia representar sua estrutura tridimensionalmente. Esse novo método de representação proporcionou uma primeira mudança significativa no processo projetual arquitetônico. Além disso, os arquitetos tiveram possibilidade de representar o objeto arquitetônico muito mais próximo do que imaginavam quando construídos, tornando mais eficaz a comunicação entre projetistas e construtores.

Um segundo marco importante na sistematização da representação gráfica foi no século XVIII com a geometria descritiva, desenvolvida por Gaspar Monge. Sua importância reside por preservar as relações topológicas e dimensionais do objeto, pois até então este sofria distorções quando representado por meio de perspectivas. A geometria descritiva foi a base para o desenho técnico, o qual surge a partir de uma demanda de linguagem aliada à tecnologia, no contexto da Revolução Industrial, por projetos com mais rigor e que os projetistas tivessem um meio de se comunicar, surgindo a partir disso as primeiras normas técnicas de representação gráfica. O desenho técnico foi utilizado como base para atividade projetual nas disciplinas de Arquitetura e Engenharia, sendo o desenho arquitetônico uma especialização do técnico, usado para representar e possibilitar a execução do projeto. O

desenho arquitetônico representa o edifício de forma segmentada através de vistas ortogonais, como plantas, cortes e elevações. Como parte da geometria descritiva é possível representar, com esses desenhos, as dimensões e topologia dos elementos, mas em contrapartida dificulta a percepção e compreensão da volumetria. Para superar essa dificuldade é comum no início e no final do projeto utilizar perspectivas, as quais simulam a tridimensionalidade do edifício.

A terceira sistematização da representação gráfica são as tecnologias da computação, que tiveram grande impacto no processo projetual arquitetônico. Essas tecnologias computacionais, juntamente com seus avanços, resultam em mudanças de paradigmas e transformação metodológica da maioria das áreas de conhecimento. Segundo Kevin Kelly (2007), a tecnologia apresenta as pessoas uma diferente maneira de pensar sobre algo. Nesse sentido é possível afirmar que a tecnologia computacional transformou a projeção arquitetônica e que esse processo de transformação ainda não está concluído. A partir do emprego desse instrumento ocorreram modificações na maneira que o arquiteto se relaciona com sua ideia e com os demais indivíduos envolvidos no processo, mesmo que do ponto de vista de concepção projetual as tecnologias computacionais sejam limitadas.

Computer Aided Design, conhecido como CAD e podendo ser traduzido como Projeto Auxiliado por computador é o nome genérico de sistemas computacionais usados pela arquitetura, design, engenharia e outras disciplinas, para auxiliar o projeto e desenhos técnicos. O principal software CAD utilizado é o AutoCad da empresa Autodesk, criado em 1982. A partir da década de 80 houve a difusão do CAD no mercado de trabalho, resultando em velocidade e qualidade nos desenhos, mas ao incorporá-lo na projeção arquitetônica os arquitetos repetiram os processos manuais convencionais, utilizando o CAD como uma prancheta eletrônica. Os instrumentos foram modificados – lápis, prancheta, caneta nanquim – mas não modificaram os conceitos da representação do desenho arquitetônico e nem os métodos de projeção. Portanto, manteve-se o mesmo pensamento lógico e paradigmas, sendo que somente automatizou a tarefa de desenhar, pois não é possível representar informações mais complexas de relacionamento entre elementos.

Além das ferramentas CAD estão sendo desenvolvidas e incorporadas diferentes tecnologias na projeção arquitetônica. Muitas delas vindas de outras áreas de conhecimento, como aviação e engenharia. Por exemplo os simuladores de realidade virtual, que propiciam aos projetos arquitetônicos a visualização de ambientes virtuais imersos e interativos. Ou os de simulação de condições ambientais usados para analisar o desempenho e avaliações de soluções de projeto arquitetônico sob determinadas condições. E ainda, Modelagem e Fabricação Digital que integra arquitetura e indústria da construção, com utilização de software de modelagem e máquinas CNC (Computer Numerical Control) e assim

possibilitando a proposição de superfícies complexas. Segundo Philip Jodidio (2003) além dessas tecnologias, os próprios arquitetos vêm desenvolvendo programas específicos para área de Arquitetura, por exemplo: “arquitetura líquida” ou “transarquitetura” que são conceitos ligados à realidade virtual desenvolvidos pelos arquitetos Marcos Novak; ou ainda Program Generated Architecture PGA (Arquitetura Gerada por Programa de Informática) do arquiteto Makoto, entre outros.

Com isso é possível perceber o potencial, a dimensão e importância que a tecnologia computacional vem adquirindo, mas ao mesmo tempo afirmar a defasagem que existe entre os atuais recursos computacionais disponíveis e os que são efetivamente utilizados, além da necessidade de pensá-las enquanto processo e não como resultado.

Os projetos se tornam cada vez mais complexos à medida que tentam responder às demandas por novos espaços, novos materiais e tecnologias. Para tanto a projeção arquitetônica também tornou se mais complexa, envolvendo planejamento, integração de etapas e solução de interferências. Assim, a complexidade dos projetos atuais se refere ao produto como também ao seu processo de produção.

O aumento da complexidade das construções ocasiona pressão sobre construtores para que haja a diminuição dos prazos de execução. O aumento de pressão exige a sobreposição entre as etapas de projeto e obra, que conseqüentemente gera mais demandas nessas etapas, aumentando a necessidade de planejamento. Portanto, a projeção arquitetônica sofre pressão por esse aumento da complexidade projetual que exigem cada vez mais a compatibilização das informações, a evitação de refazer trabalhos e minimização erros e interferências. Outro fator que gera essa pressão vem dos projetos audaciosos que exigem diferentes metodologias e novas tecnologias, muitas vezes indisponíveis. Isso ocorre principalmente em países desenvolvidos e são exemplo arquitetos como Frank Gehry e Norman Foster, os quais realizam explorações na área da arquitetura, sendo possível afirmar que a complexidade interfere na linguagem.

Além disso, está ocorrendo uma mudança na forma como o processo de projeção é visto, não mais como uma etapa isolada e finalizada às demais etapas que envolve a construção de edifícios. O processo de projeção está incorporando as exigências dos usuários, dos empreendedores, dos projetistas, da construtora e do setor de suprimentos. A projeção arquitetônica está em uma transição histórica devido a todas essas pressões, sendo que a computação tem um papel fundamental nessa mudança por disponibilizar novas e melhores ferramentas para esse processo. O empecilho, muitas vezes, é a resistência dos profissionais para a formação de uma nova linguagem e metodologia.

Para ilustrar discussão a respeito da linguagem foram analisados dois projetos: Pavilhão de Barcelona, Mies van Der Rohe, e Pavilion 21 MINI Opera Space, CoopHimmelblau, que apesar de possuírem a mesma função foram concebidos de maneira totalmente diversa.

O Pavilhão de Barcelona foi projetado por Ludwig Mies van der Rohe como o Pavilhão Nacional da Alemanha para a Exposição Internacional de Barcelona, realizada em Montjuïc, Espanha. Mies considerou que a arquitetura do Pavilhão seria o objeto exposto, com obras de arte e design de alguns autores alemães e o mobiliário desenhado por ele mesmo, especialmente para a Exposição. Enquanto que os outros países participantes expuseram variados produtos de fabricação própria, sendo seus pavilhões apenas envoltórios desses produtos. O programa do edifício não tinha grandes exigências funcionais e restrições quanto ao aspecto financeiro e Mies, além do exercício espacial e volumétrico, pôde trabalhar com materiais raros e sofisticados. O Pavilhão tinha como sua função principal a representatividade e a natureza puramente simbólica. Mies concebeu a planta do Pavilhão sobre uma malha modular quadriculada rígida. O edifício está sobre uma plataforma elevada e é constituído por duas coberturas: a maior retangular, abriga as funções da exposição; a menor quadrada, é reservada aos lavabos e serviço. A plataforma abriga ainda dois pátios com dois espelhos d'água, de dimensões e profundidades diferentes.

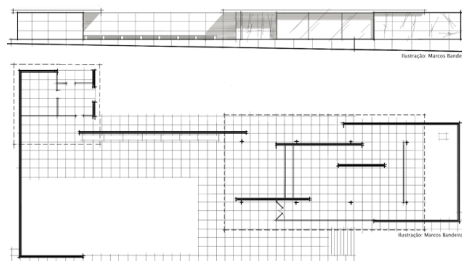


Figura 11: Planta e elevação do Pavilhão de Barcelona.

Fonte: Disponível em: <<http://www.marcosbandeira.com>>. Acesso em 15/09/2015.

A espacialidade do edifício é caracterizada pela composição de planos verticais e horizontais, que vão transformando o espaço tridimensional, através da configuração de formas geométricas puras e simples, de fácil montagem. Os espaços internos e externos se integram e fluem, sem o observador conseguir determinar seus limites. O arquiteto ordena o espaço por meio de planos soltos, tornando-o único. Os planos verticais e horizontais não delimitam os espaços, apenas os sugerem, pois, as linhas e planos (paredes e colunas) participam livremente do espaço agenciado, sem confiná-lo. Mies consegue sintetizar, nessa obra, vários elementos do Movimento Moderno, como: a planta livre que resulta na separação da estrutura e vedação; as formas geométricas puras, a cobertura plana, o espaço integrado e fluido formado por planos verticais e horizontais, a integração interna e externa através da

transparência dos painéis de vidro, a disciplina e a precisão no uso dos materiais construtivos e a importância dos apoios na composição do espaço.

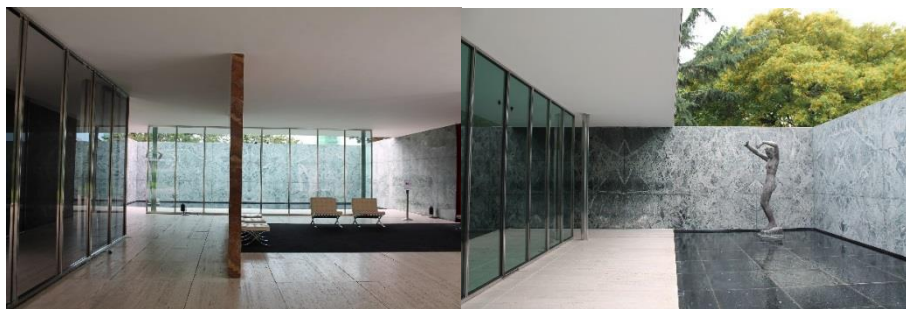


Figura 12: Fotos internas do Pavilhão de Barcelona.

Fonte: Autoria própria.

A segunda obra analisada foi realizada por CoopHimmelblau, uma empresa cooperativa de projetos arquitetônicos inicialmente localizada em Viena, Áustria e que atualmente também mantém escritórios em Los Angeles, Estados Unidos da América e Guadalajara, México. Foi fundada por Wolf Prix, Helmut Swiczinsky e Michael Holzer e ganhou aclamação internacional ao lado de Peter Eisenman, Zaha Hadid, Frank Gehry com a exposição 1988, "Desconstrutivista Arquitetura", no Museu de Arte Moderna.

O Pavilion 21 MINI Opera Space é uma estrutura urbana teatral projetada para hospedar uma grande variedade de performances experimentais. Com a capacidade para 300 pessoas sentadas ou 700 espectadores em pé e 1.790 metros quadrados é uma estrutura desmontável, transportável e re-montável, mantendo uma forma distinta, incomum. Massa e peso são os critérios decisivos para uma boa acústica. Portanto, teve que superar uma contradição: projetar uma construção leve que permitisse montagem e desmontagem rápidas, o mesmo tempo que atendesse aos requisitos acústicos de uma sala de concertos. A forma singular, de geometria complexa, é resultante da análise da frequência de duas músicas, *Purple Haze* de Jimi Hendrix e uma passagem de *Don Giovanni* de Mozart. Com intuito de dar forma espacial a música, estabeleceu-se paramétricos a partir dessa análise e o computador gerou um modelo 3D.



Figura 13: Foto e maquete do Pavilion 21 MINI Opera Space .

Fonte: Disponível em: < <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/pavilion-21-mini-opera-space>>. Acesso em 30/09/2015.

A geometria do pavilhão foi moldada para que a superfície da estrutura reflita e absorva o som, além de um isolamento acústico do entorno. As paredes e tetos são formadas por painéis sanduíche, e está inclinada ou enviesada para evitar ou melhorar a reflexão sonora. Além disso a iluminação varia de acordo com o som, portanto, o espaço é transformado em som, o som é transformado em luz e iluminação da estrutura. É possível concluir que há instrumentos que atendem de forma mais satisfatória a intenção do arquiteto e a representação de seu projeto, enquanto outras não conseguiriam. O trinômio planta, corte e elevação para a expressão do Pavilhão de Barcelona foram suficientes uma vez que essa obra é uma síntese de linguagem formal utilizada na época pelo Movimento Moderno. Enquanto que em Opera Space o método utilizado foi diferente, partindo do modelo 3D e, devido a sua qualidade geométrica, sendo o trinômio não mais a melhor maneira de representação. Isso resultou em uma resposta projetual diferente da que Mies buscava, não mais a forma, o purismo, e sim o desempenho da forma.

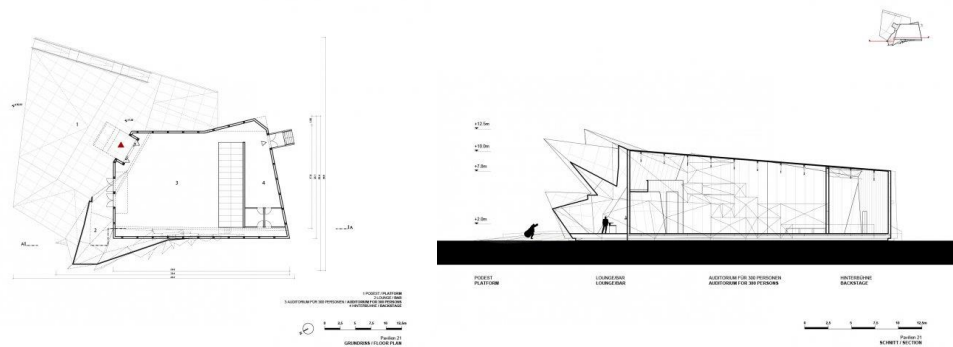


Figura 15: Planta e Corte do Pavilion 21 MINI Opera Space .

Fonte: Disponível em: < <http://www.coop-himmelblau.at/architecture/projects/pavilion-21-mini-opera-space>>. Acesso em 30/09/2015.

Esse é um momento crítico de mudanças, no qual há uma instabilidade sobre as antigas ordens de representação e dos saberes (CARVALHO e ALMEIDA, 2002). Isso é consequência do uso de ferramentas computacionais, uma vez que apresentam uma nova atitude sobre o pensar espaço físico durante o processo projetual para sua concepção e representação. Um novo meio de expressão resulta em um novo sistema de representação que tende a formar uma nova disciplina e não somente a substituição da técnica anterior, mas sim a arrumação e redefinição de suas funções.

3. BIM E PARAMETRIZAÇÃO

Uma das soluções para responder as pressões ocorridas na projeção arquitetônica, mostradas no Capítulo 3, são os sistemas computacionais Building Information Modeling - BIM (Informação do Modelo do Edifício ou Modelagem da Informação), pois fornecem uma simples lógica e consistente fonte para toda a informação referente ao edifício. O diagrama

abaixo faz uma comparação entre o sistema CAD e BIM, sendo que o eixo vertical mostra os benefícios em relação ao esforço, eixo horizontal.

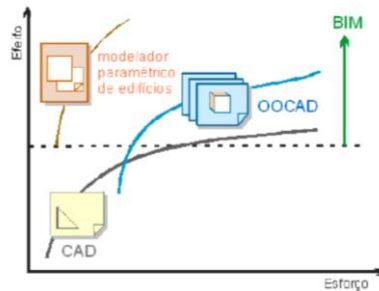


Figura 16: Sistemas usados na arquitetura.

Fonte: Disponível em: <http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/bim_in_practice.pdf>. Acesso em 30/09/2015.

A partir desse gráfico é possível concluir que o sistema BIM, como a modelagem paramétrica, traz a projeção uma maior efetividade em um igual ou menor esforço se comparado ao sistema CAD, por exemplo.

A Associação Geral de Empreiteiros define BIM como sendo uma ferramenta de desenvolvimentos objeto-orientado do edifício que utiliza: conceitos de modelagem 5D (3D dimensões, 4D tempo, 5D custo), tecnologia da informação e interoperabilidade de software para projetar, construir e operar um projeto de edifício assim como gerar seus detalhes. O BIM concentra em um único arquivo todas as informações do projeto, no que se refere a dados gráficos e quantitativos.

O potencial do BIM pode ser caracterizado em cinco pontos básicos:

- 1- O modelo engloba os objetos digitais, que têm propriedades que descrevem os elementos físicos da construção. Isso faz com que o projetista pense mais dentro do processo de construção, antecipando e resolvendo melhor as interferências espaciais.
- 2- A estratégia de armazenar toda a informação do projeto em bases de dados. Todos os dados que o usuário necessite, como por exemplo gráficos, tabelas, planilhas e textos.
- 3- O armazenamento centralizado da informação. O modelo pode incluir informações geradas por profissionais de diferentes áreas, facilitando a colaboração e garantindo a informação atualizada a todas as partes envolvidas.
- 4- A natureza paramétrica dos objetos BIM. Isso permite um número relativamente pequeno de objetos defina um número ilimitado de elementos da construção.
- 5- A comunicação direta entre o modelo BIM e as ferramentas computacionais que constroem os componentes do edifício. Cada parte de um projeto possui uma representação digital

Bruno Zevi (1996) afirma as limitações da bidimensionalidade nas plantas baixas, cortes e fachadas, bem como nas perspectivas de um único ponto de vista. Enquanto Chico Mello (2005) discute o problema da hegemonia da bidimensional, que é resultante de instrumentos de desenhos técnicos manuais.

O computador vem modificando a forma de se pensar o espaço, ao mesmo tempo que a demanda por novos espaços faz com que seja necessária uma linguagem diferente, pois esta tem como função traduzir os desejos e intenções do arquiteto. Por se caracterizar como sendo um procedimento não linear sua expressão gráfica apresenta um controle e uma percepção global do projeto mais avançada.

Quando se trabalha com sistema BIM a base do desenvolvimento do projeto é o modelo 3D e isso influencia na concepção, visualização, obtenção de dados e detalhamentos entre outras informações, pois além da representação da geometria dos elementos construtivos, contém propriedades e comportamentos. Os desenhos 2D como plantas, seções e elevações, são extraídos do modelo 3D, revertendo a ordem do processo habitual e permitindo a sincronização o caso de alterações em um deles. É nesse sentido que o CAD se assemelha ao desenho da prancheta, pois se houver alterações diversos elementos necessitam ser redesenhados e o método conceutivo da Prancheta e CAD são semelhantes, mas difere do sistema BIM.

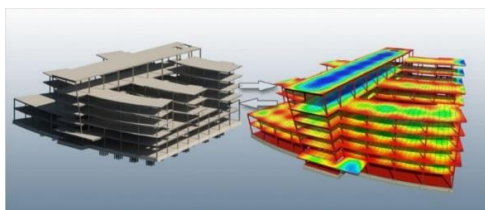


Figura 18: Vínculos bidirecionais, os resultados de análises podem atualizar automaticamente seu modelo.

Fonte: Disponível em: < <http://maxicad.com.br/blog/tag/projeto-com-revit/>>. Acesso em 30/09/2015.

Além da vantagem de acabar com a redundância de desenhos, pois plantas, cortes, vistas e modelos são uma coisa só; os modelos tridimensionais são atraentes, pois a partir deles o usuário pode gerar perspectivas, imagens foto realísticas e animações.

Os modelos computacionais em arquitetura têm o objetivo de dar forma a um projeto, com mais informações do que modelos bidimensionais e são usados tanto para estudo quanto para apresentação dos projetos. De acordo com Jonathan Cohen (2004), há quatro tipos de modelos computacionais, divididos segundo seu sistema de construção: Geométricos, Paramétricos, Processuais e Generativos. Os modelos Geométricos são construídos através de formas, linhas e pontos, mas não fornecem informações sobre a propriedade dos objetos. Já nos modelos Paramétricos todos os elementos estão relacionados entre si. Portanto quando uma variável é alterada, todo o modelo é regenerado. Os modelos Processuais têm

a capacidade de impedir que elementos incompatíveis estejam colocados juntos a si. E por fim, os modelos Generativos criam as geometrias que cumprem as exigências incorporadas pelo usuário, ou seja, seguem as regras definidas pelos projetistas.

Apesar das vantagens ainda há a predominância de ferramentas 2D nos escritórios de arquitetura, seja pela resistência dos arquitetos em migrar ou porque ainda não tem conhecimento de outros sistemas. A maioria dos arquitetos atuantes no mercado fizeram seus estudos desenhando em papel, utilizando representações bidimensionais de espaços tridimensionais. Portanto, trabalham e pensam em 2D porque aprenderam assim.

Dentro da complexidade dos sistemas BIM uma das principais características é a Parametrização. Mas a ideia de variação paramétrica é algo antigo, por exemplo, nos elementos clássicos, como colunas e frontões, em que as dimensões eram resultantes de expressões, e não um valor fixo, a partir de uma variável. Portanto, a construção partia da atribuição de valores as variáveis.

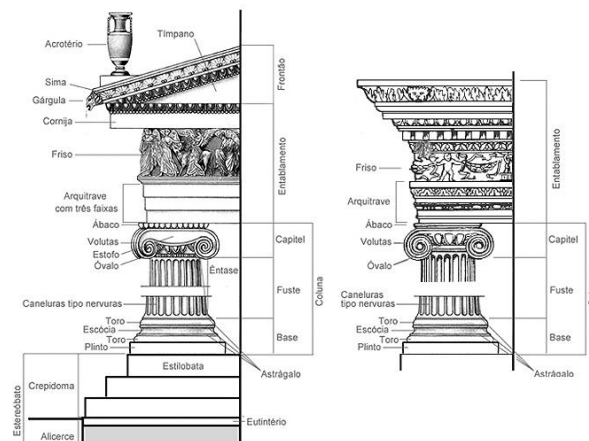


Figura 19: Relações paramétricas em elementos clássicos.

Fonte: Disponível em: < <http://www.arquiteturaclassica.com.br/tag/coluna-grega/>>. Acesso em 10/08/2015.

No sistema CAD as dimensões e proporções podem ser resultantes de parâmetros, através de funções com uma ou mais variáveis. Por exemplo, um sistema de equações pode ser associado a estrutura, sendo as variáveis os parâmetros do objeto. Ao atribuir valores a esses parâmetros um tipo particular é especificado. Isso pode ser aplicado em: cores dos objetos, disposição de escadas, montantes das janelas, etc.

O conceito de parametrização é essencial a compreensão de BIM. Segundo Eastman, objetos paramétricos BIM podem ser definidos como aqueles que consistem de definições geométrica, dados e regras associados. Essa geometria é integrada e sem redundância, não permitindo inconsistências. As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associados, quando inseridos em um modelo ou quando são realizadas alterações. Portanto, são consideradas ferramentas BIM aquelas tecnologias que

permitem aos usuários produzirem modelos de edifícios baseados em objetos paramétricos. O grande diferencial da modelagem paramétrica é a capacidade de criar seus próprios tipos de objeto, atribuindo parâmetros. Por exemplo, atribuindo parâmetros de largura, espessura e tipo é possível criar uma porta e este bloco pode ser utilizado diversas vezes no modelo com diferentes valores a esses parâmetros.

A inclusão de geometria 3D paramétrica adiciona inteligência para esses objetos permitindo a representação de geometria complexa e relacionamento funcional entre os elementos do edifício. E ainda, objetos abstratos, como o espaço, podem ser definidos pelos relacionamentos entre os elementos físicos do edifício, descritos e referenciados. Estes relacionamentos, comportamentos e riquezas não eram possíveis com CAD.

Os adeptos dessa tecnologia pensam que todo o edifício pode ser parametrizado da mesma maneira que uma peça industrial, mas na verdade é importante o aprendizado da maneira que estas indústrias controlam características e bases de dados e modelos paramétricos, para o melhoramento da projeção arquitetônica. Em relação a essa vertente industrial é possível afirmar que uma das potencialidades na projeção Paramétrica está na capacidade de agrupar elementos em famílias, ou seja, um conjunto de elementos que diferem somente na dimensão de suas partes. Por serem parametrizadas economizam tempo e ajudam na gerencia desses elementos. As famílias contêm diversas informações que tornam os objetos inteligentes. Cada família assume dados específicos que vão da cor, tamanho, espessura, altura, distância entre níveis, custo, fabricante, etc.

A respeito da utilização do sistema BIM, se pensar no uso de famílias por exemplo, não é a melhor possibilidade para projetos com complexidade formal, pois necessitaria da criação de componentes muito específicos, dificilmente reproduzidos em outros projetos, em contrapartida que satisfaz a complexidade do processo de projeto, através da concentração de informações.

Um projeto que sintetiza essa questão de complexidade formal e se tornou um marco na transição de um método tradicional de projeto para o meio digital foi o Guggenheim de Bilbao, cujo arquiteto é Frank Gehry. O período de tempo que transcorre entre a produção da primeira maquete (julho/1991) e a última (fevereiro/1994), encerra a passagem de uma prática tradicional de desenho arquitetônico para um método digital adaptado ao processo projetual do arquiteto. A primeira maquete do museu e as subsequentes foram realizadas à mão, a última foi moldada por máquina de prototipagem a partir da informação do modelo digital. Esse projeto consolidou uma técnica projetual desenvolvida pelo escritório de arquitetura de Gehry, para viabilizar a construção das formas cada vez mais complexas produzidas pelo arquiteto.



Figura 21: Guggenheim de Bilbao, Frank Gehry.

Fonte: Autoria própria.

A inserção de ferramentas de desenho digitais na prática do escritório buscou não alterar o processo projetual do arquiteto, os modelos continuaram fontes de informações e experimentações do projeto arquitetônico. Para tanto, o coordenador de projeto executivo Jim Glymph, buscou uma ferramenta eletrônica de transcrição de dados das coordenadas da maquete tradicional para simulação da superfície no modelo digital. A similaridade do procedimento projetual, com ênfase no modelo tridimensional, da indústria automobilística e aeronáutica, levou a adoção do mesmo software para desenho tridimensional e equipamentos para tradução das informações da maquete para realização do modelo digital. O início do processo de informatização do escritório foi com a escultura do peixe da Vila Olímpica, em Barcelona, devido ao curto prazo e orçamento limitado para execução de uma forma complexa com a maquete de madeira e metal, representando o corpo do peixe desprovido de cabeça e rabo. Num primeiro momento utilizou-se o software ALIAS para modelar a forma complexa. O modelo tridimensional gerado mostrou-se visualmente muito semelhante à maquete tridimensional, no entanto o software não providenciava informações matemáticas precisas para a execução do modelo, e também não se interligava a outras ferramentas eletrônicas para manufatura do objeto. Num segundo momento testou-se o software CATIA, para a modelagem da maquete digital da escultura para Vila Olímpica, um aplicativo da indústria aeronáutica. O modelo inicial foi construído a partir das coordenadas estimadas da maquete, representados em desenhos bidimensionais pelos projetistas do escritório de Frank Gehry. A superfície foi construída na tela do computador usando equações matemáticas da geometria descritiva. Deste modelo digital realizou-se um modelo cortado à laser para verificação da precisão de transição da maquete original à maquete eletrônica e constatou-se a perfeição do processo. Este, além de outros projetos posteriores, tornou-se piloto para o desenvolvimento de um grande projeto como o Museu Guggenheim de Bilbao. Durante o desenvolvimento do projeto (1991-1994) foram adicionados ao processo de trabalho do escritório instrumentos de digitalização da maquete tridimensional para facilitar e tornar acurado o modelo final.

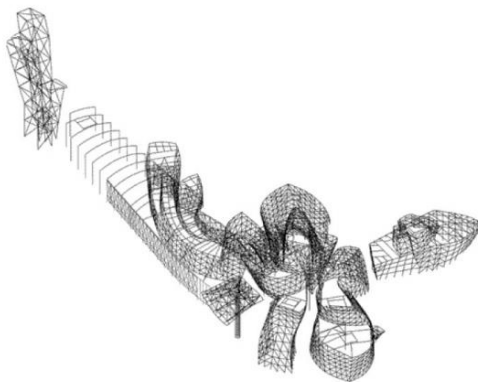


Figura 23: Digitalização da maquete do Guggenheim de Bilbao pelo software CATIA.

Fonte: FERRARI, Dalva – Estudo comparativo entre o processo criativo na arquitetura e na joalheria com ênfase nas criações de Frank Gehry.

A chave para entender a importância da ferramenta para modelagem digital das maquetes tradicionais de Gehry, como também o processo projetual arquitetônico como um todo, compreende-se por possibilitar o acréscimo de complexidade à escultura de partes constitutivas do objeto e ao próprio objeto em função da produção de documentos técnicos construtivos confiáveis, a partir da tradução do desenho tridimensional para o bidimensional, mecanismo que ainda se faz necessário para a indústria da construção civil.

Portanto, é possível perceber a busca por ferramentas que atendam a intenção do arquiteto, em um processo de projeto ligado totalmente a uma linguagem e o desenvolvimento de uma metodologia para atender uma espacialidade específica.

CONCLUSÃO

É importante entender a função comunicativa das ferramentas manuais e digitais, como também o momento mais adequado para as usar, pois cada meio contribui de alguma forma para projeção arquitetônica, uma vez que a reflexão se dá na ação, o projetista pensa enquanto faz. A partir desse pensamento foi possível analisar algumas transformações na projeção arquitetônica, que ainda estão acontecendo, com a inserção da tecnologia computacional no processo. Entre outras mudanças, se constatou a forma como o arquiteto se relaciona com sua intenção projetual, como também com os demais envolvidos.

A linguagem está atrelada a um desejo de espacialidade, sendo que em alguns casos ela pode ser mais ou menos eficiente para traduzir e comunicar os desejos do arquiteto, como pôde ser visto nos estudos de caso. Nesse contexto BIM é entendido enquanto linguagem, pois são componentes que carregam significados, e sua utilização como um processo e não como resultado final. Com essa pesquisa foi possível refletir sobre as contribuições do BIM durante o processo de criação e desenvolvimento de projetos de arquitetura nas ações

cognitivas realizadas pelos arquitetos. Pelos elementos serem paramétricos o processo de projeção estimula a experimentação, além de diminuir conflitos entre os elementos construtivos, facilitar revisões e aumentar a produtividade. Mas à medida que resolve alguns problemas- principalmente de complexidade gerencial, gera outros, como por exemplo a inviabilidade de criação de famílias para um projeto com complexidade formal.

Há muitas pesquisas em torno desse tema, mas por se tratar de algo que está ainda em desenvolvimento há poucas conclusões. Por isso a intenção desse estudo foi expor um assunto que está em voga, levantar hipóteses e indagações, mais do que as concluir. Dito isto durante os estudos as reflexões se baseavam sobre que tipo de arquitetura essa linguagem potencializa, que determinadas ferramentas não são suficientes. Será que a ideia vem antes da linguagem, ou é possível que linguagem preceda determinado método. E ainda, será que a linguagem de fato interfere na cognição, no modo de pensar arquitetura. É sabido que, atualmente, existe uma demanda diferente que a décadas atrás e as tecnologias computacionais vieram como resposta para isso, mas cabe a reflexão de até que ponto é uma solução satisfatória ou somente um acelerador, por trazer velocidade ao processo. Sem dúvida, esse é um momento de transição, pois diferente das mudanças entre Prancheta e CAD, com Parametria há novas possibilidades de concepção projetual, além de uma nova forma de representação, em um contexto que em geral há uma busca não mais pela forma, o purismo, mas sim pelo desempenho da forma.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CARVALHO, G. L.; ALMEIDA, I. A.C. **A Representação do Projeto Arquitetônico Aliando a Computação Gráfica aos Traçados de Desenhos Tradicionais**. Em: Anais do XIV Congresso Internacional de Ingenieria Gráfica Santander, Espanha, 2002.

COHEN, J. **Object-oriented CAD and Parametric 3D Modeling**, 2004. Disponível em <<http://www.keywordspy.com/.aspx?q=jcarchitects.com>> Acesso em 20/09/2015.

EASTMAN, C., TEICHOLZ., SACKS, R., LISTON, K. **BIM Handbook: A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**, Wiley Inc., Hoboken, New Jersey, 2008.

FLORIO, W. **O Uso de Ferramentas de Modelagem Vetorial na Concepção de uma Arquitetura de Formas Complexas**. São Paulo, 2005. 477p. Tese de Doutorado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo FAUUSP, Universidade de São Paulo.

FLORIO, W. **Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura**. Porto Alegre, 2007.

GOEL, V. **Sketches of Thought**. Massachusetts: MIT Press, p.4, 1995.

JODIDIO, P. **Architecture Now!**, Vol 2, Taschen, 2003.

KELLY, K. Revista Veja, Edição Especial: **Tecnologias**, Editora Abril, agosto, 2007.

Disponível em : <<http://veja.abril.com.br/especiais/tecnologia> >. Acesso em 10/07/2014

LÉVY, P. **O que é o virtual?** Trad. Paulo Neves. São Paulo: Ed. 34, 1996. p. 15-25.

OLIVEIRA, V. F. **A Implantação de Sistemas CAD em Empresas de Engenharia**,
Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 1993.

PANIZZA, A. C. **Colaboração em CAD no projeto de Arquitetura, Engenharia e Construção: Estudo de Caso**. 2004. 171p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

SCHÖN, D. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

ZEVI, B. **Saber Ver a Arquitetura**. 5ed. São Paulo: Martins Fontes, 1996.

Contato: claudia.arq_urb@hotmail.com e candia.daniel@hotmail.com