

Novas tecnologias e ferramentas de simulação e suas aplicações no processo de produção arquitetônica

Fernando Tadeu de Araújo Lima*
Carlos Alberto Pereira Soares**
Marcos Martins Borges***

RESUMO

Os profissionais de arquitetura e engenharia que presenciaram a transição entre as ferramentas tradicionais de desenho e projeto e as ferramentas da era digital com certeza se viram diante de uma verdadeira revolução nos processos de criação arquitetônica. Os meios de produção e desenvolvimento de projeto mudaram e, com isso, em alguns casos, a maneira de entender os espaços também. Dessa forma, verifica-se a configuração de uma nova maneira de se vivenciar o processo de produção arquitetônica, baseada na necessidade de se responder às complexidades diversas que a sociedade contemporânea demanda, utilizando cada vez mais os recursos digitais. Para tal, é preciso conhecer as novas ferramentas que surgem e evoluem a cada dia e entender como elas podem influenciar o processo de projeto e de tomada de decisões. Nesse sentido, este trabalho se estrutura em torno de uma base teórica sobre a fenomenologia da concepção arquitetônica e a relaciona com o novo contexto tecnológico que se consolida, buscando responder as seguintes questões: Qual seria o limite para a interferência computacional nos meios de produção da engenharia e arquitetura? Os recursos de computação gráfica devem se limitar à representação ou podem fazer parte das etapas de concepção e desenvolvimento de projeto? Como essas novas ferramentas e tecnologias poderiam contribuir para um novo

* Professor de Arquitetura e Urbanismo CES/JF. Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense. Arquiteto - Produção de imagens do Arqgraphics Arquitetura+Digital LTDA, Brasil.

** Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professor de Engenharia UFF.

*** Doutorado em Engenharia de Produção pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Professor da UFJF. Professor de Engenharia de Produção UFJF.

entendimento do espaço construído? Como a nova realidade pode modificar o cotidiano da sociedade como um todo? A que momento e de que forma as novas ferramentas disponibilizadas pela Tecnologia da Informação podem contribuir para o desenvolvimento e melhoria dos processos no setor de arquitetura, engenharia e construção? Procurou-se então, o estabelecimento de um paralelo entre conceitos arquitetônicos e de ordem tecnológica e de realidade virtual, investigando os benefícios deste relacionamento através de estudos de casos em que os autores dos projetos lançaram mão de recursos tecnológicos no processo de produção arquitetônica.

Palavras-chave: Criação Arquitetônica. Recursos Digitais. Computação Gráfica.

ABSTRACT

The architects and engineers that experienced the transition between traditional design tools (pencil, nanjing, square, bar, among others) and the "digital age" tools (computer, drawing software) are surely in a real revolution of the way of making architecture. The means of production and the development of the design have changed, so as the way of (in some cases) understanding spaces.

That is about a new manner of experiencing the architectural production process, based on the need of answering the spatial, technical, aesthetic, ambiental and programatical demand of contemporary society, using for that, the available resources. For that, it is fundamental to know the new tools (that arise every day) and to understand how they can influence the design and decision-making process.

This paper presents a theoretical basis on the architectural design concept phenomenology and the new technological context that is consolidated, aiming to answer the following questions: What would be the limit for computational interference in the means of production engineering and architecture? The computer graphics resources should be limited to the graphical representation or may be part of the stages of project design and development? How these new tools and technologies could contribute to a new understanding of the built environment? How this new reality can change the everyday life of society as a whole? When and how the new tools provided by information technology can contribute to the development and improvement of the processes of architecture, engineering and construction? It seeks to establish a parallel between architectural concepts and virtual reality, investigating the benefits of this relationship through studies of cases where architects make use of technological resources in the process of

architectural production around the world.

Keywords: Architectural Creation. Digital Resources. Computer Graphics.

1 INTRODUÇÃO

O processo de produção arquitetônica pode ser considerado como o conjunto de etapas necessárias para a obtenção de um resultado final: a produção de um objeto arquitetônico. Desse modo, pode-se denominar processo de produção todas as etapas do processo de projeto. Ao se falar do processo criativo na arquitetura, a referência é a essência do trabalho do arquiteto e do projetista. A arquitetura ordena o ambiente humano, regula as relações entre o homem e seu habitat e surge como uma resposta às necessidades do ser humano frente às suas atividades físicas e psíquicas. Dessa forma, torna-se de fundamental importância o estudo desse processo, bem como as interferências que os avanços tecnológicos exercem no resultado e as contribuições das novas ferramentas computacionais ou não no processo. A popularização do computador pessoal, por volta dos anos 80, permitiu o acesso de grande parte das pessoas e dos escritórios de projeto a uma nova tecnologia, trazendo grandes modificações à concepção e ao desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e às demais áreas ligadas à construção e computação gráfica.

Segundo o arquiteto gaúcho Edson Mahfuz (1995), antes de se iniciar um projeto, é necessário se deter em uma fase preliminar na qual se busca a definição de um problema. Essa definição decorre da análise da informação relativa a quatro imperativos de projeto: as necessidades pragmáticas, a herança cultural, as características climáticas e do sítio e, por último, os recursos materiais disponíveis, ainda segundo Mahfuz (1995).

Essa fase analítica do processo de projeto lida com aspectos objetivos do problema, podendo inclusive ser realizada por um membro da equipe que não esteja diretamente envolvido no processo de composição. Ela não indica o rumo a ser tomado, tampouco determina o peso a ser atribuído a cada aspecto do problema. O processo de projeto realmente se inicia quando a informação obtida na fase preliminar é interpretada, organizada e hierarquizada segundo critérios definidos pelo arquiteto ou arquitetos envolvidos no processo projetual. A partir daí, a bagagem cultural e a personalidade do arquiteto passam a desempenhar um papel de grande importância, pois são esses aspectos que determinarão a importância e enfoque dados a cada minúcia do problema. É nesse momento do processo que as novas tecnologias de produção e desenvolvimento de projeto como, por exemplo, novos softwares e ferramentas auxiliares, podem potencializar ou até mesmo

modificar completamente o resultado final de projeto. Novas tecnologias passaram a calcular e simular aspectos que antes não seriam contemplados. Arquitetos como Frank Gehry, Norman Foster, Zaha Hadid, entre outros, têm seu trabalho plenamente sustentado pelos recursos computacionais, não meramente como instrumento de desenho e representação, mas como suporte de concepção, desenvolvimento e viabilização. Sendo assim passa-se de uma atitude analítica e objetiva (a fase de definição do problema) para uma atitude de seletividade subjetiva (onde cabe ao arquiteto lançar mão dos recursos disponíveis) e se inicia o ato de projetar cuja etimologia é o latim *projectare*, ou seja: lançar-se à frente.

2 REALIDADE VIRTUAL E TECNOLOGIAS DIGITAIS APLICADAS

O termo "Virtual" – origina-se do latim *virtus*, "potencialidade". Atualmente, de complexa fusão de tecnologias emergiram dois tipos de Realidade Virtual: uma Sintética e outra Integral. A primeira é representada pela simulação de mundos concretos dentro de computadores. No início dos anos 50, Fred Waller, na busca de criar um meio de alta imersão, inventaria o Cinerama. Ele estava atento ao fato de os olhos humanos cobrirem uma área de 155 graus na vertical e 185 graus na horizontal. Rapidamente, Waller foi contratado pela Força Aérea Americana, quando passou a desenvolver simuladores militares de vôo (ZAMPI, 1994).

A Realidade Virtual Sintética conheceria uma das suas mais famosas referências em equipamento desenvolvido nos anos 60 por investigadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos Estados Unidos. Os investigadores do MIT estavam profundamente inspirados nas idéias de Waller, mas inverteram a escala - agora não mais eram grandes telas de cinema, buscando o profundo envolvimento sensorial produzido pela televisão, mas a própria televisão, reduzida e implantada no ser humano como um tipo de prótese. Chamava-se Head-Mounted Displays, ou simplesmente HMD - duas pequenas telas de televisão implantadas quase diretamente sobre os olhos com o auxílio de uma espécie de óculos. (ZAMPI, 1994).

O termo Realidade Virtual é creditado a Jaron Lanier que, nos anos 80, sentiu a necessidade de um termo para diferenciar as simulações tradicionais por computação dos mundos digitais que ele tentava criar. Assim, pesquisadores procuram definir a Realidade Virtual baseados em suas próprias experiências. Pimentel (1995) define Realidade Virtual como o uso da alta tecnologia para convencer o usuário de que ele está em outra realidade – um novo meio de estar e tocar em informações: "*Realidade Virtual é o lugar onde humanos e computadores fazem contato*". (LATTA,

1994 p. 67). A Realidade Virtual pode ser entendida como uma avançada interface homem-máquina que simula um ambiente realístico e permite aos participantes interagir com ele.

Em geral, o termo Realidade Virtual refere-se a uma experiência imersiva e interativa baseada em imagens gráficas 3D, geradas em tempo-real por computador. Machover (1994) afirma que a qualidade dessa experiência em RV é crucial, pois deve estimular ao máximo de forma criativa e produtiva o usuário - a realidade precisa reagir de forma coerente aos movimentos do participante, tornando a experiência consistente. O principal objetivo dessa tecnologia é fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual.

A navegação no mundo virtual, assim como no mundo real, acontece no espaço tridimensional, resultando da combinação dos movimentos de translação e de rotação, deslocando os três eixos cartesianos X, Y, Z e, ainda, rotacionando em torno deles.

É preciso observar que os sistemas diferem entre si, levando em conta o nível de imersão e de interatividade proporcionado ao participante. Ambos são determinados de acordo com os tipos de dispositivos de entrada e saída de dados usados, além da velocidade e potência do computador que suporta o sistema de RV. É claro que tudo vai depender de sua finalidade. Então, a realidade virtual pode ser considerada como a junção de três idéias básicas: imersão, interação e envolvimento. Isoladamente, essas idéias não são exclusivas de realidade virtual, mas aqui elas coexistem.

3 TECNOLOGIAS CAD/CAM/CAE

“Na década de 50 surge o conceito de CAD (Computer Aided Design), quando o Exército Norte Americano desenvolve os primeiros Plotters (Traçadores gráficos), até hoje utilizados para a impressão de desenhos técnicos, capazes de representar desenhos por intermédio de parâmetros de computador. Paralelamente, o MIT apresentou o SKETCHPAD, primeiro software de CAD, que permitia representar desenhos pelo computador através de pixels.” (MITCHELL, 1991 p. 93).

O americano Ivan Sutherland pode ser considerado o inventor do CAD. Em 1961, ele descreveu um sketchpad computadorizado em tese de doutorado no MIT. Ele idealizou o CAD para substituir a Prancheta de traçado tradicional e outros tipos de ferramentas de auxílio para o desenho. Como desdobramentos do CAD, tem-se a Engenharia assistida por computador (Computer-Aided Engineering - CAE) e a Manufatura Assistida por

Computador (Computer-Aided Manufacturing - CAM).

No início da utilização de softwares de CAD, o objetivo principal era aumentar a produtividade na elaboração de desenhos técnicos. Alcançaram-se resultados significativos e o CAD se popularizou na medida em que os microcomputadores foram se tornando mais poderosos e mais acessíveis. Entretanto, tais sistemas convencionais de CAD realizavam (e ainda realizam) apenas a função de uma "prancheta eletrônica", concentrando-se na geração de desenhos em duas dimensões. Desenhos tridimensionais mais sofisticados eram tarefas para complexos softwares de CAD desenvolvidos para computadores de custos elevados.

Uma nova geração de sistemas CAD desenvolvidos para a plataforma PC/Windows está mudando radicalmente esse conceito, pois incorporam recursos tecnológicos antes somente encontrados nos sistemas high-end. É utilizado hoje modelamento paramétrico e variacional, navegação por features (features são árvores de montagem. Quanto se trata de um desenho tridimensional com várias peças, por exemplo, os features representam, como no explorer do windows, cada peça desenvolvida e dentro de cada features está toda memória de construção, etapa por etapa, parametria.), comandos inteligentes e fáceis de usar. Essa tecnologia está hoje ao alcance de todos os usuários de CAD, com reduzidos custos de software, hardware e treinamento.

Hoje em dia, quase todos os softwares de sistema CAD existentes no mercado partem de objetos tridimensionais por meio dos quais se obtêm: projeções bidimensionais e volumétricas, descrições de montagens, cálculo de elementos finitos (o método dos elementos finitos é uma importante ferramenta computacional para executar cálculos que, na prática, seriam muito difíceis ou mesmo impossíveis). A sua concepção não é das mais recentes. Data de 1943 a simulação de programas CNC (controle numérico computadorizado) ou de exportação "de arquivos STL" (tipo de extensão de arquivo, utilizado para a conversão de arquivos em um padrão comum a outros sistemas CAD, CNC) para máquinas de prototipagem rápida. Ao mesmo tempo, eles possuem bancos de dados que oferecem propriedades de materiais, bibliotecas, tolerâncias específicas, entre outras características, para auxiliar o desenvolvimento do projeto.

A evolução do cálculo estrutural, voltado para o dimensionamento de estruturas e componentes mecânicos, é um bom exemplo da automatização na engenharia pelo CAE. Sem o computador, os cálculos eram executados manualmente através de métodos analíticos e era necessário reduzir ao mínimo a quantidade de operações. Diversas características do problema real não podiam ser consideradas, poucas alternativas de projeto eram analisadas

e a utilização de altos coeficientes de segurança resultava em estruturas superdimensionadas. A tecnologia de CAE mudou radicalmente este cenário, pois tal ferramenta permite a realização de uma grande quantidade de cálculos em tempo reduzido.

Os softwares de CAE utilizam modelos digitais para simular fenômenos reais através de métodos de controles numéricos (CNC). Os sistemas CAE atualmente mais difundidos são baseados no método dos elementos finitos, que analisa o desenho de CAD em muitas partes pequenas, resolvendo então um conjunto de equações algébricas para obter os resultados desejados em função do carregamento e das condições de contorno. Os softwares de CAE baseados em análise por elementos finitos (FEA) são largamente utilizados para o cálculo de tensões, deslocamentos, vibração, transferência de calor, escoamento de fluidos, instalações industriais e outras aplicações.

Os atuais sistemas de CAM realizam a programação de todos os tipos de usinagem CNC com mais rapidez e precisão, utilizando um modelo gerado em CAD e otimizando a trajetória da ferramenta. O recurso de simulação gráfica da usinagem permite a verificação de todas as operações envolvidas, através de uma animação tridimensional envolvendo a peça e as ferramentas de corte.

Um Software de CAM pode, por exemplo, selecionar os melhores jogos de ferramentas cortantes para um material e determinar a velocidade da operação através da rotina que propicia o melhor rendimento. O software gera uma imagem de exibição chamada de toolpath que mostra como a ferramenta cortará o material, muito parecido com o demonstrativo de pré-impressão em exibições de programas associados a impressoras na apresentação de uma prévia da página antes de ser impressa. O sistema CAM junto ao computador ligado e sincronizado a uma ferramenta elétrica, como uma broca ou um torno mecânico, cria e determina o melhor processo de manufatura, seja ela um modelamento de uma peça ou a estampagem e furação em uma chapa de aço. O CAM determina os melhores procedimentos industriais globais para uso em uma planta industrial, inclusive a prova e o controle dos produtos acabados.

Os softwares de CAM no passado eram parecidos com os sistemas de integração de CNC. Consistiam em uma máquina (uma fresadeira ou uma prensa de estampas) ligada a um computador onde eram programados os eventos de funcionamento e operação de manufatura. Desde o meio dos anos 80, CAD, CAE e CAM vieram mais intimamente ligados aos sistemas integrados de software, compartilhando bancos de dados e informações.

Os primeiros passos nesse processo de ferramentas integradas para o projeto com auxílio de computador compreendem o uso de desenhos feitos no software para capturar as idéias de design iniciais e produzir desenhos

de engenharia precisos, fazendo desde a modelagem até a documentação técnica precisa do produto ou objeto (CAD). Logo, os engenheiros usam software de análise (CAE) para assegurar que a peça, objeto ou produto é bastante forte. Na sequência, os dados são manipulados para a produção de um protótipo ou modelo. No passo final, o software de CAM controla a máquina que produz a peça, objeto ou produto.

Na fase de concepção, são combinadas técnicas de construção e gráficos de computador para produzir modelos de objetos. Os desenhistas manipulam e testam esses modelos em telas de exibição de vídeo até que tenham o melhor equilíbrio de características, inclusive facilidade de produção e custo. A informação de CAD é combinada então com CAE e procedimentos de CAM por bancos de dados compartilhados. Hoje, é possível executar o processo integralmente por computador.

4 SOFTWARES PARAMÉTRICOS

A crescente demanda por processos mais racionais e de melhor desempenho na indústria da construção é amplamente observada pelos estudos científicos da área. Observa-se, também, a complexidade, cada vez maior, dos sistemas construtivos e das exigências de desempenho no seu funcionamento, visando à economia de recursos e à redução do impacto ambiental gerado por eles. Segundo Hakkinen (2007), o volume de informações necessário para a geração de produtos dentro desse contexto aumenta rapidamente, e são demandados novos sistemas ou novas abordagens para o processamento dessas informações.

Os softwares paramétricos de desenho são uma evolução nos já tradicionais programas de desenho precisos. Inicialmente, precisa-se compreender o que é um software paramétrico de desenho: Tecnologia paramétrica significa poder-se alterar o projeto em qualquer momento e todos os outros elementos são atualizados automaticamente, ou seja, um processo muito mais prático que o dos programas utilizados normalmente. Essa aplicação gera componentes inteligentes de construção, vistas e anotações. Todos são paramétricos e associados bidirecionalmente através de um motor extremamente eficaz que coordena todas as alterações ao projeto. O programa encoraja a fazer alterações em qualquer fase de projeto, coordenando as modificações instantaneamente através de todo o conjunto de documentos que compõem o processo.

A tecnologia de componentes paramétricos dá aos arquitetos, engenheiros e até mesmo aos gerentes de obra o poder de criar arquitetura de forma inovadora. O software permite aos arquitetos 'falar' a linguagem de

projeto enquanto a aplicação se ocupa das questões de CAD. O modelador de arquitetura integrado é a fundação sobre a qual todos os profissionais de arquitetura – arquitetos, engenheiros, promotores e profissionais de construção – transformarão o processo através do qual os edifícios são projetados, construídos e mantidos ao longo do seu ciclo de vida. A tecnologia paramétrica é o ponto de charneira na história de projeto assistido por computador.

A associatividade bidirecional permite trabalhar de uma forma completamente inovadora. Softwares paramétricos permitem arrastar uma parede com alteração nas suas dimensões. No entanto, e, também, mais importante, pode rapidamente desenhar um esquema da distribuição de paredes e depois simplesmente digitar as dimensões pretendidas para os ajustes finais. As alterações propagam-se devidamente no projeto sempre que um dos componentes é alterado.

Tanto os sistemas CAD, que utilizam objetos paramétricos, quanto os baseados em primitivos geométricos surgiram no início da década de 80. Contudo, a capacidade de processamento necessária para a representação de primitivos geométricos é muito menor e por isso o CAD geométrico se adaptou melhor aos equipamentos disponíveis na época, dominando o mercado de softwares de projeto pelas duas décadas seguintes. No final da década de 90, pressões por maior produtividade e qualidade nos processos projetuais e construtivos, além da popularização dos computadores com maior capacidade de processamento, fizeram ressurgir a discussão iniciada nos anos 80 a respeito das duas abordagens empregadas pelos CADs.

A abordagem por objetos paramétricos nos CADs é agora denominada BIM – acrônimo do termo em inglês “Building Information Modeling”. Enquanto nos CADs geométricos o objetivo principal é a produção de desenhos, o princípio da abordagem BIM é auxiliar no processo de criação e gerenciamento de informações relacionadas à construção, de modo integrado, reutilizável e automatizado, gerando um modelo digital do edifício ao invés de uma série de desenhos.

5 ESTUDOS DE CASO

Nesta seção do trabalho, são apresentados dois estudos de caso pesquisados na bibliografia e que exemplificam a utilização eficaz de tecnologias digitais de forma a auxiliar e conduzir os processos de tomada de decisão ao longo da progressão do projeto.

5.1 EDIFÍCIO SWISS RE

Um dos edifícios de maior expressão formal do centro financeiro de

Londres, o edifício sede da Swiss Re (uma das maiores companhias de seguros do mundo) foi o primeiro arranha-céu ecológico da capital britânica. Além disso, transformou completamente a paisagem da maior metrópole europeia com sua morfologia diferenciada.

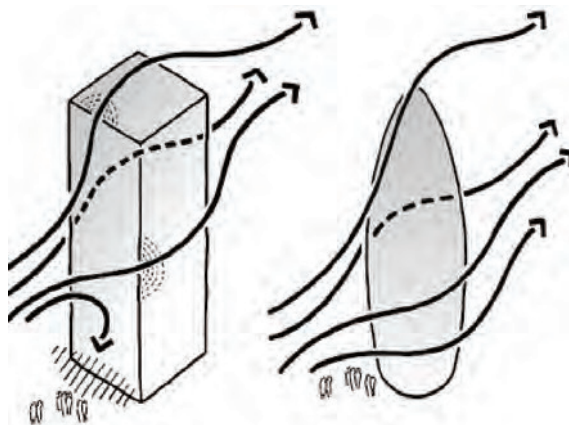
O edifício de aproximadamente 180 metros de altura foi desenvolvido pelo escritório Foster and Partners e apresentou, em seu processo de desenvolvimento, inúmeras ferramentas de simulação digital.

Uma dessas ferramentas é a análise CFD (Computational Fluids Dynamics), que em português significa dinâmica computacional dos fluidos. Esse tipo de análise pode ser utilizada para se mensurar a velocidade do vento que incide em um edifício, a pressão atmosférica em suas superfícies, bem como os efeitos ambientais que ele causará no entorno. Essa análise foi utilizada, também, para quantificar a temperatura e a perda de energia térmica em determinados pontos da edificação no decorrer do dia.

Um modelo virtual do edifício foi submetido a análises detalhadas de CFD, de maneira a se examinar completamente o comportamento do vento incidente no edifício, as relações térmicas e de pressão em suas superfícies, além de analisar como se daria o processo de ventilação na edificação. Esses estudos foram determinantes na concepção da forma do edifício (que responde a questões aerodinâmicas).

Segundo Foster (2008), mais do que uma mera exploração estética, a morfologia do edifício foi determinada por critérios ambientais e urbanísticos, uma vez que a forma arredondada do complexo permite maior fluidez visual do que um edifício prismático de mesmo volume.

FIGURA 1: Esquema de fluidez aerodinâmica da forma proposta



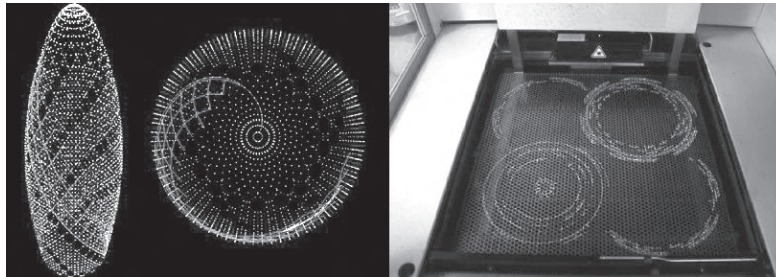
Fonte: FOSTER, 2008

O edifício foi totalmente construído usando softwares paramétricos, o que permitiu total liberdade na configuração das formas e na relação entre elas e os espaços criados e os materiais necessários. Dessa maneira, o cálculo digital foi utilizado para se definir uma estrutura metálica curva e diagonal, um "diagrid" como definido por Foster. Esse diagrid serviu de base para a paginação dos perfis da estrutura e serviu ainda como base para simulações geológicas e de resistência aos ventos incidentes na edificação.

Ainda nesse mesmo projeto, pode-se apresentar uma outra ferramenta interessante: a estereolitografia. Fundamental para o processo de prototipagem e, conseqüentemente, de construção, essa ferramenta possibilita construir um modelo físico de um projeto através de sua representação virtual. Partindo-se de um modelo virtual em três dimensões, leva-se os dados do arquivo modelado para o estereolitógrafo. A partir daí, os dados do modelo virtual guiam os feixes de laser que reproduzem, holograficamente, o desenho virtual.

A partir desse momento, o modelo é projetado pelo laser em três dimensões. Uma resina especial é pulverizada no interior do aparelho e, ao entrar em contato com o laser, solidifica-se, resultando no modelo físico preciso do projeto

FIGURA 2: O modelo virtual e a direita o estereolitógrafo projetando os feixes de laser



Fonte: FOSTER, 2008

Exemplos como esse podem mostrar que as possibilidades de implantação de simulação digital são inúmeras, principalmente com o crescente avanço tecnológico, que cada vez mais disponibiliza novas ferramentas, softwares e tecnologias, para conduzir o processo criativo rumo às novas perspectivas que o futuro e os avanços tecnológicos proporcionam.

5.2 EDIFÍCIO MARQUÉS DE RISCAL

Outro caso que exemplifica a utilização de novas tecnologias está implantado no coração da região vinícola de La Rioja, no povoado de Elciego,

em Alava. O novo complexo da adega Marqués de Riscal é o terceiro projeto de Frank Gehry na Espanha, depois da Vila Olímpica de Barcelona e do Museu Guggenheim de Bilbao. Fundada em 1860, essa é a vinícola mais antiga e tradicional do local e sempre se destacou por seu caráter pioneiro e inovador.

Em 1998, a busca pelo novo, pelo inesperado, levou a Marqués de Riscal a idealizar um edifício-sede que combinasse, em um mesmo espaço, atividades de produção e de lazer. A idéia evoluiu para a criação de uma Cidade do Vinho, cujo objetivo seria divulgar a história, a cultura e a filosofia vinícolas. Havia, ainda, a intenção de que o projeto de arquitetura correspondesse visualmente a essa atmosfera de inovação e para isso e, em especial, por isso, foi solicitado a Gehry que projetasse o complexo.

FIGURA 3: O edifício como espetáculo visual.



Fonte: ARUP, 2008

Em primeira análise, pode-se facilmente classificar o edifício como uma versão reduzida do Guggenheim em Bilbao, mas o próprio Gehry refuta esse argumento. Segundo o arquiteto, trata-se de uma "*evolução estilística*" (LINDSEY, 2001), no que talvez seja sua obra mais representativa. No desenvolvimento do projeto, Gehry manteve sua fidelidade ao discurso de romper com as formas. A grande novidade é que suas estruturas já não ficam encobertas: adquirem visibilidade, como a evidenciar a arquitetura do caos que é possível no interior. A solução estrutural do edifício resulta de uma combinação de aço, concreto armado e sistemas de concreto protendido. O primeiro foi usado, principalmente, na estrutura que suporta as placas de titânio e aço inoxidável, enquanto o concreto está presente em toda a estrutura principal. Mais uma vez nota-se claramente o suporte computacional na obtenção do resultado técnico-formal.

Embora as placas metálicas da fachada não apresentassem carga muito grande, suas formas complexas poderiam sofrer o efeito vela, com a concentração do vento em determinadas zonas. Essas cargas foram transferidas para a estrutura principal através de perfis de aço, ancorados em alguns pavimentos ou diretamente no terreno. "A simulação destes efeitos através de recursos tecnológicos computacionais permitiu uma solução estrutural segura". (LINDSEY, 2001) As vigas metálicas curvas e contínuas podem redistribuir as cargas através da estrutura, evitando o surgimento de pontos críticos. Graças à triangulação da geometria, a maioria das conexões suporta apenas esforços axiais e cortantes.

FIGURA 4: A composição estrutural auxiliada por computador.



Fonte: ARUP, 2008

Como no projeto do Guggenheim, o arquiteto desenvolveu para a fachada do hotel uma expressiva pele composta de painéis de titânio colorido e de aço inoxidável espelhado, com forma de cascatas ou de asas onduladas. Essa cobertura envolve os cubos geométricos de pedra que compõem a edificação. A complexa estrutura impede a incidência direta da luminosidade intensa da região e demarca a paisagem a partir de cada uma das várias varandas do edifício.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Definitivamente, a sociedade contemporânea se encontra diante de um novo contexto. O fenômeno que pode ser chamado de revolução digital ou revolução tecnológica traz consigo uma série de conceitos, possibilidades e ferramentas que tem modificado significativamente a maneira de se entender e desenvolver o processo de produção de projetos de arquitetura,

estruturas e instalações.

Essas novas possibilidades devem levar os profissionais da área a uma reflexão sobre sua formação e atuação no contexto atual. A existência de uma linguagem computacional de projeto, seguramente eficiente e potencialmente útil, e seus novos modelos, obriga a uma revisão da metodologia tradicional de trabalho e a reformulação das atuais técnicas de ensino de projeto e de representação gráfica. Essas atividades deverão incorporar os benefícios propiciados pela tecnologia, em sua constante evolução. Cabe à Universidade, junto aos órgãos da classe, assumir o direcionamento do correto enfoque da aplicação dos sistemas disponíveis mediante a avaliação crítica deles, e garantir o repasse dos conhecimentos a uma ampla faixa da comunidade técnica, difundindo e qualificando o profissional.

O aperfeiçoamento e a popularização da Computação Gráfica causaram grandes transformações nas diversas áreas do conhecimento. Essas mudanças permitem uma nova maneira de se produzir arquitetura. Dessa maneira, pode-se obter novas formas e possibilidades, com edifícios e propostas que reflitam as novas demandas de uma sociedade cada vez mais integrada ao inusitado, ao digital, ao virtual, enfim, uma sociedade definitivamente moderna que usa o computador e suas ferramentas como acelerador evolutivo e abandona o resultado isoladamente, em prol da relação entre o processo e o produto final.

Artigo recebido em: 25/08/2009
Aceito para publicação: 18/10/2010

REFERÊNCIAS

ARUP. **Virtual Building – Real Benefits**. Disponível em <www.arup.com> Acessado em Abril de 2008.

FOSTER. <<http://www.fosterandpartners.com>> Acessado em 22 Mar. 2008

HÄKKINEN, Tarja M. **Sustainable building related new demands for product information and product model based design**. Disponível em <http://itcon.org/2007/2>. Acessado em: 25.06.2007.

LATTA, J. N. & OBERG, D. J. - A Conceptual Virtual Reality, **IEEE Computer Graphics & Applications**, 14(1):23-29, Jan. 1994

LINDSEY, Bruce. **Digital Gehry – Material Resistance, Digital Construction**. Birkhäuser, 2001.

MAHFUZ, Edson da Cunha. **Ensaio sobre a razão Compositiva**. Belo Horizonte: AP cultural, 1995

MITCHELL, William J. **Computer-Aided Architectural Design**. Van Nostrand Reinhold, 1977.

MITCHELL, William J & McCULLOUGH, Malcolm. **Digital Design Media**. Van Nostrand Reinhold, 1991.

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual reality - through the new looking glass**. 2.ed. New York: McGraw-Hill, 1995.

ZAMPI, Giuliano. MORGAN, comway LLOYD. **Virtual architecture**. London: B. T. Brantford Ltd. 1994.

