



# O PROJETO ARQUITETÔNICO, NOVAS TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E O MUSEU GUGGENHEIN DE BILBAO

**David Moreno SPERLING**

Professor do Dep. de Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo - [sperling@sc.usp.br](mailto:sperling@sc.usp.br)

## RESUMO

O trabalho parte de breves considerações históricas sobre as transformações tecnológicas no processo de projeto-produção do espaço construído para refletir sobre o incremento atual de novas tecnologias de informação no processo de projeto-produção em arquitetura, comparando-o com o processo em engenharia mecânica e apresentando o caso paradigmático do Museu Guggenheim de Bilbao.

## 1. TECNOLOGIA DE PROJETO E PRODUÇÃO EM ARQUITETURA – UMA APROXIMAÇÃO HISTÓRICA

A arquitetura, admitida genericamente como a arte de organizar e construir espaços, possui três instâncias de apropriação pelo homem: a sua concepção, a sua produção e a sua prática ou uso. A concepção, instante de ação imaginativa, projeto mental e discurso prévio sobre o espaço, tem embutida em si uma percepção da realidade e uma intenção construtiva indutiva da qualificação do futuro objeto arquitetônico. A produção como ação contínua de transformação da imaginação - construção mental - em construção material, cria o suporte físico da arquitetura. A prática do espaço, realizada pela vivência, é o fim último e a efetivação do projeto e da produção do objeto arquitetônico como suporte para as relações sociais humanas.

Suportando anseios quantitativos e qualitativos, a arquitetura, como outras áreas de produção de objetos para o uso do homem, tem em seu fazer embutidos os avanços tecnológicos ou pelo menos as opções tecnológicas de uma determinada época ou local. A noção de tecnologia no processo de projeto e produção do espaço arquitetônico é não só meio para possibilitar novos e melhores espaços habitáveis, mas também testemunho das opções materiais, técnicas, estéticas de sua feitura, e de sua inserção num dado ambiental sócio-econômico e cultural. A tecnologia - distinta de técnica que é sinônimo de habilidade ou modo de fazer e, deste modo, inserida na noção de tecnologia - pode ser entendida, em termos gerais, como o conjunto organizado de saberes, materiais e processos destinados ou aplicados à transformação de uma dada realidade material. Mais especificamente, em arquitetura, fazem parte deste conjunto as ferramentas, os instrumentos e materiais, e processos coordenados para o projeto e a produção do espaço arquitetônico.

A partir de Bruna (1976) que trata do desenvolvimento dos mecanismos produtivos em arquitetura associado às revoluções industriais e Duarte (1999) que aproxima os desenvolvimentos tecnológicos em arquitetura das produções culturais e assim os enfoca como tecnologia de informação, destacamos na Tabela 1 quatro períodos do desenvolvimento da tecnologia - que em arquitetura não são lineares e coexistem nos dias atuais - enfocando ferramentas de projeto e modos de produção. Em sua maioria os processos de projeto e produção são híbridos, isto é, são constituídos por elementos (etapas de projeto, sub-sistemas construtivos) presentes em fases distintas da história do desenvolvimento tecnológico, o que transfere para as interfaces entre estes elementos os pontos de tensão dos processos e do controle de suas variáveis - tempo, dimensões, processos de montagem etc. O que se coloca nos dias atuais, em meio à revolução digital, é a potencialização do processo de projeto arquitetônico com o uso de ferramentas

computadorizadas de projeto, permitindo a concepção de novos paradigmas arquitetônicos e suas ressonâncias na produção e na prática destes novos espaços projetados.

Revoluções Tecnológicas	
Pré Revolução Industrial	Inexistência de Projeto/Projeto Manual Produção Artesanal, Tradicional - corporações
1° Revolução Industrial	Projeto Manual Pré-Fabricação de componentes e montagem em canteiros Novos materiais: ferro e vidro
2° Revolução Industrial	Projeto Manual Industrialização da Construção (organização e produção em série - novas relações de produção e mecanização dos meios de produção) Novos materiais: concreto Grande possibilidade de atender demandas sociais quantitativas e alguma possibilidade de atendê-las associadas a demandas de originalidade/identidade/variabilidade
Revolução Digital-Informacional	Projeto Informatizado: CAD-CAE, prototipagens, etc Produção industrializada integrada com o projeto Grande possibilidade de atender demandas sociais quantitativas e de originalidade/identidade/variabilidade (produção em sistema aberto e objetos únicos - pequenas séries)

**Tabela 1. Revoluções tecnológicas**

## 2. PROCESSO DE PROJETO ARQUITETÔNICO E INFORMÁTICA

Qualquer projeto tem em si um processo criativo. Popper (1997), tomando como base as ciências sociais, as ciências naturais e as artes, afirma que qualquer situação de produção de conhecimento tem em seu processo uma formulação comum. As engenharias e a arquitetura poderiam ser neste caso incluídas, já que realizam a aplicação das ciências em suas áreas de atuação e compartilham da produção do conhecimento.

Para Popper, o processo criativo parte de problemas que para serem solucionados são submetidos ao método de tentativa e erro, isto é, a partir de um problema são levantadas possíveis soluções, descartadas aquelas que após ensaios não resolvem de maneira satisfatória o problema e selecionada aquela que responde de maneira integral ao problema colocado. Este processo é retroalimentado e guarda em si para experiências similares futuras não só as possibilidades de resolução colocadas, mas as operações realizadas e as respostas encontradas. A partir daí, é criado um banco de dados que contribui para novos processos criativos, construindo assim a experiência e o aprendizado. Popper destaca três etapas: 1. o problema; 2. as tentativas de solução do problema (observação + banco de dados + hipóteses, conjecturas, teorias); 3. a eliminação das soluções erradas / seleção da solução correta (avaliação crítica).

O desenvolvimento e utilização de ferramentas computadorizadas de projeto vêm de encontro às necessidades de resolução de problemas intrínsecos ao processo projetual. A introdução do uso de sistemas CAD - *Computer Aided Design* - que em arquitetura remonta aos anos 70, e sua disseminação para a quase totalidade dos projetos arquitetônicos realizados atualmente, aponta a crescente necessidade de automação das etapas de projeto, mas exige que se lance um olhar crítico para o modo convencional de utilização das ferramentas computadorizadas em projetos arquitetônicos.

### 2.1 CAD em arquitetura e CAD/CAE/CAM em engenharia mecânica – uma breve comparação

Um projeto arquitetônico é normalmente dividido em etapas conforme o grau de aprofundamento do problema, o que implica um percurso que se inicia em associações criativas e livres e se direciona para definições com maior precisão material-dimensional. Um projeto pode ser entendido como um conjunto de simulações que mapeiam respostas para problemas colocados, noção que pede a maior aproximação possível do problema através do uso de ferramentas-ambientes que vislumbrem o ambiente de ação do objeto a criar.

Tradicionalmente, o projeto arquitetônico começa pelo croqui. Do desenho manual, transfere-se os dados para o computador - desenhos em planta, corte, fachada – no qual as dimensões podem ser melhor definidas e o processo de representação torna-se mais veloz. Nestes casos, o



computador passa a ser um meio corroborador da criação realizada anteriormente e acelerador da representação - o que capitaliza o tempo de criação. Na seqüência, como resultado dos desenhos-projeções 2D tem-se o objeto 3D. A chamada maquete eletrônica é resultado do espessamento de uma das projeções, normalmente a planta, sendo para Pellegrino (1999) menos do que um objeto em 3D, um objeto 2,5D, projetado em duas dimensões e que recebe uma extrusão para ganhar o espaço tridimensional. Além de perder a riqueza de sua totalidade como *design*, deixa de ser simulação a priori e se torna representação posterior do projeto.

As continuidades entre simulação e objeto real devem passar pelo domínio do que seria o objeto final em sua complexidade, tanto pela manipulação das três dimensões quanto pelo conhecimento e controle prévio das interferências a que estará sujeito e as que produzirá em seu ambiente de destino. Para Bahia e Lara (1998), as continuidades entre o modelo de estudo e o objeto arquitetônico se evidenciam, além do compartilhamento das três dimensões - síntese formal do objeto -, na possibilidade de apreensão espacial, não apenas como espaço geométrico que responde a esforços físicos, mas como espaço vivenciável, pertencente a um meio sócio-cultural. - análise existencial do objeto.

As simulações a partir de modelos, que tem os desenhos-projeção como resultado, trazem para a arquitetura a efetiva possibilidade de experimentação no processo de projeto. A simulação-criação está no cerne das possibilidades colocadas pela computação gráfica que proporciona a virtualização e manipulação de objetos 3D. O objeto modelado pode receber as alterações necessárias e ser visualizado por rotação dinâmica em tempo real. Ferramentas avançadas de desenho (CAD) associadas a ferramentas de engenharia (CAE) e manufatura (CAM) utilizadas normalmente em projeto mecânico partem da criação do modelo (*Part*) e da sua inserção em um conjunto maior de objetos (*Assembly*) para a simulação de seu comportamento em interface com outras ferramentas. Os desenhos-projeções (*Drawing*) são apenas documentação do projeto.

Em engenharia mecânica, a busca da melhor resposta para o problema colocado pede um melhor domínio do objeto projetado já nas primeiras etapas de projeto para viabilizar decisões e possíveis alterações com menor impacto no próprio processo; associados ao CAD 3D, são comuns os métodos de análise de esforços internos e externos (elementos finitos etc), e confecção de protótipos (protótipos virtuais e prototipagem rápida) que incrementam a simulação do objeto a ser construído.

O projeto arquitetônico em CAD 2D somado ao distanciamento normalmente existente entre os processos de projeto e de produção fazem perdurar a fragmentação e a falta de domínio do processo, sendo comuns "acertos realizados em obra". Se há, no Brasil, um distanciamento tecnológico entre as duas etapas, também há ainda um distanciamento metodológico que não estabelece relações de correspondência entre ações de projeto e ações de produção-construção. Em sistemas CAD para engenharia mecânica, os chamados *features* são ações de projeto - como furos, por exemplo - que são associadas às mesmas ações em produção, correspondendo a elas um momento na seqüência de ações, uma máquina responsável pela operação, etc.<sup>(1)</sup> Esta seqüência de ações de projeto é armazenada numa árvore de dados chamada *model tree* que conecta as operações projetuais que passam a ser interdependentes.

É certo que as inovações tecnológicas na produção de arquitetura, como novos materiais e métodos construtivos favorecem inovações no projeto arquitetônico, e, ainda mais, a partir de inovações tecnológicas no processo de projeto (CAD/CAM, prototipagens, análises), são possíveis pesquisas para inovações na produção. Se projeto e produção podem estar definitivamente conectados tanto no projeto de componentes e do produto quanto no projeto da produção, por meio da revolução informacional é disponibilizado ao projeto arquitetônico a capacidade de responder de maneira integral às demandas sociais. As demandas por quantidade/qualidade, tempo/custo passam a ter melhor resposta a partir da pesquisa e desenvolvimento de novos sistemas construtivos pré-fabricados, permitindo a ampliação dos catálogos e variabilidade de conexões e produtos finais. As demandas por originalidade/identidade/uso de objetos não seriais associada à qualidade/tempo/custo ganham maior liberdade de proposição aliada a maior controle de suas variáveis, inexistindo partes do projeto sem estudo.

### 3. PROJETO E PRODUÇÃO DO MUSEU GUGGENHEIN BILBAO DE FRANK GEHRY

"Por definição, um edifício é uma escultura, porque é um objeto tridimensional." (...) "...o verdadeiro milagre não é projetar os edifícios... o milagre é conseguir que se construa. Mas não acredito que as pessoas percebam a verdadeira revolução que este edifício representa no setor da construção"<sup>(2)</sup>.



**Figura 1. Maquete, modelo virtual, construção e vista do museu**

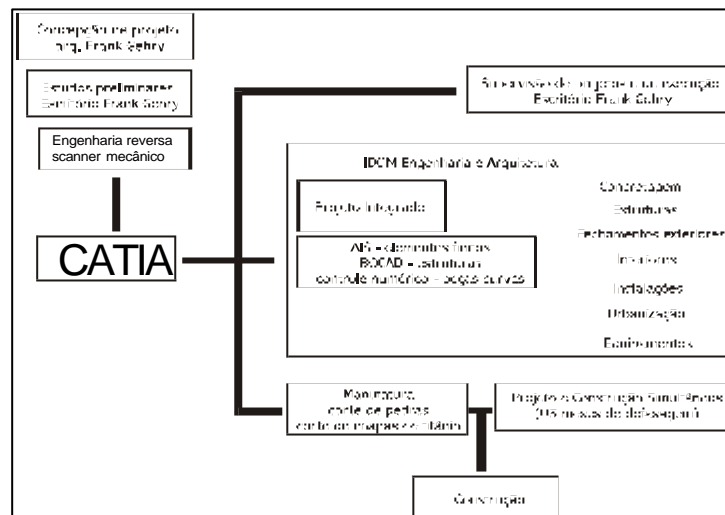
O trabalho do arquiteto canadense Frank Gehry está intrinsecamente associado à pesquisa da forma e aos elementos que fazem parte de sua constituição: a plástica, a expressão, a deformação, o (re)significado. Arquiteto de vanguarda, esteve sempre próximo do trabalho do escultor que manipula a matéria bruta e a modela segundo os movimentos que nela imprime, tendo sempre em mente que o objeto final será resultado do processo de modelagem. Conhecido pelo uso de geometrias irregulares, é notória a sua utilização de modelos de estudo (modelos de processo) produzidos seqüencialmente a partir do andamento do projeto e as alterações de projeto que são realizadas a partir da alteração da forma de um modelo, pela produção de um novo exemplar. Para tanto usa como materiais o papelão, a madeira e o poliuretano, partindo do primeiro até o último em busca de maior precisão.

Na década de 1990, é chamado a projetar o Museu Guggenheim de Bilbao(Espanha), obra emblemática de sua trajetória, que deveria abrigar em sua área de 256.000 pés quadrados um acervo de arte americana e europeia do séc. XX. O projeto deveria então responder a algumas condicionantes relativas à estética, à qualidade, ao preço e ao prazo e, para tanto, a escolha das ferramentas de projeto tornou-se fundamental para garantir respostas tanto exigidas pelo projeto quanto pelo cliente: controle das formas complexas do edifício, já que todos os elementos do edifício são singulares, isto é, não há repetição de nenhum elemento construtivo; uso dos materiais escolhidos aplicados nas formas desejadas com otimização de materiais, custo e prazos baixos; cálculos complexos de esforços necessários em um objeto também complexo, em interface com as ferramentas de projeto; pequeno prazo de projeto e execução (cinco anos), projeto e construção deveriam ser realizados simultaneamente com pequeno tempo de defasagem entre si (05 meses em algumas etapas); proximidade entre equipes de projeto, manufatura e construção.

A partir destas condicionantes optou-se por um sistema integrado de projeto, manufatura e engenharia que permitisse o recebimento das informações iniciais de um modelo físico tridimensional, pois ao arquiteto interessava começar o projeto com modelos físicos e posteriormente transferi-los ao computador, por meio de engenharia reversa.<sup>(3)</sup> Dos cinco tipos de scanners 3D existentes: mecânico, fotográfico, laser, *phaseshifting*, tomográfico, optou-se pelo primeiro<sup>(4)</sup>, e a escolha do sistema CAD/CAM recaiu sobre o software CATIA produzido pela IBM/Dassault Systems para a indústria aeroespacial francesa, por suas qualidades de robustez, de intercambiabilidade e recursos gráficos, além da possibilidade de recebimento de dados por engenharia reversa.

O projeto do museu esteve dividido entre duas equipes: o escritório *Frank Gehry and Associates*, em Los Angeles, composto por 40 pessoas, responsável pelas diretrizes de projeto, concepção e estudos preliminares e a IDOM *Ingeniería, Arquitectura y Consultoría*, empresa espanhola sediada em Bilbao, composta por 190 pessoas, responsável pelo detalhamento e cálculos estruturais do edifício. A integração das equipes de arquitetura, engenharia e manufatura através de projeto

simultâneo por computador, como mostra a Tabela 2, permitiu a realização de modelos virtuais em 3D de todas as peças da construção, totalizando mais de 40.000 desenhos arquitetônicos



necessários para explicar o modelo virtual, consumindo 45.000 horas de engenharia, em dois anos e meio de trabalho.

**Tabela 2. CAD/CAM no projeto-produção do museu**

A gestão do processo de projeto e construção simultâneos subdividiu a equipe de projeto em equipes de subprojetos equivalentes às fases da obra, quais foram: concretagem, estruturas, fechamentos exteriores, interiores, instalações, urbanização e equipamentos. Deste modo a partir da plataforma CATIA eram possíveis tanto as transmissões de dados entre as equipes quanto para outros softwares. Como exemplo, a equipe de cálculo estrutural usou como aliados do CATIA, softwares para estruturas (BOCAD), de cálculo de elementos finitos (AIS), e de controle numérico para as peças curvas. A equipe de fechamentos exteriores realizava comunicação direta com os fornecedores de materiais via CATIA, apresentando os modelos virtuais das peças de titânio e pedra caliza que permitiam o estudo de seu posicionamento e quantidade para manufatura, e, com isso, menor perda de material e maior rapidez de execução.

#### 4. CONCLUSÃO

O incremento de novas tecnologias de informação no processo de projeto-produção do espaço construído possibilita e requer reflexões quanto ao emprego corrente de ferramentas computadorizadas no processo projetual em arquitetura, ainda mais face ao que se apresenta em campos historicamente mais avançados como a engenharia mecânica, principalmente quanto à utilização de sistemas de CAD/CAM/CAE, engenharia reversa e realização de protótipos. Implícita nas inovações formais do Museu Guggenheim, a organização do seu processo de projeto-produção apresenta-se como uma possibilidade de mudança de paradigmas quanto ao uso das ferramentas de projeto e desenho por computador em arquitetura.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAHIA, D. M., LARA, F. L. C. O uso de modelos tridimensionais no ensino da criação arquitetônica In: **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. PUC Minas, Belo Horizonte, 1998. (Ano 6, n.6, dez.)

CABRAL FILHO, J. S. Tecnologia computacional: desaparecimento ou renascimento da arquitetura? In: **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**. PUC Minas, Belo Horizonte, 2001. (Ano 8, n.8, fev.)

CAICOYA, C. Acuerdos Formales In: **Rev. Arquitectura Viva**. Madri, 1.997 (n.55 jul-ago).

LALANDE, Philippe. Nuevas Tecnologías para el Diseño In: **Arquitectura Digital**. Bonta, Buenos Aires, 1999. (n.7, set.)

NOBLE, D. Digitalización y escaneo en 3D In: **Arquitectura Digital**. Bonta, Buenos Aires, 1999. (n.7, set.)



PELLEGRINO, P. et al. **Arquitetura e Informática**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1999.

POPPER, K. **Toute vie est résolution de problèmes**. Paris: Actes Sud, 1997.

**See how IBM modeling tools helped build Spain's new Guggenheim Museum**. In: <<<http://www.ibm.com/news/1997/10/1s971013.html>>>. Acessado em 20 de junho de 2001.

**Un Suenõ hecho realidad: Museo Guggenheim Bilbao**. Idom, Bilbao. (CD-ROM)

---

<sup>(1)</sup> A escala entre um projeto mecânico e um projeto arquitetônico pode parecer a primeira vista distinto, porém as escalas maiores não são impedimento. Os galpões da linha de montagem da Boeing em Seattle-EUA comportam a montagem simultânea de 07 aviões que nas esteiras vão recebendo seus componentes e interferências - furos, cortes - conforme as ações de projeto.

<sup>(2)</sup> Gehry, Frank, Citado por Cesar Caicoya em *Acuerdos Formales*, *Arquitetura Viva* no. 55 jul-ago 1.997.

<sup>(3)</sup> Processo de transferência de dados de um modelo físico para um modelo virtual. Após este projeto, Frank Gehry realizou a residência Lewis em Cleveland, Ohio (EUA) inteiramente no computador, com as primeiras modelagens já em ambiente virtual.

<sup>(4)</sup> O scanner mecânico captura uma série de pontos num espaço tridimensional com o uso de um braço com uma ponta identificadora manipulado por um operador. O modelo a ser transferido para o computador deve ser recoberto por uma malha de linhas perfazendo pontos que serão identificados segundo suas coordenadas x,y,z e comporão o modelo virtual. Deste modo quanto mais próximos os pontos selecionados, maior será a precisão da transferência. O scanner 3D não é uma ferramenta de baixo custo e as tecnologias destes cinco tipos de scanners são muito diversas implicando em uma grande variação de preços.